

**Universidad Católica De Santa María**

**Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas.**

**Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica**



**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE TRES CONSORCIOS  
MICROBIANOS EN LA COMPOSICIÓN DEL BIOL OBTENIDO A  
PARTIR DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA  
TEXTIL.”**

Tesis Presentada por el Bachiller:

**Villavicencio Muñoz, Nadier Andrea**

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniera Biotecnologa**

Asesor:

Ing. Barreda del Carpio Jaime Ernesto

AREQUIPA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA  
y Biotecnológicas  
Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica

Expediente N°. 2017000003789  
N° Trámite en Fac. 326-2017  
Fecha Recep. Fac: 24-01-2017

FORMATO UNICO PARA TRAMITACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

DE: **VILLAVICENCIO MUÑOZ, Nadier Andrea**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE **INGENIERO BIOTECNOLOGO**

**"CARACTERIZACION Y UTILIZACION DE UN CONSORCIO MICROBIANO PARA LA DEGRADACION DE RESIDUOS TEXTILES EN UN BIORREACTOR A NIVEL PLANTA PILOTO"**

**DICTAMINADORES: 1) Mgter. Fredy Molina Rodríguez 2) Ing. Cinthia Córdova Barrios**

**DICTAMEN DE PLAN:**

Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación, el Jurado Dictaminador del Plan de Tesis informa que, hechas las observaciones y subsanadas las correcciones, sugerimos que el título debe cambiar a: **"CARACTERIZACION Y UTILIZACION DE UN CONSORCIO MICROBIANO PARA LA DEGRADACION DE RESIDUOS TEXTILES DE LANA DE OVEJA Y ALPACA EN UN BIORREACTOR DAS (DIGESTION ANAEROBICA Y SECO)"** después de lo cual consideramos se encuentra APTO para continuar con el trámite de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.

Atentamente

FIRMAS:



(Devolver antes de 8 días hábiles)

FECHA 09-06-17

**ASESOR: Mgter. Jaime Barreda del Carpio**

**DICTAMEN ASESORÍA:**

Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación como asesora del trabajo de investigación presentado por la recurrente, tengo a bien informar que luego de verificado el cumplimiento de los objetivos y la redacción del informe con los resultados, discusión y conclusiones correspondientes y debiendo cambiar el título a: **"EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE TRES CONSORCIOS MICROBIANOS EN LA COMPOSICION DE BIOL OBTENIDO A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL"**, considero que el presente trabajo está APTO para continuar con el trámite, en conformidad al Reglamento de Grados y Títulos de nuestra Facultad

Atentamente

FIRMA



FECHA 6/9/18

**DICTAMINADORES BORRADOR DE TESIS:**

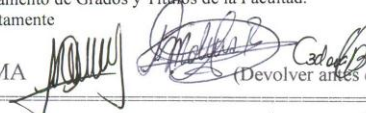
- 1) **Dr. José Villanueva Salas**
- 2) **Dr. Fredy Molina Rodríguez**
- 3) **Ing. Cinthia Córdova Barrios**

**DICTAMEN FINAL:**

Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, atendiendo a su designación como Dictaminadores del presente Borrador de Tesis y luego de hechas las observaciones y correcciones pertinentes, cumpliendo con las exigencias mínimas establecidas para un trabajo de investigación de Tesis profesional, es que consideramos APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.

Atentamente

FIRMA



(Devolver antes de 15 días hábiles)

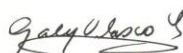
FECHA 22/10/18

JURADOS: PRESIDENTE  
VOCAL  
SECRETARIO

Ing. Eugenia Zeballos Delgado  
Dr. Fredy Molina Rodríguez  
Ing. Cinthia Córdova Barrios

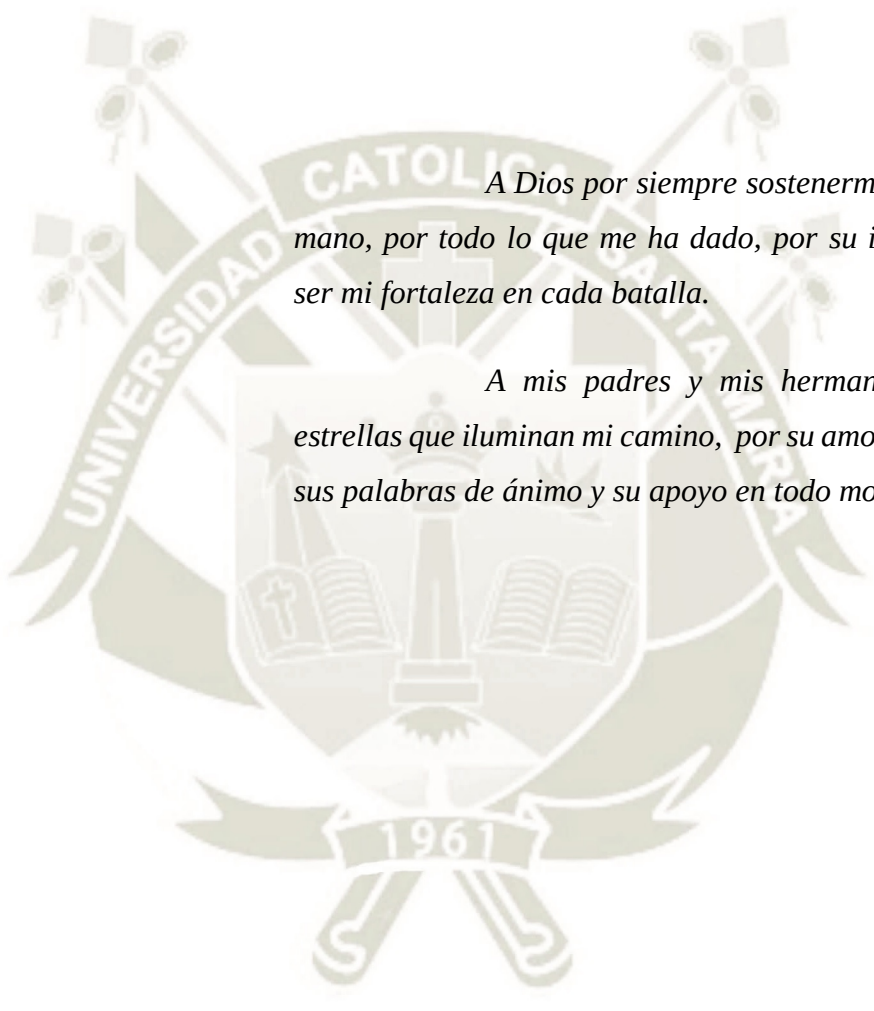
FECHA 01.11.2018 HORA 19:00 hs LOCAL C-402

FIRMA DEL DECANO



FECHA 29.10.2018

## Dedicatoria



*A Dios por siempre sostenerme y no soltar mi mano, por todo lo que me ha dado, por su inmenso amor y ser mi fortaleza en cada batalla.*

*A mis padres y mis hermanos por ser las estrellas que iluminan mi camino, por su amor incondicional, sus palabras de ánimo y su apoyo en todo momento.*



## Agradecimiento

*A Dios, por ser mi luz en cada paso que doy, por fortalecerme y llenarme de sabiduría en cada momento de mi vida, por nunca soltar mi mano.*

*A mis padres, mis estrellitas, por su amor incondicional, por sus palabras de aliento que día a día me impulsan a seguir, por nunca dejarme sola y su apoyo incondicional.*

*A mis hermanos, mis ejemplos a seguir, por siempre estar a mi lado, por cada consejo, por cada enseñanza que me dan con su vida.*

*A todos los docentes que me apoyaron y dieron una mano cuando más necesitaba, por cada una de sus enseñanzas y consejos para nunca rendirme.*

*A INNOVATE PERU por permitirme ser parte del equipo de investigación para poder culminar mi tesis.*

## Índice de Contenido

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| Resumen .....                                                          | xii  |
| Abstract .....                                                         | xvi  |
| Introducción .....                                                     | xii  |
| Objetivos .....                                                        | xvii |
| Objetivo general. ....                                                 | xvii |
| Objetivos específicos.....                                             | xvii |
| Hipótesis.....                                                         | 18   |
| Capítulo I: Marco Teórico.....                                         | 19   |
| 1.1 Planta de Procesamiento de Lavado de Fibra de Alpaca y Oveja. .... | 19   |
| 1.1.1 Ubicación.....                                                   | 19   |
| 1.1.2 Proceso de lavado de fibra de alpaca y oveja. ....               | 19   |
| Descripción del proceso de lavado. ....                                | 19   |
| 1.2 Morfología de la fibra de lana .....                               | 22   |
| 1.2.1 Características externas de la fibra .....                       | 22   |
| 1.2.2 Estructura interna de la fibra .....                             | 23   |
| 1.2.3 Propiedades químicas .....                                       | 25   |
| 1.2.4 Propiedades físicas .....                                        | 27   |
| 1.3 Consorcio microbiano .....                                         | 29   |
| 1.3.1 Bacterias .....                                                  | 30   |
| 1.3.2 Hongos.....                                                      | 32   |
| 1.4 Identificación molecular.....                                      | 32   |
| 1.5 Reactor DAS .....                                                  | 33   |
| 1.5.1 Degradación anaerobia dentro del reactor .....                   | 34   |
| Hidrólisis .....                                                       | 34   |
| Acidogénesis.....                                                      | 35   |
| Acetogénesis .....                                                     | 35   |
| Metanogénesis .....                                                    | 36   |
| 1.5.2 Ventajas del tratamiento anaerobio .....                         | 37   |
| 1.5.3 Desventajas del tratamiento anaerobio .....                      | 38   |
| 1.6 Biol .....                                                         | 38   |
| 1.6.1 Composición de biol.....                                         | 39   |
| 1.6.2 Ventajas del biol .....                                          | 40   |
| 1.6.3 Desventajas del biol.....                                        | 41   |
| Capítulo II: Materiales y Métodos .....                                | 42   |
| 2.1. Materiales .....                                                  | 42   |
| 2.1.1. Muestra. ....                                                   | 42   |
| 2.1.2. Material de laboratorio .....                                   | 42   |
| Equipos. ....                                                          | 42   |
| Material de laboratorio. ....                                          | 42   |
| Material de vidrio. ....                                               | 43   |
| Reactivos. ....                                                        | 43   |
| Medios de cultivo. ....                                                | 44   |
| Otros .....                                                            | 44   |
| 2.2. Métodos.....                                                      | 44   |

|        |                                                                                                                                       |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1. | Composición del agua residual de la planta Inca Tops – Zamácola.....                                                                  | 44 |
| 2.2.2. | Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos<br>procedentes de la fibra de alpaca, oveja y del rumen de vaca..... | 44 |
|        | Obtención de muestra de los desechos sólidos del procesamiento de fibra de alpaca<br>y oveja.....                                     | 45 |
|        | Preparación de las muestras para la siembra. ....                                                                                     | 45 |
|        | Aislamiento de cepas nativas en muestras de fibra de alpaca y oveja.....                                                              | 45 |
|        | Identificación molecular de cepas nativas. ....                                                                                       | 46 |
|        | Obtención de muestra del rumen de vaca. ....                                                                                          | 46 |
|        | Aislamiento de cepas nativas del rumen de vaca. ....                                                                                  | 46 |
|        | Identificación molecular de las cepas fúngicas. ....                                                                                  | 47 |
| 2.2.3. | Determinación de la cinética de los microorganismos identificados. ....                                                               | 48 |
|        | Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas. ....                                                                           | 48 |
|        | Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas del rumen de vaca.....                                                          | 48 |
| 2.2.4. | Configuración y construcción de un biorreactor para el tratamiento biológico<br>de los residuos sólidos textiles. ....                | 49 |
|        | Arranque de los reactores. ....                                                                                                       | 49 |
| 2.2.5. | Evaluación de la composición del biol. ....                                                                                           | 51 |
|        | Capítulo III: Resultados y Discusiones .....                                                                                          | 53 |
| 3.1.   | Composición del agua residual de la planta Inca Tops – Zamácola. ....                                                                 | 53 |
| 3.2    | Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos procedentes<br>de la fibra de alpaca, oveja y del rumen de vaca..... | 54 |
| 3.2.1  | Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos<br>procedentes de la fibra de alpaca, oveja.....                     | 54 |
|        | Identificación molecular de cepas nativas. ....                                                                                       | 56 |
| 3.2.2  | Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos<br>procedentes del rumen de vaca.....                                | 56 |
|        | Identificación molecular de las cepas fúngicas. ....                                                                                  | 58 |
| 3.3.   | Determinación de la cinética de los microorganismos identificados. ....                                                               | 59 |
|        | Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas bacterianas. ....                                                               | 59 |
|        | Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas fúngicas. ....                                                                  | 64 |
| 3.4.   | Configuración y construcción de un biorreactor para el tratamiento biológico de<br>los residuos sólidos textiles.....                 | 69 |
| 3.4.1  | Preparación de inóculos y conteo de microorganismos. ....                                                                             | 70 |
|        | Conteo de microorganismos. ....                                                                                                       | 70 |
| 3.4.1  | .....                                                                                                                                 | 71 |
| 3.4.2  | Evaluación de pruebas iniciales de desechos sólidos. ....                                                                             | 71 |
| 3.5    | Evaluación de la composición del biol.....                                                                                            | 72 |
| 3.5.1  | Evaluación del biol. ....                                                                                                             | 72 |
|        | Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones .....                                                                                     | 80 |
| 4.1.   | Conclusiones .....                                                                                                                    | 80 |
| 4.2.   | Recomendaciones.....                                                                                                                  | 81 |
|        | Referencias.....                                                                                                                      | 82 |
|        | Anexos.....                                                                                                                           | 87 |



## Índice de Figuras

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento de fibra de alpaca .....                               | 18 |
| Figura 2. Fibra de lana, externa, cutícula y escama.....                                             | 21 |
| Figura 3. Estructura de lana.....                                                                    | 22 |
| Figura 4. Estructura interna de la fibra de lana.....                                                | 23 |
| Figura 5. Conversión de Cisteína en Lantánina.....                                                   | 24 |
| Figura 6. Conversión de Cistina en Cistina .....                                                     | 25 |
| Figura 7. Mecanismo de Anclaje que provoca el afieltramiento.....                                    | 26 |
| Figura 8. Esquema de la digestión anaeróbica de la digestión de materia orgánica<br>compleja.....    | 34 |
| Figura 9. Reactor experimental DAS .....                                                             | 48 |
| Figura 10. Residuos sólidos textiles (biomasa).....                                                  | 49 |
| Figura 11. Tubos con caldo tioglicolato.....                                                         | 52 |
| Figura 12. Placas de agar sangre con cepas aisladas .....                                            | 53 |
| Figura 13. Curva de crecimiento relacionando N° de bacterias con el tiempo para<br>la cepa T-1.....  | 56 |
| Figura 14. Curva de crecimiento relacionando N° de bacterias con el tiempo para<br>la cepa A-3 ..... | 58 |
| Figura 15. Curva de crecimiento relacionando N° de bacterias con el tiempo para<br>la cepa A-0 ..... | 58 |
| Figura 16. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>T-1.....             | 59 |
| Figura 17. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>A-3.....             | 60 |
| Figura 18. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>A-0.....             | 60 |
| Figura 19. Curva de crecimiento para la cepa T-1 .....                                               | 61 |
| Figura 20. Curva de crecimiento para la cepa A-3 .....                                               | 61 |
| Figura 21. Curva de crecimiento para la cepa A-0 .....                                               | 62 |
| Figura 22. Placas de agar dextrosa-sabouraud con cepas seleccionadas.....                            | 62 |
| Figura 23. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>MA-3.....            | 63 |
| Figura 24. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>MA-4.....            | 63 |
| Figura 25. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa<br>MB-2.....            | 64 |
| Figura 26. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MC-1...64               |    |
| Figura 27. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MB-4...65               |    |
| Figura 28. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-1 .....               | 66 |
| Figura 29. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-2.....                | 66 |
| Figura 30. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-X.....                | 67 |
| Figura 31. Diagrama de Biorreactor.....                                                              | 68 |

## Índice de Tablas

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Condiciones de lavado.....                                                        | 22 |
| Tabla 6. Criterios y ejemplos metodológicos aplicados a la identificación bacteriana. .... | 31 |
| Tabla 7. Ventajas del tratamiento anaerobio .....                                          | 37 |
| Tabla 8. Desventajas del tratamiento anaerobio .....                                       | 38 |
| Tabla 9. Composición del Biol .....                                                        | 40 |
| Tabla 10. Parámetros del Biol .....                                                        | 40 |
| Tabla 11. Ventajas del biol .....                                                          | 41 |
| Tabla 12. Desventajas del biol.....                                                        | 41 |
| Tabla 13. Evaluación de los parámetros iniciales del agua .....                            | 53 |
| Tabla 13. Resultados de la tinción Gram.....                                               | 56 |
| Tabla 14. Resultados de identificación molecular.....                                      | 56 |
| Tabla 15. Resultados de identificación molecular.....                                      | 59 |
| Tabla 16. Conteo de microorganismos para la inoculación al biorreactor. ....               | 71 |
| Tabla 17. Evaluación de parámetros iniciales de los desechos sólidos. ....                 | 72 |
| Tabla 18. Evaluación de parámetros del biol con consorcio bacteriano. ....                 | 73 |
| Tabla 19. Evaluación de parámetros del biol con consorcio fúngico.....                     | 75 |
| Tabla 20. Evaluación de parámetros del biol con consorcio microbiano.....                  | 76 |
| Tabla 21. Comparación de parámetros.....                                                   | 78 |



## Índice de Anexos

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Plano de Ubicación Planta de Procesamiento de Lavado de Fibra de Alpaca .....  | 87  |
| Anexo 2. Caldo Tioglicolato .....                                                       | 88  |
| Anexo 3. Agar sangre .....                                                              | 89  |
| Anexo 4. Plano de ubicación Camal Don Goyo .....                                        | 90  |
| Anexo 5. Agar dextrosa – sabouraud.....                                                 | 91  |
| Anexo 6. Caldo papa dextrosa.....                                                       | 92  |
| Anexo 7. Resultados muestras iniciales de agua ALS LS Perú S.A.C.....                   | 93  |
| .....                                                                                   | 94  |
| .....                                                                                   | 95  |
| Anexo 8. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa T-1 . | 100 |
| Anexo 9. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa A-3.  | 101 |
| Anexo 10. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa A-0  | 102 |
| .....                                                                                   | 102 |
| Anexo 11. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MA-4 | 103 |
| .....                                                                                   | 103 |
| Anexo 12. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MA-3 | 104 |
| .....                                                                                   | 104 |
| Anexo 13. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MB-2 | 105 |
| .....                                                                                   | 105 |
| Anexo 14. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MC-1 | 106 |
| .....                                                                                   | 106 |
| Anexo 15. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MB-4 | 107 |
| .....                                                                                   | 107 |
| Anexo 16. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa P-1  | 108 |
| Anexo 17. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa P-2  | 109 |
| Anexo 18. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa P-X  | 110 |
| .....                                                                                   | 110 |
| Anexo 19. Resultados muestras iniciales de lana control de calidad UCSM .....           | 111 |
| Anexo 20. Resultados Biol biorrecator 1 laboratorio BHIOS .....                         | 112 |
| Anexo 21. Resultados análisis Biol biorreactor 2 laboratorio BHIOS .....                | 116 |
| Anexo 22. Resultados análisis Biol biorreactor 3 laboratorio BHIOS .....                | 120 |
| .....                                                                                   | 122 |
| .....                                                                                   | 123 |
| Anexo 23. Resultados análisis Biol Camal Don Goyo laboratorio BHIOS .....               | 124 |

## Lista de Abreviaturas

**DAS:** Digestión anaerobia seca

**DA:** Digestión anaerobia

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**STV:** Sólidos Totales Volátiles

**ST:** Sólidos Totales

**COT:** Carbono orgánico Total

**AGV:** Ácidos grasos volátiles

**NH<sub>3</sub>-N:** Nitrógeno Amoniacal

**Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:** Ion Dicromato

**Cr<sub>3</sub> +:** Ion Crómico

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:** Ácido Sulfúrico

**NH<sub>3</sub> +:** Amoníaco

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:** Fosfato

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:** Óxido de fósforo

**NH<sub>4</sub>:** Ion Amonio

**Al:** Aluminio

**Ca:** Calcio

**Cu:** Cobre

**Fe:** Hierro

**K:** Potasio

**Mg:** Magnesio

**Mn:** Manganeseo

**Mo:** Molibdeno

**Ni:** Níquel

**P:** Fósforo

**Zn:** Zinc

**N:** Nitrógeno





## Introducción

El Perú es el principal productor de fibra de alpaca a nivel mundial y se necesita desarrollar tecnologías relacionadas para procesar los residuos que se generan durante el proceso de tejido. Los residuos textiles son almacenados y no procesados provocando una contaminación no sólo aérea sino también de suelo y de agua.

En la actualidad los residuos textiles son almacenados y no procesados provocando así una contaminación ambiental. Como se sabe, la industria textil ha aumentado considerablemente en el país y es por eso que también los residuos que esta genera. Estos residuos (lana de oveja y alpaca) son materiales queratinosos difíciles de degradar, por ello que son desechados en rellenos sanitarios o son quemados dado que no se cuenta con un protocolo definido para procesarlos.

Este incremento de producción justifica la implementación de nueva tecnología para procesamiento de fibra residual en empresas textiles debido a la reducida disponibilidad de equipos de digestión anaeróbica seca para la disminución de contaminación ambiental (emisión de olores desagradables al momento de quemar los residuos de fibra), suelos (al momento de arrojar los residuos en quebradas) y agua (almacenamiento en zonas abiertas) ocasionadas por fibras residuales almacenadas a la intemperie.

Usualmente los residuos sólidos son considerados negativos y periféricos a las actividades de sus generadores y no como una posible fuente de ingresos; por lo general se deshacen de ellos mediante su dispersión o vertimiento en tiraderos <sup>1</sup>. Los residuos sólidos necesitan un tratamiento biológico que requiere contacto entre el sustrato, que en el presente caso es el agua residual y la biomasa, y los microorganismos presentes en el sistema; es por ello del interés de desarrollar reactores que aumenten el tiempo de contacto y el método para que este se realice. La búsqueda dio como resultado diferentes tipos de sistemas como son los de crecimiento suspendido, de película fija o una combinación de ambos <sup>2</sup>.

La Digestión anaerobia es un proceso biológico que consta de cuatro etapas <sup>3</sup>, en el que se presenta un proceso de bioconversión del cual se puede obtener beneficios para el tratamiento de residuos orgánicos como: recuperación de energía en forma de biogás, producción de fertilizantes orgánicos y control de emisiones de gases de efecto invernadero, convirtiendo esta tecnología en energía renovable <sup>4</sup>. En la digestión anaerobia más del 90 % de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo

un 10 % de la energía en el crecimiento bacteriano frente a un 50 % consumido en el proceso aerobio <sup>5</sup>. Por otro lado, la masa restante degradada por las bacterias puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos así como en alimentación animal <sup>6</sup>. El fertilizante, llamado biol, es una fuente de fitorreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en el biodigestor <sup>7</sup>. Para evaluar la calidad del biol se deben realizar análisis del pH, sólidos totales y volátiles, nitrógeno orgánico y amoniacal, potasio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, zinc y cobre <sup>8</sup>. El biol favorece al enraizamiento de las plantas (aumenta y fortalece la base radicular), actúa sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas <sup>9</sup>.

Este trabajo busca evaluar la composición del biol usando consorcios microbianos a partir del tratamiento de residuos sólidos, ya que estos son eliminados a vertederos o rellenos sanitarios generando un costo adicional a las empresas de nuestro país y una contaminación de suelos, aire y agua. Por otro lado, se busca obtener un biol con las mejores características para usarlo como fertilizante.

La siguiente investigación es un estudio de alcance exploratorio dado que investiga un tema poco estudiado y se investiga desde una perspectiva innovadora. Además, es de enfoque cuantitativo ya que representa un conjunto de procesos secuenciales, donde se recolectan una serie de datos para la aprobación de la hipótesis.

El proyecto se desarrolló en la empresa Inca Tops en su planta ubicada en Zamacola, Cerro Colorado, desde el mes de marzo 2016 hasta abril 2018.

## Resumen

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércol de animales, plantas verdes, frutos, leguminosas, entre otros. El biol como abono es una fuente de fitorreguladores que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, contiene nutrientes que son asimilados fácilmente generando mayor productividad a los cultivos, haciéndolos más vigorosos y resistentes. Para obtener biol se emplean biorreactores que trabajan de manera anaerobia es decir en ausencia de oxígeno.

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la composición del biol mediante el uso de consorcios microbianos dentro de un reactor con un volumen efectivo de 11 L que operó por 45 días.

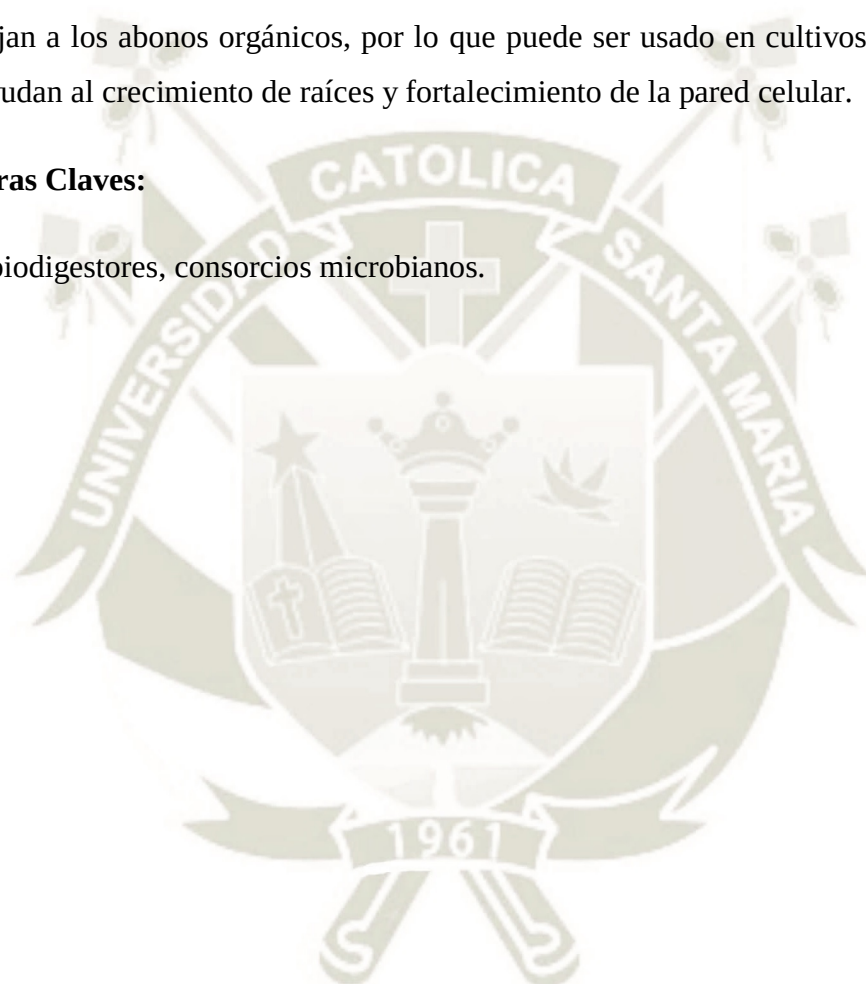
Para el tratamiento de los residuos sólidos se aislaron bacterias nativas de la lana de oveja y fibra de alpaca, las cuales fueron identificadas molecularmente, obteniendo las cepas *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* y *Alcaligenes sp.*, las cuales tienen capacidad de producir gas; de igual manera se aislaron hongos nativos del rumen de vaca que fueron identificados molecularmente, obteniendo las cepas *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Fusarium oxysporum* y *Monascus sp.*, los cuales son cepas anaerobias y degradan los residuos sólidos textiles. Con las cepas aisladas se formaron tres consorcios diferentes; sólo bacterias, sólo hongos, bacterias y hongos. De estos procesos se obtuvieron



4 L de biol por consorcio. Luego de diferentes experimentaciones y análisis de parámetros se pudo concluir que el biol extraído del biorreactor 1, que trabajó con las bacterias y el biorreactor 2, que trabajó con los hongos, dieron excelentes resultados los mismos que mejoran a los parámetros del biol estándar. El biol obtenido de los biorreactores 1 y 2 tiene mayor cantidad de N-P-K (Nitrógeno-Fósforo-Potasio) que ayuda al crecimiento y desarrollo vegetativo formando parte de las proteínas, clorofila y hormonas como las vitaminas. La cantidad de Ca (Calcio) y Mg (Magnesio) en los bioles del reactor 1 y 2 se asemejan a los abonos orgánicos, por lo que puede ser usado en cultivos hidropónicos ya que ayudan al crecimiento de raíces y fortalecimiento de la pared celular.

**Palabras Claves:**

Biol, biodigestores, consorcios microbianos.



## Abstract

Biol is a liquid organic fertilizer that originates from the decomposition of organic materials, such as animal manures, green plants, fruits, legumes, among others. The biol as fertilizer is a source of phytohormones that help plants to have an optimal development, contains nutrients that are easily assimilated, generating greater productivity to the crops, making them more vigorous and resistant. To obtain biol, bioreactors are used that work anaerobically, that is, in the absence of oxygen.

This research was carried out with the objective of evaluating the composition of the biol through the use of microbial consortiums within a reactor with an effective volume of 11 L that operated for 45 days.

For the treatment of solid waste, native bacteria were isolated from sheep wool and alpaca fiber, which were identified molecularly, obtaining the strains *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* and *Alcaligenes* sp., which have strains anaerobic strains and produce gas; In the same manner, native fungi were isolated from the cow rumen that were molecularly identified, obtaining the strains *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Fusarium oxysporum* and *Monascus* sp., which are anaerobic strains and degrade textile solid waste. With the isolated strains, three different consortia were formed; only bacteria, only fungi, bacteria and fungi. From these processes, 4 L of biol were obtained per consortium. After different experiments and parameter analysis it was concluded that the biol extracted from the bioreactor 1, which worked with the bacteria and the bioreactor 2, that worked with the fungi, gave excellent results that improve the parameters of the standard biol. The biol obtained from bioreactors 1 and 2 has a greater amount of N-P-K (Nitrogen-Phosphorus-Potassium) that helps growth and vegetative development forming part of the proteins, chlorophyll and hormones such as vitamins. The amount of Ca (Calcium) and Mg (Magnesium) in the biol of the reactor 1 and 2 resemble organic fertilizers, so it can be used in hydroponic crops as they help root growth and cell wall strengthening.

Keywords:

Biol, biodigesters, microbial consortiums.

## Objetivos

### Objetivo general.

Evaluar la influencia del uso de diferentes consorcios microbianos en la composición del biol obtenido a partir del tratamiento de residuos de la industria textil.

### Objetivos específicos.

1. Determinar la composición del agua residual de la planta Inca Tops – Zamácola.
2. Aislar, caracterizar e identificar microorganismos procedentes de la fibra de alpaca, oveja y del rumen de vaca.
3. Determinar la cinética de los microorganismos identificados.
4. Configurar y construir un biorreactor para el tratamiento biológico de los residuos sólidos textiles.
5. Evaluar la composición del biol obtenido.



## Hipótesis

Dado que la presencia de ciertos microorganismos influye en la composición del biol, es probable que utilizando diferentes consorcios microbianos mejore la composición del biol obtenido al tratar residuos de la industria textil.



## Capítulo I: Marco Teórico

### 1.1 Planta de Procesamiento de Lavado de Fibra de Alpaca y Oveja.

#### 1.1.1 Ubicación.

La planta de procesamiento de fibra de alpaca se encuentra ubicada en la irrigación Zamácola calle sin nombre sin número sector G en el distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Con un área total de 43,000 m<sup>2</sup>. Quedando ubicada a 3.1 Km del aeropuerto de la ciudad y con salida a la Panamericana Sur (Anexo 1).

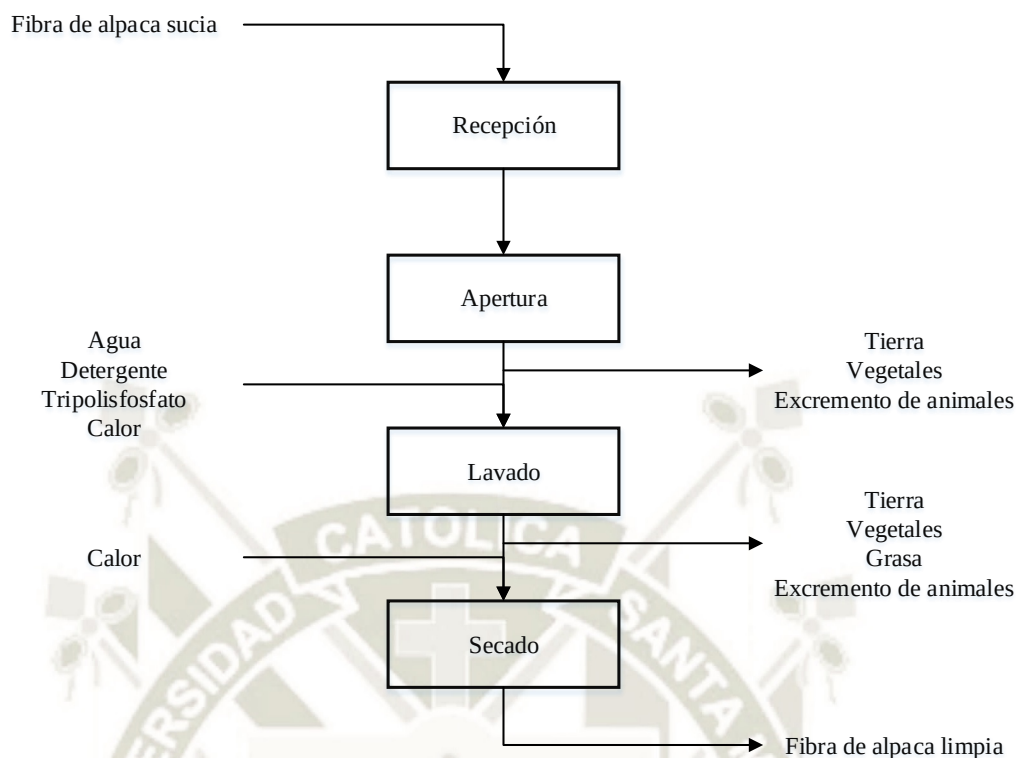
En esta planta se realiza el tratamiento de la materia prima que incluye el lavado de la fibra y el acondicionamiento de la misma. Además de otros procesos dentro de la planta como el ensilaje, blanqueamiento, cardado y el peinado.

#### 1.1.2 Proceso de lavado de fibra de alpaca y oveja.

El lavado de la lana es el proceso de lavar con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar las impurezas naturales que tienen la fibra (grasa y suintina), así como, las adicionales (polvo, suciedad, etc.) y luego secarlo. Después de lavar la lana, el nivel de contaminantes y de afieltrado en la fibra causará rotura y afectará la eficiencia de las operaciones posteriores de transformación, especialmente durante el cardado. Por lo tanto, los objetivos del lavado son un mayor grado de eliminación de contaminantes (hasta un 40% del peso inicial) y un mínimo daño a la fibra <sup>10</sup>.

#### *Descripción del proceso de lavado.*

El proceso de lavado, inicia con la recepción de la materia prima (fibra sucia) que es coloca en contenedores. Luego la fibra sucia pasa por un sistema de apertura o sacudidora donde se hace la remoción del polvo; después pasa por el proceso de lavado el cuál ayuda a eliminar las impurezas sólidas y finalmente llega al proceso de secado, donde se evapora el agua mediante aire caliente, como se describe en la Figura 1 mostrada a continuación:



*Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento de fibra de alpaca.*

Nota: elaboración empresa procesadora de fibra Inca Tops S.A.

### *Recepción de la fibra de alpaca.*

En este proceso se hacen recepción los vellones de fibra de alpaca.

### *Apertura.*

Durante la apertura, la remoción de polvo mejora la eficacia del proceso de lavado, pero también contribuye al afieltramiento. Si la fibra permanece más o menos intacta se observará poco afieltramiento, pero si la fibra se encuentra bien subdividida se dará un serio afieltramiento durante el lavado, por lo que se recomienda una apertura no tan drástica <sup>11</sup>. Un inadecuado proceso de apertura con una ineficiente eliminación de fragmentos rotos y fibras frágiles desde el interior de los vellones de lana, generará una gran cantidad de polvo en la sala de cardado, donde estos materiales son separados de las fibras <sup>12</sup>. Para la apertura de fibra de alpaca debe tenerse un gran cuidado en esta operación para no romper fibras. La diferencia de velocidades lineales entre los cilindros abridores es fundamental. Al aumentar la presión y la diferencia de velocidades, aumentan las roturas de fibra. La densidad de las puntas de los cilindros



abridores es menor que en el tratamiento de la lana. Normalmente se trabaja con un solo tambor. La diferencia de velocidades lineales debe ser mínima al igual que la densidad de las puntas de las respectivas guarniciones. Es también fundamental el ajuste entre los cilindros batidores y las rejillas, al final del proceso están menos separadas <sup>13</sup>.

La fibra procedente de la apertura es colocada mediante transportadoras o a mano, a una alimentadora automática, la cual asegura una provisión continua pareja de la fibra a la tina de lavado. Dado que la relación de baño de las tinas de lavado debe ser constante, el peso del material debe ser comprobado con precisión antes de pasar al proceso de lavado <sup>12</sup>.

### *Lavado*

El proceso de lavado se realiza en 5 tinas. La función principal de la primera tina es la de eliminar impurezas sólidas y pequeñas porciones de grasas con agua caliente. La segunda y tercera son tinas de lavado con detergente tripolifosfato en agua caliente, que ayudan a remover los contaminantes. Las dos últimas tinas son de enjuague, donde se terminan de eliminar los contaminantes.

Las condiciones de lavado de fibra de alpaca son menos drásticas que los de la lana, esto debido a su menor contenido de impurezas. La primera tina se encuentra a una temperatura de 45°C a un pH de 9,5 con una concentración de detergente de 0,4%. En la segunda tina se tiene agua más carbonato y detergente de sodio en dosis de 0,5% y 0,2 % respectivamente, a una temperatura de 50°C. La tercera tina tiene agua a la misma concentración de carbonato y detergente a una temperatura de 45°C. En la cuarta y quinta tina se realiza el enjuague a las temperaturas de 35°C y 24°C respectivamente <sup>14</sup>. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de las condiciones de lavado de la fibra de alpaca.

### *Secado*

La operación de secado comprende la evaporación del agua mediante aire caliente, la lana ingresa al secador con un alto porcentaje de agua 45% y a la salida se la obtiene con un promedio de 13% de humedad, las temperaturas de secado oscilan entre los 85 y 90°C, a temperaturas más altas se dañaría la resistencia del material lavado, y ocasionaría el amarillamiento <sup>14</sup>. Conviene que la materia lavada no supere el 14% de humedad con el fin de que no se adhiera a la guarnición de la carda,

disminuyendo la acción disgregadora de la guarnición, que empeora la calidad de la cinta saliente de la carda <sup>16</sup>.

Un exceso de humedad puede causar oxidación en las máquinas y también durante el cardado puede ocasionar un exceso de neps. Cuando se almacena lana lavada, un exceso de humedad puede asimismo causar un ataque por bacterias <sup>16</sup>.

**Tabla 1. Condiciones de lavado.**

| Condiciones      | Tina 1 | Tina 2 | Tina 3 | Tina 4 | Tina 5 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Temperatura (°C) | 45     | 50     | 45     | 35     | 24     |
| pH               | 9.5    | 9      | 8.5    | 8.5    | 7.5    |
| Carbonato (%)    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | -      | -      |
| Detergente (%)   | 0.4    | 0.2    | 0.2    | -      | -      |

*Nota. Tomado de Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado.1996. Obtenido de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/169> <sup>15</sup>*

## 1.2 Morfología de la fibra de lana

### 1.2.1 Características externas de la fibra

La superficie de la fibra de lana se ve como una sólida capa protectora de escamas solapadas que están ordenadas, mostrándose como si fuera el tronco de una palmera tal como se ve en la Figura 2. Las escamas de la cutícula tienen una dureza y estructura química que permite proteger a la fibra de todo daño. Además, una capa cerosa sobre ellas impide que el agua líquida penetre dentro de la fibra de lana, y sin embargo tiene la capacidad de absorber el vapor de agua rápidamente <sup>17</sup>.



*Figura 2. Fibra de lana externa, cutícula y escamas<sup>17</sup>.*

### **1.2.2 Estructura interna de la fibra**

La fibra está formada básicamente por dos tipos de células: 1) las medulares que constituyen la mayor parte de la fibra o médula o cortex y 2) las cuticulares que rodean la médula. La cutícula es aproximadamente el 10% en peso del total de la fibra. Las células de la cutícula se superponen unas sobre otras como tejas en un techo o como las escamas de un pez y están orientadas hacia la punta de la fibra <sup>18</sup>.

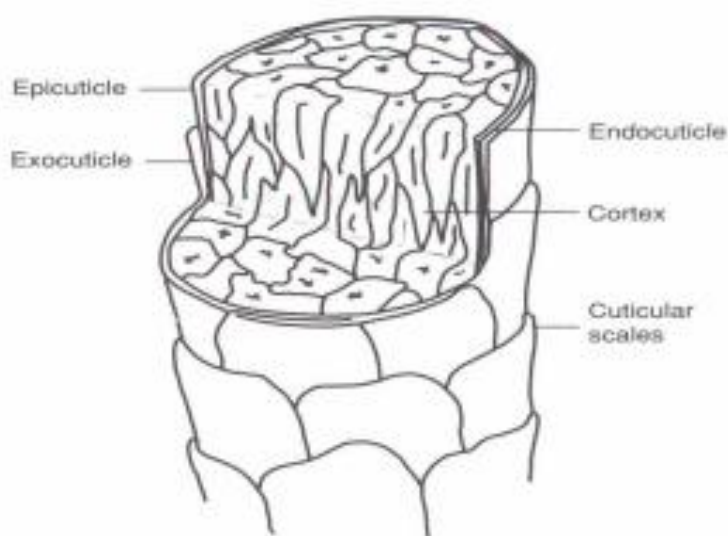
Una fibra de lana observada al microscopio semeja también el tronco de una palmera. En general el espesor de la cutícula de la lana corresponde al de una simple célula, salvo en las zonas donde las células se superponen. La célula de la cutícula de la lana Merino es en general rectangular, con dimensiones aprox. de 20 x 30 x 0,5  $\mu\text{m}$  <sup>18</sup>.

La observación microscópica de un corte de la fibra muestra que cada célula de la médula está compuesta de una exocutícula resistente a las enzimas y una endocutícula sensible al ataque por enzimas, ambas rodeadas por una epicutícula hidrófoba que hace que la lana sea impermeable al agua líquida pero no al vapor de agua como se muestra



en la Figura 3. La lana alcanza un “regain” de saturación de 30-35 % y en general su alto contenido de humedad hace que no genere electricidad estática <sup>18</sup>.

Las células de la médula poseen una membrana celular compleja que actúa de “cemento” entre ellas y que las separa de la cutícula. El 90% de la fibra está formado por las células de la médula, que son de dos tipos: las del ortocortex y las del paracortex. Ambas partes tienen diferentes propiedades químicas y tintóreas. En el rizo, el paracortex está siempre ubicado por dentro mientras que el ortocortex por fuera del rizo. Las células de la médula tienen forma de huso y en general miden 95  $\mu\text{m}$  de largo y 5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Están formadas por macrofibrillas que contienen microfibrillas cilíndricas (de alta cristalinidad), de 10  $\mu\text{m}$  de largo y 7.2  $\mu\text{m}$  de diámetro, todas empaquetadas en una matriz amorfa (de baja cristalinidad). Las microfibrillas están formadas por moléculas de queratina de bajo contenido en azufre. La matriz en cambio está formada por queratina de alto contenido de azufre. Las microfibrillas contienen grupos de dos cadenas de polipéptidos,  $\alpha$ -espirales retorcidas conjuntamente. Como se dijo antes, las microfibrillas están agrupadas en “manojos” dentro de las macrofibrillas que a su vez están más empaquetadas en el ortocortex que en el paracortex tal como se muestra en la Figura 4. Es decir, en el paracortex hay más matriz amorfa que en el ortocortex. Las células de la médula tienen también restos de núcleo celular, que son más abundantes en el paracortex que en el ortocortex <sup>18</sup>.



*Figura 3. Estructura de lana<sup>18</sup>.*

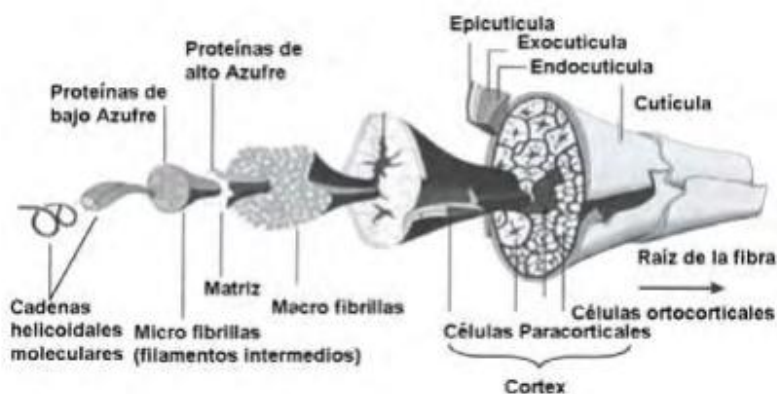


Figura 4. Estructura interna de la fibra de lana <sup>17</sup>.

### 1.2.3 Propiedades químicas

#### *Acción del agua*

Los enlaces iónicos entre los grupos terminales de aminoácidos ácidos ( $\text{COO}^-$ ) y básicos ( $\text{NH}_3^+$ ) de las cadenas laterales contribuyen, junto con los enlaces de hidrógeno, a estabilizar la estructura de la queratina seca, mientras que ambos tipos de enlace se van rompiendo a medida que la queratina absorbe agua (hasta un 34% de su peso en seco). Los enlaces disulfuro no se ven afectados por la presencia de agua, mientras que los enlaces hidrofóbicos entre cadenas apolares tienen lugar, únicamente en presencia de un elevado contenido en agua <sup>19</sup>.

La fibra se vuelve más susceptible al daño químico en medio acuoso, debido a que las cadenas proteicas pueden ser ionizadas y atraer pequeñas moléculas de ácidos y álcalis. Las condiciones alcalinas son más dañinas que las condiciones ácidas. Dado que las lanas bien lavadas en un medio alcalino débil poseen un pH de extracto acuoso entre 9 y 10, y que la temperatura no suele superior a  $50^\circ\text{C}$ , durante esta operación no se puede producir una alteración significativa de la fibra <sup>20</sup>.

#### *Acción de los álcalis*

Los álcalis actúan principalmente sobre la queratina hidrolizando la cadena polipeptídica, atacando algún resto aminoácido y creando nuevos enlaces transversales <sup>21</sup>. Las proteínas que contienen cistina son especialmente sensibles, debido a la reacción de los enlaces disulfuro con el álcali <sup>22</sup>. Cuando la lana es atacada por los

álcalis se produce una pérdida de resistencia, su color tiende amarillear, el tacto es más áspero, depreciándose su calidad comercial. Por ello, en todos los procesos en medio alcalino, las condiciones deben ser controladas para evitar un ataque de la fibra fuera de los límites aceptados<sup>20</sup>. La acción de los álcalis sobre la cistina conduce a la formación de otro aminoácido, la lantionina, que se produce a través de varias reacciones intermedias, según un mecanismo de eliminación como se muestra en la Figura 5. Esta conversión se inicia a pH 4 a la temperatura de ebullición y a un pH 10 a la temperatura de 45°C y en un tiempo relativamente corto, se acentúa la conversión de cistina en lantionina, aumentándose con la presencia de electrolitos. De otra parte, la presencia de los agentes tensoactivos también influye, de forma que los aniónicos tienden a disminuir ligeramente la conversión de la cistina en lantionina, los catiónicos la aumentan y los no iónicos no la alteran<sup>20</sup>.

El hecho de que lanas lavadas en estas condiciones presenten grados significativos de alteración hay que buscarlo en el efecto de la temperatura, bien por un defecto de control durante el lavado o porque la temperatura de la secadora, trabajando en línea con la máquina de lavar, sea excesiva. La cisteína de la lana, en medio débilmente alcalino, se comporta como un ión mercapto; este ión, bajo condiciones alcalinas muy suaves reacciona con la cistina produciendo un intercambio de iones mercapto. El nuevo ión mercapto puede reaccionar con otro puente disulfuro sucesivamente<sup>20</sup> tal como se muestra en la Figura 6.

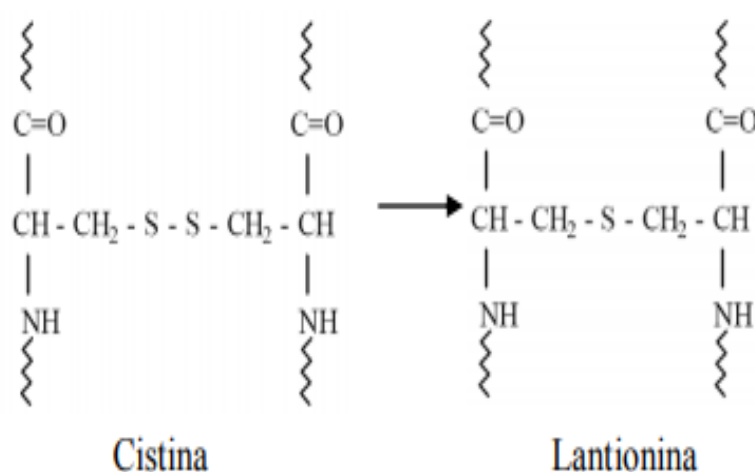


Figura 5. Conversión de Cistina en Lantionina<sup>20</sup>



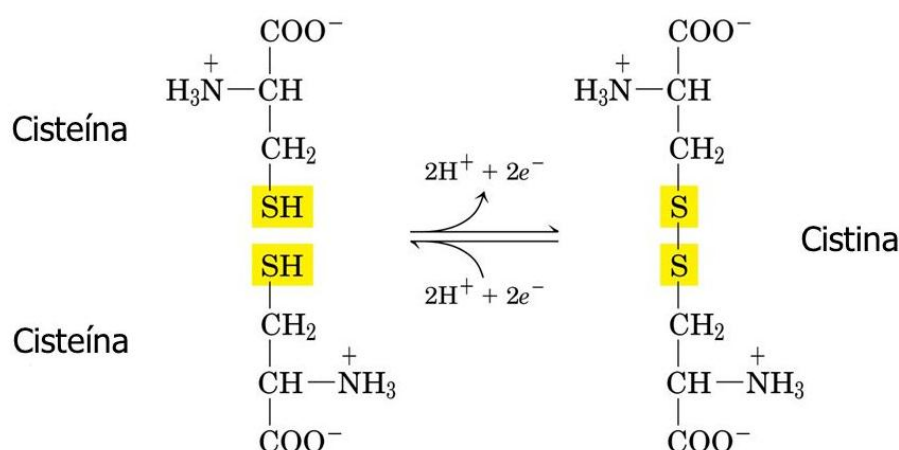


Figura 6. Conversión de Cisteína en Cistina<sup>20</sup>

Dado que la mayor parte de la cistina de la lana está en forma de enlace intramolecular, mediante las reacciones anteriores que se originan en condiciones muy suaves, se crean nuevos puentes disulfuro que producen una mayor estabilización de la lana <sup>20</sup>.

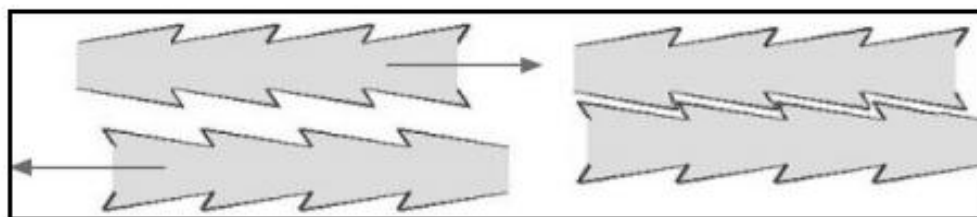
#### 1.2.4 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de las fibras queratínicas dependen de forma marcada de su contenido de agua absorbida, lo que se cumple tanto para la cutícula como para el resto de la fibra. El agua actúa como plastificante, puesto que reduce las interacciones entre grupos ácidos y básicos por rotura de puentes de hidrógeno, reblandeciendo por tanto la queratina. De todos modos, los enlaces disulfuro previenen la disolución de la fibra y limitan mucho su reblandecimiento <sup>23</sup>.

#### Afieltramiento

El afieltramiento únicamente tiene lugar en las fibras de lana y otras fibras animales y es de carácter irreversible y progresivo. Es un proceso de compactación y enmarañamiento de fibras que tiene lugar bajo agitación mecánica, fricción y presión en presencia de calor y humedad. Las escamas forman una estructura tipo rastrillo que origina un efecto de fricción direccional que tradicionalmente se ha considerado el causante del afieltramiento <sup>23</sup>.

Las fibras de alpaca se afieltran bastante pronto, pero más lento que las lanas medias del mismo diámetro, ello debido a que la fibra de alpaca es más dura y rígida. La habilidad para abatanarse depende principalmente en el diferente efecto de fricción de las escamas, de la superficie, y también está influenciada por la rigidez y la elasticidad de la fibra<sup>24</sup>. Las escamas tienen márgenes sobresalientes hacia la punta de la mecha y cuando se rozan de la raíz a la punta ofrecen poca resistencia. Pero rozando en la dirección contraria de la punta a la raíz, la resistencia es mayor<sup>25</sup> como se muestra en la Figura 7.



*Figura 7. Mecanismo de Anclaje que provoca el afieltramiento<sup>14</sup>*

La altura promedio de las escamas de la fibra de alpaca con un diámetro mayor a  $19\ \mu\text{m}$  es aproximadamente  $0,4\ \mu\text{m}$ , mientras que para la lana de una finura similar es alrededor de  $0,8\ \mu\text{m}$ . Obviamente, este menor contorno de las escamas resultará en pequeñas diferencias entre los coeficientes de fricción en contra de las escamas y a favor las escamas, en el caso de la fibra de alpaca que las correspondientes diferencias para la lana. En general, el afieltramiento es una forma de enmarañamiento producida por el persistente movimiento de las fibras individuales, lo cual causa un efecto friccional direccional de la fibra =  $1-2$ , donde 1 y 2 son los dos principales coeficientes de fricción, los que van de la raíz a la punta de la fibra (con la escala,  $\mu_1$ ) y los que van de la punta a la raíz (contra la escama,  $\mu_2$ ), el valor de  $\mu_2$  siempre es mayor que  $\mu_1$ . Se han reportado en promedio una diferencia de 0,20 para la alpaca Huacaya, de 0,16 para la alpaca Suri, y de 0,4 para la lana. En adición, al reducirse el grosor de la cutícula, la rigidez de la unión de la fibra puede reducirse. Para la fibra de alpaca, la frecuencia de las escamas es mayor, 9 escamas por cada  $100\ \mu\text{m}$ , mientras que para la lana es de 4 escamas por cada  $100\ \mu\text{m}$ . Esto resulta en una superficie más suave para la fibra de alpaca que para la lana<sup>26</sup>.

Las fibras de alpaca tienen una mayor frecuencia de escamas que la lana y sabiendo que el levantamiento de las escamas se produce cuando las fibras están mojadas, porque hay más puntos de contacto fibra / fibra. Esto podría explicar, en parte, la alta propensión de la fibra de alpaca de afieltrarse<sup>26</sup>.

### *Higroscopicidad*

La higroscopicidad se define como la capacidad que poseen todas las fibras textiles para absorber agua de la atmósfera que la circunda, de retenerla tenazmente y de eliminarla<sup>25</sup>. El poder higroscópico de la lana le permite absorber hasta un 30 % de humedad ambiente sin mojarse e impide la electricidad estática<sup>27</sup>. Los poderes de absorción de humedad por la fibra de alpaca son similares a los de la lana. Se observó que la grasa o suarda actúa como una funda de la fibra, para protegerla e impedir la penetración de la humedad, se comprobó que una vez lavada, denota higroscopicidad con mayor intensidad<sup>25</sup>. La tasa de humedad ha de tenerse muy en cuenta para determinaciones de la resistencia, elasticidad o extensibilidad, ya que puede verse seriamente modificada, por lo que se ha de trabajar siempre con tasas normales de humedad. Por la misma razón y ante los aumentos de peso por absorción de agua en medios atmosféricos húmedos, la determinación del rendimiento ha de hacerse a una temperatura de 21°C y humedad relativa del ambiente del 65%<sup>14</sup>.

### **1.3 Consorcio microbiano**

Los consorcios microbianos son asociaciones naturales de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan en comunidad, en donde todos cooperan y coexisten posibilitando la supervivencia de todos y beneficiándose de las actividades de los demás. Los consorcios están presentes en muchos ambientes y son distintos entre sí. Los consorcios se caracterizan por el reparto de actividades y esto se da por la comunicación entre los miembros de la comunidad. Un consorcio microbiano presenta dos características necesarias para que su trabajo se distinga de las poblaciones formadas por un único microorganismo; la primera es la resistencia al vivir en comunidad, estos microorganismos se hacen resistentes a cambios ambientales dando estabilidad en los miembros del consorcio, son capaces de resistir invasión de otras especies y soportan periodos de escasez que acabaría con un monocultivo; la segunda es la capacidad de realizar funciones más complejas ya que



tienen los recursos y la capacidad para llevarlos a cabo que resultan complicadas o imposibles para un monocultivo <sup>28</sup>.

Los consorcios microbianos son de naturaleza ubicua y están implicados en procesos de gran importancia para los seres humanos, desde la remediación ambiental y el tratamiento de aguas residuales hasta la asistencia en la digestión de los alimentos. Los biólogos sintéticos están perfeccionando su capacidad para programar el comportamiento de las poblaciones microbianas individuales, obligando a los microbios a centrarse en aplicaciones específicas, como la producción de drogas y combustibles. Dado que los consorcios microbianos pueden realizar tareas aún más complicadas y soportar ambientes más cambiantes que los monocultivos, representan una nueva frontera importante para la biología sintética <sup>29</sup>.

### 1.3.1 Bacterias

Las bacterias son organismos unicelulares procariontes, esto quiere decir que están formados por una sola célula carente de núcleo. Su ácido desoxirribonucleico (ADN) se encuentra libre en el citoplasma y no tienen organelos, como las mitocondrias, cloroplastos o aparato de Golgi. A pesar de su sencilla organización celular, cuentan con una pared celular (capa de polisacáridos) que envuelve la célula proporcionándole rigidez y protección. Son tan pequeñas que es imposible verlas a simple vista, solamente cuando llegan a agruparse formando colonias es cuando las podemos reconocer. Además de contar con una pared celular, cuando las condiciones ambientales se tornan hostiles muchas bacterias forman en su interior estructuras de protección llamadas endosporas, las cuales contienen el material genético y las sustancias necesarias para poder sobrevivir. Algunas son tan resistentes que permiten a la bacteria sobrevivir a altas temperaturas e incluso a largos periodos de tiempo <sup>30</sup>.

Se reproducen asexualmente por medio de una forma de división celular denominada fisión binaria, que produce copias genéticamente idénticas a la célula original. En condiciones ideales, algunas bacterias se duplican en cuestión de minutos por lo que podrían en principio, dar origen a una población de millones de bacterias en poco tiempo <sup>30</sup>.

### *Taxonomía bacteriana*

La taxonomía bacteriana tiene como objetivo la construcción de sistemas que permitan clasificar a las bacterias. Dentro de la clasificación taxonómica, las categorías y definiciones más utilizadas son familia (un grupo de géneros relacionados entre sí), género (un grupo de especies relacionadas entre sí), especie (un grupo de cepas relacionadas entre sí), tipo (grupos de cepas interrelacionados dentro de las especies; por ejemplo, biotipo, serotipo) y cepa (aislamiento concreto de una especie en particular). Uno de los factores clave para identificar a las bacterias como agentes patógenos depende de su aislamiento en cultivo puro<sup>31</sup>. Una colonia en cultivo puro está compuesta por un solo tipo de microorganismo y procede de una sola célula original. Las pruebas de identificación se deben hacer siempre con colonias únicas procedentes de cultivos puros<sup>31</sup>. La taxonomía bacteriana convencional permite la identificación de géneros y especies mediante la aplicación de diversos criterios<sup>31</sup>, como se explica en la Tabla 6.

**Tabla 6. Criterios y ejemplos metodológicos aplicados a la identificación bacteriana.**

| <b>Criterio</b>                 | <b>Metodología de ejemplo</b>                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Observación macroscópica</b> | Observación e inspección de colonias: disposición, tamaños, textura, formas, pigmentos, etcétera                                                                                 |
| <b>Observación microscópica</b> | Tinciones: formas, agrupación, esporas, cápsula, flagelos, etcétera                                                                                                              |
| <b>Metabolismo</b>              | Bacterias bioquímicas: uso de sustratos (oxidación/fermentación), producción de metabolitos secundarios, etcétera                                                                |
| <b>Otras propiedades</b>        | Resistencia a antibióticos: antibiograma y antibióticos, ribotipos, fagotipos, estudio de las concentraciones mínimas inhibitoras, estudio de sinergias o antagonismos, etcétera |

Nota Tomado de Técnicas de identificación, 3, 28-29 J. L. López-Hontangas, F. J. Castillo y M. Salavert. Obtenido de: <http://media.axon.es/pdf/65248.pdf>.<sup>31</sup>

### 1.3.2 Hongos

Los hongos son células eucariotas más completas que las bacterias que crecen en ambientes húmedos y sombríos y sobre materia en descomposición. Las paredes celulares de los hongos están formadas por quitina (son estructuras multicelulares). La alimentación de los hongos se conoce como osmotrofia, esto quiere decir que absorben los nutrientes de sustancias disueltas, mientras que su digestión es externa y segrega enzimas.

Existen diferentes tipos de hongos como los alimenticios que aportan vitaminas y proteínas; otros que son utilizados para la preparación de alimentos como las levaduras y los hongos alucinógenos para distintos fines.

Los hongos desarrollan un papel fundamental en el mantenimiento de la biosfera ya que son los principales descomponedores de la materia orgánica, permitiendo así completar el ciclo de la materia y de la energía. Otra característica importante de los hongos es la producción de metabolitos secundarios de interés en medicina y en biotecnología. Como aspecto negativo debemos destacar la capacidad, que presentan un número importante de hongos, de producir enfermedades en el hombre y en los animales que pueden traducirse en alergias o infecciones fúngicas (micosis). Muchos hongos tienen un ciclo de vida característico con diferentes formas de reproducción que pueden presentarse como organismos separados con diferente morfología (pleomorfismo). Las formas de reproducción sexual se conocen como teleomorfos y las asexuales como anamorfos. El organismo en conjunto se conoce como holomorfo. Algunas especies fúngicas presentan varios anamorfos que se propagan de forma independiente <sup>32</sup>.

### 1.4 Identificación molecular

La identificación molecular posee valor práctico para el desarrollo de métodos y herramientas para la identificación rápida y precisa en muestras heterogéneas procedentes de la industria, de origen clínico y ambiental <sup>33</sup>. Las técnicas de identificación molecular en bacterias se hacen mediante el análisis del 16S ARNr u otros genes; se basan en la amplificación genómica y en la secuenciación de esos genes o sus fragmentos. El medio de cultivo o las condiciones de incubación no serán factores determinantes, pero sí serán factores críticos para la extracción del ADN cromosómico y la amplificación, procesos técnicos que deberán tenerse en cuenta en toda metodología



de identificación molecular en el laboratorio de microbiología. Tras la secuenciación del amplicón, la observación del electroferograma constituye el primer paso del análisis de las secuencias <sup>34</sup>.

La ausencia de concordancia entre las características observables, morfológicas y/o fenotípicas del aislamiento en estudio y las correspondientes a la(s) cepa(s) de la especie tipo, hacen que los métodos fenotípicos realicen la identificación más probable y no definitiva. Para solventar los problemas inherentes presentados por los sistemas de identificación fenotípica, no todas las cepas de una misma especie muestran una característica específica; una misma cepa puede generar diferentes resultados en ensayos repetidos; y las limitaciones en la base de datos de bacterias correspondiente, entre otros, se han impuesto a los métodos genotípicos de identificación bacteriana como procedimientos complementarios o alternativos. Una amplia variedad de genes ha sido utilizados como dianas moleculares en los estudios taxonómicos o de filogenia en las distintos géneros y distintas especies bacterianas, constituyendo el análisis del ARNr 16S el marcador inicial y en numerosas situaciones el marcador suficiente para realizar una identificación más precisa <sup>35</sup>.

### 1.5 Reactor DAS

La digestión anaerobia se ha reconocido como una tecnología amigable con el medio ambiente para convertir residuos orgánicos sólidos y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en energía renovable <sup>36</sup>, la degradación y estabilización de esta materia orgánica compleja es llevada a cabo mediante un consorcio de microorganismos<sup>37</sup>. La digestión anaerobia es un proceso natural que ocurre en <sup>38</sup> ambientes anóxicos que se encuentran en la naturaleza como: estiércol, residuos de procesamiento de alimentos <sup>39</sup>, sedimentos, intestinos de los mamíferos <sup>40</sup>, pantanos <sup>41</sup> formando parte del ciclo biológico <sup>38</sup>, en este proceso intervienen numerosas enzimas como amilasas, proteasas, celulasas, queratinasas y lipasas <sup>42</sup>. Resulta como consecuencia de una serie de interacciones metabólicas entre varios grupos de microorganismos <sup>43</sup>.

La Digestión anaerobia es un proceso biológico que consta de cuatro etapas en el que se presenta un proceso de bioconversión del cual se puede obtener beneficios para el tratamiento de residuos orgánicos como: recuperación de energía en forma de biogás,

producción de fertilizantes orgánicos y control de emisiones de gases de efecto invernadero, convirtiendo esta tecnología en energía renovable <sup>4</sup>; los protagonistas de estos procesos son los microorganismos que trabajan sinérgicamente al convertir materia orgánica en biogás (dióxido de carbono y metano) <sup>44</sup>, el cual es utilizado como combustible para el calentamiento o co-generación de electricidad y calor <sup>41</sup>.

Los reactores anaeróbicos, más conocidos como biodigestores, son utilizados generalmente para tratar sustratos concentrados con alto contenido de sólidos. Pueden clasificarse al igual que los reactores aerobios en sistema de biomasa suspendida y en sistemas con biomasa fija<sup>41</sup>. Los procesos anaerobios han sido aplicados con éxito en el tratamiento de residuos industriales destacándose la factibilidad del reactor anaerobio<sup>45</sup>.

### 1.5.1 Degradación anaerobia dentro del reactor

La digestión anaerobia consiste en la degradación de carbono orgánico en ácidos orgánicos y biogás. El biogás se compone principalmente de metano (Alrededor de 65%), y de dióxido de carbono (alrededor de 35%). También se forman otros gases tales como nitrógeno, óxidos de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno <sup>46</sup> pero en concentraciones menores al 1% <sup>47</sup>. La digestión anaerobia consiste en 4 principales etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis como se muestra en la figura 8, lo que lleva a la producción de biogás, una renovable y versátil fuente de bioenergía usada para la cogeneración de electricidad y calor. Entre las principales ventajas de la producción de biogás son la baja cantidad de biomasa producida durante el proceso y la potencial reutilización del digestor como acondicionador del suelo <sup>48</sup> o del cultivo de algas <sup>48</sup>.

La digestión anaerobia es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar, como por la cantidad de grupo de bacterias involucradas en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea <sup>49</sup>.

#### ***Hidrólisis***

Esta es la primera etapa en los procesos de digestión anaerobia, e involucra las enzimas, mediadoras de la transformación de materiales orgánicos solubles y componentes más grandes de masa molecular como lípidos, polisacáridos, proteínas,

grasas y ácidos nucleicos, entre otros <sup>50</sup> esta etapa es generalmente el paso limitante de la digestión anaeróbica cuando la materia orgánica sólida es utilizada como sustrato <sup>51</sup>. Esta primera etapa es muy importante debido a que grandes moléculas orgánicas son demasiado grandes para ser absorbidas y utilizadas directamente por los microorganismos como sustrato/fuente de alimento <sup>52</sup>. La velocidad de descomposición durante la etapa de la hidrólisis depende de la naturaleza del sustrato. La transformación de celulosa y hemicelulosa generalmente es más lenta que la descomposición de proteínas <sup>50</sup>. Para llevar a cabo la biodegradación, ciertos microorganismos secretan diferentes tipos de enzimas, llamadas enzimas extracelulares que “cortan” moléculas grandes en pedazos más pequeños para que los microorganismos pueden tomar dentro de la célula y utilizarla como una fuente de energía y nutrición. Los microorganismos que rompen diferentes azúcares son llamados sacarolíticos, mientras que los que rompen proteínas son llamados proteolíticos <sup>53</sup>.

### ***Acidogénesis***

Los monómeros producidos en la fase hidrolítica son absorbidos por diferentes bacterias facultativas y obligatorias, se degradan en ácidos orgánicos de cadena corta como ácido butírico, propiónico, acético, hidrógeno y dióxido de carbono <sup>54</sup>. La concentración de hidrógeno formado como producto intermedio en esta etapa influye en el tipo de producto final formado durante el proceso de fermentación. Por ejemplo, si la presión parcial de hidrógeno fuera demasiada alta, esta podría disminuir la cantidad de componentes reducidos. En general, durante esta fase, azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos son convertidos en ácidos orgánicos y alcoholes <sup>50</sup>.

### ***Acetogénesis***

Los productos obtenidos en la fase acidogénica se consumen como sustratos para los demás microorganismos. Los productos que no pueden ser directamente convertidos a metano por las bacterias metanogénicas son convertidos en sustratos metanogénicos, ácidos grasos volátiles y alcoholes los cuales son oxidados en sustratos metanogénicos como acetato, hidrógeno y dióxido de carbono, AGV con cadenas de carbono largas son oxidadas en acetato e hidrógeno <sup>52</sup>. Es importante que los microorganismos los cuales llevan a cabo las reacciones de oxidación anaeróbica colaboren con el siguiente grupo, microorganismos formadores de metano. Esta colaboración depende de la presión



parcial de hidrógeno presente en el sistema. Bajo condiciones de oxidación, los protones son utilizados como aceptores finales de electrones que conllevan a la producción de  $H_2$ . Sin embargo, estas reacciones de oxidación solamente pueden ocurrir si la presión parcial de  $H_2$  es baja, lo que explica por qué la colaboración con los metanógenos es muy importante ya que continúan consumiendo el  $H_2$  para producir metano <sup>50</sup>.

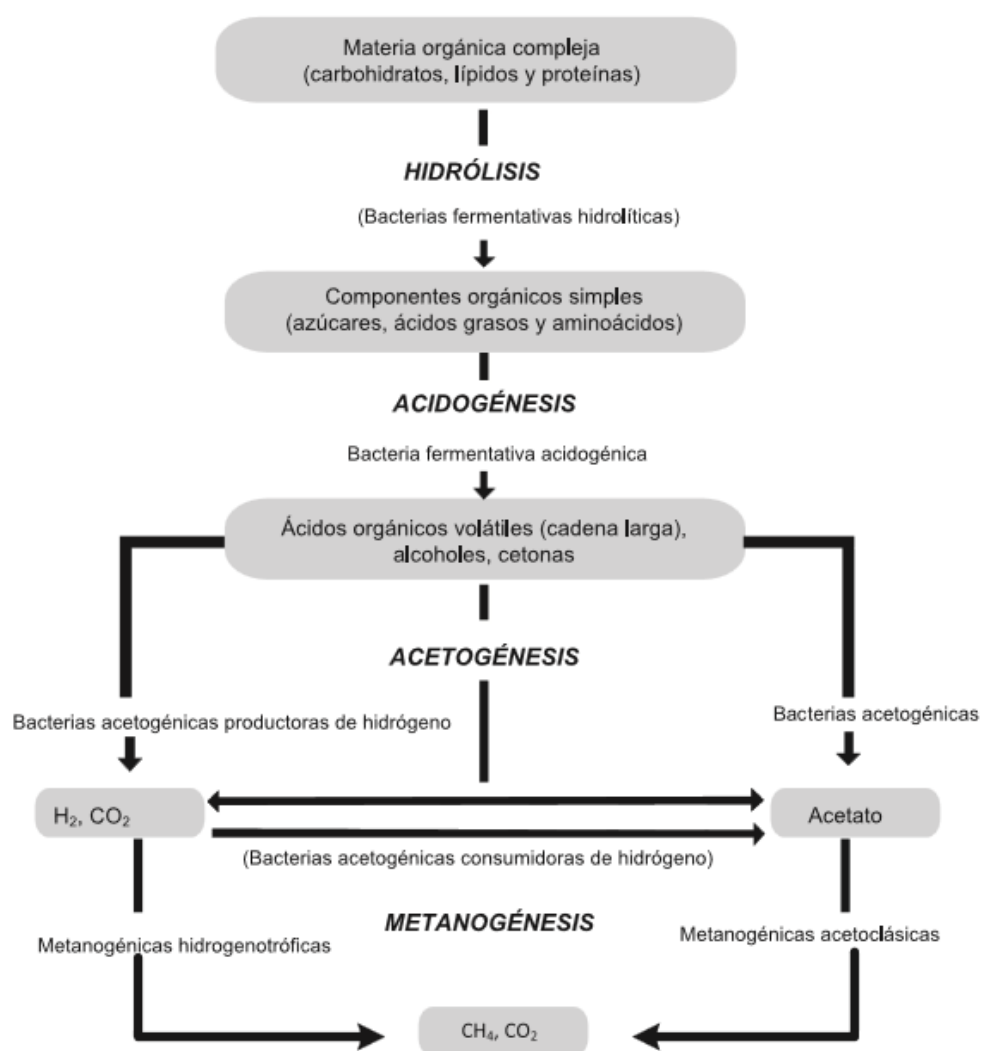


Figura 8. Esquema de la digestión anaeróbica de materia orgánica compleja.<sup>49</sup>.

### Metanogénesis

En la fase metanogénica, la producción de metano y dióxido de carbono a partir de productos intermedios se lleva a cabo por bacterias metanogénicas bajo condiciones anaeróbicas estrictas. La metanogénesis es un paso crítico en la totalidad del proceso de digestión anaeróbica, ya que es la reacción bioquímica más lenta del proceso <sup>58</sup>. El

acetato, dihidrógeno ( $H_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) son transformados en metano ( $CH_4$ ) por dos tipos de microorganismos: metanógenos acetotróficos utilizando acetato como sustrato y produciendo 70 % de metano en la digestión anaeróbica <sup>51</sup>. La metanogénesis es la fase limitante en la D.A. de sustratos fácilmente degradables. La velocidad de crecimiento de estos microorganismos a menudo resulta en la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV) y consecuentemente inhibición de actividad metanogénica de microorganismos <sup>55</sup>.

### 1.5.2 Ventajas del tratamiento anaerobio

Al hacer uso de este tipo de reactores el aspecto económico se ve beneficiado grandemente así por ejemplo en la construcción al no ser completa los costos son menores, en temas de operación y mantenimiento también presenta costos relativamente bajos. En cuanto a la disposición de lodos provenientes del reactor al no requerir muchos tratamientos el costo es mínimo <sup>56</sup>. Además de tener estas ventajas por ser un sistema anaerobio cuenta con otras ventajas como se puede observar en la Tabla 7.

**Tabla 7. Ventajas del tratamiento anaerobio**

| Ventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alta eficiencia en la eliminación de carga orgánica.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Simplicidad. La construcción y operación de estos reactores es simple.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Flexibilidad. El tratamiento anaerobio puede ser fácilmente aplicado a escala muy pequeña o escala mayor.                                                                                                                                                                                                         |
| Bajos requerimientos de espacio.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Requerimientos bajos de químicos y nutrientes. Especialmente en el caso de residuos, un adecuado y pH estable puede ser mantenido sin adición de químicos. Macronutrientes (nitrógeno y fósforo) y micronutrientes están también disponibles en los residuos, mientras que los compuestos tóxicos están ausentes. |

*Nota. Tomado de A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. Journal Bioresource Technology. 1998.*

*Obtenido de: [http://www.academia.edu/19355866/A\\_review\\_The\\_anaerobic\\_treatment\\_of\\_sewage\\_in\\_UASB\\_and\\_EGSB\\_reactors](http://www.academia.edu/19355866/A_review_The_anaerobic_treatment_of_sewage_in_UASB_and_EGSB_reactors) <sup>57</sup>*

### 1.5.3 Desventajas del tratamiento anaerobio

El Instituto Federal Suizo de Ciencias y Tecnología Acuáticas <sup>58</sup> hace referencia que se convierte en un tratamiento inestable al tener cargas orgánicas variables durante la operación, además se menciona que no son aptos para regiones con temperaturas extremadamente frías. Además de esta desventaja el sistema anaerobio cuenta con otras desventajas como se observa en la Tabla 8.

**Tabla 8. Desventajas del tratamiento anaerobio**

| Desventajas                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eliminación de nutrientes y patógenos bajo. Estos son parcialmente eliminados, excepto huevos de helminto, los cuales son eficientemente capturados en la cama de lodos. La eliminación de nutrientes no es completa. |
| Periodo de inicio es largo. Debido a la velocidad de crecimiento bajo de microorganismos metanogénicos, el periodo de inicio comparado con los procesos aerobios es largo cuando un buen inóculo no está disponible.  |
| Posibles malos olores. Sulfuro de hidrógeno es producido durante los procesos anaerobios, especialmente cuando hay altas concentraciones de sulfato en la influente.                                                  |
| Necesidad de un post-tratamiento. El post-tratamiento de efluente anaerobia es generalmente requerido para cumplir descargas estándares de materia orgánica.                                                          |

*Nota. Tomado de A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. Journal Bioresource Technology. 1998.*

*Obtenido de: [http://www.academia.edu/19355866/A\\_review\\_The\\_anaerobic\\_treatment\\_of\\_sewage\\_in\\_UASB\\_and\\_EGSB\\_reactors](http://www.academia.edu/19355866/A_review_The_anaerobic_treatment_of_sewage_in_UASB_and_EGSB_reactors) <sup>57</sup>*

### 1.6 Biol

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre nosotros, e ausencia de oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentables ecológica y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente, por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de biodigestores <sup>59</sup>.



El biol como abono es una fuente de fitorreguladores que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, generando mayor productividad a los cultivos. El biol es un producto estable biológicamente, rico en humus y una baja carga de patógenos. El biol tiene una buena actividad biológica, desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, microflora, hongos y levaduras que serán un excelente complemento a suelos improductivos o desgastados. El biol contiene bastante materia orgánica, en el caso del biol de bovino podemos encontrar hasta 40.48 %, y en el de porcino 22.87 %. El biol agregado al suelo provee materia orgánica que resulta fundamental en la génesis y evolución de los suelos, constituye una reserva de nitrógeno y ayuda a su estructuración, particularmente la de textura fina <sup>60</sup>.

La cantidad y calidad de esta materia orgánica influirá en procesos físicos, químicos y biológicos del sistema convirtiéndose en un factor importantísimo de la fertilidad de estos. La combinación de estos efectos resultará en mejores rendimientos de los cultivos que sean producidos en ese suelo. La capacidad de fertilización del biol es mayor al estiércol fresco y al estiércol compostado debido a que el nitrógeno es convertido a amonio ( $\text{NH}_4$ ), el cual es transformado en nitratos <sup>60</sup>.

El biol es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta su disponibilidad hídrica, y crea un micro clima adecuado para las plantas. Debido a su contenido de fitoreguladores promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, favorece su enraizamiento, alarga la fase de crecimiento de hojas (quienes serán las encargadas de la fotosíntesis), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas. Todos estos factores resultaran en mayor productividad de los cultivos y generación de material vegetal. El biol puede aumentar la producción de un 30 hasta un 50%, además que protege de insectos y recupera los cultivos afectados por heladas <sup>60</sup>.

### 1.6.1 Composición de biol

El biol que sale del biodigestor es una fuente rica en fitohormonas, nitrógeno y co-estimuladores que ayudan con la vigorosidad de los cultivos y su productividad en el campo, es usado como fertilizante o compost.

La composición del biol varía mucho de acuerdo al material o biomasa utilizada, como se muestra en la Tabla 9; así como los parámetros que se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 9. Composición del Biol**

| Muestra       | K<br>(%) | Mg<br>(%) | Cu<br>(mg.kg-1) | Co<br>(mg.kg-1) | Fe<br>(mg.kg-1) | Mn<br>(mg.kg-1) | Zn<br>(mg.kg-1) |
|---------------|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Bovino</b> | 0.06     | 0.032     | 0.1             | 0.1             | 3.9             | 0.5             | 0.5             |
| <b>Cerdo</b>  | 0.04     | 0.013     | 0.2             | 0.1             | 1.6             | 0.8             | 0.6             |

*Nota.* Tomado de Estudios de laboratorio de muestras de biol porcino y bovino de Sistema Biobolsa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2015.<sup>54</sup>

**Tabla 10. Parámetros del Biol**

| Muestra       | pH   | C.E.<br>(mS.c.-1) | Densidad<br>(g.cm-3) | NT<br>(%) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(%) | S.T.<br>(%) |
|---------------|------|-------------------|----------------------|-----------|--------------------------------------|-------------|
| <b>Bovino</b> | 6.91 | 6.7               | 1                    | 0.25      | 0.17                                 | 2.86        |
| <b>Cerdo</b>  | 7.2  | 10.3              | 0.97                 | 0.41      | 0.05                                 | 0.48        |

*Donde* C.E.-Conductividad eléctrica; NT-Nitrógeno total; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Pentóxido de fósforo; S.T-Sólidos totales

*Nota.* Tomada de Estudios de laboratorio de muestras de biol porcino y bovino de Sistema Biobolsa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2015.<sup>54</sup>

### 1.6.2 Ventajas del biol

El biol es un fertilizante foliar que contiene nutrientes y hormonas como producto de la fermentación o descomposición anaerobia (sin oxígeno) de desechos de origen animal y vegetal.

El biol promueve las actividades fisiológicas estimulando el crecimiento y desarrollo de las plantas de esta manera aumenta el rendimiento y la calidad de los productos.

En la Tabla 11 se muestran las ventajas del biol como fertilizante líquido.

**Tabla 11. Ventajas del biol**

| Ventajas                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No contamina el suelo, el agua, el aire ni los cultivos.                                          |
| Es de fácil preparación y puede adecuarse y diversos tipos de envase.                             |
| Es de bajo costo, se produce en la misma parcela y emplea insumos que se encuentran en la chacra. |
| Permite incrementar la producción.                                                                |
| Revitaliza las plantas que tienen estrés, por el ataque de plagas y enfermedades.                 |
| Tiene sustancias (fitohormonas) que aceleran el crecimiento de la planta                          |

*Nota. Tomado de TÉCNICO, M. biol, compost y humus.2010. Obtenido de: <http://paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/126.pdf><sup>61</sup>*

### 1.6.3 Desventajas del biol

Cuando el biol está en proceso de descomposición, mantiene un olor desagradable, es por eso que puede prepararse en diferentes envases como mangas de plástico, bidones o cilindros. Una de las principales desventajas es la disponibilidad de los insumos de acuerdo a cada región. En la Tabla 12 se muestran las desventajas del fertilizante líquido.

**Tabla 12. Desventajas del biol**

| Desventajas                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Su preparación es lenta, demora entre 2-4 meses, dependerá de la temperatura del ambiente, por lo que se debe planificar su producción antes del inicio de la campaña agrícola. |
| Necesita un ambiente oscuro y fresco para el almacenaje, de lo contrario perderá sus propiedades biológicas y nutritivas.                                                       |
| Sólo se puede usar entre 3 a 6 meses de su cosecha, después disminuye sus propiedades.                                                                                          |
| El mal manejo durante su aplicación puede quemar las plantas.                                                                                                                   |

*Nota. Tomado de Preparación y uso de biol. Álvarez, Fernando. Lima: Soluciones Prácticas, 2010. Obtenido de: <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/Njc0.pdf><sup>62</sup>.*



## Capítulo II: Materiales y Métodos

### 2.1. Materiales

#### 2.1.1. Muestra.

Fibra de lana de oveja y alpaca de la industria textil y agua residual del proceso de lavado.

#### 2.1.2. Material de laboratorio

##### *Equipos.*

Autoclave, Germany Industrial Corp, HL-340.

Balanza analítica, Ohaus Adventurer AR31.

Balanza Scout™ Pro.

Baño María, PSelecta, Precistern.

Centrífuga de tubos eppendorf, Drucker 613 B.

Incubadora de CO<sub>2</sub>, Eppendorf New Brunswick Galaxy 48 R

Incubadora, PSelecta.

Microscopio, Labomed.

Shaker, Lab companion, SK300.

Vortex, Mixer, VM-300.

Reactor DAS de 20L.

##### *Material de laboratorio.*

Asa de Kohl, en argolla y en punta.

Cámara de Neubauer, Marienfeld Germany.

Cinta indicadora de pH, Merck.

Espátula.

Micropipeta de 10  $\mu$ L - 100  $\mu$ L, Dragon Lab.

Micropipeta de 100  $\mu$ L - 1000  $\mu$ L, Dragon Lab.

Puntas azules (Para Micropipeta de 100  $\mu$ L - 1000  $\mu$ L).

Puntas amarillas (Para Micropipeta de 10  $\mu$ L - 100  $\mu$ L).

Tubos eppendorf de 1.5 mL.

Parafilm.

***Material de vidrio.***

Frascos de vidrio de 100 mL, 1000 mL, Boeco Germany.

Láminas portaobjetos.

Matraz Erlenmeyer de 100 mL, 500 mL, Kimax.

Placas Petri de 20 mL.

Probeta de 50 mL, 100 mL.

Tubos de ensayo de 20 mL.

***Reactivos.***

Azul de Lactofenol.

Cloranfenicol.

Gentamicina.

Kit para tinción de Gram.

Sulfato de amonio.

***Medios de cultivo.***

Agar Agar, Merck.

Agar Sabouraud, Merck.

Agar Sangre, Merck.

Caldo Tioglicolato, Merck.

Caldo Dextrosa Sabouraud, Merck.

Caldo papa dextrosa.

***Otros***

Agua estéril.

Alcohol de 97°.

Algodón.

Bolsas de Polipropileno.

Calentador con termostato de 200 W, SOBO.

Cocinilla.

**2.2. Métodos**

**2.2.1. Composición del agua residual de la planta Inca Tops – Zamácola.**

Se mandó analizar el agua residual de la planta Inca Tops- Zamácola en el laboratorio de control de calidad ALS LS Perú con la finalidad de obtener los parámetros iniciales del agua.

**2.2.2. Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos procedentes de la fibra de alpaca, oveja y del rumen de vaca.**



### ***Obtención de muestra de los desechos sólidos del procesamiento de fibra de alpaca y oveja.***

Se hizo la recolección de muestras de los desechos sólidos de fibra de alpaca y oveja de una empresa textil ubicada en el sector de Zamácola - Arequipa (Anexo 1); para la toma de muestras se usaron bolsas Ziploc. Las muestras fueron tomadas en cinco puntos distintos dentro de las instalaciones de la planta, se tomó una muestra en la parte de clasificado (tierra de lana), luego de la sacudidora, de las arandelas, carca, morel y finalmente del inicio del lavado de apertura. Las muestras fueron rotuladas con letras A, T, L, S, C y M haciendo referencia a cada uno de los puntos de muestreo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio.

### ***Preparación de las muestras para la siembra.***

Se preparó una solución de tritón a 0.001N y se colocó 10 mL de la solución en un tubo falcon, se le agregó 1g de muestra y se llevó al vortex durante un 1 minuto y 30 segundos. Este procedimiento se realizó para cada una de las muestras congelándolas hasta la siembra de placas.

### ***Aislamiento de cepas nativas en muestras de fibra de alpaca y oveja.***

Se preparó caldo tioglicolato para tubos de ensayo de 20 mL, siguiendo la metodología en el Anexo 2, se colocó la muestra preparada y se llevaron a la jarra de incubación de anaerobiosis por siete días.

Se preparó medio de cultivo agar sangre para placas de 20 mL, para lo cual se pesó el medio, se disolvió en agua destilada con calentamiento luego se esterilizó usando el autoclave por 15 minutos a 120°C a 1.5 atmósferas, siguiendo la metodología en el Anexo 3, en seguida se colocó el medio en las placas y se esperó hasta que gelifique, finalmente se sellaron las placas y fueron llevadas a la incubadora para comprobar la inocuidad del medio.

Se tomó con el asa de Kolle una porción pequeña de las muestras previamente tratadas y se sembró por estría. Por último, se llevaron las placas dentro de la jarra de incubación de anaerobiosis por 15 días a 37°C. Pasado el tiempo se observó el

crecimiento de las bacterias y se realizó varios repiques hasta conseguir las cepas puras, a las cuales se les realizó tinción Gram.

### ***Identificación molecular de cepas nativas.***

Para la identificación molecular de las bacterias, el proceso se inició con la extracción de ADN para bacterias, se empleó el Kit de extracción “*The MasterPure™ DNA Purification Kit*” el procedimiento siguió las recomendaciones del fabricante.

Seguidamente se evaluó la calidad y concentración del ADN. Se empleó la técnica de espectrofotometría, se trabajó con 02 longitudes de onda (260 nm y 280 nm)<sup>63</sup>.

Para la amplificación del gen ARNr 16S, se utilizó la tecnología de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), se emplearon primers específicos: Primer Forward 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3' y primer reverse 3'-ACGGCTACCTTGTACGACTT-3, dichos primers son universales para dichas secuencias de interés. Con las siguientes condiciones de amplificación por PCR: 95°C por 5 minutos, 25 ciclos de 94°C por 70 s, 55°C por 70 s, 72°C por 70 s, finalmente 1 ciclo de 72°C por 7 minutos. Finalmente, para secuenciar la región de interés, los productos de PCR fueron purificados usando el kit Qiagen PCR purification, siguiendo las instrucciones del fabricante y finalmente secuenciados usando la técnica de Sanger que utiliza colorantes Big Dye V3.1 y leídos en un equipo ABI 3730xl.

### ***Obtención de muestra del rumen de vaca.***

Se obtuvo el rumen de vaca del Camal Don Goyo ubicado en el sector de Zamácola-Arequipa (Anexo 4), para recolectar las muestras se utilizaron bolsas Ziploc. Para la toma de muestra se tomó de las distintas partes de los pliegues del rumen; las muestras fueron rotuladas con letras P, MA, MB, MC. Las muestras fueron llevadas al laboratorio.

### ***Aislamiento de cepas nativas del rumen de vaca.***

Se preparó medio de cultivo agar dextrosa- sabouraud (Anexo 5), suplementado con Cloranfenicol y Gentamicina, para placas de 20 mL, para lo cual se pesó el medio, se disolvió en agua destilada con calentamiento y se llevó a punto de ebullición. Luego se esterilizó usando la autoclave por 15 minutos a 120°C a 1.5 atmósferas, siguiendo la

metodología en el Anexo 5, en seguida se colocó el medio en las placas y se esperó hasta que gelifique, finalmente se sellaron las placas y fueron llevadas a la incubadora para comprobar la inocuidad del medio.

Se tomó con el asa de Kolle una porción pequeña de las muestras y se sembró por agotamiento. Por último se llevaron las placas dentro de la jarra de incubación de anaerobiosis por 15 días a 37°C. Pasado el tiempo se observó el crecimiento de los hongos y se realizó varios repiques hasta conseguir las cepas puras.

Luego se preparó medio de cultivo agar dextrosa-sabouraud (Anexo 5), suplementado con Cloranfenicol y Gentamicina, para tubos de ensayo de 20 mL, se colocó el medio en los tubos y se esperó hasta que gelifique, finalmente se sellaron y fueron llevados a la incubadora para comprobar la inocuidad del medio.

Se tomó con el asa de Kolle en punta una porción pequeña de las muestras y se sembró por punción. Por último, se llevaron los tubos dentro de la cámara de incubación de CO<sub>2</sub> por 15 días a 37°C. Pasado el tiempo se observó el crecimiento de los hongos y su desarrollo en los tubos.

### ***Identificación molecular de las cepas fúngicas.***

La extracción de ADN genómico se sembró en medio Saubouraud cada uno de los hongos, incubando a temperatura ambiente. La extracción del ADN genómico se realizó empleando el protocolo descrito por John Weiland (<http://www.fgsc.net/fgn44/weiland.html>)<sup>64</sup>, con modificación. Un gramo de micelio se pulverizó con nitrógeno líquido, el cual se mezcló con 400 µL de buffer de lisis (100 mM Tris HCl pH 8.0, 20 mM EDTA disódico, 0.5M NaCl, 1% SDS), la emulsión obtenida se transfirió a un tubo de microcentrífuga con 1 mL de fenol/cloroformo (1:1). La mezcla se homogenizó por inversión, se transfirió a tubos de microcentrífuga y se centrifugó a 14000 g por 5 minutos a temperatura ambiente. La fase acuosa se transfirió a tubos nuevos y se adicionaron 0.6 volúmenes de isopropanol, incubando la mezcla por 10 minutos a temperatura ambiente. El precipitado se obtuvo por centrifugación a 14000 g por 15 minutos a 4°C. El sobrenadante se descartó y el precipitado de (ADN) se lavó con etanol al 70%, se secó durante 10 minutos a temperatura ambiente y se reconstituyó en 200 µL en buffer Tris-EDTA<sup>65</sup>. La cuantificación del ADN se realizó espectrofotométricamente empleando 02 longitudes de onda (260 nm y 280 nm)<sup>63</sup>. La



presencia y calidad del ADN se analizó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% que fue revelada. Para la amplificación del gen ARNr 16S, se utilizó la tecnología de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), se emplearon primers específicos de las regiones ITS: ITS1 (5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). El protocolo de ciclaje que se empleo fue el siguiente: 95°C por 5 minuto, 35 ciclos de 1 minuto a 95°C, 1 minuto a 59°C y 45 s a 72°C<sup>70</sup>.

Finalmente, para secuenciar la región de interés, los productos de PCR fueron purificados usando el kit Qiagen PCR purification, siguiendo las instrucciones del fabricante y finalmente secuenciados usando la técnica de Sanger que utiliza colorantes Big Dye V3.1 y leídos en un equipo ABI 3730xl.

### **2.2.3. Determinación de la cinética de los microorganismos identificados.**

#### ***Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas.***

Para la elaboración de las curvas de crecimiento de las bacterias, primero se preparó el inóculo utilizando caldo tioglicolato en tubos de ensayo de 20 mL, como indica en el Anexo 2, se sembraron en el caldo tioglicolato y se conservaron dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> por 7 días. Luego de 7 días se volvió a preparar caldo tioglicolato en frascos de 100 mL (Anexo 2), se tomó 5 mL del inóculo y se colocó en el frasco de vidrio, se sellaron los frascos y se conservaron haciendo toma de muestra cada 12 horas por 8 días conservando las mismas en congelación. Este procedimiento se realizó para cada una de las bacterias. Para procesar las muestras fueron llevadas a temperatura ambiente; se pesaron tubos eppendorf vacíos, se midió 1 mL de las muestras, se llevó a la centrífuga por 5 minutos a 5000 rpm, se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo eppendorf con el pellet formado, por diferencia de pesos se halló la masa de esta manera se determinó la cantidad de bacterias en 1mL. Por otro lado, se realizó el conteo celular con ayuda la cámara de Neubauer en la cual se colocó 10 µL de la muestra. De esta forma se realizó las curvas de crecimiento de cada cepa.

#### ***Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas del rumen de vaca.***

Para la elaboración de las curvas de crecimiento de los hongos, primero se preparó el inóculo de cada cepa utilizando caldo papa dextrosa como indica en el Anexo 6, se

sembraron en caldo papa dextrosa, se sellaron los frascos y se conservaron dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> durante 7 días. Luego de 7 días se volvió a preparar caldo papa-dextrosa en frascos de 100 mL (Anexo 6), se tomó 5 mL del inóculo y se colocó en el frasco de vidrio, se sellaron los frascos y se conservaron haciendo toma de muestra cada 24 horas por 15 días conservando las mismas en congelación. Este procedimiento se realizó para cada uno de los hongos. Para procesar las muestras fueron llevadas a temperatura ambiente; se pesaron tubos eppendorf vacíos luego se midió 1 mL, se llevó a la centrífuga por 5 minutos a 5000 rpm, se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo eppendorf con el pellet formado, por diferencia de pesos se halló la masa. De esta forma se realizó las curvas de crecimiento de cada cepa.

#### **2.2.4. Configuración y construcción de un biorreactor para el tratamiento biológico de los residuos sólidos textiles.**

Se configuraron 3 biorreactores para las pruebas experimentales, considerando un volumen efectivo de 11 L y una capacidad de 20 L en total. Los reactores experimentales fueron contruidos por la empresa Crefinsa E.I.R.L.

Los reactores cuentan con un sistema de aspersión y recirculación del efluente en la parte interna, este sistema trabaja con una bomba y sensores que facilitan los niveles de agua para que se pueda recircular, cuenta también con una rejilla en la parte inferior para evitar el paso de partículas grandes y que estas perjudiquen el sistema.

En la parte exterior tiene un control de temperatura que trabaja con una bomba que ayuda al recirculamiento del agua que va a la chaqueta del reactor y una bolsa contenedora de gases (globos metálicos) en la parte superior-externa, la distribución del reactor se muestra en la Figura 9.

##### ***Arranque de los reactores.***

Antes de iniciar el proceso de inicio de los reactores experimentales se preparó 7 días antes los inóculos, finalizados los 7 días se hizo el conteo de microorganismos.

Primero se preparó caldo papa dextrosa como indica el Anexo 6 para el desarrollo de hongos, en frascos de 100 mL, se complementó con gentamicina y cloranfenicol para evitar el crecimiento de bacterias Gram + y Gram -. Luego se procedió a la esterilización



de los frascos con medio usando la autoclave por 15 minutos a 120°C a 1.5 atmósferas. Se tomó con el asa de Kolle una pequeña porción de las muestras aisladas y se colocó en el medio. Por último, se conservaron dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> durante 7 días.

Luego se preparó caldo tioglicolato como indica el Anexo 2 para el crecimiento y desarrollo de bacterias, en frascos de 100 mL. Luego se procedió a la esterilización de los frascos con medio usando la autoclave por 15 minutos a 120°C a 1.5 atmósferas. Se tomó con el asa de Kolle una pequeña porción de las muestras aisladas y se colocó en el medio. Por último, se conservaron dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> durante 7 días. Al finalizar los 7 días se procedió hacer el conteo de bacterias para luego inocular al reactor.

Dentro de cada reactor se colocó los residuos sólidos textiles (biomasa) como se puede ver en la Figura 10, previamente hidratados con el agua residual de la empresa para el mejor funcionamiento en cuanto a la recirculación, ya que la lana tiene capacidad absorbente. Luego se inoculó el primer reactor con el inóculo de bacterias, el segundo reactor con el inóculo de hongos y el tercer reactor con el consorcio microbiano. Finalmente se cerraron los reactores herméticamente creando un ambiente anaerobio propicio para el desarrollo del proceso. Los reactores trabajaron por un periodo de 45 días.



*Figura 9. Reactor experimental DAS*

- A. Vista de reactor, bomba de recirculación. B. Vista de reactor, control de temperatura. C. Vista de globo metálico.



En este proceso como se menciona líneas abajo se hicieron pruebas al agua residual de la empresa como a los desechos sólidos (biomasa) para poder tener los parámetros iniciales y finales los cuales servirán para analizar el biol.



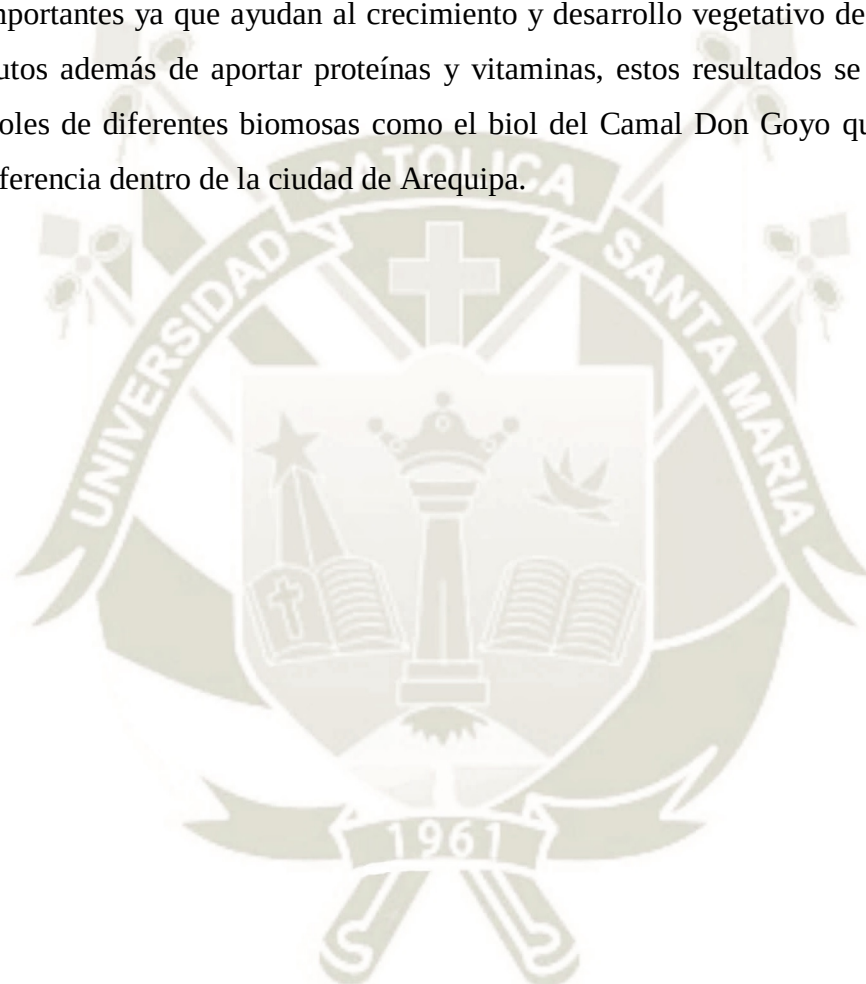
*Figura 10. Residuos sólidos textiles (biomasa)*

#### **2.2.5. Evaluación de la composición del biol.**

Para la evaluación del biol primero se analizaron los parámetros del agua y la biomasa (desechos sólidos), como se explica en el punto anterior, para analizar el agua se tomó en cuenta los siguientes parámetros; pH, Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrógeno (N), Aluminio (Al), Calcio (Ca), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Fósforo (P), Potasio (K), Zinc (Zn), en cuanto a la biomasa (desechos sólidos) se tomó en cuenta; Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Volátiles (STV), Humedad (H) y pH.

Se trabajó con tres biorreactores en los cuales se colocó la misma cantidad de biomasa e inóculo. Los biorreactores fueron inoculados de la siguiente manera; biorreactor 1 con consorcio de bacterias, biorreactor 2 con consorcio de hongos y biorreactor 3 con consorcio microbiano (bacterias y hongos), trabajaron durante 45 días.

Al término de los 45 días se analizó el biol tomando en cuenta al Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) como los parámetros más importantes ya que ayudan al crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas y los frutos además de aportar proteínas y vitaminas, estos resultados se compararon con bioles de diferentes biomosas como el biol del Camal Don Goyo que se tomó como referencia dentro de la ciudad de Arequipa.



## Capítulo III: Resultados y Discusión

### 3.1. Composición del agua residual de la planta Inca Tops – Zamácola.

**Tabla 13. Evaluación de los parámetros iniciales del agua**

| Parámetro                                            | Resultado |
|------------------------------------------------------|-----------|
| pH                                                   | 6,85      |
| Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ , mg/L) | 10,61     |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)               | 920       |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, mg/L)            | 1798      |
| Nitrógeno (N/mg/L)                                   | 42,1      |
| Aluminio (Al, mg/L)                                  | 9,965     |
| Calcio (Ca, mg/L)                                    | 13,84     |
| Cobre (Cu, mg/L)                                     | 0,05557   |
| Hierro (Fe, mg/L)                                    | 10,07     |
| Magnesio (Mg, mg/L)                                  | 4,726     |
| Manganeso (Mn, mg/L)                                 | 0,8813    |
| Molibdeno (Mo, mg/L)                                 | 0,00295   |
| Níquel (Ni/mg/L)                                     | 0,0087    |
| Fósforo (P, mg/L)                                    | 21,08     |
| Zinc (Zn, mg/L)                                      | 0,1750    |

*Nota. Extraído del informe de ensayo 408827/2017. Anexo 7.*

La determinación de los parámetros iniciales del agua se hizo en el laboratorio de control de calidad ALS LS Perú S.A.C. (Anexo 7). Los valores obtenidos de pH, Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda



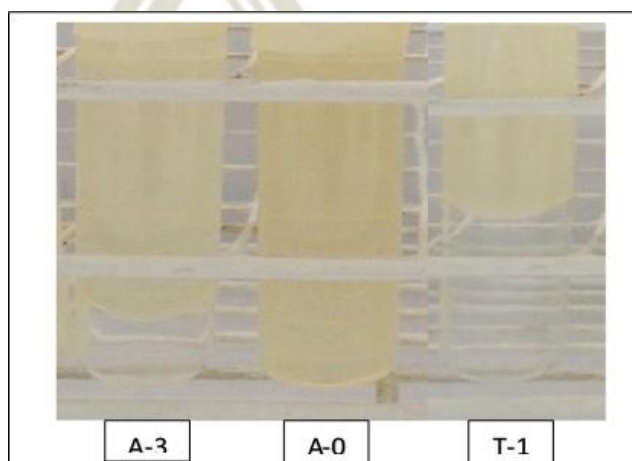
Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrógeno (N), Aluminio (Al), Calcio (Ca), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Potasio (K), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Fósforo (P) y Zinc (Zn) se muestran en la Tabla 13. La muestra fue tomada por el mismo laboratorio con la finalidad de evitar alteraciones o contaminación de esta.

Como se puede observar los valores de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno exceden los valores normales establecidos por el decreto supremo para la descarga de agua residual al alcantarillado; al tener estos valores encima de los establecidos la empresa estaría incurriendo en un gasto por la descarga de este efluente a la red de alcantarillado. Estos resultados fueron de ayuda para poder determinar la composición final del biol.

### 3.2 Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos procedentes de la fibra de alpaca, oveja y del rumen de vaca.

#### 3.2.1 Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos procedentes de la fibra de alpaca y oveja.

El crecimiento de las cepas bacterianas en el caldo tioglicolato determina qué tipo de microorganismos son: aerobios estrictos, anaerobios facultativos o anaerobios estrictos, por el reactor que usamos se necesitan bacterias anaerobias. Por eso luego de haber transcurrido los siete días dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> se retiraron los tubos, se observó el crecimiento tomando en cuenta las bacterias que se desarrollaron en la parte inferior y las que hicieron ruptura de medio como se muestra en la Figura 11.



*Figura 11. Tubos con caldo tioglicolato.*

Las cepas T-1 y A-3 hicieron ruptura de medio en la parte central del tubo esto quiere decir que son bacterias anaerobias facultativas ya que crecen en todo el medio, mientras que la cepa A-0 produjo levantamiento de medio y ruptura en la parte inferior haciendo referencia a las bacterias anaerobias estrictas que sólo se desarrollan en el fondo del medio. Al realizar la siembra en agar sangre se obtuvieron varias cepas, pero se tomó en cuenta las cepas que hicieron ruptura de medio en los tubos. Se aisló 3 cepas diferentes macroscópicamente: T-1, A-0 y A-3. La cepa T-1 presenta colonias con bordes oscuros, tuvo una  $\alpha$  hemólisis por las características del medio y los bordes de las colonias.

La cepa A-0 presenta colonias transparentes medias amarillentas debido a la  $\beta$  hemólisis, esto indica que hubo una lisis completa. La cepa A-3 presenta una  $\gamma$  hemólisis esto quiere decir que no fermenta la glucosa, las colonias de esta cepa son redondas oscuras. En la Figura 12 se observan las placas de agar sangre con las cepas aisladas.



*Figura 12. Placas de agar sangre con cepas aisladas.*

En biorreactores anaerobios, se encontró gran cantidad de bacterias Gram + esto mencionado por Kröber et al.<sup>66</sup>, lo que nos indicaría que las T-1, A-0 y A-3 podrían aumentar la eficiencia del proceso.

Luego a cada una de las cepas aisladas se les realizó la tinción Gram obteniendo los datos mostrados en la Tabla 13.

**Tabla 13. Resultados de la tinción Gram.**

| Cepa | Tipo / Gram        |
|------|--------------------|
| A-0  | Streptococo Gram + |
| A-3  | Streptococo Gram + |
| T-1  | Bacilo Gram +      |

### ***Identificación molecular de cepas nativas.***

Las cepas aisladas fueron secuenciadas molecularmente, la secuencia de ADN fue comparada en BLAST de NCBI para encontrar el mayor porcentaje de homología de las bacterias. Los resultados se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14. Resultados de identificación molecular.**

| Cepa | Género y especie con mayor homología | % de Homología |
|------|--------------------------------------|----------------|
| A-0  | <i>Proteus vulgaris</i>              | Nueva variedad |
| A-3  | <i>Alcaligenes sp.</i>               | Nueva variedad |
| T-1  | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>        | 99             |

### **3.2.2 Aislamiento, caracterización e identificación de microorganismos procedentes del rumen de vaca.**

El crecimiento de las cepas en el medio agar dextrosa-sabouraud suplementado con cloranfenicol y gentamicina determina el crecimiento sólo de hongos ya que el cloranfenicol evita el crecimiento de las bacterias Gram + y la gentamicina evita el crecimiento de las bacterias Gram -. Por el reactor que usamos se necesitan hongos anaerobios, por eso luego de haber transcurrido los 15 días dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> se retiraron los tubos de ensayo, se observó el crecimiento tomando en cuenta los



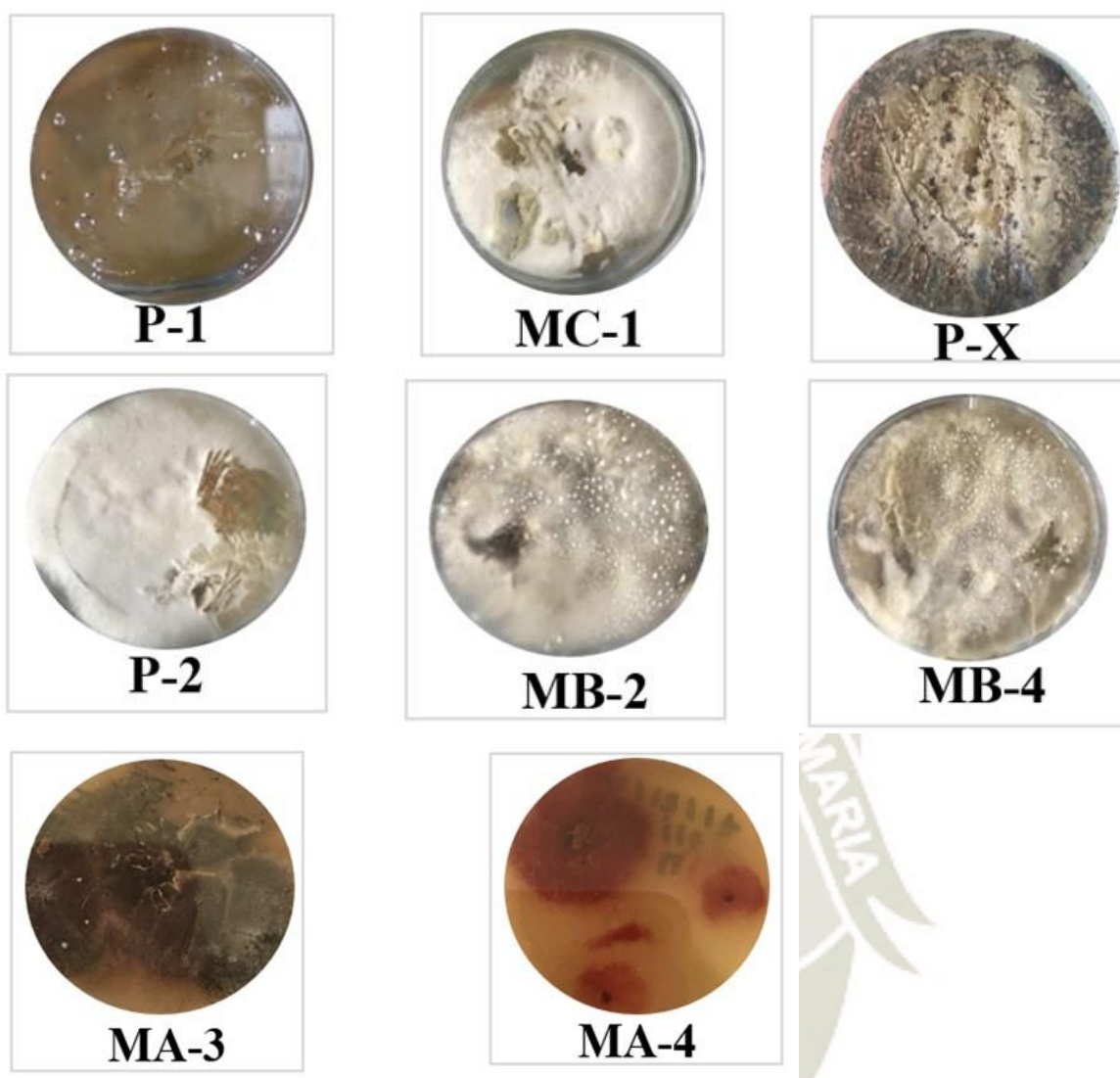
hongos que se habían desarrollado mejor en cuanto a su crecimiento y los que hicieron ruptura de medio o formaron espacios entre el medio y la cepa a lo largo del tubo.

Al realizar la siembra se obtuvieron varias cepas, pero se tomó en cuenta las cepas que hicieron ruptura de medio o que tuvieron las características anteriormente mencionadas. Se aisló 8 cepas diferentes macroscópicamente: P1, P-2, PX, MA-3, MA-4, MB-2, MB-4 y MC-1. En la Figura 13 se observan las placas de agar dextrosa-sabouraud con las cepas aisladas.

El rumen es un ambiente muy favorable para el crecimiento de algunos microorganismos y podría ser considerado como un medio de cultivo continuo y de gran valor para el desarrollo de microorganismos anaerobios<sup>67</sup>.

Los microorganismos que pueden desarrollarse de mejor manera en el rumen son anaerobios estrictos, organismos que suelen hidrolizar polímeros de hidratos de carbono<sup>68</sup> lo que nos indicaría que las cepas P1, P-2, PX, MA-3, MA-4, MB-2, MB-4 y MC-1 podrían desarrollarse con mayor facilidad dentro del reactor.

Las cepas aisladas presentan características macroscópicas muy diferentes, como se puede ver la cepa P1 presenta una colonia cremosa un poco pastosa a medida que va pasando el tiempo se vuelve amarillenta, el revés es de color amarillento. La cepa MC-1 presenta una colonia algodonosa con una textura vellosa, a medida que va pasando el tiempo se vuelve blanquecida y más algodonosa, el revés es de color amarillento medio rugoso y se va escureciendo con forme va pasando el tiempo. La cepa P-X presenta una colonia de color café con blanco, esta colonia es terrosa, el revés es rugoso y de color amarillo oscuro con bordes medios cafés. La cepa P-2 presenta una colonia blanca media cremosa, el revés es de color amarillento, pero a medida que pasa presenta una colonia al comienzo blanquecina, conforme va pasando el tiempo se vuelve café pero el centro es de color café claro y los bordes son un poco blanquecinos, el revés es de color amarillo oscuro y presenta una textura rugosa. Por último, la cepa MA-4 presenta una colonia rojiza con el centro más oscuro luego adquiere un color más oscuro medio granate, el revés es de color rojizo claro.



*Figura 13. Placas de agar dextrosa-sabouraud con cepas aisladas.*

### ***Identificación molecular de las cepas fúngicas.***

Las cepas aisladas fueron secuenciadas molecularmente, la secuencia de ADN fue comparada en la base de datos GenBank utilizando el algoritmo BLAST (blast) ([www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST)) de NCBI, en donde se construyó árboles filogenéticos para determinar las distancias genéticas, porcentaje de similitud con otras especies y encontrar el mayor porcentaje de homología de los hongos. Los resultados se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15. Resultados de identificación molecular.**

| Cepa | Género y especie con mayor homología | % de Homología |
|------|--------------------------------------|----------------|
| MC-1 | <i>Fusarium sp.</i>                  | Nueva especie  |
| MB-2 | <i>Fusarium oxysporum.</i>           | Nueva variedad |
| PX   | <i>Aspergillus sp.</i>               | Nueva especie  |
| P1   | <i>Fusarium oxysporum</i>            | Nueva variedad |
| MB-4 | <i>Fusarium oxysporum</i>            | Nueva variedad |
| MA-3 | <i>Fusarium oxysporum</i>            | Nueva variedad |
| MA-4 | <i>Monascus sp.</i>                  | Nueva especie  |
| P-2  | <i>Aspergillus flavus</i>            | 99             |

### 3.3.Determinación de la cinética de los microorganismos identificados.

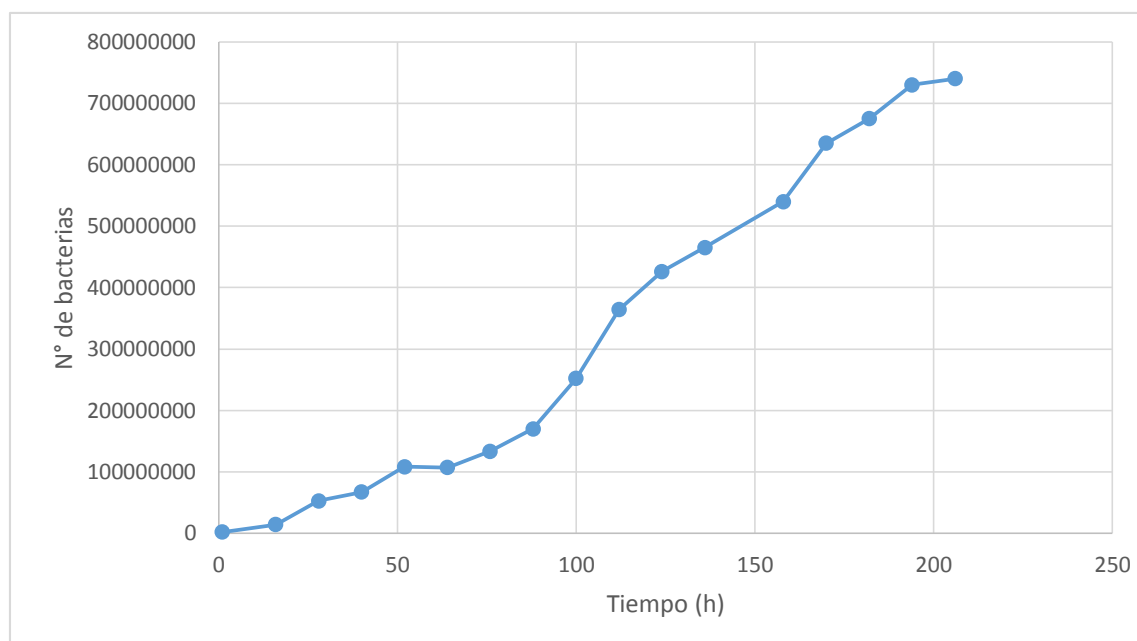
#### *Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas bacterianas.*

Una vez seleccionadas las tres cepas anaerobias se le realizó las curvas de crecimiento a cada una. Las figuras 14, 15 y 16 muestran las curvas de crecimiento relacionando el N° de bacterias con el tiempo.

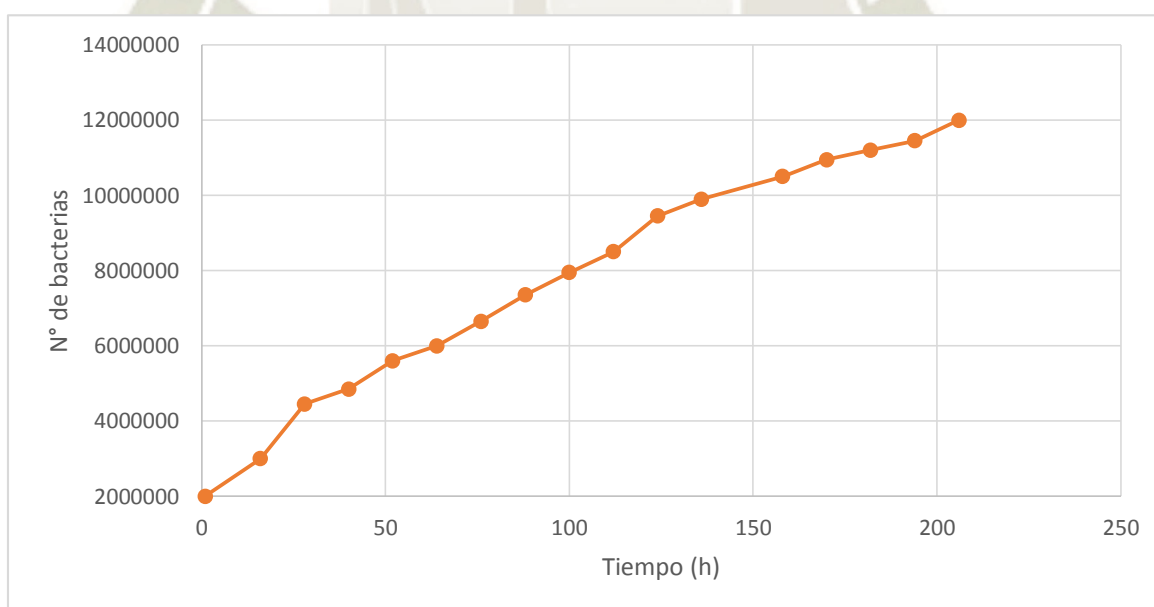
En la Figura 14 se puede distinguir las fases del crecimiento bacteriano; al término de las 100 horas (4to día) las bacterias llegan al final de la fase de adaptación, durante esta fase las bacterias se adaptan a las condiciones de crecimiento, en este periodo las bacterias individuales van madurando, pero aún no tienen la posibilidad de dividirse, durante esta fase de adaptación se produce la síntesis de ARN, enzimas y otras moléculas; en esta fase los microorganismos no están latentes <sup>69</sup>.

Luego inicia la fase exponencial hasta las 170 horas (6 días y medio) en donde llega a un crecimiento máximo y finalmente llegan a una fase estacionaria que es aproximadamente a las 210 horas (8vo día). De esta manera se ve como aumenta el crecimiento de las bacterias de acuerdo con los días.





*Figura 14. Curva de crecimiento relacionando Nº de bacterias con el tiempo para la cepa T-1.*



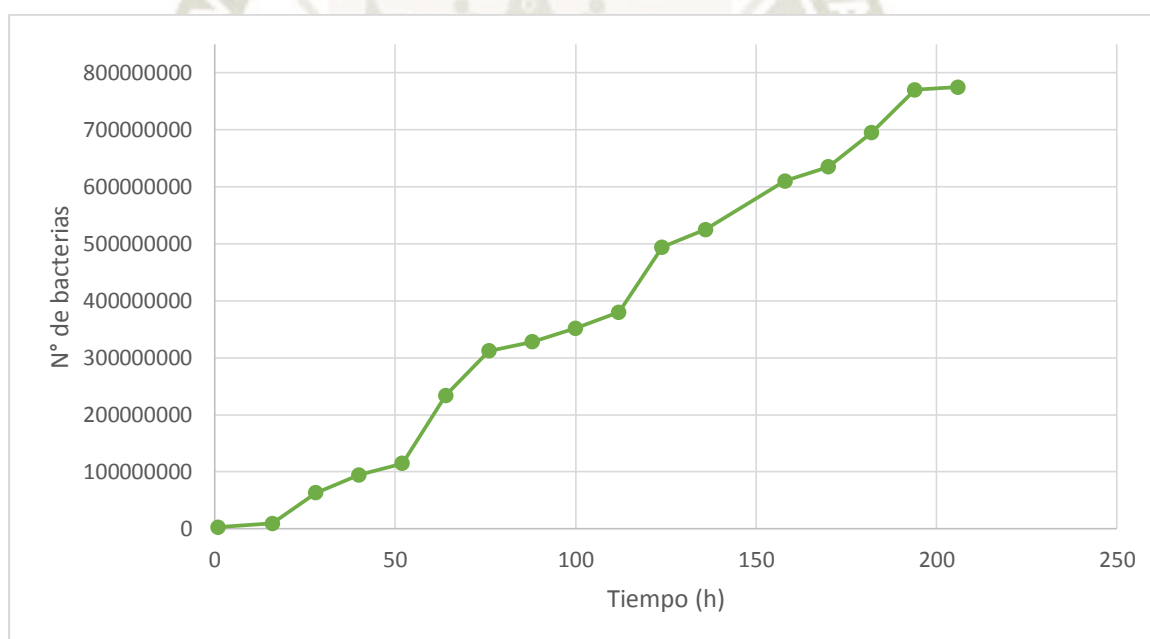
*Figura 15. Curva de crecimiento relacionando Nº de bacterias con el tiempo para la cepa A-3.*

En la Figura 15 se observa a la cepa en un estado de adaptación hasta el 2do día (50 horas aproximadamente), luego entra a una fase exponencial en un tiempo de 5 días y medio (150 horas aproximadamente), este periodo es caracterizado por la duplicación

celular, en donde el número de nuevas bacterias que aparecen por unidad de tiempo es proporcional a la población actual, el crecimiento exponencial no es continuo porque se agotan los nutrientes y se acumulan los desechos. La fase estacionaria termina al 8vo día (210 horas aproximadamente).

En la Figura 16 el crecimiento de la cepa A-0 va de forma ascendente, esto quiere decir que las bacterias se están desarrollando correctamente.

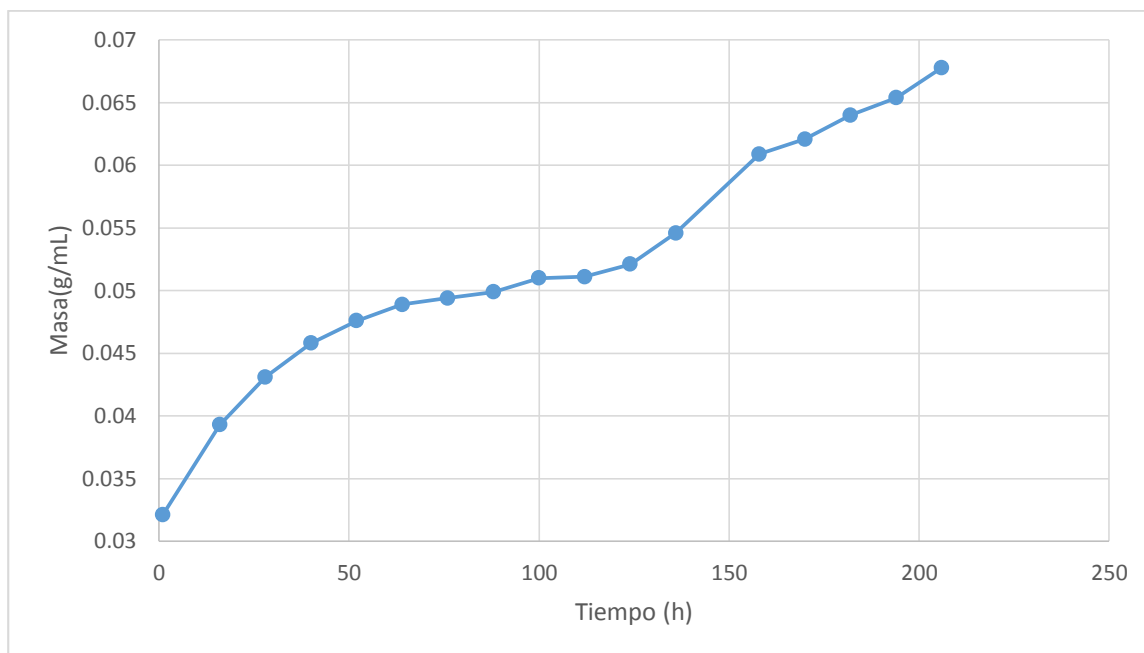
En la figura se observa que al término del día 2 las bacterias dan un salto pasando a la fase exponencial hasta el 5to días (150 horas aproximadamente) luego pasan a la fase estacionaria en la cual el crecimiento disminuye como consecuencia del agotamiento de nutrientes y la acumulación de productos tóxicos, esta fase se caracteriza por mantener un valor constante del número de bacterias a medida que la tasa de crecimiento de las bacterias se iguala con la tasa de muerte bacteriana, esto sucede en el 8vo día.



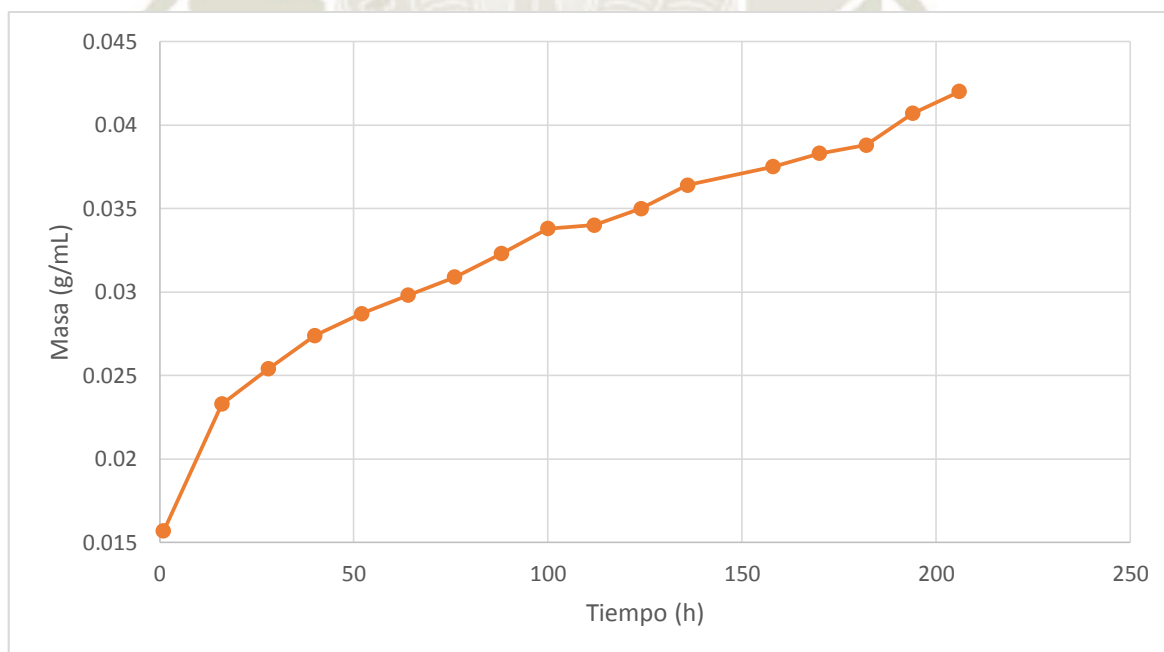
*Figura 16. Curva de crecimiento relacionando N° de bacterias con el tiempo para la cepa A-0.*

Las Figuras 17, 18 y 19 muestran la relación de la masa con el tiempo (g/mL) de las cepas T-1, A-3 y A-0. En las figuras se puede observar que la masa con el tiempo es directamente proporcional ya que la línea va de forma ascendente y también se observa como en un tiempo determinado que en este caso fue a los 8 días su crecimiento

ya es constante o se mantiene en forma lineal cómo se observó en las figuras 14,15 y 16.

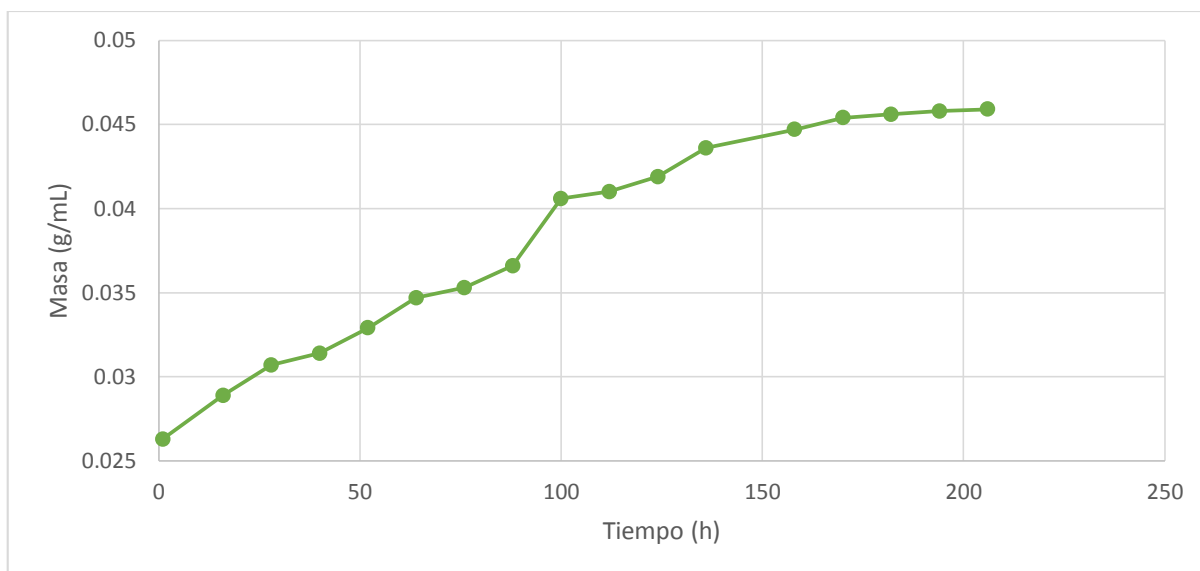


*Figura 17. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa T-1.*



*Figura 18. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa A-3.*

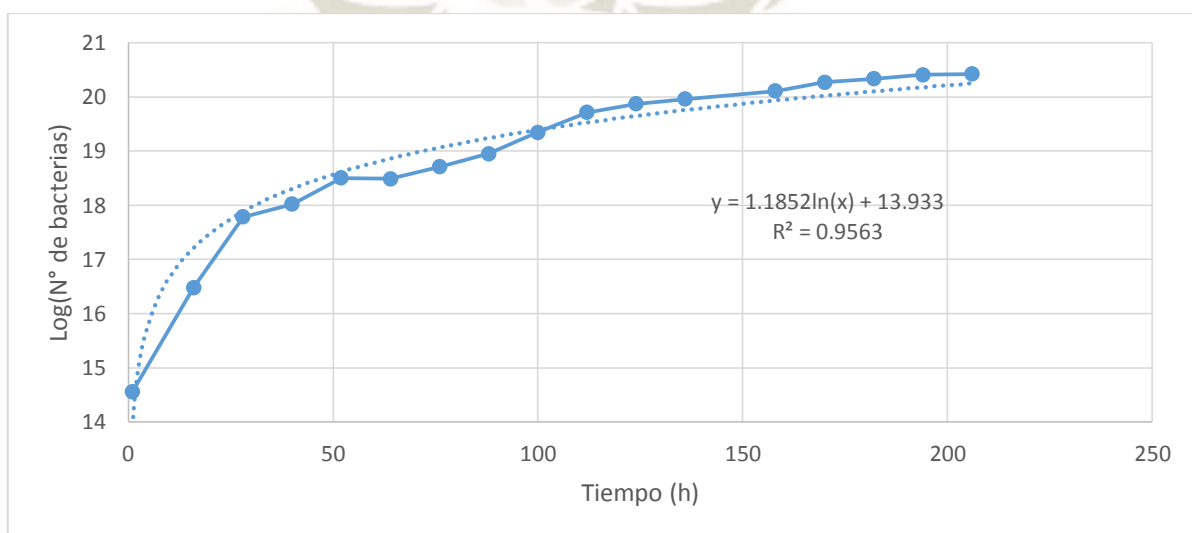




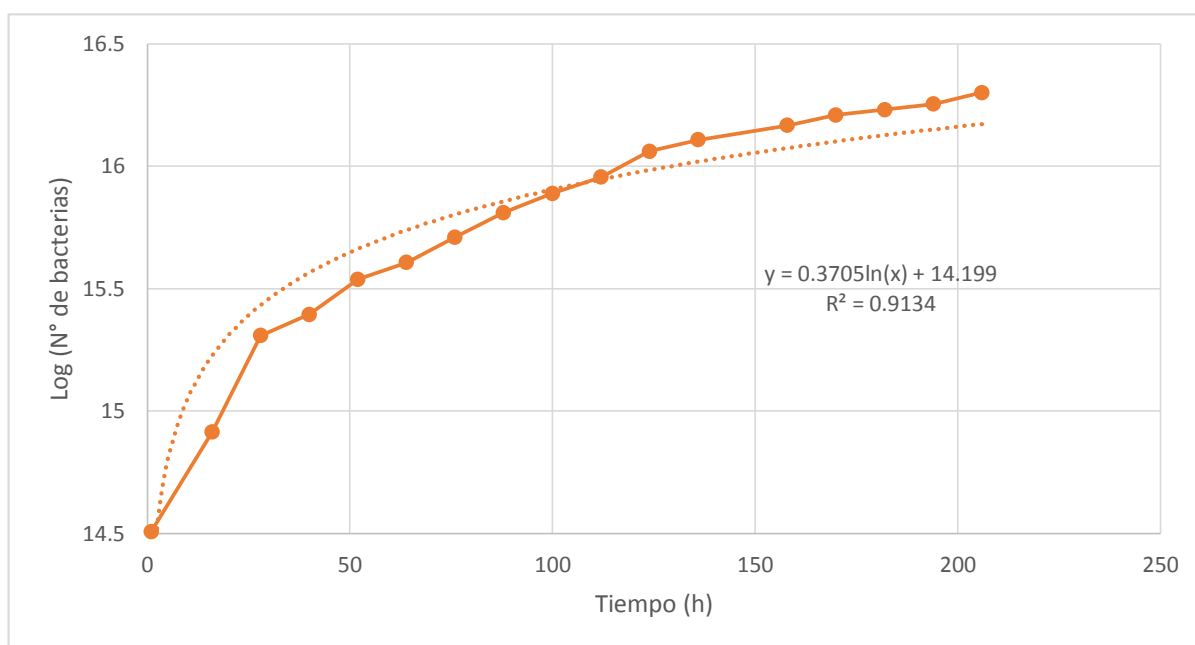
*Figura 19. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa A-0.*

Las cepas bacterianas entran en un estadio estacionario de su crecimiento en un tiempo de 5 días aproximadamente como se puede observar en las figuras 20, 21 y 22 que relacionan el Log (N° de bacterias) con el tiempo.

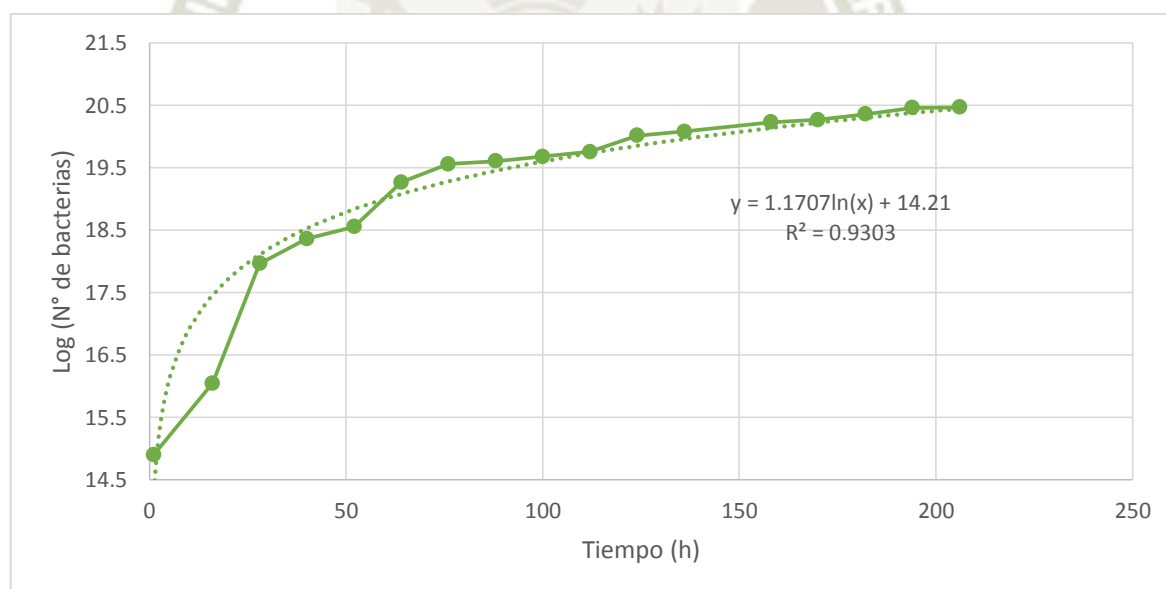
En las figuras se puede observar también tres fases del desarrollo bacteriano; la fase de adaptación, la fase exponencial y la fase estacionaria.



*Figura 20. Curva de crecimiento para la cepa T-1.*



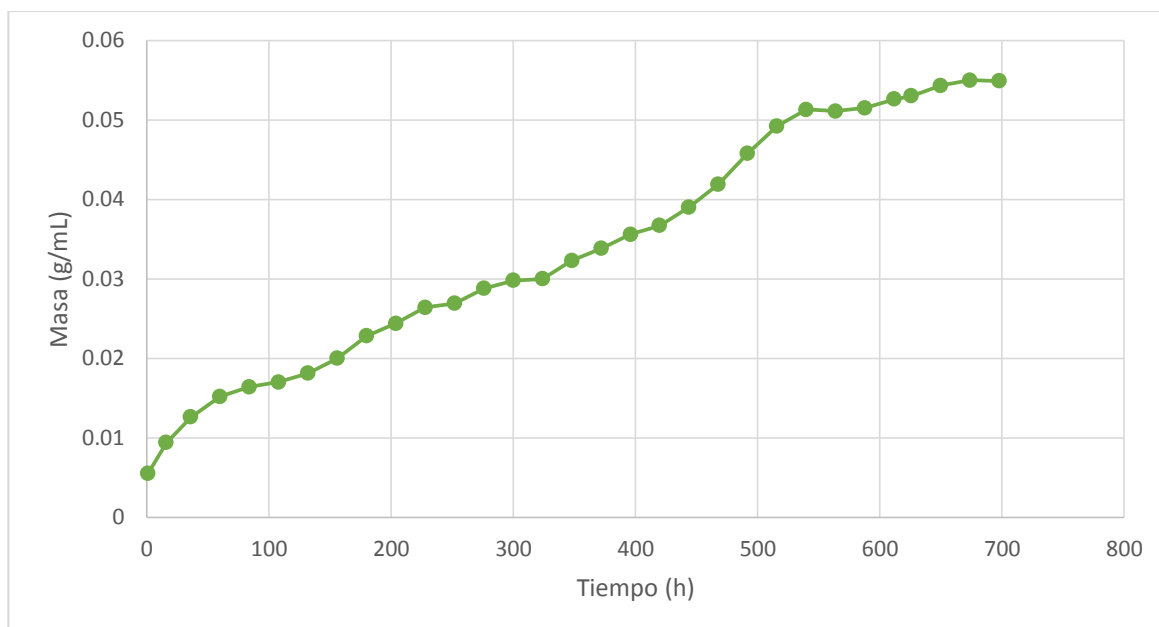
*Figura 21. Curva de crecimiento para la cepa A-3.*



*Figura 22. Curva de crecimiento para la cepa A-0.*

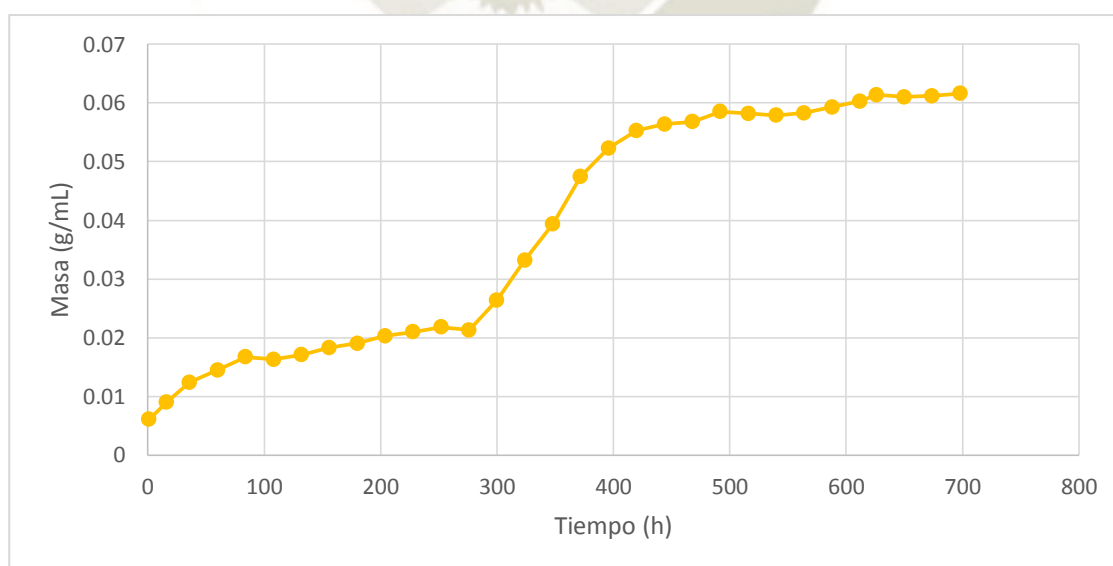
### ***Elaboración de curvas de crecimiento de cepas nativas fúngicas.***

Una vez seleccionadas las ocho cepas se le realizó las curvas de crecimiento a cada una de ellas como se muestra a continuación:



*Figura 23. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-1*

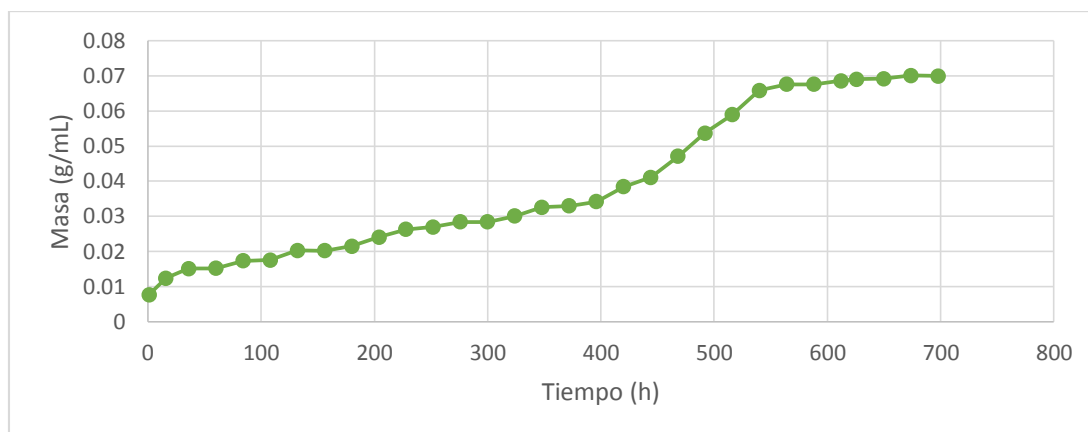
Como se observa en la Figura 23 la cepa P-1 llega a un crecimiento máximo a las 550 horas (11 días y medio), lo que significa que a las 600 horas entra en una fase de desaceleración y luego a una fase estacionaria es decir que para su crecimiento y su reproducción. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de vaca, como se explicó anteriormente este hongo presenta una colonia cremosa de color amarillenta.



*Figura 24. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-2.*

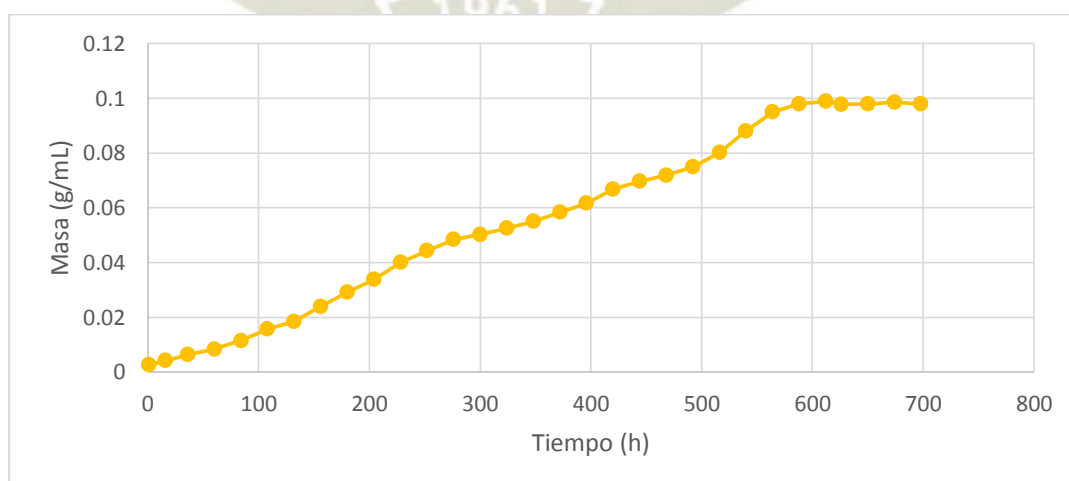


Como se observa en la Figura 24 la cepa P-2 llega a un crecimiento máximo a las 420 horas (9 días), lo que significa que a las 430 horas entra a una fase de desaceleración o fase estacionaria es decir que para su crecimiento y su reproducción. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de la vaca, como se explicó anteriormente este hongo presenta una colonia blanca cremosa.



*Figura 25. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa P-X.*

Como se observa en la Figura 25 la cepa P-X llega a un crecimiento máximo a las 540 horas (11 días y medio), lo que significa que a las 550 horas entra a una fase de desaceleración o fase estacionaria es decir que para su crecimiento y su reproducción. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de la vaca, como se explicó anteriormente este hongo presenta una colonia café con blanco de textura terrosa.

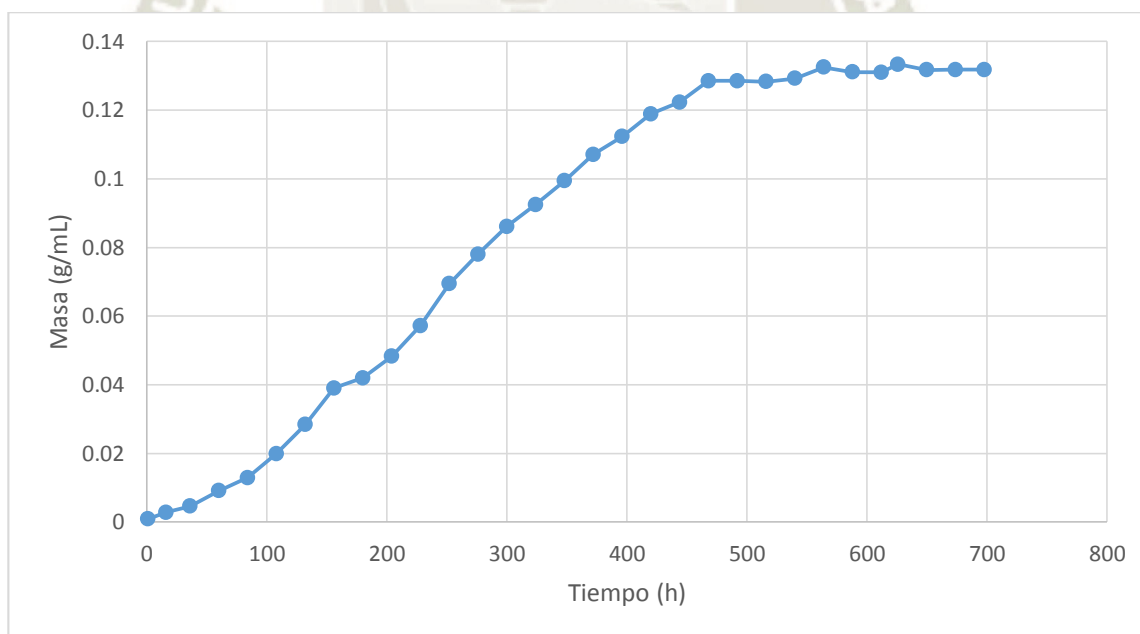


*Figura 26. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MA-3.*

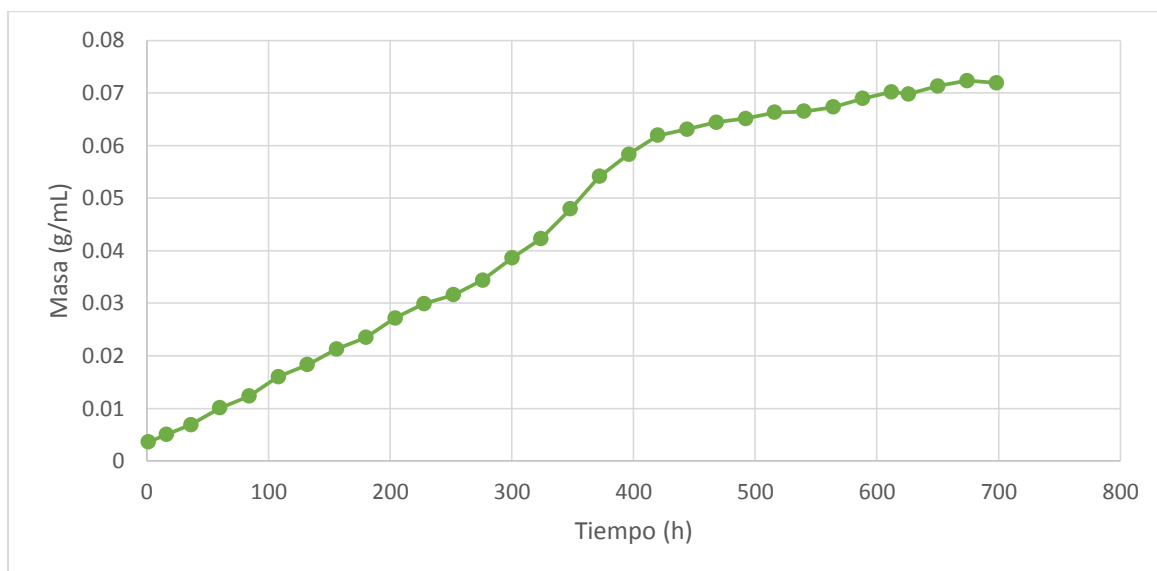
Como se observa en la Figura 26 la cepa MA-3 llega a un crecimiento máximo a las 580 horas, lo que significa que a las 590 horas entra a una fase de desaceleración o fase estacionaria es decir que, para su crecimiento y su reproducción, este hongo demoró en crecer 12 días. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de la vaca, como se explicó anteriormente presenta una colonia café oscura con bordes blanquecinos con una textura media terrosa.

El desarrollo de la cepa es óptimo por lo que se puede decir que el medio de cultivo fue el indicado para que pueda desarrollarse adecuadamente.

En la Figura 27 la cepa MA-4 llega a un crecimiento máximo a las 580 horas, lo que significa que a las 490 horas entra a una fase estacionaria, esta cepa demora en crecer igual que la cepa MA-3 ya que alcanza el máximo de su crecimiento en 12 días. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de la vaca, presenta una colonia rojiza un poco granate con una superficie plana y de textura media cremosa.

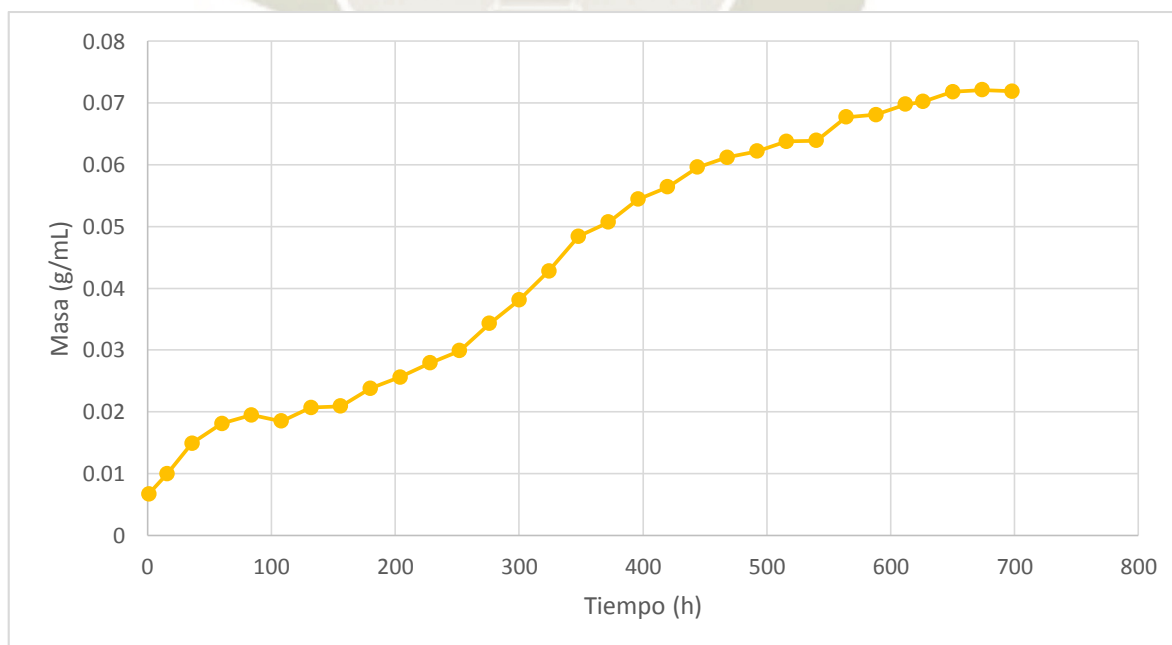


*Figura 27. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MA-4.*



*Figura 28. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MB-2.*

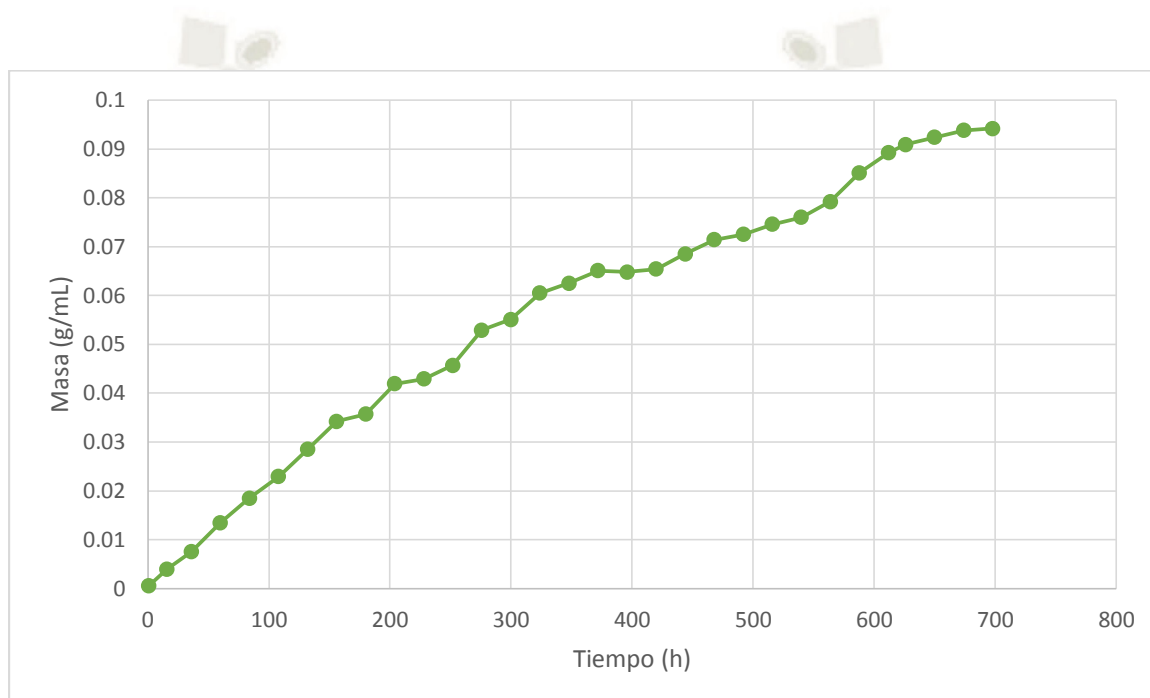
En esta figura la cepa MB-2 llega a un crecimiento máximo a las 520 horas (11 días), lo que significa que a las 540 horas entra a una fase estacionaria o también llamada fase de desaceleración. Este hongo fue extraído de uno de los pliegues del rumen de la vaca, presenta una colonia al inicio media amarillenta cremosa pero conforme va pasando el tiempo se vuelve blanca algodonosa, el revés es rugoso color amarillento.



*Figura 29. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MB-4.*



En la Figura 29 la cepa MB-4 llega a un crecimiento máximo a las 580 horas, lo que significa que a las 590 horas entra a una fase estacionaria o también llamada fase de desaceleración., este hongo demora 12 días en crecer como los hongos MA-4 y MA-3. La cepa fue extraída de uno de los pliegues del rumen de la vaca, presenta una colonia al inicio media amarillenta, conforme va pasando el tiempo se torna blanquecina cremosa un poco pastosa, el revés es de color claro un poco rugoso.



*Figura 30. Curva de crecimiento relacionando masa con el tiempo para la cepa MC-1.*

Este hongo al inicio de su crecimiento tiene características un poco similares a las del hongo MB-2 pero conforme van pasando los días su crecimiento y desarrollo es distinto y se pueden observar las diferencias en las características macroscópicas.

### 3.4. Configuración y construcción de un biorreactor para el tratamiento biológico de los residuos sólidos textiles.

Se diseñó un biorreactor de digestión anaeróbica seca ya que son utilizados generalmente para tratar sustratos concentrados con alto contenido de sólidos. La digestión anaeróbica es una tecnología prometedora de la cual se han realizado investigaciones para establecer los mecanismos por los cuales un consorcio microbiano transforma moléculas complejas en moléculas simples <sup>65</sup>.

El biorreactor cuenta con un sistema de aspersión y recirculación en la parte interna que facilita la movilización del efluente con una bomba de pecera, además de contar con un enchaquetado que ayuda a controlar la temperatura del reactor como se muestra en la Figura 31.

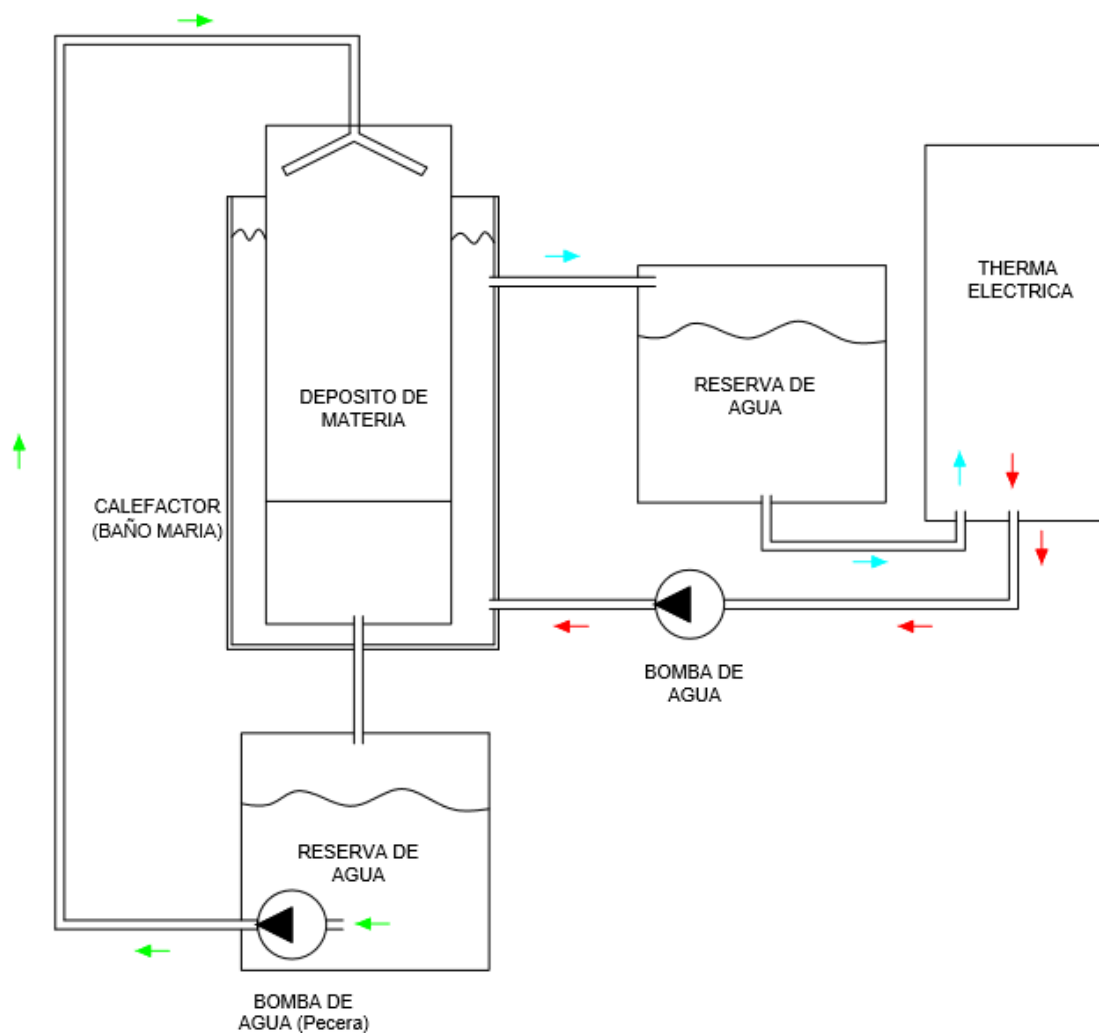


Figura 31. Diagrama de biorreactor

### 3.4.1 Preparación de inóculos y conteo de microorganismos.

#### *Conteo de microorganismos.*

Luego de haber transcurrido los 7 días en la incubadora de  $\text{CO}_2$ , se procedió hacer el conteo de bacterias, como se puede observar en la Tabla 16.

Para hacer el conteo se tomó 10  $\mu$ L de cada inóculo el cual se colocó en la cámara de Neubauer y se observó a través del microscopio. Para las cepas A-3 y T-1 se hicieron diluciones para poder visualizar bien al momento de hacer el conteo.

**Tabla 16. Conteo de microorganismos para la inoculación al biorreactor.**

| Bacterias | Conteo | Disolución | Número de bacterias |
|-----------|--------|------------|---------------------|
| A-O       | 550    | 1          | 27 500 000          |
| A-3       | 98     | 10         | 49 000 000          |
| T-1       | 75     | 10         | 37 500 000          |

### 3.4.2 Evaluación de pruebas iniciales de desechos sólidos.

La determinación de los parámetros iniciales de los residuos textiles se hizo en el laboratorio de control de calidad de la UCSM (Anexo 19). Los valores obtenidos de Sólidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, pH y Humedad se muestran en la Tabla 17.

Las muestras fueron tomadas en planta de los contenedores donde se almacenan estos residuos, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Se toma porciones que entren en una mano colocándolas dentro de una bolsa la que lleva a la balanza para tener el peso exacto de 1kg.
- Llegado al peso se cierra la bolsa para evitar la contaminación y pérdida de la muestra en su traslado hacia el laboratorio al área de control de calidad.

Los resultados de estos parámetros fueron de ayuda para determinar la composición del biol aportando también información sobre el pH, el cual se encuentra dentro del rango normal.



**Tabla 17. Evaluación de parámetros iniciales de los desechos sólidos.**

| Parámetros                 | Resultados |
|----------------------------|------------|
| Sólidos Totales (ST, %)    | 37,91      |
| Sólidos Volátiles (STV, %) | 19,64      |
| pH                         | 7,35       |
| Humedad (H, %)             | 62,09      |

*Nota. Extraído de Informe de ensayo N°ANA31G18.003484. Anexo 19.*

### 3.5 Evaluación de la composición del biol.

#### 3.5.1 Evaluación del biol.

Pasados los 45 días de funcionamiento de los 3 biorreactores, se les realizó el análisis con los siguientes parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), Sólidos Totales Volátiles (STV), Sólidos Totales (ST), Aluminio (Al), Calcio (Ca), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Potasio (K), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Fósforo (P) y Zinc (Zn), en el laboratorio BHIOS (Anexo 20, 21 y 22), dando los resultados en las Tablas 18, 19 y 20.

Las muestras fueron tomadas por el mismo laboratorio con la finalidad de evitar alteraciones o contaminación de estas.

Los parámetros analizados nos proporcionan las cantidades y porcentajes de los elementos que caracterizan al biol tomando los más importantes que aportan en el desarrollo de la planta como en sus raíces, tallos, hojas y frutos.

**Tabla 18. Evaluación de parámetros del biol con consorcio bacteriano.**

| Parámetros                                          | Resultados |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, mg/L)</b>    | 154        |
| <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)</b>       | 6750       |
| <b>pH</b>                                           | 8.38       |
| <b>Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>3</sub>-N, mg/L)</b> | 1402.66    |
| <b>Nitrógeno (N, %)</b>                             | 0.17       |
| <b>Sólidos Totales Volátiles (STV, mg/L)</b>        | 3462       |
| <b>Aluminio (Al, mg/L)</b>                          | 1,474      |
| <b>Calcio (Ca, mg/L)</b>                            | 144.55     |
| <b>Cobre (Cu, mg/L)</b>                             | 0.9843     |
| <b>Hierro (Fe, mg/L)</b>                            | 11.569     |
| <b>Potasio (K, mg/L)</b>                            | 150.484    |
| <b>Magnesio (Mg, mg/L)</b>                          | 36.105     |
| <b>Manganeso (Mn, mg/L)</b>                         | 36.105     |
| <b>Molibdeno (Mo, mg/L)</b>                         | 0.001061   |
| <b>Níquel (Ni, mg/L)</b>                            | 0.10199    |
| <b>Fósforo (P, %)</b>                               | 4.242      |
| <b>Zinc (Zn, mg/L)</b>                              | 0.277      |

*Nota. Extraído de Informe de ensayos N° 0386.2018. Anexo 20.*

En la tabla 18 se puede observar las cantidades y proporciones de los diferentes elementos que conforman el biol que trabajó con el consorcio bacteriano.

Cabe resaltar que los elementos más importantes para que sea un biol rico en nutrientes son<sup>70</sup>: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) ya que proporcionan a las plantas hormonas y vitaminas, ayudan al desarrollo vegetativo y fortalecimiento de la pared celular. Como se muestra en la tabla los porcentajes son los siguientes Nitrógeno (N) 0.17%, Fósforo (P) 4.242%, Potasio (K) 150.484 mg/L, Calcio (Ca) 144.55 mg/L y Magnesio (Mg) 36.105 mg/L, estos elementos forman parte de la producción de clorofila, aporte de proteínas y hormonas.

El pH de 8.38 se encuentra en un rango normal dentro de los parámetros del biol, esto nos indica que las bacterias anaerobias tuvieron un ambiente favorable ya que los valores óptimos para que se puedan desarrollar van de 6.0-8.0.

En la Tabla 19 se puede observar las cantidades y proporciones de los diferentes elementos que conforman el biol que trabajó con el consorcio fúngico. El pH de 8.37 se encuentra en un rango normal dentro de los parámetros del biol.

Como se muestra en la tabla los porcentajes y cantidades de Nitrógeno (N) 0.18%, Fósforo (P) 4.786%, Potasio (K) 124.776 mg/L, Calcio (Ca) 129.69 mg/L y Magnesio (Mg) 26.461 mg/L sobrepasan los valores del biol del Camal Don Goyo que se tomó como muestra estándar dentro de la ciudad Arequipa.

Los demás elementos se consideran micronutrientes ya que aportan con una mínima cantidad al desarrollo de las plantas y suelos.

Los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Volátiles (STV) y Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) proporcionan información sobre los análisis realizados al agua y la biomasa (fibra de oveja y lana de alpaca).



**Tabla 19. Evaluación de parámetros del biol con consorcio fúngico.**

| Parámetros                                          | Resultados |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, mg/L)</b>    | 511        |
| <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)</b>       | 5675       |
| <b>pH</b>                                           | 8.37       |
| <b>Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>3</sub>-N, mg/L)</b> | 1375.28    |
| <b>Nitrógeno (N, %)</b>                             | 0.18       |
| <b>Sólidos Totales Volátiles (STV, mg/L)</b>        | 3726       |
| <b>Sólidos Totales (S, mg/L)</b>                    | 5033       |
| <b>Aluminio (Al, mg/L)</b>                          | 1.353      |
| <b>Calcio (Ca, mg/L)</b>                            | 129.69     |
| <b>Cobre (Cu, mg/L)</b>                             | 0.655      |
| <b>Hierro (Fe, mg/L)</b>                            | 16.655     |
| <b>Potasio (K, mg/L)</b>                            | 124.776    |
| <b>Magnesio (Mg, mg/L)</b>                          | 26.461     |
| <b>Manganeso (Mn, mg/L)</b>                         | 1.376      |
| <b>Molibdeno (Mo, mg/L)</b>                         | 1.736      |
| <b>Níquel (Ni, mg/L)</b>                            | 0.13051    |
| <b>Fosforo (P, %)</b>                               | 4.786      |
| <b>Zinc (Zn, mg/L)</b>                              | 00.437     |

*Nota. Extraído del Informe de ensayo 0387.2018. Anexo 21.*

**Tabla 20. Evaluación de parámetros del biol con consorcio microbiano.**

| Parámetros                                          | Resultados |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO,mg/L)</b>     | 98         |
| <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)</b>       | 2134       |
| <b>pH</b>                                           | 8.96       |
| <b>Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>3</sub>-N, mg/L)</b> | 378.08     |
| <b>Nitrógeno (%)</b>                                | 53.077     |
| <b>Sólidos Totales Volátiles (STV, mg/L)</b>        | 2393       |
| <b>Sólidos Totales (ST, mg/L)</b>                   | 4232       |
| <b>Aluminio (Al, mg/L)</b>                          | 1.338      |
| <b>Cobre (Cu, mg/L)</b>                             | 1.174      |
| <b>Hierro (Fe, mg/L)</b>                            | 9.827      |
| <b>Magnesio (Mg, mg/L)</b>                          | 19.369     |
| <b>Manganeso (Mn, mg/L)</b>                         | 1.574      |
| <b>Molibdeno (Mo, mg/L)</b>                         | < 0.07     |
| <b>Níquel (Ni, mg/L)</b>                            | 0.105      |
| <b>Fósforo (P, mg/L)</b>                            | 0.002      |
| <b>Zinc (Zn, mg/L)</b>                              | 0.800      |

*Nota. Extraído de Informe de ensayos N°3695-2017.Anexo 21.*

En la Tabla 20 se puede observar las cantidades y proporciones de los diferentes elementos que conforman el biol que trabajó con el consorcio microbiano.

El pH de 8.96 se encuentra fuera del rango normal del biol, esto nos indica que el pH es alcalino. Como se muestra en la tabla los porcentajes y cantidades de Nitrógeno (N) 5.307%, Fósforo (P) 0.002%, y Magnesio (Mg) 19.369 mg/L no son valores óptimos para poder utilizar el biol como fuente nutritiva ya que no se encuentran dentro de los rangos que se necesitan para ser considerados biol y tampoco aportarían lo necesario para las plantas.

En la Tabla 21 se hizo una comparación de 3 bioles producidos con biomásas diferentes a la de los 3 bioles producidos experimentalmente. Las 3 primeras fuentes son bioles preparados con desechos de leguminosas, desechos vegetales, desechos animales, estiércol de vaca, estiércol de cerdo, entre otros, mientras que la biomasa de los biorreactores experimentales fue de desechos sólidos textiles (lana de alpaca y lana de oveja entre otros desechos como tierra).

Analizando esta tabla se puede observar que el pH del biol producido por el biorreactor 1, por el biorreactor 2, el biol del Camal Don Goyo y la fuente 2 se encuentran en un rango normal, mientras que los valores del biol producido por el biorreactor 3 no son óptimos para poder utilizarlos como fuente de nutrientes.

Los valores de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) en los biorreactores 1 y 2 duplican las cantidades y proporciones de las otras fuentes.

Para que las plantas puedan desarrollarse y tengan un crecimiento óptimo se necesitan nutrientes o elementos esenciales como se menciona anteriormente, micronutrientes, macronutrientes; en el caso del biol aporta micronutrientes y macronutrientes como se puede ver en la tabla y como se describe a continuación.

Los micronutrientes son elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades como Hierro (Fe), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo), en la tabla se puede ver que estos elementos se encuentran en pequeñas cantidades.



**Tabla 21. Comparación de parámetros.**

| Parámetro               | Fuente 1                       | Fuente 2             | Fuente 3               | Fuente 4                      | Fuente 5                   | Fuente 6                      |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                         | Manual prep. Y<br>uso del biol | Estiércol de<br>vaca | Biol Camal Don<br>Goyo | Biol reactor 1<br>(bacterias) | Biol reactor 2<br>(hongos) | Biol reactor 3<br>(consorcio) |
| <b>pH</b>               | 5.6                            | 7                    | 7.2                    | 8.38                          | 8.37                       | 8.96                          |
| <b>DQO</b>              | –                              | –                    | 400mg/L                | 6750mg/L                      | 5675mg/L                   | 2134mg/L                      |
| <b>DBO</b>              | –                              | –                    | 91mg/L                 | 154mg/L                       | 511mg/L                    | 98mg/L                        |
| <b>NH<sub>3</sub>-N</b> | –                              | –                    | 395.93mg/L             | 1402.66 mg/L                  | 1375.28mg/L                | 378.08mg/L                    |
| <b>STV</b>              | –                              | –                    | 342mg/L                | 3462mg/L                      | 3726mg/L                   | 2393mg/L                      |
| <b>ST</b>               | –                              | –                    | 1137mg/L               | 5037mg/L                      | 5033mg/L                   | 4232mg/L                      |
| <b>Al</b>               | –                              | –                    | <0.2 mg/L              | 1.474mg/L                     | 1.353mg/L                  | 1.338mg/L                     |
| <b>Ca</b>               | 112.10ppm                      | 1132.0mg/L           | –                      | 144.55mg/L                    | 129.69mg/L                 | –                             |
| <b>Cu</b>               | 0.036ppm                       | –                    | <0.2 mg/L              | 0.9843mg/L                    | 0.655mg/L                  | 1.174mg/L                     |
| <b>Fe</b>               | 0.820 ppm                      | –                    | 0.55 mg/L              | 11.569mg/L                    | 16.655mg/L                 | 9.827mg/L                     |
| <b>K</b>                | 860.40 ppm                     | 2892.4mg/L           | –                      | 150.484mg/L                   | 124.776mg/L                | –                             |
| <b>Mg</b>               | 54.77 ppm                      | 544.4mg/L            | 20.76 mg/L             | 36.105mg/L                    | 26.461mg/L                 | 19.369mg/L                    |
| <b>Mn</b>               | 0.075 ppm                      | –                    | <0.2 mg/L              | 1.83051mg/L                   | 1.736mg/L                  | 1.574mg/L                     |
| <b>Mo</b>               | –                              | –                    | <0.95 mg/L             | 0.00106mg/L                   | 0.001430mg/L               | <0.07 mg/L                    |
| <b>N</b>                | 0.092 %                        | 46 %                 | 4.095 %                | 0.17%                         | 0.18%                      | 5.307%                        |
| <b>Ni</b>               | –                              | –                    | <0.1 mg/L              | 0.10199mg/L                   | 0.13051mg/L                | 0.105mg/L                     |
| <b>P</b>                | 112.80 ppm                     | 57%                  | <0.1 mg/L              | 4.242%                        | 4.786%                     | 0.002%                        |
| <b>Zn</b>               | –                              | –                    | <0.05 mg/L             | 0.277mg/L                     | 0.437mg/L                  | 0.800mg/L                     |

Nota. Fuente1, extraído de Preparación y uso de biol. Lima: Soluciones Prácticas, 2010<sup>74</sup>. Fuente 2, extraído de Evaluación de la calidad de biogas y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de pvc<sup>75</sup>. Fuente 3, extraído Informe de Ensayos N°3795-2017, Anexo 23. Fuente 4, extraído de Informe de ensayos N° 0386.2018.

Anexo 20. Fuente 5, extraído de Informe de ensayo 0387.2018. Anexo 21. Fuente 6, extraído de Informe de ensayos N°3695-2017. Anexo 21.

Lo macronutrientes son los elementos que se necesitan en grandes cantidades entre ellos se encuentran Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), en la tabla se puede ver que se encuentran en mayor proporción.

El Nitrógeno ayuda al crecimiento de la planta y se encuentra en diferentes funciones como por ejemplo ayuda en la producción de clorofila ayuda a crear la masa y está presente en el desarrollo vegetativo.

El Fósforo participa en procesos metabólicos como la fotosíntesis, transferencia de energía, la síntesis y degradación de carbohidratos.

El potasio regula la apertura y cierre de las estomas en la fotosíntesis, regula la absorción de CO<sub>2</sub> y activa las enzimas para la producción de ATP (adenosina trifosfato).

El calcio ayuda al crecimiento de raíces y la fruta, promueve el alargamiento celular y da estabilidad a la pared celular.

El Magnesio es el principal componente de la clorofila ya que da el color verde y ayuda en la producción de cultivos.

## Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones

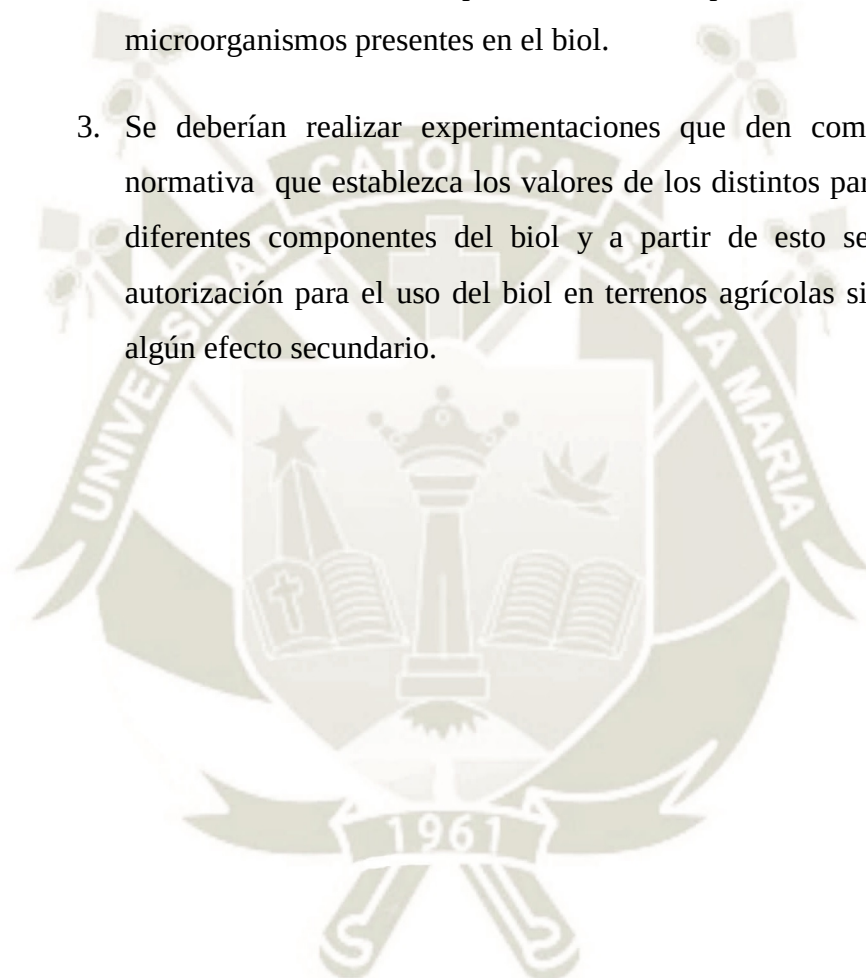
### 4.1. Conclusiones

1. El agua residual de Inca Tops tuvo pH 6.85, Nitrógeno amoniacal 10.61 mg/L, Demanda química de oxígeno 920 mg/L, Demanda bioquímica de oxígeno 1798 mg/L, Nitrógeno 42.1 mg/L, Aluminio 9.965 mg/L, Calcio 13.84 mg/L, Cobre 0.05557 mg/L, Hierro 10.07 mg/L, Magnesio 4.726 mg/L, Manganeseo 0.8813 mg/L, Molibdeno 0.00295 mg/L, Níquel 0.0087 mg/L, Fósforo 21.08 mg/L y Zinc 0.1750 mg/L lo que ayudó para evaluar el biol obtenido de los 3 biorreactores experimentales.
2. Se aisló 3 cepas nativas de la fibra de alpaca y oveja las cuales fueron identificadas molecularmente siendo las cepas *Pseudomonas aeruginosa*, *Alcaligenes sp.* y *Proteus vulgaris*. Se aisló 8 cepas nativas del rumen de la vaca las cuales tienen capacidad anaerobia; fueron identificadas molecularmente siendo las cepas *Fusarium sp.*, (4) *Fusarium oxysporum* (distintas variedades), *Aspergillus sp.*, *Monascus sp.* y *Aspergillus flavus*.
3. Se determinó la cinética de los microorganismos aislados obteniendo como resultado que las cepas bacterianas entraron a la fase exponencial entre el 5to y 6to día, llegando a la fase estacionaria al 8vo día. Las cepas fúngicas tuvieron un crecimiento máximo durante el 9no y 11vo día, lo que indicó que al 12vo día entraron a la fase estacionaria.
4. La configuración hecha para los biorreactores experimentales de digestión anaeróbica seca fue la adecuada para poder obtener resultados óptimos.
5. Luego de diferentes experimentaciones y análisis de parámetros se pudo concluir que el biol extraído del biorreactor 1, que trabajó con las bacterias y el biorreactor 2, que trabajó con los hongos, dieron excelentes resultados los mismos que mejoran a los parámetros del biol estándar. El biol obtenido de los biorreactores 1 y 2 tuvo una buena cantidad de N-P-K esto indica que se podría utilizar como fertilizante líquido. La cantidad de Ca y Mg encontrado en los bioles del reactor 1 y 2 se asemejan a la de los abonos orgánicos, por lo que puede ser usado en cultivos hidropónicos.



#### 4.2.Recomendaciones

1. Es importante conocer a detalle la conformación y la estructura de la biomasa utilizada con la finalidad de determinar las diferentes etapas de la degradación de la materia dentro del reactor.
2. Considerando que el agua residual tiene una carga microbiana se debe realizar un análisis post-tratamiento para conocer todos los microorganismos presentes en el biol.
3. Se deberían realizar experimentaciones que den como resultado una normativa que establezca los valores de los distintos parámetros para los diferentes componentes del biol y a partir de esto se pueda dar una autorización para el uso del biol en terrenos agrícolas sin que este cause algún efecto secundario.



## Referencias

1. Sedesol, Ine. Informe de la situación general en material de equilibrio ecológico y protección al ambiente. México; 1994. página 220.
2. Bal AS, Dhagat NN. Upflow anaerobic sludge blanket reactor--a review. 2001.
3. Lim JW & Wang, J-Y. Enhanced hydrolysis and methane yield by applying microaeration pretreatment to the anaerobic co-digestion of brown water and food waste. Waste Management. 2013.33(4), 813-819.
4. Parra R. Digestión anaerobia de lactosuero: efecto de altas cargas puntuales. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2010; 63(1), 5385-5394.
5. El proceso de digestión anaerobia 2004. Disponible en: <http://www.udl.es/usuarios/r5213847/principal.htm>
6. Acosta Lorenzo, Obaya Yaniris Abreu, Ma Cristina. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XXXIX, núm. 1, 2005, pp. 35-48 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba.
7. Medina V y Solari EG. El Biol, Fuente de Fitoestimulante en el Desarrollo Agrícola. Programa Especial de Energía UMSS-TZ. Impresiones Poligráficas, Cochabamba, Bolivia .1990.
8. Palacios O. Evaluación de un Sistema Discontinuo de Biodigestión Anaerobia para el Tratamiento de Desechos avícolas. Venezuela 2005. ISSN 0798-406.
9. Gomero Luis. Los Biodigestores Campesinos una Innovación para el Aprovechamiento de los Recursos Orgánicos. LEISA Revista de Agroecología. 2005.
10. Wang X, Wang G, L y Liu X. The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Noviembre 2003.
11. Wood G. Handbook of Fiber Science and Technology – Volumen I. Chemical Processing of Fiber and Fabrics. Fundamentals and Preparation. Part A. Edited by Menachem Lewin, Steven B Sello. Cap 5. Raw Wool Scouring, Wool Grease Recovery and Scouring Wastewater Disposal, 1985.
12. Carissoni E, Dotti S, Fleiss F, Petaccia L, Pieri L. Cotton and Wool Spinning. Asociación Italiana de Productores de Maquinaria Textil. 2002.
13. Revista de la Industria Textil. N°249, 1987.
14. Rosas Espejo Ania Ibhet. Estudio de las Principales Características de la Fibra de Alpaca Grasienta y de las Condiciones de su Proceso de Lavado Tesis Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. 1876.
15. Antunez P, Arestegui D, Mengoni S, Rivera D. 1996. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de hilados de fibra de alpaca, llama y lana de ovino en la sierra central. Tesis universidad nacional agraria la molina. Lima – Perú. 1996
16. Naik, A. Hilatura Técnicas Actuales. Ed. U.P.C. Terrassa; 1995. Normas técnicas Peruanas NTP 231: Normas Técnicas Peruanas, NTP 231. NTP 231.109:2005 (Método de ensayo para determinar el contenido de grasa en la

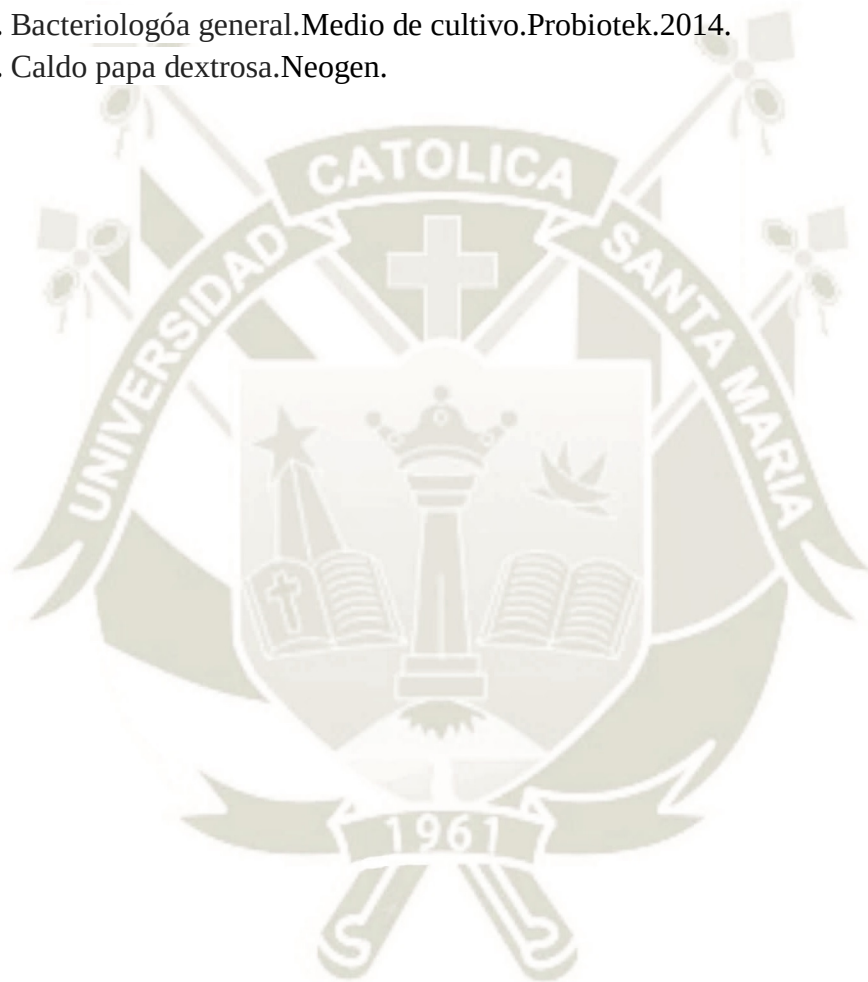
- cinta de fibra de alpaca) NTP 231.129:1982 (Método de ensayo para determinar el pH del extracto acuoso) NTP 231.301:2004 (Fibra de alpaca clasificación y definiciones)
17. Elvira Mario G. De qué está hecha la lana y principales características textiles. Sitio Argentino de Producción Animal.2009; 1-2
  18. Pesok Melo Juan Carlos. La lana, composición, estructura y propiedades. Introduccion a la tecnología textil.2015; 1(3):6-7.
  19. Mckinnon J. Some Chemistry of the Wool Industry Scouring and Yarn Production. Wool Research Organisation of New Zealand (Inc.). 2000
  20. Cegarra J. Fundamento y Tecnología del blanqueo de materias textiles. Universidad Politécnica de Cataluña. 1997 Capítulo -21.
  21. Guillén Gacén Joaquín. Lana Parámetros Químicos. Catedrático de Polímeros Textiles y Fibras Químicas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa. 1989.
  22. Vilchez S. Nuevos Tratamientos de Lana con Enzimas. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Departamento de Tecnología de Tensioactivos. Barcelona 2005.
  23. Canal Cristina. Estudio de las propiedades superficiales y del postsuavizado de tejidos de lana y poliamida tratados con plasma. Departamento de Tecnología de Tensioactivos Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona. 2006.
  24. Von Bergen, W Wool handbook. T.I. 3th. Ed. N.Y; 68, John Wiley. 1963.
  25. Leyva C. Dispersión del Diámetro en Cinco Calidades de Fibra de Alpaca Dentro de la Clasificación Comercial, Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 1979.
  26. Liu X, Xungai W. A Comparative Study on the Felting Propensity of Animal Fibers.
  27. Brenner Kathie, Lingchong You, Frances H. Arnold. Engineering microbial consortia: a new frontier in synthetic biology. Cell Press.2008; 26(9):483-489.
  28. Orberá Ratón T. Molecular identification methods of yeasts of biotechnological interest. Métodos moleculares de identificación de levaduras de interés biotecnológico. 2004; 21,15-9.
  29. Guarro J. Taxonomía y biología de los hongos causantes de infección en humanos. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.2012; 30(1), 33-39.
  30. J L López-Hontangas, FJ Castillo y M Salavert. Técnicas de identificación. 1992 3, 28-29.
  31. Bou G, Fernández-Olmos A, García C, Sáez-Nieto JA., & Valdezate, S. Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2011; 29(8), 601-608.
  32. Clarridge III JE. Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases. Clin Microbiol Rev. 2004; 62,17-840.



33. Syuhadaa N, Husnain T, Li B, Rahman A&Riffat R. Investigation of the Performance and Kinetics of Anaerobic Digestion at 45°C. *Journal of Water Resource and Protection*. 2015; 7(14); 1099-1110.
34. Barlaz MA, Ham RK, Schaefer DM. Microbial, chemical and methane production characteristics of anaerobically decomposed refuse with and without leachate recycling. *Waste Manag. Res.* 1992; 10: 257–267
35. Raposo F de la Rubia, MA, Fernández-Cegrí V, Borja R. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: an overview relating to methane yields and experimental procedures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;16, 861- 877.
36. Hilbert Jorge A. Manual para la producción de biogás. Instituto de ingeniería rural. 2008.
37. Romano R T, Zhang R, Teter S & McGarvey, JA. The effect of enzyme addition on anaerobic digestion of Jose Tall Wheat Grass. *Bioresource Technology*. 2009; 100(20), 4564-4571.
38. Ward A J, Hobbs P J, Holliman P J & Jones D L. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*. 2008; 99 (17), 7928-7940.
39. Luostarine S. Anaerobic on site-wastewater treatment low temperatures. *Studies in Biological and Environmental Science Finland*. 2005; 45, 14-21.
40. Taherzadeh Mohammad J, Karimi Keikhosro. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2008; 9, 1621- 1651.
41. Tippayawong N, Thanompongchart P. Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S in a packed column reactor. *Energy*. 2010; 35, 4531- 4535.
42. Li Y, Zhang R, He Y, Zhang C, Liu X, Chen C & Liu G. Anaerobic co-digestion of chicken manure and corn stover in batch and continuously stirred tank reactor (CSTR). *Bioresource Technology*, 2014; 156(0), 342-347.; Molino A, Nanna F, Ding Y, Bikson, B. & Braccio, G. Biomethane production by anaerobic digestion of organic waste. *Fuel*, 2013; 103(0), 1003- 1009.; Parra, R. Digestión anaerobia de lactosuero: efecto de altas cargas puntuales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2010; 63(1), 5385-5394
43. Kondusamy D & Kalamdhad A. Pre-treatment and anaerobic digestion of food waste for high rate methane production – A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014; 2, 1821- 1830.
44. Angelidaki I, Sanders W. Assessment of the anaerobic digestion biodegradability of macropollutants. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2004; 3, 114-129.
45. El-Mashad, H M & Zhang R. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource Technology*, 2010; 101(11), 4021- 4028.
46. Wiley PE, Campbell JE, McKuin B. Production of biodiesel and biogas from algae: a review of process train options. *Water Environ. Res.* 2011; 83.326-338.

47. Clarridge III JE. Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases. Clin Microbiol Rev. 2004; 62,17-840.
48. Moraes B, Zaiat M & Bonomi A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015; 44, 888–903.
49. Adekunle F & Okolie J A. Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. Advances in Bioscience and Biotechnology. 2015; 6, 205-212
50. Cazier E, Trably E, Steyer J & Escudie R. Biomass hydrolysis inhibition at high hydrogen partial pressure in solid-state anaerobic digestion. Bioresource Technology. 2015; 190, 106–113.
51. Parra Huertas, Ricardo Adolfo. Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. Artículo de Revisión. 2015. Vol.10, No.2 ,142-159.
52. Kondusamy D & Kalamdhad A. Pre-treatment and anaerobic digestion of food waste for high rate methane production – A review. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014 ;2, 1821- 1830
53. Arango O & Sanches L. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. Revista biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 2009; 7(2), 24-31.
54. Gonzales C, Sialve B & Molinuevo S. Review Anaerobic digestion of microalgal biomass: Challenges, opportunities and research needs. Bioresource Technology. 2015; 1-11.
55. Elmitvalli TA. Treatment of municipal wastewater in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. 2005.
56. Seghezze L, Zeeman G, Van Lier J, Hamelers V & Lettinga G . A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. Journal Bioresource Technology. 1998; 65, 398-407.
57. Instituto Federal Suizo de Ciencias y Tecnología Acuáticas. UASB Reactor. 2011.
58. Hernández Martín, Sandra. Biomasa algal como fuente de producción de metano vía co-digestión anaerobia. 2017.
59. Manual del boil. Sistema Biobolsa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.México. 2015.
60. TÉCNICO, M. biol, compost y humus.2010.
61. Preparación y uso de biol. Álvarez, Fernando. Lima: Soluciones Prácticas.2010
62. Garzón Grajales, N. Caracterización e identificación molecular de hongos de suelo aislados de los páramos de Guasca y Cruz Verde, Cundinamarca-Colombia (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias).2014
63. John J. Weiland- USDA-ARS, Laboratorio de Ciencia de Cultivos del Norte, Unidad de Investigación de remolacha y patata Fargo, ND 58105-5677 EE.UU. Procedimiento rápido para la extracción de ADN de esporas de hongos y micelios.

64. Parra Huertas R. A. Anaerobic digestión: biotechnological mechanisms in waste water treatments and their application in food industry. 2015
65. Antoraz S. Importancia del sistema de dos componentes AbrA1/A2 de *Streptomyces coelicolor* en la producción de antibióticos y diferenciación mediante el uso de los mutantes carentes de sus genes.2013
66. Alvarez Fernando. Preparación y uso de biol. Lima: Soluciones Prácticas, 2010.
67. Microbiología Clínica, Medios de cultivo.2013
68. Agar Sangre.Valtek.doc.2009.
69. Bacteriología general.Medio de cultivo.Probiotek.2014.
70. Caldo papa dextrosa.Neogen.





## Anexos



**Anexo 1. Plano de Ubicación Planta de Procesamiento de Lavado de Fibra de Alpaca**

## Anexo 2. Caldo Tioglicolato

*Fundamento:* Favorece el crecimiento de anaerobios, aerobios, microaerófilos y microorganismos exigentes. Contiene 0,075% de agar para evitar que las corrientes de convección transporten el oxígeno atmosférico a toda la masa del caldo. El ácido tioglicólico también actúa como agente reductor, disminuyendo aún más el potencial de óxido-reducción del medio. Con el agregado de muchos nutrientes como caseína, extractos de levadura y de carne, vitaminas y otros, el medio permite el crecimiento de la mayoría de las bacterias patógenas <sup>76</sup>.

### *Composición:*

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Tripteína             | 17.0 g |
| Peptona de soya       | 3.0 g  |
| Glucosa               | 6.0 g  |
| Cloruro de sodio      | 2.5 g  |
| Tioglicolato de sodio | 0.5 g  |
| Agar                  | 0.7 g  |
| L-Cisteína            | 0.25 g |
| Sulfito de sodio      | 0.1 g  |

### *Preparación:*

Suspender 28 g por litro de agua destilada, agitar, calentar hasta ebullición y dejar hervir por al menos 1 minuto. Distribuir en tubos y proceder a esterilizar el medio en el autoclave a 121°C, 1.5 atm por 15 minutos.

### Anexo 3. Agar sangre

*Fundamento:* La infusión de músculo cardíaco y la peptona de carne aportan una gran variedad de fuentes de nitrógeno, vitaminas y aminoácidos esenciales para el desarrollo microbiano. El cloruro de sodio contribuye al equilibrio osmótico del medio de cultivo<sup>77</sup>.

*Composición:*

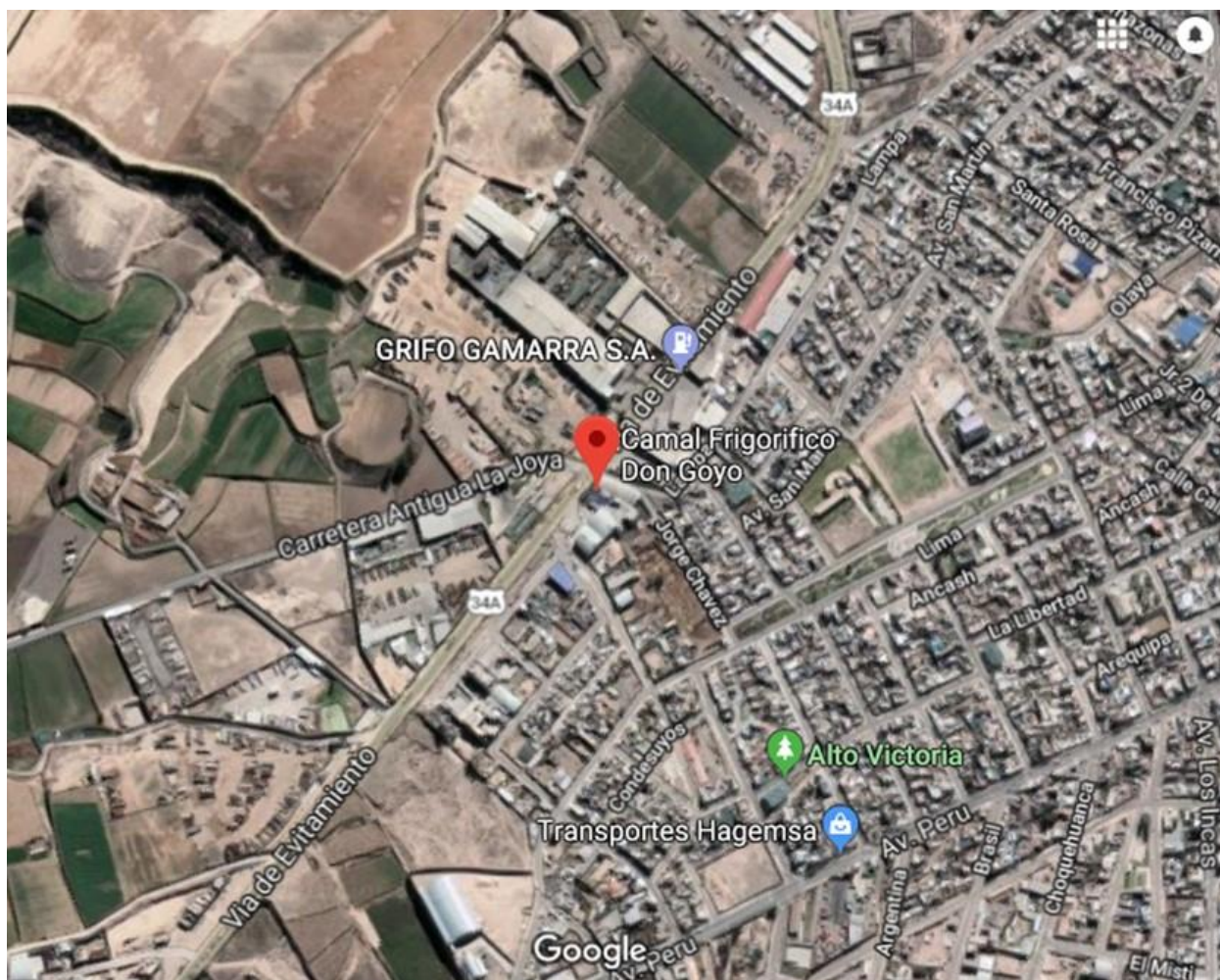
|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| Infusión de músculo de corazón | 375.0 g |
| Peptona                        | 10.0 g  |
| Cloruro de sodio               | 5.0 g   |
| Agar                           | 15.0 g  |

*Preparación:*

Suspender 40 g por litro de agua destilada, agitar, calentar hasta ebullición y dejar hervir por al menos 1 minuto. Esterilizar el medio en el autoclave a 121°C, 1.5 atm por 15 minutos. Dejar enfriar hasta 45-50 °C y agregar sangre al 5% homogenizar y distribuir en placas estériles.



#### Anexo 4. Plano de ubicación Camal Don Goyo



## Anexo 5. Agar dextrosa – sabouraud

*Fundamento:* Las peptonas proporcionan factores de crecimiento y fuente de nitrógeno. La dextrosa es la fuente de energía para el crecimiento de microorganismos. El pH ácido de 5.6 favorece el crecimiento de hongos, especialmente dermatofitos y ayuda en la inhibición de flora contaminante <sup>78</sup>.

### *Composición:*

|                  |        |
|------------------|--------|
| Agar             | 15.0 g |
| Dextrosa         | 40.0 g |
| Peptona especial | 10.0 g |

### *Preparación:*

Suspender 65 g del medio en un litro de agua destilada. Reposar 10 a 15 minutos. Calentar agitando frecuentemente hasta el punto de ebullición durante 1 minuto para disolverlo por completo. Esterilizar en autoclave a 121°C, 1.5 atm durante 15 minutos. Dejar enfriar a 45°C. Vaciar en cajas de Petri estériles.



## Anexo 6. Caldo papa dextrosa

*Fundamento:* La infusión de papa como fuente de almidones y la dextrosa son la base para el crecimiento de hongos y levaduras. El bajo pH (3.5) evita el crecimiento de las bacterias. El caldo papa dextrosa es la misma fórmula que el agar papa dextrosa, pero el agar ha sido omitido <sup>79</sup>.

### *Composición:*

Infusión de papa      200 g

Dextrosa                20 g

### *Preparación:*

Hacer la infusión de papa, mezclar con la dextrosa en un litro de agua destilada. Mezclar bien. Distribuir en frascos y proceder a esterilizar el medio en el autoclave a 121°C, 1.5 atm por 15 minutos.

Al medio se le añadió gentamicina y cloranfenicol para evitar el crecimiento de bacterias Gram + y Gram -.



**Anexo 7. Resultados muestras iniciales de agua ALS LS Perú S.A.C.**

INFORME DE ENSAYO: 40882/2017  
ANÁLISIS ANALÍTICOS

**INCA TOPS S.A.**

Av. Miguel Forga Nro. 348 Z.I. Parque Industrial Arequipa Arequipa Arequipa

**Monitoreo Ambiental Irrigación Zamácola**

Emitido por: Doris Quicara Choquepiunta - Griselda Cusi Coaquira  
Fecha de Emisión: 09/10/2017

  
Lic. Quicara Doris Quicara Choquepiunta  
CCP: 790  
Supervisor de Laboratorio - Sede Arequipa

  
Ing. Griselda Cusi Coaquira  
CCP: 9880  
Analista de Laboratorio de Microbiología - Sede Arequipa

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 7

## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Nº ALS LS

Fecha de Muestreo

Hora de Muestreo

Tipo de Muestra

Identificación

Parámetro

Ref. Mét.

Unidad

ID

370409/2017-1.0

13/09/2017

12:15:00

Agua Residual

Industrial

PTAR-UASB

|                                          |       |             |          |            |
|------------------------------------------|-------|-------------|----------|------------|
| 002 ANALISIS EN CAMPO                    |       |             |          |            |
| Conductividad                            | 1825  | uS/cm       | ---      | 838,0      |
| pH (Campo)                               | 1840  | Unidades pH | ---      | 6,85       |
| Temperatura                              | 1844  | °C          | ---      | 31,2       |
| 003 ANALISIS FISICOQUIMICO               |       |             |          |            |
| Cianuro Total                            | 12450 | mg/L        | 0,001    | < 0,001    |
| Nitrógeno Amoniacal                      | 13330 | mg NH3-N/L  | 0,004    | 10,61      |
| Sulfuros                                 | 12194 | mg/L        | 0,001    | < 0,001    |
| 003 ANALISIS FISICOQUIMICOS              |       |             |          |            |
| Aceites y Grasas                         | 12261 | mg/L        | 1,0      | 44,6       |
| Amonio (mg NH4/L)*                       | 16235 | mg NH4/L    | ---      | 13,628     |
| Cromo Hexavalente                        | 12235 | mg/L        | 0,002    | < 0,002    |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno            | 1828  | mg/L        | 2        | 920        |
| Demanda Química de Oxígeno               | 8801  | mg O2/L     | 2        | 1798       |
| Fosfatos                                 | 1830  | mg PO4-P/L  | 0,005    | 10,51      |
| Fósforo Total                            | 10818 | mg P/L      | 0,007    | 23,95      |
| Nitrógeno Total                          | 11636 | mg N/L      | 0,024    | 42,1       |
| Sólido Sedimentable                      | 15098 | mL/L        | 0,2      | 1,5        |
| Sólidos Totales Suspendidos              | 12440 | mg/L        | 2        | 698        |
| Sólidos Volátiles Suspendidos*           | 14124 | mg/L        | 4        | 248        |
| 005 ANALISIS POR CROMATOGRAFIA - ANIONES |       |             |          |            |
| Cloruros, Cl-                            | 16189 | mg/L        | 0,020    | 88,93      |
| Bromuro, Br-                             | 16189 | mg/L        | 0,001    | 0,073      |
| Fluoruros, F-                            | 16189 | mg/L        | 0,002    | 0,451      |
| Fosfatos, PO4-3                          | 16189 | mg/L        | 0,060    | 63,76      |
| Fosfatos (como P)                        | 16189 | mg/L        | 0,020    | 20,79      |
| Nitratos, NO3-                           | 16189 | mg/L        | 0,010    | 0,094      |
| Nitratos, (como N)                       | 16189 | mg/L        | 0,003    | 0,021      |
| Nitritos, NO2-                           | 16189 | mg/L        | 0,003    | < 0,003    |
| Nitritos, (como N)                       | 16189 | mg/L        | 0,001    | < 0,001    |
| Sulfatos, SO4-2                          | 16189 | mg/L        | 0,015    | 58,12      |
| Nitratos, (como N) + Nitritos, (como N)* | 15024 | mg/L        | 0,004    | 0,021      |
| 007 ANALISIS DE METALES TOTALES ICP MS   |       |             |          |            |
| Plata (Ag)                               | 11420 | mg/L        | 0,000003 | < 0,000003 |
| Aluminio (Al)                            | 11420 | mg/L        | 0,002    | 9,965      |
| Arsénico (As)                            | 11420 | mg/L        | 0,00003  | 0,02699    |
| Boro (B)                                 | 11420 | mg/L        | 0,002    | 0,431      |
| Bario (Ba)                               | 11420 | mg/L        | 0,0001   | 6,438      |
| Berilio (Be)                             | 11420 | mg/L        | 0,00002  | < 0,00002  |
| Bismuto (Bi)                             | 11420 | mg/L        | 0,00002  | < 0,00002  |
| Calcio (Ca)                              | 11420 | mg/L        | 0,10     | 13,84      |
| Cadmio (Cd)                              | 11420 | mg/L        | 0,00001  | < 0,00001  |
| Cobalto (Co)                             | 11420 | mg/L        | 0,00001  | 0,00562    |
| Cromo (Cr)                               | 11420 | mg/L        | 0,0001   | 0,0084     |
| Cobre (Cu)                               | 11420 | mg/L        | 0,00003  | 0,05557    |
| Hierro (Fe)                              | 11420 | mg/L        | 0,0004   | 10,07      |
| Mercurio (Hg)                            | 11420 | mg/L        | 0,00003  | 0,00275    |
| Potasio (K)                              | 11420 | mg/L        | 0,04     | 23,52      |
| Litio (Li)                               | 11420 | mg/L        | 0,0001   | 0,0212     |
| Magnesio (Mg)                            | 11420 | mg/L        | 0,003    | 4,726      |
| Manganeso (Mn)                           | 11420 | mg/L        | 0,00003  | 0,8813     |



## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

Nº ALS LS  
Fecha de Muestreo  
Hora de Muestreo

370403/2017-1.0

13/09/2017

12:15:00

Tipo de Muestra

Agua Residual

Industrial

Identificación

PTAR-UASB

| Parámetro                    | Ref. Mét. | Unidad    | LD       |           |
|------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Molibdeno (Mo)               | 11420     | mg/L      | 0,00002  | 0,00295   |
| Sodio (Na)                   | 11420     | mg/L      | 0,006    | 143,5     |
| Níquel (Ni)                  | 11420     | mg/L      | 0,0002   | 0,0087    |
| Fósforo (P)                  | 11420     | mg/L      | 0,015    | 21,08     |
| Plomo (Pb)                   | 11420     | mg/L      | 0,0002   | 0,0417    |
| Antimonio (Sb)               | 11420     | mg/L      | 0,00004  | 0,00220   |
| Selenio (Se)                 | 11420     | mg/L      | 0,0004   | < 0,0004  |
| Silicio (Si)                 | 11420     | mg/L      | 0,2      | 41,6      |
| Estañio (Sn)                 | 11420     | mg/L      | 0,00003  | < 0,00003 |
| Estroncio (Sr)               | 11420     | mg/L      | 0,0002   | 0,1658    |
| Titanio (Ti)                 | 11420     | mg/L      | 0,0002   | 0,3115    |
| Talio (Tl)                   | 11420     | mg/L      | 0,00002  | < 0,00002 |
| Uranio (U)                   | 11420     | mg/L      | 0,000003 | 0,001026  |
| Vanadio (V)                  | 11420     | mg/L      | 0,0001   | 0,0462    |
| Zinc (Zn)                    | 11420     | mg/L      | 0,0100   | 0,1750    |
| 015 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS |           |           |          |           |
| Coliformes Fecales           | 8825      | NMP/100ml | 1,8      | 24000000  |
| Coliformes Totales           | 8818      | NMP/100ml | 1,8      | 24000000  |
| 021 ANÁLISIS TERCEORIZADO    |           |           |          |           |
| Nitrógeno Total Kjeldahl*    | 2564      | mg/L      | —        | 54,98     |

### Observaciones

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA



## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

### CONTROLES DE CALIDAD

#### Control Blancos

| Parámetro                     | LD       | Unidad               | Resultado  | Fecha de Reporte |
|-------------------------------|----------|----------------------|------------|------------------|
| Aceites y Grasas              | 1,0      | mg/L                 | < 1,0      | 22/09/2017       |
| Aluminio (Al)                 | 0,002    | mg/L                 | < 0,002    | 23/09/2017       |
| Antimonio (Sb)                | 0,00004  | mg/L                 | < 0,00004  | 23/09/2017       |
| Arsénico (As)                 | 0,00003  | mg/L                 | < 0,00003  | 23/09/2017       |
| Bario (Ba)                    | 0,0001   | mg/L                 | < 0,0001   | 23/09/2017       |
| Berilio (Be)                  | 0,00002  | mg/L                 | < 0,00002  | 23/09/2017       |
| Bismuto (Bi)                  | 0,00002  | mg/L                 | < 0,00002  | 23/09/2017       |
| Boro (B)                      | 0,002    | mg/L                 | < 0,002    | 23/09/2017       |
| Bromuro, Br-                  | 0,001    | mg/L                 | < 0,001    | 18/09/2017       |
| Cadmio (Cd)                   | 0,00001  | mg/L                 | < 0,00001  | 23/09/2017       |
| Calcio (Ca)                   | 0,10     | mg/L                 | < 0,10     | 23/09/2017       |
| Cianuro Total                 | 0,001    | mg/L                 | < 0,001    | 20/09/2017       |
| Cianuro Total                 | 0,001    | mg/L                 | < 0,001    | 20/09/2017       |
| Cloruros, Cl-                 | 0,020    | mg/L                 | < 0,020    | 18/09/2017       |
| Cobalto (Co)                  | 0,00001  | mg/L                 | < 0,00001  | 23/09/2017       |
| Cobre (Cu)                    | 0,00003  | mg/L                 | < 0,00003  | 23/09/2017       |
| Coliformes Totales            | 1,8      | NMP/100 mL           | < 1,8      | 19/09/2017       |
| Cromo (Cr)                    | 0,0001   | mg/L                 | < 0,0001   | 23/09/2017       |
| Cromo Hexavalente             | 0,002    | mg/L                 | < 0,002    | 21/09/2017       |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 2        | mg/L                 | < 2        | 19/09/2017       |
| Demanda Química de Oxígeno    | 2        | mg O <sub>2</sub> /L | < 2        | 15/09/2017       |
| Estaño (Sn)                   | 0,00003  | mg/L                 | < 0,00003  | 23/09/2017       |
| Estroncio (Sr)                | 0,0002   | mg/L                 | < 0,0002   | 23/09/2017       |
| Fluoruros, F-                 | 0,002    | mg/L                 | < 0,002    | 18/09/2017       |
| Fosfatos                      | 0,005    | mg/L P-PO4-3         | < 0,005    | 14/09/2017       |
| Fosfatos (como P)             | 0,020    | mg/L                 | < 0,020    | 18/09/2017       |
| Fosfatos, PO4-3               | 0,060    | mg/L                 | < 0,060    | 18/09/2017       |
| Fósforo (P)                   | 0,015    | mg/L                 | < 0,015    | 23/09/2017       |
| Fósforo Total                 | 0,007    | mg P/L               | < 0,007    | 01/10/2017       |
| Fósforo Total                 | 0,007    | mg P/L               | < 0,007    | 01/10/2017       |
| Hierro (Fe)                   | 0,0004   | mg/L                 | < 0,0004   | 23/09/2017       |
| Litio (Li)                    | 0,0001   | mg/L                 | < 0,0001   | 23/09/2017       |
| Magnesio (Mg)                 | 0,003    | mg/L                 | < 0,003    | 23/09/2017       |
| Manganeso (Mn)                | 0,00003  | mg/L                 | < 0,00003  | 23/09/2017       |
| Mercurio (Hg)                 | 0,00003  | mg/L                 | < 0,00003  | 23/09/2017       |
| Molibdeno (Mo)                | 0,00002  | mg/L                 | < 0,00002  | 23/09/2017       |
| Níquel (Ni)                   | 0,0002   | mg/L                 | < 0,0002   | 23/09/2017       |
| Nitratos, (como N)            | 0,003    | mg/L                 | < 0,003    | 18/09/2017       |
| Nitratos, NO3-                | 0,010    | mg/L                 | < 0,010    | 18/09/2017       |
| Nitritos, (como N)            | 0,001    | mg/L                 | < 0,001    | 18/09/2017       |
| Nitritos, NO2-                | 0,003    | mg/L                 | < 0,003    | 18/09/2017       |
| Nitrógeno Amoniacal           | 0,004    | mg NH3-N/L           | < 0,004    | 19/09/2017       |
| Nitrógeno Amoniacal           | 0,004    | mg NH3-N/L           | < 0,004    | 19/09/2017       |
| Nitrógeno Total               | 0,024    | mg N/L               | < 0,024    | 22/09/2017       |
| Plata (Ag)                    | 0,000003 | mg/L                 | < 0,000003 | 23/09/2017       |
| Plomo (Pb)                    | 0,0002   | mg/L                 | < 0,0002   | 23/09/2017       |
| Potasio (K)                   | 0,04     | mg/L                 | < 0,04     | 23/09/2017       |
| Selenio (Se)                  | 0,0004   | mg/L                 | < 0,0004   | 23/09/2017       |
| Silicio (Si)                  | 0,2      | mg/L                 | < 0,2      | 23/09/2017       |
| Sodio (Na)                    | 0,006    | mg/L                 | < 0,006    | 23/09/2017       |
| Sólidos Totales Suspendidos   | 2        | mg/L                 | < 2        | 19/09/2017       |
| Sulfatos, SO4-2               | 0,015    | mg/L                 | < 0,015    | 18/09/2017       |
| Sulfuros                      | 0,001    | mg S-2/L             | < 0,001    | 19/09/2017       |
| Talio (Tl)                    | 0,00002  | mg/L                 | < 0,00002  | 23/09/2017       |
| Titanio (Ti)                  | 0,0002   | mg/L                 | < 0,0002   | 23/09/2017       |
| Uranio (U)                    | 0,000003 | mg/L                 | < 0,000003 | 23/09/2017       |
| Vanadio (V)                   | 0,0001   | mg/L                 | < 0,0001   | 23/09/2017       |
| Zinc (Zn)                     | 0,01     | mg/L                 | < 0,01     | 23/09/2017       |



## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

| Control Estándar             |                |                             |                  |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| Parámetro                    | % Recuperación | Límites de Recuperación (%) | Fecha de Reporte |
| Aceites y Grasas             | 94,3           | 80-120                      | 22/09/2017       |
| Aceites y Grasas             | 96,5           | 80-120                      | 22/09/2017       |
| Aluminio (Al)                | 99,9           | 80-120                      | 22/09/2017       |
| Antimonio (Sb)               | 104,3          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Arsénico (As)                | 99,7           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Bario (Ba)                   | 100,4          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Berilio (Be)                 | 114,8          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Bismuto (Bi)                 | 99,7           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Boro (B)                     | 100,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Bromuro, Br-                 | 100,2          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Cadmio (Cd)                  | 98,9           | 90-110                      | 18/09/2017       |
| Calcio (Ca)                  | 98,0           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Cianuro Total                | 92,5           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Cianuro Total                | 98,0           | 80-120                      | 20/09/2017       |
| Cloruros, Cl-                | 99,7           | 90-110                      | 20/09/2017       |
| Cobalto (Co)                 | 97,4           | 80-120                      | 18/09/2017       |
| Cobre (Cu)                   | 99,3           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Coliformes Totales           | Positivo       | ---                         | 23/09/2017       |
| Coliformes Totales           | Negativo       | ---                         | 19/09/2017       |
| Cromo (Cr)                   | 96,8           | 80-120                      | 19/09/2017       |
| Cromo Hexavalente            | 98,4           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Cromo Hexavalente            | 100,0          | 80-120                      | 21/09/2017       |
| Demanda Biológica de Oxígeno | 97,6           | 85-115                      | 21/09/2017       |
| Demanda Biológica de Oxígeno | 112,1          | 85-115                      | 19/09/2017       |
| Demanda Química de Oxígeno   | 93,1           | 85-115                      | 19/09/2017       |
| Demanda Química de Oxígeno   | 99,8           | 85-115                      | 15/09/2017       |
| Estafío (Sn)                 | 99,0           | 80-120                      | 15/09/2017       |
| Estroncio (Sr)               | 102,2          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Fluoruros, F-                | 100,8          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Fosfatos                     | 97,2           | 85-115                      | 18/09/2017       |
| Fosfatos                     | 103,7          | 85-115                      | 14/09/2017       |
| Fosfatos (como P)            | 101,1          | 90-110                      | 14/09/2017       |
| Fosfatos, PO4-3              | 101,2          | 90-110                      | 18/09/2017       |
| Fósforo (P)                  | 108,8          | 80-120                      | 18/09/2017       |
| Fósforo Total                | 98,8           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Fósforo Total                | 100,1          | 80-120                      | 01/10/2017       |
| Hierro (Fe)                  | 97,7           | 80-120                      | 01/10/2017       |
| Litio (Li)                   | 115,4          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Magnesio (Mg)                | 94,8           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Manganeso (Mn)               | 101,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Mercurio (Hg)                | 112,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Molibdeno (Mo)               | 101,1          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Níquel (Ni)                  | 99,0           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Nitratos, (como N)           | 100,2          | 90-110                      | 23/09/2017       |
| Nitratos, NO3-               | 100,2          | 90-110                      | 18/09/2017       |
| Nitritos, (como N)           | 99,9           | 90-110                      | 18/09/2017       |
| Nitritos, NO2-               | 99,7           | 90-110                      | 18/09/2017       |
| Nitrógeno Amomiacal          | 89,5           | 85-115                      | 18/09/2017       |
| Nitrógeno Amomiacal          | 92,5           | 85-115                      | 19/09/2017       |
| Nitrógeno Total              | 97,5           | 80-120                      | 19/09/2017       |
| Nitrógeno Total              | 101,9          | 80-120                      | 22/09/2017       |
| Plata (Ag)                   | 101,2          | 80-120                      | 22/09/2017       |
| Plomo (Pb)                   | 101,8          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Potasio (K)                  | 102,8          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Selenio (Se)                 | 100,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Silicio (Si)                 | 112,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Sodio (Na)                   | 94,8           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Sólidos Totales Suspendidos  | 102,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Sólidos Totales Suspendidos  | 113,0          | 80-120                      | 19/09/2017       |
| Sulfatos, SO4-2              | 99,4           | 90-110                      | 19/09/2017       |
| Sulfuros                     | 93,0           | 80-120                      | 18/09/2017       |
|                              |                |                             | 19/09/2017       |



## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

| Parámetro    | % Recuperación | Límites de Recuperación (%) | Fecha de Reporte |
|--------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| Talio (Tl)   | 98,7           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Titanio (Ti) | 102,4          | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Uranio (U)   | 99,9           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Vanadio (V)  | 98,2           | 80-120                      | 23/09/2017       |
| Zinc (Zn)    | 100,0          | 80-120                      | 23/09/2017       |

LD = Límite de detección

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

| Estación de Muestreo | Resp. del Muestreo | Tipo de Muestra          | Fecha de Recepción | Fecha de Muestreo | Ubicación Geográfica UTM WG84 | Zona | Condición de la muestra        | Descripción de la Estación de Muestreo                                                           |
|----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PTAR-UASB            | ALS                | Agua Residual Industrial | 13/09/2017         | 13/09/2017        | 8189871N<br>225290E           | 19K  | En buen estado de conservación | Pozo de almacenamiento de agua residual, ubicado al margen derecho, dentro de la Planta Zamacola |

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

| Ref.  | Sede | Parámetro                                | Método de Referencia                                                          | Descripción                                                                                                                               |
|-------|------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12261 | LME  | Aceites y Grasas                         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012                                | Oil and Grease: Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method                                                                               |
| 16235 | LME  | Amonio - Amoniaco no ionizado*           | Standard Method 4500 NH <sub>3</sub> F, 2012- EPA 822-R-13-001 - Pag 7, 2013. | Ammonia - Phenate Method / AQUATIC LIFE AMBIENT WATER QUALITY CRITERIA FOR AMMONIA - FRESHWATER                                           |
| 16189 | AQP  | Aniones por Cromatografía Iónica         | EPA METHOD 300.0, Rev 2.1, 1993                                               | Determination of inorganic anions by ion chromatography                                                                                   |
| 15024 | AQP  | Aniones por Cromatografía Iónica*        | EPA METHOD 300.0, Rev 2.1, 1993                                               | Determination of inorganic anions by ion chromatography                                                                                   |
| 12450 | LME  | Cianuro Total                            | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-C, E, 22nd Ed. 2012                          | Cyanate: Colorimetric Method                                                                                                              |
| 1825  | AQP  | Conductividad (Campo)                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012                                | Conductivity: Laboratory Method                                                                                                           |
| 12235 | LME  | Cromo Hexavalente                        | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012                             | Chromium: Colorimetric Method                                                                                                             |
| 1828  | AQP  | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012                                | Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test                                                                                          |
| 8803  | AQP  | Demanda Química de Oxígeno               | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012                                | Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method                                                                          |
| 1830  | AQP  | Fosfatos                                 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 22nd Ed. 2012                              | Phosphorus: Ascorbic Acid Method                                                                                                          |
| 10818 | LME  | Fósforo todas las formas (Fósforo Total) | EPA METHOD 365.3, 1983                                                        | Phosphorous, all forms (Colorimetric Ascorbic Acid, Two Reagent)                                                                          |
| 11420 | LME  | Metales Totales por ICP-MS               | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007                                               | Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry                                                                                              |
| 13330 | LME  | Nitrógeno Amoniacal, Amoniaco            | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH <sub>3</sub> F, 22nd Ed. 2012                | Nitrogen (Ammonia): Preliminary Distillation Step / Phenate Method.                                                                       |
| 11636 | LME  | Nitrógeno Total (Skalar)                 | ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010                                           | Water quality - Determination of total nitrogen after UV digestion - Method using flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection |
| 2564  | PER  | Nitrógeno Total Kjeldahl - Tercerizado*  | EPA 351.3, 1999                                                               | Nitrogen, Kjeldahl, Total (Colorimetric; Titrimetric; Potentiometric)                                                                     |
| 8825  | AQP  | Numeración de Coliformes Fecales         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012                              | Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure                                          |
| 8818  | AQP  | Numeración de Coliformes Totales         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012                                | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique                    |



## INFORME DE ENSAYO: 40882/2017

| Ref.  | Sede | Parámetro                      | Método de Referencia                                           | Descripción                                        |
|-------|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1840  | AQP  | pH [Campo]                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H <sub>+</sub> B, 22nd Ed. 2012  | pH Value Electrometric Method                      |
| 15098 | AQP  | Sólido Sedimentable            | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 22nd Ed. 2012                 | Settleable Solids                                  |
| 12440 | LME  | Sólidos Totales Suspendidos    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012                 | Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C  |
| 14124 | LME  | Sólidos Volátiles Suspendidos* | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 22nd Ed. 2012                 | SOLIDS: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C |
| 12194 | LME  | Sulfuros                       | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S <sub>2</sub> -D, 22nd Ed. 2012 | Sulfide: Methylene Blue Method                     |
| 1844  | AQP  | Temperatura [Campo]            | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012                 | Temperature Laboratory and Field Methods           |

### REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO

| Tipo de Muestra | Procedimiento de Muestreo | Descripción                                                  | Plan de Muestreo |
|-----------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------|
| Agua            | PCS N° 034                | Procedimiento de Muestreo, Conservación y Transporte de Agua | 105730           |

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 40882/2017, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

| Estación de Muestreo | N° ALS LS       | Código único de Autenticidad |
|----------------------|-----------------|------------------------------|
| PTAR-UASB            | 370409/2017-1.0 | nscmpto&3904073              |

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

ALS LS Perú S.A.C. cuenta con la acreditación vigente de Corporación Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C. mediante registro LE-029, a partir del 01 de Setiembre del 2017.

AQP: Av. Dolores 167 - José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Anexo 8. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa T-1**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   | Conteo Celular | Disolución | N° de bacterias | Log(N° de bacterias) |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|----------------|------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b>      | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8121     | 0.8442     | 0.0321 | 42             | 1          | 2100000         | 14.5574479           |
| <b>2</b>      | 04-abr | 06:00 a.m. | 16     | 0.7869     | 0.8262     | 0.0393 | 287            | 1          | 14350000        | 16.4792605           |
| <b>3</b>      | 04-abr | 06:00 p.m. | 28     | 0.7941     | 0.8372     | 0.0431 | 106            | 10         | 53000000        | 17.78580247          |
| <b>4</b>      | 05-abr | 06:00 a.m. | 40     | 0.8125     | 0.8583     | 0.0458 | 134            | 10         | 67000000        | 18.02020318          |
| <b>5</b>      | 05-abr | 06:00 p.m. | 52     | 0.8044     | 0.852      | 0.0476 | 217            | 10         | 108500000       | 18.50226073          |
| <b>6</b>      | 06-abr | 06:00 a.m. | 64     | 0.813      | 0.8619     | 0.0489 | 214            | 10         | 107000000       | 18.48833939          |
| <b>7</b>      | 06-abr | 06:00 p.m. | 76     | 0.784      | 0.8334     | 0.0494 | 267            | 10         | 133500000       | 18.70961204          |
| <b>8</b>      | 07-abr | 06:00 a.m. | 88     | 0.7971     | 0.847      | 0.0499 | 85             | 40         | 170000000       | 18.951309            |
| <b>9</b>      | 07-abr | 06:00 p.m. | 100    | 0.7835     | 0.8345     | 0.051  | 126            | 40         | 252000000       | 19.34493965          |
| <b>19</b>     | 08-abr | 06:00 a.m. | 112    | 0.825      | 0.8761     | 0.0511 | 182            | 40         | 364000000       | 19.71266443          |
| <b>11</b>     | 08-abr | 06:00 p.m. | 124    | 0.8169     | 0.869      | 0.0521 | 213            | 40         | 426000000       | 19.8699499           |
| <b>12</b>     | 09-abr | 06:00 a.m. | 136    | 0.8214     | 0.876      | 0.0546 | 93             | 100        | 465000000       | 19.95754796          |
| <b>13</b>     | 09-abr | 06:00 p.m. | 158    | 0.805      | 0.8659     | 0.0609 | 108            | 100        | 540000000       | 20.1070797           |
| <b>14</b>     | 10-abr | 06:00 a.m. | 170    | 0.7994     | 0.8615     | 0.0621 | 127            | 100        | 635000000       | 20.26913556          |
| <b>15</b>     | 10-abr | 06:00 p.m. | 182    | 0.79       | 0.854      | 0.064  | 135            | 100        | 675000000       | 20.33022325          |
| <b>16</b>     | 11-abr | 06:00 a.m. | 194    | 0.8002     | 0.8656     | 0.0654 | 146            | 100        | 730000000       | 20.40855509          |
| <b>17</b>     | 11-abr | 06:00 p.m. | 206    | 0.801      | 0.8688     | 0.0678 | 148            | 100        | 740000000       | 20.42216074          |

**Anexo 9. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa A-3**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   | Conteo Celular | Disolución | N° de bacterias | Log(N° de bacterias) |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|----------------|------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b>      | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8332     | 0.8489     | 0.0157 | 40             | 1          | 2000000         | 14.50865774          |
| <b>2</b>      | 04-abr | 06:00 a.m. | 16     | 0.8398     | 0.8631     | 0.0233 | 60             | 1          | 3000000         | 14.91412285          |
| <b>3</b>      | 04-abr | 06:00 p.m. | 28     | 0.8585     | 0.8839     | 0.0254 | 89             | 1          | 4450000         | 15.30841465          |
| <b>4</b>      | 05-abr | 06:00 a.m. | 40     | 0.8425     | 0.8699     | 0.0274 | 97             | 1          | 4850000         | 15.39448926          |
| <b>5</b>      | 05-abr | 06:00 p.m. | 52     | 0.8545     | 0.8832     | 0.0287 | 112            | 1          | 5600000         | 15.53827716          |
| <b>6</b>      | 06-abr | 06:00 a.m. | 64     | 0.8543     | 0.8841     | 0.0298 | 120            | 1          | 6000000         | 15.60727003          |
| <b>7</b>      | 06-abr | 06:00 p.m. | 76     | 0.8515     | 0.8824     | 0.0309 | 133            | 1          | 6650000         | 15.71012741          |
| <b>8</b>      | 07-abr | 06:00 a.m. | 88     | 0.8617     | 0.894      | 0.0323 | 147            | 1          | 7350000         | 15.81021087          |
| <b>9</b>      | 07-abr | 06:00 p.m. | 100    | 0.8397     | 0.8735     | 0.0338 | 159            | 1          | 7950000         | 15.88868249          |
| <b>19</b>     | 08-abr | 06:00 a.m. | 112    | 0.8345     | 0.8685     | 0.034  | 170            | 1          | 8500000         | 15.95557672          |
| <b>11</b>     | 08-abr | 06:00 p.m. | 124    | 0.8495     | 0.8845     | 0.035  | 189            | 1          | 9450000         | 16.0615253           |
| <b>12</b>     | 09-abr | 06:00 a.m. | 136    | 0.8485     | 0.8849     | 0.0364 | 198            | 1          | 9900000         | 16.10804532          |
| <b>13</b>     | 09-abr | 06:00 p.m. | 158    | 0.8635     | 0.901      | 0.0375 | 210            | 1          | 10500000        | 16.16688582          |
| <b>14</b>     | 10-abr | 06:00 a.m. | 170    | 0.8413     | 0.8796     | 0.0383 | 219            | 1          | 10950000        | 16.20885001          |
| <b>15</b>     | 10-abr | 06:00 p.m. | 182    | 0.8487     | 0.8875     | 0.0388 | 224            | 1          | 11200000        | 16.23142434          |
| <b>16</b>     | 11-abr | 06:00 a.m. | 194    | 0.8395     | 0.8802     | 0.0407 | 229            | 1          | 11450000        | 16.25350029          |
| <b>17</b>     | 11-abr | 06:00 p.m. | 206    | 0.8382     | 0.8802     | 0.042  | 240            | 1          | 12000000        | 16.30041721          |



**Anexo 10. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa A-0**

| <b>N° de muestra</b> | <b>Día</b> | <b>Hora</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Peso vacío</b> | <b>Peso lleno</b> | <b>Masa</b> | <b>Conteo Celular</b> | <b>Disolución</b> | <b>N° de bacterias</b> | <b>Log(N° de bacterias)</b> |
|----------------------|------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| <b>1</b>             | 03-abr     | 03:00 p.m.  | 1             | 0.8325            | 0.8588            | 0.0263      | 59                    | 1                 | 2950000                | 14.89731573                 |
| <b>2</b>             | 04-abr     | 06:00 a.m.  | 16            | 0.8487            | 0.8776            | 0.0289      | 186                   | 1                 | 9300000                | 16.04552496                 |
| <b>3</b>             | 04-abr     | 06:00 p.m.  | 28            | 0.8438            | 0.8745            | 0.0307      | 127                   | 10                | 63500000               | 17.96655046                 |
| <b>4</b>             | 05-abr     | 06:00 a.m.  | 40            | 0.8499            | 0.8813            | 0.0314      | 189                   | 10                | 94500000               | 18.36411039                 |
| <b>5</b>             | 05-abr     | 06:00 p.m.  | 52            | 0.8299            | 0.8628            | 0.0329      | 229                   | 10                | 114500000              | 18.55608538                 |
| <b>6</b>             | 06-abr     | 06:00 a.m.  | 64            | 0.8173            | 0.852             | 0.0347      | 117                   | 40                | 234000000              | 19.27083167                 |
| <b>7</b>             | 06-abr     | 06:00 p.m.  | 76            | 0.8356            | 0.8709            | 0.0353      | 156                   | 40                | 312000000              | 19.55851375                 |
| <b>8</b>             | 07-abr     | 06:00 a.m.  | 88            | 0.8238            | 0.8604            | 0.0366      | 164                   | 40                | 328000000              | 19.60852417                 |
| <b>9</b>             | 07-abr     | 06:00 p.m.  | 100           | 0.813             | 0.8536            | 0.0406      | 176                   | 40                | 352000000              | 19.67914173                 |
| <b>19</b>            | 08-abr     | 06:00 a.m.  | 112           | 0.8699            | 0.9109            | 0.041       | 190                   | 40                | 380000000              | 19.75568181                 |
| <b>11</b>            | 08-abr     | 06:00 p.m.  | 124           | 0.8404            | 0.8823            | 0.0419      | 247                   | 40                | 494000000              | 20.01804608                 |
| <b>12</b>            | 09-abr     | 06:00 a.m.  | 136           | 0.8266            | 0.8702            | 0.0436      | 105                   | 100               | 525000000              | 20.07890882                 |
| <b>13</b>            | 09-abr     | 06:00 p.m.  | 158           | 0.8357            | 0.8804            | 0.0447      | 122                   | 100               | 610000000              | 20.22896952                 |
| <b>14</b>            | 10-abr     | 06:00 a.m.  | 170           | 0.8133            | 0.8587            | 0.0454      | 127                   | 100               | 635000000              | 20.26913556                 |
| <b>15</b>            | 10-abr     | 06:00 p.m.  | 182           | 0.8127            | 0.8583            | 0.0456      | 139                   | 100               | 695000000              | 20.3594224                  |
| <b>16</b>            | 11-abr     | 06:00 a.m.  | 194           | 0.8127            | 0.8585            | 0.0458      | 154                   | 100               | 770000000              | 20.46190107                 |
| <b>17</b>            | 11-abr     | 06:00 p.m.  | 206           | 0.8212            | 0.8671            | 0.0459      | 155                   | 100               | 775000000              | 20.46837359                 |

# **Anexo 11. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MA-4**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8677     | 0.8686     | 0.0009 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.889      | 0.8918     | 0.0028 |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.9183     | 0.9229     | 0.0046 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8735     | 0.8826     | 0.0091 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8747     | 0.8876     | 0.0129 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8863     | 0.9062     | 0.0199 |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8849     | 0.9133     | 0.0284 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.9097     | 0.9487     | 0.039  |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8801     | 0.9221     | 0.042  |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8664     | 0.9147     | 0.0483 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8805     | 0.9377     | 0.0572 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8882     | 0.9576     | 0.0694 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8805     | 0.9585     | 0.078  |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8911     | 0.9772     | 0.0861 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8842     | 0.9767     | 0.0925 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8929     | 0.9923     | 0.0994 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8805     | 0.9876     | 0.1071 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8731     | 0.9854     | 0.1123 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8739     | 0.9928     | 0.1189 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8838     | 1.0061     | 0.1223 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8794     | 1.0079     | 0.1285 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.9105     | 1.039      | 0.1285 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8892     | 1.0175     | 0.1283 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8792     | 1.0084     | 0.1292 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.881      | 1.0135     | 0.1325 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8875     | 1.0186     | 0.1311 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8776     | 1.0086     | 0.131  |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8861     | 1.0194     | 0.1333 |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8898     | 1.0215     | 0.1317 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8952     | 1.027      | 0.1318 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.9127     | 1.0445     | 0.1318 |

## Anexo 12. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MA-3

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.7327     | 0.7353     | 0.0026 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8653     | 0.8695     | 0.0042 |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8778     | 0.8841     | 0.0063 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8573     | 0.8657     | 0.0084 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8664     | 0.8779     | 0.0115 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8749     | 0.8906     | 0.0157 |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8629     | 0.8814     | 0.0185 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8722     | 0.8961     | 0.0239 |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8615     | 0.8906     | 0.0291 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8707     | 0.9045     | 0.0338 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8748     | 0.9148     | 0.04   |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8572     | 0.9015     | 0.0443 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.877      | 0.9254     | 0.0484 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8677     | 0.918      | 0.0503 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8713     | 0.9238     | 0.0525 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8558     | 0.9108     | 0.055  |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8604     | 0.9187     | 0.0583 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8689     | 0.9306     | 0.0617 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8591     | 0.9259     | 0.0668 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8539     | 0.9235     | 0.0696 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8673     | 0.9392     | 0.0719 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8771     | 0.952      | 0.0749 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8774     | 0.9576     | 0.0802 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8685     | 0.9566     | 0.0881 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.861      | 0.956      | 0.095  |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8691     | 0.9671     | 0.098  |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8739     | 0.9728     | 0.0989 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8756     | 0.9734     | 0.0978 |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.87       | 0.9679     | 0.0979 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8691     | 0.9677     | 0.0986 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.8812     | 0.9791     | 0.0979 |



### Anexo 13. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MB-2

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8394     | 0.843      | 0.0036 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8426     | 0.8476     | 0.005  |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8637     | 0.8706     | 0.0069 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8417     | 0.8518     | 0.0101 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8645     | 0.8768     | 0.0123 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8037     | 0.8197     | 0.016  |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.842      | 0.8603     | 0.0183 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8694     | 0.8907     | 0.0213 |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8297     | 0.8532     | 0.0235 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8552     | 0.8824     | 0.0272 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8253     | 0.8552     | 0.0299 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8328     | 0.8644     | 0.0316 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8883     | 0.9227     | 0.0344 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8528     | 0.8914     | 0.0386 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8489     | 0.8912     | 0.0423 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8126     | 0.8605     | 0.0479 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8496     | 0.9037     | 0.0541 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8442     | 0.9025     | 0.0583 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8239     | 0.8858     | 0.0619 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8457     | 0.9088     | 0.0631 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8548     | 0.9192     | 0.0644 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.867      | 0.9321     | 0.0651 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8446     | 0.9109     | 0.0663 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8382     | 0.9047     | 0.0665 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8732     | 0.9405     | 0.0673 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8176     | 0.8865     | 0.0689 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8503     | 0.9205     | 0.0702 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8726     | 0.9424     | 0.0698 |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8811     | 0.9524     | 0.0713 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8582     | 0.9305     | 0.0723 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.8706     | 0.9425     | 0.0719 |

# **Anexo 14. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MC-1**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8296     | 0.8302     | 0.0006 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8675     | 0.8715     | 0.004  |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8616     | 0.8691     | 0.0075 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8366     | 0.8501     | 0.0135 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8885     | 0.907      | 0.0185 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8261     | 0.849      | 0.0229 |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8424     | 0.8709     | 0.0285 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8737     | 0.9079     | 0.0342 |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8498     | 0.8855     | 0.0357 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8498     | 0.8917     | 0.0419 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8623     | 0.9052     | 0.0429 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8916     | 0.9373     | 0.0457 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8379     | 0.8908     | 0.0529 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8836     | 0.9387     | 0.0551 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.855      | 0.9155     | 0.0605 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8473     | 0.9098     | 0.0625 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8788     | 0.9439     | 0.0651 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8648     | 0.9296     | 0.0648 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8791     | 0.9445     | 0.0654 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.819      | 0.8875     | 0.0685 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8178     | 0.8892     | 0.0714 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8545     | 0.927      | 0.0725 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8739     | 0.9485     | 0.0746 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8632     | 0.9392     | 0.076  |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8555     | 0.9347     | 0.0792 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8585     | 0.9436     | 0.0851 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8701     | 0.9593     | 0.0892 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8662     | 0.9571     | 0.0909 |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.847      | 0.9394     | 0.0924 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8771     | 0.9709     | 0.0938 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.8608     | 0.955      | 0.0942 |

# **Anexo 15. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa MB-4**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8477     | 0.8544     | 0.0067 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8755     | 0.8855     | 0.01   |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8676     | 0.8825     | 0.0149 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8229     | 0.841      | 0.0181 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8387     | 0.8582     | 0.0195 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8743     | 0.8928     | 0.0185 |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8417     | 0.8624     | 0.0207 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8545     | 0.8754     | 0.0209 |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8683     | 0.8921     | 0.0238 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8569     | 0.8825     | 0.0256 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8626     | 0.8905     | 0.0279 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8485     | 0.8784     | 0.0299 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8469     | 0.8812     | 0.0343 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8535     | 0.8916     | 0.0381 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8583     | 0.9011     | 0.0428 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8591     | 0.9075     | 0.0484 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8598     | 0.9105     | 0.0507 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.873      | 0.9274     | 0.0544 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8357     | 0.8921     | 0.0564 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8514     | 0.911      | 0.0596 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8504     | 0.9116     | 0.0612 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8545     | 0.9167     | 0.0622 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8524     | 0.9162     | 0.0638 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8779     | 0.9418     | 0.0639 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8394     | 0.9071     | 0.0677 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8293     | 0.8974     | 0.0681 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8583     | 0.9281     | 0.0698 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8627     | 0.9329     | 0.0702 |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8401     | 0.9119     | 0.0718 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8445     | 0.9166     | 0.0721 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.8756     | 0.9475     | 0.0719 |



# Anexo 16. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa

P-1

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8596     | 0.8651     | 0.0055 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8709     | 0.8803     | 0.0094 |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.863      | 0.8756     | 0.0126 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8566     | 0.8718     | 0.0152 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8297     | 0.8461     | 0.0164 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8677     | 0.8847     | 0.017  |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8629     | 0.881      | 0.0181 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8704     | 0.8904     | 0.02   |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8639     | 0.8867     | 0.0228 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8548     | 0.8792     | 0.0244 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8658     | 0.8922     | 0.0264 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8622     | 0.8891     | 0.0269 |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8493     | 0.8781     | 0.0288 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8296     | 0.8594     | 0.0298 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8569     | 0.8869     | 0.03   |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8852     | 0.9175     | 0.0323 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8833     | 0.9171     | 0.0338 |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8876     | 0.9232     | 0.0356 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8451     | 0.8818     | 0.0367 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8574     | 0.8964     | 0.039  |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8457     | 0.8876     | 0.0419 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8136     | 0.8594     | 0.0458 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.823      | 0.8722     | 0.0492 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8444     | 0.8957     | 0.0513 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8783     | 0.9294     | 0.0511 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8707     | 0.9222     | 0.0515 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.856      | 0.9086     | 0.0526 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8756     | 0.9286     | 0.053  |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8892     | 0.9435     | 0.0543 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8126     | 0.8676     | 0.055  |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.8603     | 0.9152     | 0.0549 |

## Anexo 17. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa P-2

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa    |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|---------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8515     | 0.8576     | 0.0061  |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8564     | 0.8654     | 0.009   |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8668     | 0.8792     | 0.0124  |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8614     | 0.8759     | 0.0145  |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8501     | 0.8668     | 0.0167  |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8497     | 0.866      | 0.0163  |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8373     | 0.8544     | 0.0171  |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8274     | 0.8457     | 0.0183  |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.87769    | 0.8967     | 0.01901 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8557     | 0.876      | 0.0203  |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8627     | 0.8837     | 0.021   |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8765     | 0.8983     | 0.0218  |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.868      | 0.8893     | 0.0213  |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.8475     | 0.8739     | 0.0264  |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.862      | 0.8952     | 0.0332  |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8537     | 0.8931     | 0.0394  |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8598     | 0.9073     | 0.0475  |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8816     | 0.9339     | 0.0523  |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8591     | 0.9144     | 0.0553  |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8612     | 0.9176     | 0.0564  |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8503     | 0.9071     | 0.0568  |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8594     | 0.9179     | 0.0585  |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8332     | 0.8914     | 0.0582  |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8279     | 0.8858     | 0.0579  |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8727     | 0.931      | 0.0583  |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8391     | 0.8984     | 0.0593  |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8686     | 0.9289     | 0.0603  |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8488     | 0.9102     | 0.0614  |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8621     | 0.9231     | 0.061   |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8838     | 0.945      | 0.0612  |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.881      | 0.9426     | 0.0616  |

# **Anexo 18. Tabla de datos para la elaboración de curvas de crecimiento para la cepa P-X**

| N° de muestra | Día    | Hora       | Tiempo | Peso vacío | Peso lleno | Masa   |
|---------------|--------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1             | 03-abr | 03:00 p.m. | 1      | 0.8582     | 0.8659     | 0.0077 |
| 2             | 04-abr | 07:00 a.m. | 16     | 0.8447     | 0.8571     | 0.0124 |
| 3             | 04-abr | 07:00 p.m. | 36     | 0.8523     | 0.8674     | 0.0151 |
| 4             | 05-abr | 07:00 a.m. | 60     | 0.8599     | 0.8751     | 0.0152 |
| 5             | 05-abr | 07:00 p.m. | 84     | 0.8921     | 0.9094     | 0.0173 |
| 6             | 06-abr | 07:00 a.m. | 108    | 0.8446     | 0.8622     | 0.0176 |
| 7             | 06-abr | 07:00 p.m. | 132    | 0.8478     | 0.8681     | 0.0203 |
| 8             | 07-abr | 07:00 a.m. | 156    | 0.8581     | 0.8783     | 0.0202 |
| 9             | 07-abr | 07:00 p.m. | 180    | 0.8624     | 0.8839     | 0.0215 |
| 19            | 08-abr | 07:00 a.m. | 204    | 0.8512     | 0.8753     | 0.0241 |
| 11            | 08-abr | 07:00 p.m. | 228    | 0.8387     | 0.865      | 0.0263 |
| 12            | 09-abr | 07:00 a.m. | 252    | 0.8732     | 0.9002     | 0.027  |
| 13            | 09-abr | 07:00 p.m. | 276    | 0.8278     | 0.8562     | 0.0284 |
| 14            | 10-abr | 07:00 a.m. | 300    | 0.859      | 0.8874     | 0.0284 |
| 15            | 10-abr | 07:00 p.m. | 324    | 0.8618     | 0.8919     | 0.0301 |
| 16            | 11-abr | 07:00 a.m. | 348    | 0.8613     | 0.8939     | 0.0326 |
| 17            | 11-abr | 07:00 p.m. | 372    | 0.8579     | 0.8909     | 0.033  |
| 18            | 12-abr | 07:00 a.m. | 396    | 0.8317     | 0.8659     | 0.0342 |
| 19            | 12-abr | 07:00 p.m. | 420    | 0.8852     | 0.9236     | 0.0384 |
| 20            | 13-abr | 07:00 a.m. | 444    | 0.8846     | 0.9257     | 0.0411 |
| 21            | 13-abr | 07:00 p.m. | 468    | 0.8546     | 0.9017     | 0.0471 |
| 22            | 14-abr | 07:00 a.m. | 492    | 0.8492     | 0.9029     | 0.0537 |
| 23            | 14-abr | 07:00 p.m. | 516    | 0.8534     | 0.9123     | 0.0589 |
| 24            | 15-abr | 07:00 a.m. | 540    | 0.8362     | 0.902      | 0.0658 |
| 25            | 15-abr | 07:00 p.m. | 564    | 0.8436     | 0.9112     | 0.0676 |
| 26            | 16-abr | 07:00 a.m. | 588    | 0.8653     | 0.9329     | 0.0676 |
| 27            | 16-abr | 07:00 p.m. | 612    | 0.8492     | 0.9178     | 0.0686 |
| 28            | 17-abr | 07:00 a.m. | 626    | 0.8585     | 0.9275     | 0.069  |
| 29            | 17-abr | 07:00 p.m. | 650    | 0.8699     | 0.9391     | 0.0692 |
| 30            | 18-abr | 07:00 a.m. | 674    | 0.8771     | 0.9472     | 0.0701 |
| 31            | 18-abr | 07:00 p.m. | 698    | 0.848      | 0.9179     | 0.0699 |



## Anexo 19. Resultados muestras iniciales de lana control de calidad UCSM



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS, QUÍMICAS Y BIOTECNOLÓGICAS  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**



**INFORME DE ENSAYO**  
N° DE INFORME: ANA31G18.003484

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Nombre del Cliente          | : María Alejandra Salamanca Valderrá |
| Dirección del Cliente       | : Urb. La Isla 234 Cercado           |
| RUC                         | : No corresponde                     |
| Condición del Muestreado    | : Por el cliente                     |
| Descripción                 | : Lana con rastrojo                  |
| Tamaño de muestra           | : 1500 g                             |
| Fecha de Recepción          | : 31/07/2018                         |
| Fecha de Inicio del Ensayo  | : 31/07/2018                         |
| Fecha de Emisión de Informe | : 08/08/2018                         |
| Página                      | : 1 de 1                             |

**I. ANALISIS FISICO - QUÍMICO**

| ANÁLISIS                                                                                                                               | RESULTADO |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES (%)                                                                                                   | 37.91     |
| Método gravimétrico                                                                                                                    |           |
| DETERMINACIÓN DE MATERIA VOLÁTIL (SÓLIDOS VOLÁTILES %)                                                                                 | 19.54     |
| Método gravimétrico adaptado de COVENIN 1647-80 CARBÓN                                                                                 |           |
| DETERMINACIÓN DE MATERIAL VOLÁTIL                                                                                                      |           |
| DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS (Unidades pH 20°C)                                                                                    | 7.35      |
| DETERMINACIÓN OF pH IN FOODS NMX-F-317-S-1978                                                                                          |           |
| DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (%)                                                                                                           | 62.09     |
| Official Methods of Analysis: 1990 Association of Official Analytical Chemists<br>10th ed. Vol. II Method 925.45D. USA; p. 1010 - 1011 |           |

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -OA.
- Los resultados emitidos en el presente informe, se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.



**Ricardo A. Abril Ramírez**  
CORCA 00604  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



## Anexo 20. Resultados Biol biorrecator 1 laboratorio BHIOS




**INFORME DE ENSAYOS N° 0386- 2018**  
**PÁGINA 1 DE 4**

|                                               |                                                                                            |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOLICITANTE</b>                            | : INCA TOPS S.A.                                                                           |
| <b>DIRECCIÓN</b>                              | : AV. MIGUEL FORGA NRO. 348 Z.I. PARQUE INDUSTRIAL, AREQUIPA - AREQUIPA                    |
| <b>PRODUCTO DECLARADO</b>                     | : Biol con bacterias                                                                       |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>               | : Líquido color marrón oscuro - negro                                                      |
| <b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>                   | : P-1                                                                                      |
| <b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>        | : Ninguno                                                                                  |
| <b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>             | : 01 muestra de 3000 mL (MB: 1000 mL aprox. FQ: 2000 mL aprox)                             |
| <b>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN</b>       | : En frascos de polietileno cerrados. En contenedor isotermico a una temperatura de 19.1°C |
| <b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b> | : Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS                                         |
| <b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>    | : Ninguna (por ser muestra única)                                                          |
| <b>FECHA PRODUCCIÓN</b>                       | : 18/12/2017                                                                               |
| <b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>                   | : No especificada                                                                          |
| <b>CONTRATO N°</b>                            | : 0175-2018                                                                                |
| <b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>                     | : 07/02/2018                                                                               |

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.

En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente, y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

FRT-124-05-B Versión 03 Fecha de Emisión: 02/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: DAC / Aprobado por: GG Página 01 de 01

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com







## INFORME DE ENSAYOS N° 0386- 2018

**PÁGINA 2 DE 4**

**DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA**

PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No Aplica+BHIOS-IM-007

REGISTRO DE MUESTREO N° : 0043-18-01

FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 07/02/2018 11:15 hrs

DIRECCIÓN DEL MUESTREO : Sector G s/n - Irrigación Zamácola - Plata Inca Tops S.A. - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa

AREA / PUNTO DEL MUESTREO : Área de tratamiento de sólidos

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 19,9 °C. Humedad relativa: 50%. Equipo: E-491

OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA : Ninguna

### RESULTADOS

| LAB | DETERMINACIÓN                        | Biol con bacterias<br>P-1 | UNIDADES       |
|-----|--------------------------------------|---------------------------|----------------|
| MB  | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | 154                       | mg/L           |
| FQ  | Elemento Zn                          | 0.277                     | mg/L           |
| FQ  | Nitrógeno (Amoníaco) (NH3-N)         | 1402.96                   | mg/L           |
| FQ  | Sólidos Totales Volátiles            | 3462                      | mg/L           |
| FQ  | Elemento P                           | 4.242                     | %              |
| FQ  | Nitrógeno                            | 0.17                      | %              |
| FQ  | pH                                   | 8.38                      | Unidades de pH |
| FQ  | Demanda Química de Oxígeno (DQO)     | 6750                      | mg/L           |
| FQ  | Sólidos Totales                      | 5037                      | mg/L           |
| FQ  | Elemento Al                          | 1.474                     | mg/L           |
| FQ  | Elemento Ca                          | 144.55                    | mg/L           |
| FQ  | Elemento Cu                          | 0.9843                    | mg/L           |
| FQ  | Elemento Fe                          | 11.569                    | mg/L           |
| FQ  | Elemento K                           | 150.484                   | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mg                          | 36.105                    | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mn                          | 1.83051                   | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mo                          | 0.001061                  | mg/L           |
| FQ  | Elemento Ni                          | 0.10199                   | mg/L           |
| FQ  | Bicarbonatos (HCO3-)                 | 7624.16                   | mg/L           |
| FQ  | Carbonatos (CO3-2)                   | <2                        | mg/L           |

**ABREVIATURAS:**

% : Expresado en porcentaje

mg/L : Miligramos por litro

Unidades de pH : —

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Cualquier valor precedido por "n" indica menor al límite de detección del método

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente)

Matriz no incluida dentro del alcance

PST-10-F-05-E Versión: 03 Fecha de emisión: 03/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GS Página 01 de 01

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú

Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110

e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio





**INFORME DE ENSAYOS N° 0386- 2018**  
**PÁGINA 3 DE 4**



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>MÉTODOS UTILIZADOS :</b></p> <p>Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</p> <p>Carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>)</p> <p>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</p> <p>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</p> <p>Elemento Al</p> <p>Elemento Ca</p> <p>Elemento Cu</p> <p>Elemento Fe</p> <p>Elemento K</p> <p>Elemento Mg</p> <p>Elemento Mn</p> <p>Elemento Mo</p> <p>Elemento Ni</p> <p>Elemento P</p> <p>Elemento Zn</p> <p>Nitrógeno</p> <p>Nitrógeno (Amónico) (NH<sub>3</sub>-N)</p> <p>pH</p> <p>Sólidos Totales</p> <p>Sólidos Totales Volátiles</p> | <p>: ADAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.</p> <p>: ADAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.</p> <p>: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B. Biochemical Oxygen Demand (BOD)- 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.</p> <p>: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Pa. 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD) Closed Reflux,Colorimetric Method. Pag. 5-8. 22nd Ed. 2012</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: ADAC Official Method 925.17 Chapter 4 Subchapter 8.4.8.14 Phosphorus in Animal Feed and Pet Food. Photometric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.</p> <p>: BHIOS-PQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011</p> <p>: BHIOS-PQ-015. Determinación de Nitrógeno Total en Suelos. Versión 01-2008.</p> <p>: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 4500-NH<sub>3</sub>. Nitrogen (Ammonia). 22nd Ed. 2012.</p> <p>: ADAC Official Method 973.04 Chapter 2 Subchapter 7.2.7.05 pH of Pesti A. Method I. 20th Ed. Rev. Online 2016</p> <p>: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-B. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C. Pag. 2. 22nd Ed. 2012.</p> <p>: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-E. Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C. Pag.5. 22nd Ed. 2012.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

PRT-10-F-05-02 Versión: 03 Fecha de Emisión: 02/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG - Página 01 de 01

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú

Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110

e-mail: [bhios@bhioslabs.com](mailto:bhios@bhioslabs.com) y [operaciones@bhioslabs.com](mailto:operaciones@bhioslabs.com)

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



**BHIOS**  
**LABORATORIOS**

**INFORME DE ENSAYOS N° 0386- 2018**  
**PÁGINA 4 DE 4**

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2018 al 16/02/2018  
MB 07/02/2018 al 12/02/2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 19/02/2018

  
Bla. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRT-13-F-05-E Versión: 03 Fecha de Emisión: 03/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 01 de 01

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

## Anexo 21. Resultados análisis Biol biorreactor 2 laboratorio BHIOS





**INFORME DE ENSAYOS N° 0387- 2018**  
**PÁGINA 1 DE 4**

|                                        |                                                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| SOLICITANTE                            | : INCA TOPS S.A.                                                                           |
| DIRECCIÓN                              | : AV. MIGUEL FORGA NRO. 348 Z.I. PARQUE INDUSTRIAL AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA          |
| PRODUCTO DECLARADO                     | : Biol con hongos                                                                          |
| DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO               | : Líquido color marrón - oscuro-negro                                                      |
| CODIFICACIÓN / MARCA                   | : P-2                                                                                      |
| DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE        | : Ninguno                                                                                  |
| TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA             | : 01 muestra de 3000 mL (MB: 1000 mL aprox. FQ: 2000 mL aprox)                             |
| PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN       | : En frascos de polietileno cerrados. En contenedor isotermico a una temperatura de 19.1°C |
| CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA | : Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS                                         |
| CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA    | : Ninguna (por ser muestra única)                                                          |
| FECHA PRODUCCIÓN                       | : 18/12/2017                                                                               |
| FECHA DE VENCIMIENTO                   | : No especificada                                                                          |
| CONTRATO N°                            | : 0175-2018                                                                                |
| FECHA DE RECEPCIÓN                     | : 07/02/2018                                                                               |

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.

En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

PRET-104-05-1E Versión: 03 Fecha de Emisión: 2001/11/8 Elaborado por: OT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 01 de 01

Av. Quilónos B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio







**INFORME DE ENSAYOS N° 0387- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 4**

**DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA**

PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : No Aplica+BHIOS-IM-007

REGISTRO DE MUESTREO N° : 0043-18-02

FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 07/02/2018 11:30 hrs

DIRECCIÓN DEL MUESTREO : Sector G aín - Irrigación Zamácola - Plata Inca Tops S.A. - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa

AREA / PUNTO DEL MUESTREO : Área de tratamiento de sólidos

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 19,9 °C. Humedad relativa: 50%. Equipo: E-491

OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA : Ninguna

**RESULTADOS**

| LAB | DETERMINACIÓN                        | Biol con hongos<br>P-2 | UNIDADES       |
|-----|--------------------------------------|------------------------|----------------|
| MB  | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | 511                    | mg/L           |
| FQ  | Elemento Zn                          | 0.437                  | mg/L           |
| FQ  | Nitrógeno (Amoníaco) (NH3-N)         | 1375.28                | mg/L           |
| FQ  | Sólidos Totales Volátiles            | 3728                   | mg/L           |
| FQ  | Elemento P                           | 4.786                  | %              |
| FQ  | Nitrógeno                            | 0.18                   | %              |
| FQ  | pH                                   | 8.37                   | Unidades de pH |
| FQ  | Demanda Química de Oxígeno (DQO)     | 5675                   | mg/L           |
| FQ  | Sólidos Totales                      | 5033                   | mg/L           |
| FQ  | Elemento Al                          | 1.353                  | mg/L           |
| FQ  | Elemento Ca                          | 129.69                 | mg/L           |
| FQ  | Elemento Cu                          | 0.655                  | mg/L           |
| FQ  | Elemento Fe                          | 18.655                 | mg/L           |
| FQ  | Elemento K                           | 124.776                | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mg                          | 26.461                 | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mn                          | 1.736                  | mg/L           |
| FQ  | Elemento Mo                          | 0.001430               | mg/L           |
| FQ  | Elemento Ni                          | 0.13051                | mg/L           |
| FQ  | Bicarbonatos (HCO3-)                 | 7215.59                | mg/L           |
| FQ  | Carbonatos (CO3-2)                   | < 2                    | mg/L           |

**ABREVIATURAS:**

% : Expresado en porcentaje

mg/L : Miligramos por litro

Unidades de pH : ---

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-CA

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-CA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

Muestra no incluida dentro del alcance

PR-10-F-05-IE Versión: 03 Fecha de Emisión: 03/01/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 01 de 01

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú

Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110

e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio





# INFORME DE ENSAYOS Nº 0387- 2018

PÁGINA 3 DE 4

## MÉTODOS UTILIZADOS:

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )         | : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Timmerlo Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.                                                                                                                                                                      |
| Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )           | : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Timmerlo Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.                                                                                                                                                                      |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )      | : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 22nd Ed. 2012.                                                                                                                                                                                                               |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                      | : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5020 D Chemical Oxygen Demand(COD) Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012.                                                                                                                       |
| Elemento Al                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Ca                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Cu                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Fe                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento K                                            | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Mg                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Mn                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Mo                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento Ni                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Elemento P                                            | : AOAC Official Method 965.17 Chapter 4 Subchapter 8.4.8.14 Phosphorus in Animal Feed and Pet Food. Photometric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.                                                                                                                                                                   |
| Elemento Zn                                           | : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011. |
| Nitrógeno                                             | : BHIOS-FQ-015. Determinación de Nitrógeno Total en Sueros. Versión 01-2008.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Nitrógeno (Amónico) (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) | : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 4500-NH <sub>3</sub> . Nitrogen (Ammonia). 22nd Ed. 2012.                                                                                                                                                                       |
| pH                                                    | : AOAC Official Method 975.04 Chapter 2 Subchapter 7.2.7.05 pH of Feed A. Method I. 20th Ed. Rev. Online 2016.                                                                                                                                                                                                       |
| Sólidos Totales                                       | : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-B. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C. Pag. 2. 22nd Ed. 2012.                                                                                                                                              |
| Sólidos Totales Volátiles                             | : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-E. Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C. Pag. 5. 22nd Ed. 2012.                                                                                                                                   |

PRT-10-F-05-IE Versión: 03 Fecha de Emisión: 02/01/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 81 de 81

Av. Quilónos B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

**BHIOS**  
**LABORATORIOS**

**INFORME DE ENSAYOS N° 0387- 2018**  
**PÁGINA 4 DE 4**

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2018 al 16/02/2018  
MB 07/02/2018 al 12/02/2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 17/02/2018

  
Bigo, Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico



Fin del Informe

PRT-10-F-55-B Versión: 03 Fecha de Emisión: 02/01/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 01 de 01

Av. Quiñones B 6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Cta - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



## Anexo 22. Resultados análisis Biol biorreactor 3 laboratorio BHIOS



**INFORME DE ENSAYOS Nº 3695-2017**  
**PÁGINA 01 DE 04**

|                                               |                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOLICITANTE</b>                            | : INCA TOPS S.A.                                                                                       |
| <b>DIRECCIÓN</b>                              | : Av. Miguel Forga Nro. 348 Z.I. - Parque Industrial<br>Arequipa - Arequipa - Arequipa                 |
| <b>PRODUCTO DECLARADO</b>                     | : BIOL <i>CONDICION</i>                                                                                |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>               | : Líquido color marrón oscuro-negro                                                                    |
| <b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>                   | : P-1                                                                                                  |
| <b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>        | : Ninguno                                                                                              |
| <b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>             | : 01 muestra de 2500 mililitros aproximadamente                                                        |
| <b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>       | : En frascos de polietileno químicamente limpio. En contenedor isotérmico a una temperatura de 21.8 °C |
| <b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b> | : Muestreada y transportada por BHIOS LABORATORIOS                                                     |
| <b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>    | : Ninguna (por ser única muestra)                                                                      |
| <b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>                    | : 28/06/2017                                                                                           |
| <b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>                   | : No Aplicable                                                                                         |
| <b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>                     | : 11 de Agosto del 2017                                                                                |

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quilónes B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umucollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



**BHIOS**  
**RATORIOS**

**INFORME DE ENSAYOS N° 3695-2017**  
**PÁGINA 02 DE 04**

**DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA**

|                                   |                                                                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| PLAN DE MUESTREO                  | : BHIOS-IM 007 V.04                                                         |
| REGISTRO DE MUESTREO N°           | : 0267-17-01                                                                |
| FECHA Y HORA DEL MUESTREO         | : 11/08/2017 11:15 hrs                                                      |
| DIRECCION DEL MUESTREO            | : Sector G a/n – Irrigación Zamácola – Cerro Colorado – Arequipa - Arequipa |
| AREA / PUNTO DEL MUESTREO         | : Área de Tratamiento de Sólidos – Planta 04 – Inca Tops S.A.               |
| CONDICIONES AMBIENTALES (EQUIPO)  | : Temperatura Ambiental: 19.9 °C / Humedad Relativa: 27 % / Equipo: E-432   |
| OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA: | : Ninguna                                                                   |

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

| DETERMINACIÓN                        | BIOL<br>P-1 | UNIDADES |
|--------------------------------------|-------------|----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | 96          | mg/L     |

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WWF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demands (BOD); 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22<sup>da</sup> Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 11-16 / 08 / 2017

Av. Quilónos B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



**INFORME DE ENSAYOS N° 3695-2017**  
**PÁGINA 03 DE 04**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

| DETERMINACIÓN                                 | BIOL<br>P.1 | UNIDADES       |
|-----------------------------------------------|-------------|----------------|
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)              | 2134        | mg/L           |
| Sólidos Totales                               | 4232        | mg/L           |
| Sólidos Totales Volátiles                     | 2093        | mg/L           |
| pH                                            | 8.96        | Unidades de pH |
| Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)      | 320.08      | mg/L           |
| Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | 1775.24     | mg/L           |
| Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )   | 471.85      | mg/L           |
| Nitrógeno                                     | 530.77      | %              |
| Fósforo                                       | 0.002       | %              |
| Aluminio                                      | 1.338       | mg/L           |
| Cobre                                         | 1.174       | mg/L           |
| Hierro                                        | 9.827       | mg/L           |
| Magnesio                                      | 19.368      | mg/L           |
| Manganeso                                     | 1.574       | mg/L           |
| Molibdeno                                     | < 0.07      | mg/L           |
| Níquel                                        | 0.105       | mg/L           |
| Zinc                                          | 0.800       | mg/L           |

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por litro de muestra
- % : Expresar en porcentaje

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 5000 Method 5020 D Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method, Pag. 5-5, 22nd Ed. 2012
- Sólidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-B, Solids, Total Solids Dried at 103-105°C, Pag. 2, 22nd Ed. 2012.
- Sólidos Totales Volátiles : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-E, Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C, Pag. 5, 22nd Ed. 2012.

Av. Quiñones 8-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



**BHIOS**  
**LABORATORIOS**

**INFORME DE ENSAYOS N° 3695-2017**  
**PÁGINA 04 DE 04**

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Nitrógeno Amomiacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 4500-NH<sub>3</sub>. Nitrogen (Ammonia). 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2018.
- Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2018.
- Nitrógeno : BHIOS-FQ-015. Determinación de Nitrógeno Total en Suelos. Versión 01-2008.
- Fósforo : AOAC Official Method 965.17 Chapter 4 Subchapter 8.4.8.14 Phosphorus in Animal Feed and Pet Food. Photometric Method. 20th Ed. Rev. Online 2018.
- Metales Totales por AAS (Al-Cu-Fe-Mn-Mo-Ni-Zn) : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cromo, Cobalto, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 11-24 / 08 / 2017  
**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 24 / 08 / 2017

  
  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-E Versión 01 - A (200)

Av. Quilones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++61 (0)54 273320 / 274515 RPO 903700003 RPM 9554-065110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

## Anexo 23. Resultados análisis Biol Camal Don Goyo laboratorio BHIOS



**INFORME DE ENSAYOS Nº 3795-2017**  
**PÁGINA 01 DE 04**

|                                               |                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOLICITANTE</b>                            | : INCA TOPS S.A.                                                                                                              |
| <b>DIRECCIÓN</b>                              | : Av. Miguel Forga Nro. 348 Z.I. - Parque Industrial<br>Arequipa - Arequipa - Arequipa                                        |
| <b>PRODUCTO DECLARADO</b>                     | : BIOL (DG)                                                                                                                   |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>               | : Líquido color pardo                                                                                                         |
| <b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>                   | : No Especificada                                                                                                             |
| <b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>        | : Ninguna                                                                                                                     |
| <b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>             | : 01 muestra de 3000 mililitros aproximadamente<br>(MB: 1000 mililitros aproximadamente, FC: 2000 mililitros aproximadamente) |
| <b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>       | : En frascos de polietileno cerrado. A una temperatura de 20.6 °C                                                             |
| <b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b> | : Muestra recibida en el Laboratorio (Envases del Cliente)                                                                    |
| <b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>    | : Ninguna (por ser única muestra)                                                                                             |
| <b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>                    | : No Especificada                                                                                                             |
| <b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>                   | : No Especificada                                                                                                             |
| <b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>                     | : 18 de Agosto del 2017                                                                                                       |

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada y el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, si certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quifiones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
 Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



**BHIOS LABORATORIOS**

**INFORME DE ENSAYOS N° 3795-2017**  
**PÁGINA 02 DE 04**

**RÉSULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

| DETERMINACIÓN                        | BIOL | UNIDADES |
|--------------------------------------|------|----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | 91   | mg/L     |

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5020, 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test, Pag. 5-2 a 5-7, 22<sup>da</sup> Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 18-23 / 08 / 2017

**campo en blanco dejado intencionalmente**

Av. Quilones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM 9954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio





**INFORME DE ENSAYOS N° 3795-2017**  
**PÁGINA 03 DE 04**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

| DETERMINACIÓN                                 | BIOL    | UNIDADES       |
|-----------------------------------------------|---------|----------------|
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)              | 400     | mg/L           |
| Sólidos Totales                               | 1137    | mg/L           |
| Sólidos Totales Volátiles                     | 342     | mg/L           |
| pH                                            | 7.2     | Unidades de pH |
| Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)      | 390.93  | mg/L           |
| Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | 2335.31 | mg/L           |
| Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )   | < 2     | mg/L           |
| Nitrógeno                                     | 409.58  | mg/L           |
| Fósforo                                       | < 0.1   | mg/L           |
| Aluminio                                      | < 0.2   | mg/L           |
| Cobre                                         | < 0.2   | mg/L           |
| Hierro                                        | 0.55    | mg/L           |
| Magnesio                                      | 20.76   | mg/L           |
| Manganeso                                     | < 0.2   | mg/L           |
| Molibdano                                     | < 0.95  | mg/L           |
| Níquel                                        | < 0.1   | mg/L           |
| Zinc                                          | < 0.05  | mg/L           |

**ABREVIATURAS:**  
• mg/L : Miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**  
• Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method, Pag. 5-6, 22nd Ed. 2012
- Sólidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-B, Solids, Total Solids Dried at 103-105°C, Pag. 2, 22nd Ed. 2012.
- Sólidos Totales Volátiles : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-E, Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C, Pag. 5, 22nd Ed. 2012.
- pH : AOAC Official Method 973.04 Chapter 2 Subchapter 7:2.7.05 pH of Peat A, Method I, 20th Ed. Rev. Online 2016.

Av. Quilónes B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 - RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio





**INFORME DE ENSAYOS Nº 3795-2017**  
**PÁGINA 04 DE 04**

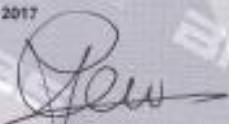
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Nitrógeno Amomiacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: APHA-AWWA-WEF, Method 4500-NH<sub>3</sub>: Nitrogen (Ammonia), 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) : ADAC Official Method 920.194 Chapter 11. Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.
- Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) : ADAC Official Method 920.194 Chapter 11. Subchapter 11.11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.
- Nitrógeno : BHIOS-FQ-015. Determinación de Nitrógeno Total en Suelos. Versión 01-2008
- Fósforo : ADAC Official Method 965.17 Chapter 4 Subchapter 8.4.8.14 Phosphorus in Animal Feed and Pet Food. Photometric Method. 20th Ed. Rev. Online 2016.
- Metales Totales por AAS (Al, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cromo, Cobalto, Estadio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 18-28 / 08 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 29 / 08 / 2017



  
**Bigo, Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PR1-TOP-0842 Versión: 01 A (00)

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo • Arequipa • Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio