

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGROINDUSTRIAL**



**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO**  
**DE SANGUAZA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PESQUERA**  
**PANAFOODS S.A.C.**

**PRESENTADO POR:**

Bach. GUZMAN SERRANO WILMER ISRAEL

Bach. PASTOR LORENZO JHON DAVID

**ASESOR:**

Dr. DANIEL SÁNCHEZ VACA

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**NVO. CHIMBOTE-PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

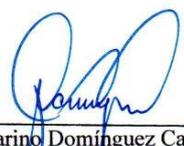


**HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE SANGUAZA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PESQUERA PANAFODS S.A.C.”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. PASTOR LORENZO JHON DAVID y Bach. GUZMAN SERRANO WILMER ISRAEL, que tienen como asesor al docente Dr. Daniel Sánchez Vaca, designado por resolución N° 697-2018-UNS-FI. Ha sido revisada y aprobada el 24 de septiembre del 2020 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 099-2020-UNS-CFI.

  
Dra. Luz María Paucar Menacho  
Presidenta

  
Dr. Daniel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda  
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 04: 00 pm del 24 de septiembre del 2020 se habilitó la plataforma virtual ZOOM, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°099-2020-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Luz María Paucar Menacho (Presidente)
- Dr. Daniel Sánchez Vaca (Secretario)
- Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

**“EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE SANGUAZA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PESQUERA PANAFODS S.A.C.”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- PASTOR LORENZO JHON DAVID
- GUZMAN SERRANO WILMER ISRAEL

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Dr. Daniel Sánchez Vaca

Finalizada la sustentación virtual, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PASTOR LORENZO JHON DAVID	18	MUY BUENO

Siendo las 17:15 del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 24 de septiembre del 2020

  
Dra. Luz María Paucar Menacho  
Presidenta

  
Dr. Daniel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda  
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 04: 00 pm del 24 de septiembre del 2020 se habilitó la plataforma virtual ZOOM, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°099-2020-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Luz María Paucar Menacho (Presidente)
- Dr. Daniel Sánchez Vaca (Secretario)
- Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

**“EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE SANGUAZA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PESQUERA PANAFODS S.A.C.”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- PASTOR LORENZO JHON DAVID
- GUZMAN SERRANO WILMER ISRAEL

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Dr. Daniel Sánchez Vaca

Finalizada la sustentación virtual, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

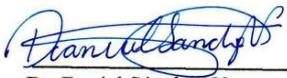
El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GUZMAN SERRANO WILMER ISRAEL	18	MUY BUENO

Siendo las 17:15 del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 24 de septiembre del 2020

  
Dra. Luz María Paucar Menacho  
Presidenta

  
Dr. Daniel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda  
Integrante

03 copias

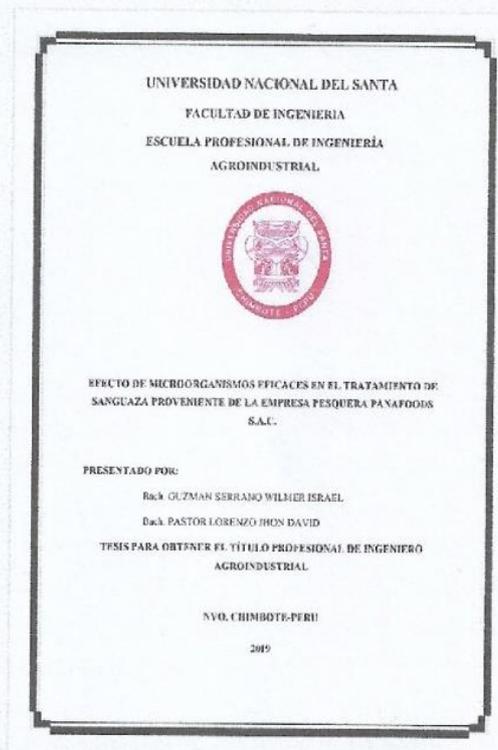


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jhon David Pastor Lorenzo  
Título del ejercicio: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
Título de la entrega: EFECTO DE MICROORGANISMOS...  
Nombre del archivo: TESIS\_PRESENTAR.docx  
Tamaño del archivo: 5.8M  
Total páginas: 124  
Total de palabras: 25,355  
Total de caracteres: 135,449  
Fecha de entrega: 13-dic-2019 12:26p.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1233991963



# EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE SANGUAZA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PESQUERA PANAFODS S.A.C.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>1%</b>	<b>7%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>documents.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.ugr.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.minam.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

*A DIOS por darme fortaleza y perseverancia, para seguir adelante y alcanzar las metas propuestas, por darme sobre todo salud y sabiduría.*

*A mi hija por ser la luz de mis ojos, mi apoyo emocional para crecer profesionalmente.*

**GUZMÁN SERRANO WILMER ISRAEL**

## **DEDICATORIA**

*A MIS PADRES, por apoyarme siempre en todo lo que me propongo, y por enseñarme que no importa el tiempo que me tome sino el resultado que obtendré.*

*A MI HERMANA por sus consejos y su guía para que pueda desarrollar un buen trabajo de investigación.*

*A DIOS, por permitir que pueda ir logrando cada uno de mis metas propuestas, por darme salud y darme fuerzas para seguir adelante.*

**PASTOR LORENZO JHON DAVID**

## **AGRADECIMIENTO**

*Ante todo, a Dios por darnos el conocimiento para la realización de esta investigación, por ayudarnos a superar las dificultades en nuestra vida universitaria.*

*Al Dr. Daniel Sánchez Vaca, nuestro asesor por brindarnos sus conocimientos y asesoría en nuestra carrera universitaria y en la presente tesis, por brindarnos su confianza y amistad. A la Ing. Elizabeth por su paciencia y su apoyo en el manejo de los equipos.*

*A la Universidad Nacional del Santa por ser nuestro hogar de estudios y ser parte de nuestro desarrollo profesional.*

*Al Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial, por permitir la realización de la tesis en sus ambientes y el uso de sus equipos.*

*A la Empresa Pesquera PACÍFIC NATURAL FOODS S.A.C. por la donación de sus residuos(sanguaza) para la realización del trabajo de investigación.*

***Guzmán Serrano Wilmer Israel y Pastor Lorenzo Jhon David***

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCION .....	3
1.1. OBJETIVOS .....	5
1.1.1. GENERAL .....	5
1.1.2. ESPECÍFICOS .....	5
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	6
2.1. ANTECEDENTES .....	6
2.2. EFLUENTES INDUSTRIALES .....	11
2.2.1. TIPOS DE EFLUENTES PESQUEROS .....	11
a) Agua de Bombeo .....	11
b) Sanguaza .....	12
c) Agua de Cola .....	13
d) Efluentes de Limpieza .....	13
e) Efluentes de Laboratorio.....	13
f) De origen Doméstico .....	13
2.2.2. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE EFLUENTES.....	14
A. Potencial de Hidrógeno .....	14
B. Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	14
C. Demanda Química de Oxígeno.....	14
D. Sólidos Suspendidos Totales .....	15
A. Aceites y Grasas.....	15
2.2.2.1. Relación DBO/DQO.....	16
2.2.3. IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS AL VERTIMIENTO DE EFLUENTES DE LOS EIP DE CONSUMO INDIRECTO .....	17
➤ Modificación de las características físico químicas del agua marina .....	17
➤ Alteración de la calidad de vida de sedimentos del fondo marinos.....	19
➤ Alteraciones del ecosistema marino.....	19
➤ Alteración de la calidad de vida.....	20
2.2.4. NORMAS LEGALES EN RELACIÓN A DESCARGAS DE EFLUENTES INDUSTRIALES PESQUEROS .....	20
2.2.4.1. Ley general de la pesca N°25977 .....	20

2.2.4.2.	Límites máximos permisibles de efluentes pesqueros .....	21
2.3.	MICROORGANISMOS .....	23
2.3.1.	CLASIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS .....	23
2.3.2.	LOS MICROORGANISMOS AUTOTRÓFICOS Y HETEROTRÓFICOS	24
2.3.3.	RELACIÓN ENTRE EL AGUA Y LOS MICROORGANISMOS .....	24
2.3.4.	CINÉTICA DE CRECIMIENTO MICROBIANO.....	26
A.	Tiempo de Latencia .....	27
B.	Tiempo de Generación .....	28
C.	Velocidad de Crecimiento .....	29
2.3.4.1.	Factores que influyen el crecimiento microbiano .....	29
A.	Temperatura .....	30
B.	Actividad de agua.....	30
C.	pH.....	31
D.	Oxígeno Disuelto.....	32
2.4.	MICROORGANISMOS EFICACES .....	33
2.4.1.	Composición de Microorganismos Eficaces .....	34
➤	Bacterias fototróficas o fotsintéticas ( <i>Rhodopseudomonas palustris</i> ): .....	34
➤	Bacterias ácido lácticas (BAL) .....	35
➤	Levaduras ( <i>Saccharomyces sp</i> ):.....	36
2.4.2.	Aplicación de Microorganismo Eficaces en Efluentes Industriales.....	39
A.	Eliminación de materia orgánica.....	40
B.	Eliminación de amonio y nitratos.....	40
C.	Eliminación de fosfatos .....	41
2.5.	BIORREACTORES.....	42
➤	REACTORES TIPO BATCH .....	42
III.	MATERIALES Y METODOS.....	44
3.1.	Lugar de Ejecución .....	44
3.2.	Materia Prima, Materiales de Laboratorio, Equipos y Reactivos. ....	44
3.2.1.	Materia prima .....	44
3.2.2.	Reactivos .....	44
3.2.3.	Materiales de vidrio .....	45
3.2.4.	Otros materiales .....	45

3.2.5. Equipos .....	45
3.3. Metodología .....	46
3.3.1. Tipo de investigación: .....	46
3.4. Planteamiento Experimental .....	46
3.4.1. Hipótesis .....	46
3.4.2. Variables:.....	46
3.4.2.1. Variables independientes: .....	46
3.4.2.2. Variables Dependientes: .....	46
3.4.2.3. Parámetros estables:.....	47
3.5. Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	47
3.5.1. Diseño experimental.....	47
3.5.2. Análisis Estadístico .....	48
3.5.2.1. Modelo Estadístico .....	48
3.5.2.2. Modelo estadístico lineal .....	48
3.6. Método de Análisis .....	52
3.6.1. Determinación de las características físicas, químicas y biológicas de sanguaza. ....	52
3.6.1.1. Recolección de muestra .....	52
3.6.1.2. Análisis físico .....	53
3.6.1.2.1. Determinación de pH .....	53
3.6.1.3. Determinación de Oxígeno Disuelto (mg/l).....	53
3.6.1.4. Análisis químico .....	54
3.6.1.4.1. Nitrógeno Total .....	54
3.6.1.4.2. El contenido de aceites y grasas.....	54
3.6.1.5. Análisis biológico .....	54
3.6.1.5.1. Recuento de Coliformes Totales .....	54
3.6.2. Determinación del comportamiento de los microorganismos eficaces (EM-1) en la sanguaza. ....	55
3.6.2.1. Activación de microorganismos eficaces.....	55
3.6.2.2. Tratamiento en el biorreactor .....	56
3.6.3. Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante. ....	58
3.6.4. Evaluación de costos para el tratamiento con microorganismos eficaces en efluentes pesqueros. ....	59

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	60
4.1. Características físicas, químicas y biológicas de sanguaza. ....	60
4.2. Comportamiento de los microorganismos eficaces (EM-1) en la sanguaza. ...	62
4.2.1. Activación de microorganismos eficaces .....	62
4.2.2. pH .....	62
4.2.2.1. Variación de pH a diferentes medios .....	65
4.2.2.2. Variación de pH a diferentes temperaturas .....	67
4.2.2.3. Variación de pH a diferentes diluciones .....	68
4.2.3. Oxígeno disuelto (OD %).....	70
4.2.3.1. Variación del Oxígeno Disuelto .....	71
4.2.3.2. Variación de Oxígeno Disuelto a diferentes temperaturas .....	73
4.2.3.3. Variación de Oxígeno Disuelto a diferentes diluciones.....	74
4.3. Efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante .	75
4.4. Costos para el tratamiento con microorganismos eficaces en efluentes pesqueros. ....	81
V. CONCLUSIONES.....	83
VI. RECOMENDACIONES .....	84
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXO N°1.....	92
ANEXO N°2.....	94
ANEXO N°3.....	116
ANEXO N°4.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Características físico químicas de la sanguaza.....	12
Tabla 2. Límites máximos permisibles de efluentes pesqueros para su vertimiento.....	22
Tabla 3. Microorganismos presentes en el EM-1 .....	39
Tabla 4. Representación del experimento para determinar el efecto de la temperatura, dilución y el medio para el tratamiento de sanguaza con EM-1 (sin replicación).....	50
Tabla 5. ANOVA: Modelo factorial con tres factores para determinar el efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante de la sanguaza (sin replicación).....	51
Tabla 6. Requerimientos para la activación de microorganismos eficaces (EM-1) para el tratamiento de la sanguaza.....	56
Tabla 7. Matriz de tratamientos para evaluar el efecto de los microorganismos eficaces en la sanguaza.....	58
Tabla 8. Diseño de datos para el programa SPSS V. 25.....	59
Tabla 9. Características físicas, químicas y biológicas de la sanguaza .....	60
Tabla 10. Efecto de los microorganismos eficaces en la reducción de la carga contaminante de la sanguaza .....	75
Tabla 11. ANOVA para los tratamientos de la sanguaza con microorganismos eficaces (EM-1) .....	78
Tabla 12. Costo por litro de microorganismos eficaces EM-1 activado .....	81
Tabla 13. Costos de tratamiento con EM-1 por m <sup>3</sup> de sanguaza.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Esquema experimental. Parámetros estables: Velocidad de agitación de 360 rpm, volumen de muestra: 1 L de sanguaza, aireación de 0.04 L por segundo y tiempo de tratamiento 24 horas. ....	48
Figura 2. Comportamiento del pH de la sanguaza con EM-1 en diferentes medios (aeróbico y anaeróbico), concentraciones (1- 250,500,100 ppm) y temperaturas (30-33°C).....	64
Figura 3. pH de la sanguaza con EM-1 en el biorreactor con medio aeróbico.....	65
Figura 4. pH de la sanguaza con EM-1 en el biorreactor con medio anaeróbico .....	66
Figura 5. pH de la sanguaza a diferentes temperaturas (30-33 °C) en 2 medios (aeróbico y anaeróbico) .....	67
Figura 6. pH de la sanguaza a diferentes diluciones en dos medios (aeróbico y anaeróbico) .....	68
Figura 7. Variación del Oxígeno Disuelto (OD%) en la sanguaza con EM-1 en diferentes medios (aeróbico y anaeróbico), concentraciones (1- 250,500,100 ppm) y temperaturas (30-33°C).....	70
Figura 8. Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 en medio anaerobio. ....	71
Figura 9. Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 en medio aerobio.	72
Figura 10. Variación del Oxígeno Disuelto en la sanguaza con EM-1 a diferentes temperaturas (30 - 33 °C) .....	73
Figura 11. Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 a diferentes diluciones (1-250,500,1000 ppm).....	74
Figura 12. Porcentaje de remoción de la carga contaminante de la sanguaza con EM-176	

## RESUMEN

Los microorganismos eficaces ME fueron utilizados para evaluar su efecto en la degradación de la carga contaminante (Coliformes Totales, Aceites y grasas, Nitrógeno Total y pH) de la sanguaza proveniente de la empresa pesquera PANAFOD S.A.C.

Obteniendo que el tratamiento *T9 (T-30, Aerobio, 1:250)* presenta mayor efecto en la reducción de la carga contaminante: 99.9 % para Coliformes Totales, 82% de Aceites y Grasas, 28.95% en Nitrógeno Total y un pH final de 7,13. Se pudo determinar con el análisis del ANOVA que no hay una interacción de las variables temperatura (30°C y 33°C), medio (anaerobio y aerobio) y dilución (1:1000, 1:500 y 1:250). Se obtuvieron costos de tratamiento de S/. 12,8/ m<sup>3</sup> hasta S/4.2/m<sup>3</sup> si se mantiene una carga de microorganismos eficaces ME activa en el sistema de tratamiento. Se llegó a la conclusión de que los microorganismos eficaces ME no evidencian una eficiente remoción en el contenido de Nitrógeno Total y solo para el contenido de aceite y grasas supero los límites máximos permisibles según el D.S. N° 010-2008-PRODUCE en un periodo de tratamiento de 24 horas, por lo que necesario disminuir el contenido de aceites y grasas inicial por un medio físico.

**Palabras Clave:** Microorganismos eficaces (ME) Oxígeno disuelto (OD), pH (Potencial de hidrógeno), Coliformes Totales (CT), Biorreactor.

## ABSTRACT

Effective EM microorganisms were used to assess their effect on the degradation of the pollutant load (Total Coliforms, Oils and fats, Total Nitrogen and pH) of the blood from the fishing company PANAFOD S.A.C.

Obtaining that the T9 treatment (T-30, Aerobio, 1: 250) has a greater effect in reducing the pollutant load: 99.9% for Total Coliforms, 82% Oils and Fats, 28.95% in Total Nitrogen and a final pH of 7.13. It was determined with the ANOVA analysis that there is no interaction of the variables temperature (30 ° C and 33 ° C), medium (anaerobic and aerobic) and dilution (1: 1000, 1: 500 and 1: 250). Treatment costs of S /. 12.8 / m<sup>3</sup> to S / 4.2 / m<sup>3</sup> if a load of effective active EM microorganisms is maintained in the treatment system. It was concluded that effective EM microorganisms do not show an efficient removal in the Total Nitrogen content and only for the oil and fat content do I exceed the maximum permissible limits according to the D.S. N ° 010-2008-PRODUCE in a 24-hour treatment period, so it is necessary to reduce the initial oil and fat content by a physical means.

**Keywords:** Effective Microorganisms (ME) Dissolved Oxygen (DO), pH (Hydrogen Potential), Total Coliforms (TC), Bioreactor.

## **I. INTRODUCCION**

En la actualidad el PERÚ es un país de gran crecimiento económico el año 2018 el sector pesca tuvo un crecimiento del 8% (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018). Pero este crecimiento se vio opacado debido a la contaminación ambiental que se produjo, las aguas residuales de empresas pesqueras de procesamiento de conserva y harina, de procesamiento artesanal que en este caso son de salazón y curado, entre otras.

En el año 2012 y 2013, el Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), llevo a cabo 325 supervisiones a Establecimientos Industriales Pesqueros (EIP) asimismo, se efectuaron 20 monitores, en distintas bahías del litoral peruano entre ellas Coishco, Samanco y Chimbote. Los parámetros evaluados en los EIP de consumo humano indirecto fueron; potencial de hidrógeno (pH), temperatura (T), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas, además coliformes termotolerantes y totales. El análisis de los resultados del monitoreo de efluentes de consumo humano directo (industria de congelado y enlatado) demostró que los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales de los EIP eran insuficientes para la reducción de la concentración de la DBO<sub>5</sub>, SST, coliformes termotolerantes y totales. La bahía “El Ferrol” está ubicada en los distritos de Chimbote y Nuevo Chimbote, en el departamento de Áncash. Debido a la precaria situación ambiental de dicha bahía, se declaró de interés nacional la solución integral de sus problemas de contaminación siendo estas causadas por las empresas prestadoras de servicios (EPS) a la bahía sin adecuado tratamiento previo y efluentes vertidos a la bahía sin tratamiento previo, provenientes de 36 EIP. (Ministerio del Ambiente, 2015).

El tratamiento de aguas residuales ya sea urbano o industrial se ha convertido en los últimos años un proceso costoso, así como también fiscalizado por el estado peruano debido a la contaminación que esta produce.

Los sistemas de tratamiento actuales son; de precipitación para sólidos y diferencia de densidades en lo que es grasas, la deficiencia de estos procesos es debido a su dimensionamiento o falta de conocimientos de los operadores.

Los microorganismos eficaces son una alternativa para el tratamiento aguas residuales, efluentes y cuerpos de agua contaminada con carga orgánica por ser una tecnología ecológica adecuada y completamente inofensiva. El tratamiento microorganismos eficaces en la descomposición de materia orgánica y eliminación de patógenos por antagonismo ha sido de estudio en diversas investigaciones en la agricultura, avicultura, porcicultura, medio ambiente e industrial, obteniendo buenos resultados. En la presente investigación se realizó un estudio de tratamiento de sanguaza controlado mediante un biorreactor donde los parámetros evaluados fueron; temperatura, relación de dilución y tipo de medio (aerobio y anaerobio), lo cual servirá para determinar que parámetros son más efectivos en tratamiento de efluentes, sanguaza y desechos provenientes de las empresas pesqueras. Con este estudio se quiere aportar una solución a la contaminación ambiental que es un gran problema que aqueja a la industria pesquera.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. GENERAL**

- Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la reducción de la carga contaminante de la sanguaza proveniente de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C.

### **1.1.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar las características físicas, químicas y biológicas de sanguaza proveniente de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C.
- Determinar el comportamiento los microorganismos eficaces en la sanguaza proveniente de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C.
- Determinar el mejor tratamiento para lograr un mayor efecto en la reducción de la carga contaminante mediante el análisis físico, químico y biológico de los efluentes obtenidos después del tratamiento con microorganismos eficaces.
- Evaluar los costos para el tratamiento con microorganismos eficaces para un volumen determinado de sanguaza de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1. ANTECEDENTES

- Toc (2012), en su tesis de grado titulado: *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano*. Honduras. La investigación llego a las siguientes conclusiones:

En su investigación se utilizaron tres tratamientos: ME comerciales, ME producidos en Zamorano y un control sin tratamiento, con 4 unidades experimentales (recipientes plásticos con 113 L de agua residual) en cada tratamiento, a una temperatura de medio ambiente promedio de 23° C y una dosis de microorganismos eficaces de 1:1000. Se analizó la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos totales (ST). Hubo una reducción significativa ( $P \leq 0.05$ ) en las tres variables al adicionar los microorganismos eficientes (ME), en un tiempo de 2 meses. Para el DBO hubo un efecto de reducción del 96% de los ME Zamorano y 98% de reducción de la DBO ocasionada por los ME Comercial, mientras que un 77% de reducción sin utilizar ningún ME. Para el DQO, al emplear los ME producidos en Zamorano igualmente se obtuvo una reducción significativa, comparado con el control de 96% de los ME Zamorano y 97% de los ME Comercial, mientras que un 86% de reducción sin utilizar ningún ME. Para los sólidos totales (ST) no se encontraron diferencias en la reducción de los ST entre los dos productos evaluados, siendo de 92% de los ME Zamorano y 91% de los ME Comercial, mientras que 78% de reducción sin utilizar ningún ME.

- **Romero y Vargas (2017)**, en su investigación titulada: *Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas*. Cuba. Se llegó a las siguientes conclusiones:

La aplicación de microorganismos eficaces (Versaklin) se realizó en las redes de desagüe, se realizaron muestreos a las 0 h, 24 h y 48 h posteriores a su aplicación y la relación de dilución que se utilizó fue de 1:10, los resultados mostraron que el pH se mantuvo constante con un promedio 7.3, siendo un valor adecuado para el desarrollo y colonización de microorganismos benéficos. Los valores de oxígeno disuelto (OD) que se presentaron fueron menores a 2 mg/L, lo cual está relacionado con la degradación de la carga orgánica. Los coliformes fecales disminuyeron desde  $1 \times 10^6$  NMP/100mL hasta 2 NMP/100 mL. Determinando así que los microorganismos eficaces ejercen gran influencia en la degradación de materia orgánica en las zanjas conductoras de aguas, enriquecidas con residuos orgánicos de origen humano.

- **Dautan, R., Perez, M., Contreras, A., Marzana, A. y Rincones, B. (1988)**. En su trabajo de investigación titulado: *Diseño y construcción de un reactor discontinuo secuencial para remoción de DBO*. Venezuela.

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que un sistema de tratamiento de lodos activados cuyo funcionamiento se lleva a cabo en un solo tanque (aireación, mezcla, sedimentación-clarificación) o también llamado sistema SBR, logro una eficiencia de remoción de DBO del 97% en un tiempo de retención de 6 horas para un volumen de 15 L, el efluente tratado fue una solución patrón (solución de glucosa y ácido glutámico), con una DBO aproximada de  $200 \pm 37$  mg/l y un contenido de nitrógeno (solución de urea al 49%) de  $35 \pm 5$  mg/l, similares a las características típicas del agua residual

doméstica y como carga microbiana inicial se utilizó lodos de efluentes residuales.

- **Mendoza, M. y Ramírez, L.,** (2016). En su trabajo de investigación titulado: *Efecto de la concentración de un consorcio microbiano nativo en la degradación de materia orgánica de las aguas residuales del canal de regadío “Santa Rosa”- Distrito de Santa Rosa, Provincia de Chepén, 2015.*

Se llegó a las siguientes conclusiones:

En esta investigación se determinó la capacidad de degradación de un consorcio microbiano nativo aislada de aguas residuales del canal de regadío Santa Rosa, para el aislamiento se tomaron 500 ml de sedimento aireándolo por 5 días en un biorreactor y sembrando en placas para su identificación y aislamiento. Se prepararon concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% del inóculo del consorcio nativo en un volumen de 2500ml de agua residual, las condiciones del biorreactor fueron de  $30^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , pH de 6, tiempo de tratamiento de 12 días y aireación (Airlift). Se obtuvieron remociones de  $\text{DBO}_5$  de 45% al 0% de inóculo, 72 % al 5% de inóculo, 76% al 10% de inóculo, 91% al 15% de inóculo. Los coliformes totales iniciales fueron de  $1.2 \times 10^3$  UFC/100 ml y se redujeron a 420 UFC/ 100 ml al 0%, 180 UFC /100 ml al 5%, 170 UFC/100 ml al 10 % y 20 UFC/100 ml al 15 % de inóculo. Concluyendo así que a mayor concentración de inóculo de consorcio microbiano nativo (15%), se obtiene un mayor efecto en la degradación de la carga contaminante de las aguas residuales.

- **Herrera, S. y Robles, C.** (2012). En su trabajo de investigación titulado: *Efecto de la concentración del consorcio “microorganismos eficaces” EM.1® en el tratamiento de efluentes de una curtiembre del distrito de*

*Moche-Región La Libertad durante el año 2011.* Se llegó a las siguientes conclusiones:

Se evaluó el efecto de la concentración del consorcio Microorganismos Eficaces EM-1 ® en el tratamiento de efluentes de curtiembre. Se trabajó en 4 biorreactores estáticos, un tratamiento por biorreactor, los volúmenes de los tratamientos fueron de 2000 ml (1800 ml de efluente y 200 ml de ME-1 activado en diferentes diluciones), las diluciones fueron al 1/8, 1/4, 1/2 y ME-1 activado sin dilución. La temperatura fue de  $18 \pm 2$  °C, durante 6 días de tratamiento. El efecto se midió con la reducción de DBO<sub>5</sub> y Cr<sup>+6</sup>, los valores iniciales fueron de 5000 mg O<sub>2</sub>/L en DBO<sub>5</sub> y 4000 mg/L de Cr<sup>+6</sup>, obteniéndose las mejores reducciones con el tratamiento sin dilución removiendo 69.3% de DBO<sub>5</sub> y 4.18% de Cr<sup>+6</sup>. Se concluye que el tratamiento con Microorganismos Eficaces EM-1 ® no es efectiva en un periodo de 6 días, por el alto contenido de carga contaminante.

- **Bejarano, N. y Escobar, C.,** (2015). En su trabajo de investigación titulado: *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual.* Se llegó a las siguientes conclusiones:

La investigación se llevó a cabo en una planta de tratamiento de un caudal de 0.5 l/s y un volumen de reactor de 660 L que trata aguas residuales mediante un sistema de lodos activados con un sistema aeróbico, donde se inoculo 200 L de lodos concentrados (30 % del volumen del reactor) provenientes de una planta de tratamiento que tiene remociones del 85% de materia orgánica. Se monitoreo durante 12 semanas, la temperatura promedio fue de 17.9 °C. Los resultados

reportados fueron los siguientes: el pH en el afluente oscilo entre 6.31 y 6.6, y a la salida del reactor oscilo de 6.85 y 7.42, en el fosforo las reducciones oscilaron entre 25.33 % y 3.57%, la reducción de nitratos oscilaron entre 30.09 % y 14.81%, la DQO tuvo reducciones que oscilaron entre 79 % y 32 %, se concluye que a medida que la carga de microorganismo descomponedores aumentan (mayor tiempo de operación), se obtienen mayores eficiencias de remoción de la carga contaminante , como se observó en los resultados los porcentajes de remoción más bajos se dio en la primera semana y los mayores en la semana 12 .

- **Beltrán, B. y Campos, R.,** (2016). En su trabajo de investigación titulado: *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Se llegó a las siguientes conclusiones:

Determinación de los efectos de los microorganismos eficaces (ME) en el tratamiento de agua y lodo residual de una planta de tratamiento de aguas residuales de un caudal promedio de 39.16 l/s y un período de retención de 19 días, para ello se utilizó una relación de dilución de: 0.01 m<sup>3</sup> de ME-activado por 100 m<sup>3</sup> de aguas residuales (aplicación de choque), 0.01 m<sup>3</sup> de ME-activado por 500 m<sup>3</sup> de aguas residuales (aplicación de saturación) y 0.01 m<sup>3</sup> de ME-activado por 1000 m<sup>3</sup> de aguas residuales (aplicación de mantenimiento), se muestreo a los 0; 30; 60 y 90 días después obteniéndose mayor eficiencia a los 90 días después del tratamiento, con remociones del 67.1 % de DBO, 68.3% de DQO, 60.69 % de SST, 97.6 % de Aceites y grasas, y 99.5% de coliformes termotolerantes. Concluyendo que existen evidencias del efecto de los

microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales encontrándose debajo de LMP, D.S 003-2010-MINAM.

## **2.2. EFLUENTES INDUSTRIALES**

Se consideran efluentes a todas las descargas sobrantes procedentes de los procesos industriales, de la misma forma, las evacuaciones originadas por los diferentes manejos del agua industrial, su procedencia puede ser, por sistemas de recuperación de vapor en planta, por residuos de laboratorios, por limpieza de equipos o por uso doméstico, estas últimas contiene heces fecales las cuales varían su volumen y/o su composición. (EPA, 2008)

Desde el comienzo de la actividad de harina de pescado, los efluentes han sido uno de los principales responsables de perjudicar el ambiente de los ecosistemas cercanos. Produce (2008) Indica que la eficiencia de los tratamientos a estos efluentes para recuperar la materia orgánica presente y ser agregados al proceso, son insuficientes.

### **2.2.1. TIPOS DE EFLUENTES PESQUEROS**

#### **a) Agua de Bombeo**

Esta agua se usa para el envío de la materia prima desde la embarcación hasta la planta, mediante un sistema de bombeo, es rica en materia orgánica, sangre, aceites y grasas. Para un sistema de agua de bombeo apropiado, la relación de agua de mar debe ser de 1.5 a 2.5 TM por cada TM de pescado. (Pesca Perú, 2015)

Castro (2004) nos refiere que debido a que el Perú usa bombas hidráulicas, la relación agua pescado es de 2:1, de esta forma la materia prima recibiría menos daño.

## b) Sanguaza

Se origina en las bodegas o en las pozas del almacenamiento debido a la fuerza que ejercen dentro de ellas, contiene agua, sangre y vísceras del pescado. (Pesca Perú, 2015)

Landeo y Ruiz (2006) nos dicen que esto se produce debido a la mala manipulación en el proceso de descarga, así como también por la temperatura, el tamaño del pescado o la dimensión de los estanques, el pescado pierde su grado de frescura, por lo mismo es recomendable evitar su producción y/o ser procesada en el menor tiempo posible para evitar que se descomponga la materia orgánica que se encuentra en ella. Bioquímicamente se genera como resultado de la actividad bacteriana y la autólisis de las enzimas que se encuentran en el estómago del pescado, ocasionando pérdida de proteínas y aceites.

En la siguiente tabla podemos observar el análisis proximal de la sanguaza después de ser filtrada y luego de recuperar grasas y aceites.

**Tabla 1:** Características físico químicas de la sanguaza

<b>Elemento</b>	<b>Valores</b>
Proteína	6.0(%)
Grasa	4.0(%)
Humedad	90.03(%)
Cenizas	3.2(%)
Sólidos totales	13.2(%)
pH	6.9

Fuente: Castro (2004)

**c) Agua de Cola**

Se considera como la fracción líquida luego de haber separado la mayor cantidad de grasas y sólidos en suspensión. Es el efluente con mayor contenido en materia orgánica. (PRODUCE, 2008)

Castro (2004) nos dice la relación de producción en TM de agua de cola por pescado fresco es de 1:2 respectivamente y de la cual de no ser aprovechada generaría un impacto perjudicial sobre el ecosistema marino por su alta carga orgánica.

El agua de cola contiene altos contenidos en nutrientes como son proteínas, vitaminas y minerales. (Landeo & Ruiz , 2006)

**d) Efluentes de Limpieza**

Se originan en planta debido a limpieza de equipos industriales y contienen alto contenido de materia orgánica e inorgánica, tienen alto poder contaminante. (PRODUCE, 2008)

**e) Efluentes de Laboratorio**

Tienen alto contenido en productos químicos, sus características dependen del tipo de análisis que realicen los laboratorios, generalmente no tienen un sistema de neutralización por ser considerados como desagüe doméstico. (PRODUCE, 2008)

**f) De origen Doméstico**

Tienen componentes originados por la actividad humana, contienen desechos de servicios higiénicos, comedor, productos de limpieza, etc. (PRODUCE, 2008)

## 2.2.2. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE EFLUENTES

### A. Potencial de Hidrógeno

Medida que usa la ciencia y la química para medir el grado de acidez y alcalinidad de una sustancia específica que por lo general está en estado líquido. Si la sustancia es ácida, esta medición nos brinda la cantidad de iones hidrógeno ( $H^+$ ), y de ser alcalina libera iones hidroxilos ( $OH^-$ ). El pH se define matemáticamente así: el contrario del logaritmo decimal de la acción de los iones de hidrógeno, su fórmula es  $pH = -\log_{10}[a_{H^+}]$ , calculada en moles/L. (Riaño, 2007)

### B. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se define como una prueba que se usa para medir cuanto de oxígeno usan las bacterias en condiciones aeróbicas para descomponer la materia orgánica en una determinada muestra líquida para obtener Dióxido de carbono y agua. La determinación del ( $DBO_5$ ) facilita una medición de los contaminantes orgánicos del agua, principalmente, materiales orgánicos biodegradables. (Lahora, 2009)

La prueba de ( $DBO_5$ ), se realiza con procedimientos de laboratorios estandarizados para describir aquellos requisitos relativos de oxígeno de las diferentes clases de aguas residuales. El oxígeno atmosférico disuelto en el agua sirve para oxidar bioquímicamente la materia orgánica y los microorganismos lo usan como fuente de carbono. (Vargas, 2006)

### C. Demanda Química de Oxígeno

Se refiere a la sustancia química de cualquier tipo, el cual por medio de un oxidante fuerte puede oxidarse, la manera de expresarlo es en

mg/LO<sub>2</sub> que no es más que la cantidad de oxidante que se ha consumido.

Vargas (2006) refiere que cualquiera de los constituyentes químicos de una muestra puede oxidarse, pero el que predomina y genera mayor interés es el orgánico. El grado de oxidación de la muestra se ve afectado por la concentración de DQO y a la vez por el tiempo de digestión, generalmente es usado para la medición de la contaminación de los agentes contaminantes y evaluar la fuerza de los mismos en aguas residuales. Por otro lado, este método tiene otras aplicaciones en diferentes tipos de industrias: químicas, eléctricas, papeleras, etc.

#### **D. Sólidos Suspendedos Totales**

Sánchez (2011) lo expresa como la retención de unas partículas concentradas en un medio filtrante de microfibra de vidrio, el cual tiene un diámetro de porosidad de 1.5  $\mu m$ .

Estas partículas son tan diminutas que no pueden ser eliminadas con un método de separación normal. Esta materia suspendida absorbe luz y por consiguiente aumentan la turbidez del agua contaminada. Sus unidades de medida suelen ser en mg/L o en ppm (Elias, 2012)

#### **A. Aceites y Grasas**

Están compuestas en su mayor parte a partir de triacilglicéridos (triglicéridos), que son ésteres de una partícula de glicerina con tres ácidos grasos. Para su determinación, la cantidad total para una sustancia en particular no es estimada; lo que se hace es diferenciar agrupaciones de sustancias con atributos físicos comparativos que dependen de su disolubilidad en el disolvente. De este modo, la

expresión "grasas y aceites" incorpora cualquier material recuperado como sustancia soluble en el disolvente (n-hexano). Incorpora diferentes materiales separados por el disolvente de la muestra acidificada. La unidad de medida es mg/L. (Miranda, 2010)

#### **2.2.2.1. Relación DBO/DQO**

A pesar de que se puede confiar en que la estimación de la DBO sea similar a la de la DQO, este sería un caso aleatorio. Algunos motivos para aclarar tal distinción se mencionan debajo:

- ✓ Numerosas sustancias naturales que son difíciles de oxidar orgánicamente, por ejemplo, la lignina, se pueden oxidar sintéticamente.
- ✓ Aquellas sustancias inorgánicas que pueden oxidarse mediante dicromato incrementan claramente la sustancia natural del modelo.
- ✓ Existen sustancias naturales que pueden ser peligrosas para los microorganismos utilizados en la prueba de DBO.
- ✓ La proximidad de las sustancias inorgánicas con las que puede responder el dicromato puede obtener altas cantidades de DQO.

La relación entre  $DBO_5$  y DQO indica un tratamiento natural. En su mayor parte, los procedimientos de deterioro orgánico comienzan y suceden rápidamente en proporción de  $DBO_5 / DQO$  iguales o mayores a 0.5

Los valores de la relación de 0.2:0.5 son susceptibles a los tratamientos biológicos; sin embargo, cabe la probabilidad que se

descomponga más lentamente, puesto que los “microorganismos degradantes” deben adaptarse a las aguas residuales. Las cantidades de la proporción de  $DBO_5 / DQO$  en estas aguas que no son tratadas se encuentran en un rango de 0.3 y 0.8. En el caso de que la proporción de  $DBO_5 / DQO$  en aguas residuales que no tienen tratamiento sea más altas que 0,5, el desperdicio es considerado efectivamente tratable mediante procedimientos orgánicos. En el caso de que esta proporción sea inferior a 0,3, los restos puede contener componentes venenosos o se pueden necesitar microorganismos aclimatados para poder estabilizarla. (Miranda, 2010)

### **2.2.3. IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS AL VERTIMIENTO DE EFLUENTES DE LOS EIP DE CONSUMO INDIRECTO**

Según PRODUCE (2008) los impactos de mayor significancia de los efluentes de los EIP de CHI, son los siguientes:

➤ **Modificación de las características físico químicas del agua marina**

Las modificaciones físicas, por ejemplo, incremento de temperatura, reducen la solvencia de los gases (oxígeno) y mayormente incrementan la de las sales. Incrementa la rapidez de las respuestas de digestión, apresurando la supuración. (Echarri, 2007)

La unión de enormes volúmenes de materias naturales genera cambios químicos. En estas condiciones, los componentes del oxígeno

diluido disminuyen, lo que en circunstancias extremas podría conllevar a anoxia, cambios en valores de pH del agua, así como también en el límite de disminución de óxido de las heces. (PRODUCE, 2008)

Normalmente las aguas que han sido contaminadas con efluentes de origen industrial, tienen un pH altamente ácidos. El valor de pH influye grandemente en las reacciones químicas que ocurren en el agua, así como también en la acción de los floculantes, en los sistemas de eliminación, entre otros.

El agua contaminada con desechos modernos puede tener un pH ácido. El pH afecta los procedimientos sintéticos que ocurren en el agua, la ejecución de los floculantes, los medicamentos de filtración, etc. (Echarri, 2007)

La DBO es el oxígeno consumido y se utiliza para degradar bioquímicamente la materia orgánica por medio de procedimientos con aire. En el momento en que los niveles de DBO son mayores, el oxígeno disuelto tendrá menor nivel, ya que los organismos microscópicos están gastando ese oxígeno en cantidades enormes. Este valor proporciona una referencia acerca de la naturaleza del agua desde la perspectiva de la materia orgánica que se encuentra en ella, a su vez posibilita anticipar cómo una gran cantidad de oxígeno será vital para el refinamiento de estas aguas (Sánchez,2007)

➤ **Alteración de la calidad de vida de sedimentos del fondo marinos**

La consolidación de materia orgánica y la insuficiencia del medio para absorberlo, ocasionan modificaciones significativas para los sistemas biológicos marinos y aglomera los residuos reductores, por ejemplo, los ácidos húmicos o ácidos fúlvicos, los cuales son inmanejables para poder degradarse. (PRODUCE, 2008)

Con respecto a la masa absoluta, las partículas suspendidas en el agua son su más grande fuente contaminante. La turbidez que causan en el agua complica la sobrevivencia de ciertas criaturas, y el lino que se acumula la destrucción de algunos peces genera que no haya zonas donde puedan alimentarse o que los peces no puedan desovarse. (Echarri, 2007)

➤ **Alteraciones del ecosistema marino**

La disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua se ve afectado por la contaminación de la materia orgánica, esta provoca su disminución, y reduce el oxígeno de las especies acuáticas.

Por ejemplo, el agua de bombeo contiene sustancias orgánicas que cuando se degradan, se mezclan en el agua junto con el oxígeno disuelto, teniendo la opción de agotarlo por completo y, posteriormente, eliminar por asfixia a cada una de las formas de vida que se encuentren en las aguas perjudicadas. Así mismo, los microbios anaerobios pueden liberar gases que son adicionalmente peligrosos. Al ascender a la superficie, las grasas y los aceites que se encuentran en el agua forman una película endeble que dificulta la entrada del oxígeno del aire, evitando la fotosíntesis, asimismo puede causar ahogamiento de

diferentes especies marinas. Al precipitarse hasta el fondo las sustancias óseas ocasionan que la sobrevivencia de las especies bentónicas sea cada vez más problemática. (Álvarez, 2000)

➤ **Alteración de la calidad de vida**

Las áreas acuáticas donde se liberan los efluentes pesqueros experimentan cambios serios en la turbidez, obtienen un olor no agradable y cambios en el color, resultado de sucesivos brotes de fitoplancton o microorganismos.

Echarri (2007), nos advierte que la desintegración de materias orgánicas puede dar fuertes sabores y olores al agua, independientemente si tienen baja concentración. Los procedimientos industriales generan grasas y aceites que los microorganismos difícilmente pueden utilizar en su metabolización, estos forman sedimentos en la superficie del agua que perjudican a los seres vivos presentes.

#### **2.2.4. NORMAS LEGALES EN RELACIÓN A DESCARGAS DE EFLUENTES INDUSTRIALES PESQUEROS**

##### **2.2.4.1. Ley general de la pesca N°25977**

Artículo 6.- El Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, vela por la protección y preservación del medio ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo terrestre y atmosférico.

#### **2.2.4.2. Límites máximos permisibles de efluentes pesqueros**

El Límite Máximo Permitido (LMP) es la parte de concentración o nivel de componentes, sustancias o parámetros químicos, biológicos y/o físicos que describen un fluido o una emanación que al ser superada causa o puede causar daño al bienestar humano y a la tierra. Aquellos valores en cuanto a los niveles de concentración decididos en las LMP no deben superarse, pues esto representaría un peligro para el bienestar humano y la vida en el mar. Está detallado por el Ministerio de Medio Ambiente. (PRODUCE, 2008)

El D.S. N° 010-2008-PRODUCE constituyen un marco jurídico regulador de los pesqueros para los parámetros A y G, pH y SST. Los efluentes Industriales tienen un máximo límite permisible y es obligatorio que los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevos, lo cumplan, Éstos LMP fueron difundidos por el Ministerio de Producción, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles de efluentes pesqueros para su vertimiento

PARÁMETROS CONTAMINANTES	I	II	III	MÉTODO DE ANÁLISIS
	Límites Máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral (a)	Límites máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos fuera de la zona de protección ambiental litoral (a)	Límites máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos fuera de la zona de protección ambiental litoral (b)	
Aceites y Grasas (A y G)	20 mg/l	1,5*10 <sup>3</sup> mg/l	0.35*10 <sup>3</sup> mg/L	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th. Ed. Method 5520D. Washington; o Equipo Automático Extractor Soxhlet.
Solidos suspendidos Totales (SST)	100 mg/l	2,5*10 <sup>3</sup> mg/l	0.70*10 <sup>3</sup> mg/L	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th. Ed. Part.2540D Washington
pH	6-9	5-9	5-9	Protocolo de Monitoreo aprobado por Resolución Ministerial N° 003-2002-PE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	< 60 mg/l			Resolución Ministerial N° 003-2002-PE

FUENTE. PRODUCE (2008)

Una variable decisiva que ha permitido que el sector pesquero se ajuste lo suficiente al LMP de Efluentes, es procesar materia prima con mayor frescura, debido mayoritariamente a la ejecución de los Límites Máximos de Captura por Buque, aprobados en 2008 por el Decreto Legislativo No. 1084, el cual anuló la carrera olímpica, esto a la vez ayudará a una planificación en la pesca y evitará que se sobreexploten los recursos marinos.

## 2.3. MICROORGANISMOS

Son organismos microscópicos que pueden realizar sus principales actividades vitales, pueden organizarse unicelularmente y a la vez son capaces de formar grupos simples de células. Para poder transformar cualquier tipo de materia, el factor principal es la actividad metabólica de los microorganismos, ya que devoran una parte significativa del carbono natural y otros numerosos suplementos, estos microorganismos pueden ser, bacterias, hongos, levaduras y protozoarios. (Lara J. , 2010)

Los cambios de una enorme cantidad de sustancias naturales e inorgánicas en sustancias inocuas se producen a través de la actividad microbiana. Asimismo, los ciclos de reciclaje de los nutrientes están relacionados con los microbios. (Metcalf & Eddy, 2011)

### 2.3.1. CLASIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

Se dividen en dos grandes grupos:

**A. Microorganismos Eucariontes:** Estos microorganismos pueden contener una o varias células, donde se codifica todo su sistema reproductor.

En esta agrupación están los hongos y los protistas. Los eucariotas contienen al menos un núcleo, pueden contener orgánulos (similar a los seres humanos) aislados por capas intracelulares

**B. Microorganismos Procariontes:** Aunque a menudo son unicelulares también pueden ser multicelulares. No contienen un núcleo en su estructura celular, motivo por el cual los hace más simples que los

microorganismos eucariontes. En este grupo se encuentran las bacterias y los virus.

### **2.3.2. LOS MICROORGANISMOS AUTOTRÓFICOS Y HETEROTRÓFICOS**

Por su metabolismo podemos clasificar a las bacterias en autotróficas y heterotróficas:

Una de sus características principales es que usan el CO<sub>2</sub> como su fuente de carbono, pero para fijarla en su estructura celular, requieren energía. En el caso de que el sol o la luz artificial proporcionen la energía necesaria, se consideran como organismos fotosintéticos y autotrófico quimiosintético en el caso que el organismo obtenga la energía para fijar el bióxido de carbono de una reacción química.

Se denomina microorganismos heterotróficos a aquellos que utilizan moléculas de estructuras orgánicas más complejas como fuente de carbono, ya sean moléculas de azúcares, proteínas y carbohidratos, éstos requieren de los autotróficos para alimentarse puesto que su metabolismo no es capaz de usar el CO<sub>2</sub> como su fuente de carbono. (Metcalf & Eddy, 2011)

### **2.3.3. RELACIÓN ENTRE EL AGUA Y LOS MICROORGANISMOS**

En el agua constantemente están presente los microorganismos, ya que la necesitan para la constitución de su núcleo o su membrana entre otros materiales naturales de los que está hecho el ser vivo.

En el momento en que el agua se desinfecta, los microorganismos perecen o se inactivan momentáneamente; sin embargo, una vez que la actividad del agente purificante está terminada, crean las condiciones para que se desarrollen y aumenten una vez más.

A pesar de que su división y partición taxonómica de los diversos tipos de bacterias se establecen difícilmente y de vez en cuando son opuestas. Los microorganismos, en su conjunto, tienen las siguientes características:

- ✓ Necesitan una fuente de energía para realizar sus funciones vitales y de reproducción. Esta fuente de energía la pueden obtener del sol, de la energía creada en una reacción química con elementos inorgánicas, o las que dan ciertas moléculas, por ejemplo, celulosa, grasas, azúcares, almidones, proteínas, nutrientes, y así sucesivamente, no hay vida sin energía y si los microorganismos no la tienen, padecen o permanecen inactivos.
- ✓ Necesitan nitrógeno, y pueden obtenerlo del nitrógeno del aire, o de alguna forma estructural química inorgánica, por ejemplo, sales aromáticas, nitritos, nitratos, o adicionalmente la fuente puede ser nitrógeno natural de proteínas o ácidos nucleicos.
- ✓ El dióxido de carbono puede servir como fuente de carbono, el metano o por cadenas más complejas que tienen en su forma estructural, partículas de carbono, por ejemplo, azúcares.
- ✓ Si tienen una fuente de oxígeno se le consideran aeróbicas, y anaeróbicas si no la tuviesen.
- ✓ Además, requieren algunos suplementos, por ejemplo, calcio, sodio, potasio, fósforo, magnesio y azufre.
- ✓ Necesitan agua y no pueden vivir sin ella, de todos modos, algunos microorganismos, por ejemplo, los que se desarrollan mediante esporas, pueden estar letárgicos, inactivos durante bastante tiempo,

para volver a sus funciones cuando las condiciones son positivas para ellos.

- ✓ Existen minerales fundamentales para ciertos tipos de microbios. El hierro, el zinc, el cobalto y diversos metales en diferentes proporciones son esenciales para los microorganismos.

#### **2.3.4. CINÉTICA DE CRECIMIENTO MICROBIANO**

El término “crecimiento” se caracteriza por la expansión de la cantidad de células o de la masa celular por unidad de tiempo de una población de microorganismos. En el caso de que un organismo microscópico sea cenocítico, (con varios núcleos), en el que las divisiones nucleares no están unidas por divisiones de células, el crecimiento genera una expansión en cuanto a su tamaño, pero no en cantidad de células. Este crecimiento causa una expansión en la cantidad de células cuando los microorganismos son incrementados por los procesos, por ejemplo, gemación o la fisión binaria. Para esta situación, las células individuales se amplifican y se dividen para producir dos “células hijas” de tamaño equivalente. (Prescott, 2008)

La curva de desarrollo de un cultivo microbiano puede subdividirse en cuatro partes inconfundibles llamadas etapa de latencia, etapa exponencial, etapa estacionaria y etapa de paso. La etapa de latencia es el tiempo de cambio que las células experimentan cuando son movidas comenzando con un medio y luego al siguiente antes de que empiecen a desarrollarse. La etapa exponencial o logarítmica es aquella durante la cual los microorganismos se desarrollan y se dividen al mayor nivel concebible, dependiendo de su potencial genético, tipo de medio y las condiciones en las que se desarrollan. En este período hay una conexión directa entre el

logaritmo de la cantidad de células (o alguna otra propiedad cuantificable de la población) y el tiempo. Los microorganismos se dividen y se reproducen en número en intervalos estándar. Como cada célula se separa en un tiempo mínimamente desigual del resto, la curva de crecimiento se incrementa ligeramente, en lugar de hacer saltos discretos. La etapa estacionaria es el efecto secundario del agotamiento de los nutrientes accesibles o la consecuencia del acopio de elementos tóxicos de metabolismo que como resultado disminuyen la velocidad de crecimiento. El cambio entre la etapa exponencial y la etapa estacionaria está representado por un crecimiento desequilibrado, durante el cual las diferentes partes de la célula se combinan a diferentes velocidades. Además, la etapa de la muerte es el resultado de diferentes variables: una significativa es el consumo de las reservas de la energía celular. Del mismo modo que el crecimiento, la muerte admite un comportamiento exponencial a la que se le puede atribuir mediante una disminución directa en la cantidad de células viables después de algún tiempo. (Prescott, 2008)

#### **A. Tiempo de Latencia**

Este proceso es visto regularmente como la reacción diferida de la población microbiana a un cambio (inesperado) en su medio. Debido a las condiciones de desarrollo, la fase de latencia es el ciclo de cambio en el que las células bacterianas se alteran a sí mismas para explotar la nueva condición e iniciar el desarrollo exponencial. Por lo tanto, durante la fase de latencia, las células se adaptan a su nueva condición provocando o frenando la unión y la acción de enzimas específicas, comenzando a replicarse el material genético de ellas y en lo que

respecta a esporas, distinguiéndose en células vegetales. (Motville, 2000)

Por lo general, la etapa de transición posterior a la inoculación de un organismo microscópico en un medio de cultivo en instalaciones de investigación (o en contaminaciones de alimentos) en condiciones ecológicas constantes puede caracterizarse como la etapa de latencia. En cualquier caso, las diferencias ambientales durante este período de desarrollo pueden provocar un crecimiento impedido o una inactividad transitoria. A pesar de la diferencia del medio y de la consecuencia de la dilución, la latencia inicial e intermedia pueden considerarse básicamente equivalentes, puesto que en los dos casos las células experimentan el cambio a partir de una condición y luego a la siguiente. (Swinem, 2004)

## **B. Tiempo de Generación**

Es el tiempo que necesitan los microorganismos para duplicar su población, se expresa como el tiempo necesario por los componentes de un cultivo para que puedan incrementar en un factor.

El tiempo de generación es el tiempo necesario para duplicar la población microbiana. Según se define como el tiempo requerido para que todos los componentes del cultivo aumenten en un factor. (Stanier, 2005)

Mientras dura este período de tiempo, la cantidad de células y la masa celular se replica. La duración de generación fluctúa entre los diversos microorganismos. Numerosos microbios tienen una duración de generación de 1 a 3 horas, conociendo casi ningún microorganismo que

se fraccione rápidamente en un tiempo menor a 10 minutos. Existen algunos microorganismos que tienen tiempos de generación de varias horas, hasta de días. El tiempo generación es muy importante para indicar la condición fisiológica de una población celular, y de vez en cuando se utiliza para comprobar el resultado negativo o beneficioso de un tratamiento dado. (Madigan, 2010)

### **C. Velocidad de Crecimiento**

Como se ha señalado anteriormente, el crecimiento se caracteriza por el aumento de la cantidad de células microbianas en una población, que también puede estimarse como un incremento de la masa microbiana. En esta situación, esta velocidad se caracteriza por el ajuste del número o masa celular por unidad de tiempo (Madigan, 2010)

Un cultivo microbiano que se desarrolla en equilibrio emula una respuesta autocatalítica de primer orden; por ejemplo, la rapidez del incremento de microorganismos en un momento dado corresponde al número o masa de microbios presentes durante ese tiempo. (Stanier, 2005)

#### **2.3.4.1. Factores que influyen el crecimiento microbiano**

El crecimiento microbiano depende directamente de los alimentos los cuales son bioquímicamente complejos, y su composición va a depender de su medio ambiente y las formas de vida que existan en ellos. El entorno del alimento está conformado por componentes propios, como su actividad de agua, pH, o sus nutrientes, y por factores externos al alimento, como son la temperatura, disposición del aire o la cercanía de otros microorganismos. (Motville, 2000)

## **A. Temperatura**

El factor más significativo sobre el impacto de la temperatura en el desarrollo de los microorganismos es la perceptibilidad de las respuestas catalíticas por enzimas a temperaturas específicas. Bajo condiciones de baja temperatura, un incremento aumenta la velocidad de desarrollo, en base a que la velocidad de respuesta catalizada de un catalizador, similar a cualquier respuesta química, prácticamente se duplicará por cada aumento de 10°C. A medida que la velocidad de cada reacción se expande, el metabolismo suele ser cada vez más dinámico a mayores temperaturas, y los microorganismos crecen más rápido. En un punto específico, un más alto incremento de temperatura reducirá la tasa de crecimiento, y es ahí donde temperaturas excesivamente altas son mortales. Las altas temperaturas causan daño a los microorganismos al desnaturalizar compuestos, proteínas transportadoras y demás proteínas. (Motville, 2000)

## **B. Actividad de agua**

En lo que respecta a una solución, la actividad de agua representa al 1% de su humedad relativa expresada en porcentaje y del mismo modo se expresa como la relación de la presión de vapor de la solución y la del agua pura. (Prescott, 2008)

Los organismos microscópicos realizan un esfuerzo por desarrollarse en un ambiente con una baja actividad de agua ya

que deben conservar un elevado número de solutos en su interior. Los microorganismos de este tipo se denominan osmotolerantes. Pueden desarrollarse en un amplio margen de  $A_w$  o de fijación osmótica. A los microorganismos halófilos se les ha ajustado tan bien a las condiciones salinas que requieren niveles significativos de cloruro de sodio para desarrollarse. Específicamente, los organismos microscópicos del tipo *Halobacterium* pueden ser confinados en el Mar Muerto. Estos organismos microscópicos han cambiado considerablemente la estructura de sus proteínas y membranas, agregando muchos solutos y potasio en la estructura interna para mantener su citoplasma hipertónico. (Prescott, 2008)

### **C. pH**

Todas las especies tienen un rango específico de pH para su desarrollo y un pH ideal para su crecimiento. A pesar de que los microorganismos se desarrollan regularmente en el medio a lo largo de un amplio rango de pH, su resistencia tiene un punto de quiebre. Las modificaciones severas de pH podrían perjudicar a los microorganismos modificando su membrana plasmática o limitando la acción de enzimas y proteínas de transporte. Las variaciones en el pH exterior también pueden alterar la ionización de las moléculas de sus nutrientes, por lo cual no estarían disponibles para el microorganismo. (Prescott, 2008)

La mayor parte de los hábitats naturales tienen valores de pH que oscilan entre 5 y 9, y los microorganismos con un pH ideal dentro de estas condiciones son cada vez más normales. Apenas algunas especies pueden desarrollarse en situaciones con un pH estimado inferior a 2 o superior a 10. Los seres que se desarrollan con un pH bajo se consideran seres acidófilos. Los hongos son un grupo que en general son más tolerantes a condiciones ácidas que las bacterias. Los organismos microscópicos acidófilos incorporan especies del tipo *Thiobacillus*. No muchos microorganismos pueden desarrollarse a pH tan altos que oscilen entre 10 y 11, éstos son conocidos como alcalinófilos. Dichos microorganismos se encuentran regularmente en entornos naturales muy básicos, por ejemplo, lagos carbonatados o suelos profundamente carbonatados. Algunos de estos microorganismos que han sido examinados son del tipo *Bacillus*. En cualquier caso, la mayoría de los microorganismos tienen un pH ideal para su desarrollo en un rango de 6 y 8. (Madigan, 2010)

#### **D. Oxígeno Disuelto**

En cuanto a fermentaciones aerobias, el oxígeno disuelto tiende a ser un sustrato limitante, ya que es un gas soluble en agua. En lo que respecta a grandes concentraciones celulares, el porcentaje de utilización de oxígeno puede superar el porcentaje de suministro. En el momento en que el oxígeno es un elemento restringido, la velocidad de desarrollo determinada

cambia con la concentración de oxígeno disuelto, como lo indica la cinética de saturación; y que está por debajo de la concentración crítica, el desarrollo o la respiración se asemeja a la velocidad del primer orden que va a depender de la concentración del oxígeno disuelto.

El rango porcentual de la concentración crítica del oxígeno disuelto del medio está entre el 5% al 10% en lo que respecta a la concentración del oxígeno disuelto saturado para las levaduras y las bacterias, a la vez se estima que alrededor del 10% al 50% del mismo son para cultivos de mohos, dependiendo de su biomasa formada. En el agua, la concentración de oxígeno disuelto saturado en condiciones de temperatura ambiente y a presión de 1 atm, es de aproximadamente 7 ppm. En el caso de encontrarse sales y ácidos naturales pueden modificar el valor de saturación, y en el caso que exista temperaturas elevadas el valor de la saturación se reduce.

#### **2.4. MICROORGANISMOS EFICACES**

La expresión "Microorganismos Eficientes" se utiliza para referirse a cultivos mezclados explícitos de organismos microscópicos aprovechables conocidos que se utilizan adecuadamente como inoculantes microbianos. (Hoyos, 2008)

Los ME son una innovación creada por el Doctor Teruo Higa en los años ochenta en Okinagua, Japón y viene siendo utilizada en varios campos, por ejemplo, la horticultura, la industria animal, la remediación natural, entre otros, y actualmente se transmite de forma generalizada.

Los ME son un cultivo combinado de microorganismos alterados de forma genética, con varios tipos de digestión, que juntos presentan relaciones sinérgicas, participativas y de transformaciones simultáneas. (Hoyos, 2008)

#### 2.4.1. Composición de Microorganismos Eficaces

➤ **Bacterias fototróficas o fotosintéticas *Rhodopseudomonas palustris*):**

Dentro de la sociedad de las formas de vida fotosintéticas que son un fragmento de la ME está *Rhodopseudomonas palustris*. Estos son organismos microscópicos fototróficos facultativos ordenados dentro de los microbios púrpura no azufrados, lo que implica una agrupación cambiante, tanto en morfología como en filogenia y su resiliencia a varias convergencias de azufre.

Estas bacterias son aptas para crear aminoácidos, ácidos naturales y compuestos bioactivos, por ejemplo, hormonas, nutrientes y azúcares utilizados por diferentes microorganismos, mayormente heterótrofos, como sustratos para aumentar la cantidad de sus poblaciones. *R. palustris*, se encuentra generalmente en el suelo y el agua y tiene una digestión adaptable para degradar y reutilizar una amplia variedad de mezclas aromáticas, por ejemplo, benceno de diferentes tipos que se encuentra comúnmente en el petróleo, la lignina y sus mezclas constituyentes y, por lo tanto, es partícipe del cuidado y la reutilización de las mezclas de carbonato. Puede convertir el CO<sub>2</sub> en material celular, pero además N<sub>2</sub> en amonio y producir H<sub>2</sub> vaporoso. Su crecimiento y reproducción se puede dar con o sin oxígeno. (Feijoo, 2016)

Sin oxígeno, conviene en obtener toda su energía vital de la luz a través de la fotosíntesis, desarrolla y expande su biomasa reteniendo bióxido de carbono, sin embargo, también puede desarrollarse descomponiendo carbonatos nocivos y no nocivos, donde se encuentre el oxígeno y pueda respirar.

Su desarrollo ideal se produce a una temperatura de 30-37°C y un pH de 6,9 (entre 5,5 y 8,5). Debido al amplio conjunto de vías metabólicas que este microorganismo puede tomar según sus necesidades y condiciones naturales, como componente del mismo crea una progresión de proteínas y coenzimas en general, entre las que se encuentran amilasas, hidrolasas y proteasas, al igual que las ubiquinonas y la coenzima Q<sub>10</sub>, que se dedican legítimamente a los procedimientos de expulsión de sulfuro de hidrógeno, nitratos, sulfatos, sulfitos, hidrocarburos, halógenos y nitratos, disminuyendo así la demanda natural de oxígeno.

Considerando las condiciones de desarrollo de la bacteria fototrófica *R. palustris*, así como los exámenes anunciados por Romero (2017), en los que el desarrollo de estos microorganismos se agiliza en condiciones anaeróbicas para el tratamiento del AR, se considera que la población de estos microorganismos puede ajustarse eficazmente a las condiciones mostradas por ARD.

➤ **Bacterias ácido lácticas (BAL)**

Son las más abundantes entre los microorganismos que componen el cultivo de los ME. Estos microorganismos producen ácidos lácteos a

base de azúcares y diferentes almidones creados por organismos microscópicos fototróficas y levaduras, como característica de su digestión. Un elemento con cualidades bactericidas es el ácido láctico, que puede inhibir la proliferación de microorganismos patógenos, a la vez que ayuda a degradar la materia orgánica, incluso en el caso de mezclas fuertes como la lignina o la celulosa, manteniéndose alejado de los impactos negativos de la materia natural que no pueden ser deteriorados. (Feijoo, 2016)

No hay muchos datos exactos sobre la forma en que los organismos microscópicos ácido-lácticos actúan en el tratamiento del agua residual, sin embargo, considerando sus atributos, se recomienda que al bajar el pH se produzca una contención de patógenos. En cualquier caso, no sólo el ácido láctico es responsable de los impactos antimicrobianos producidos por los lactobacilos.

En cuanto a la medida de los requisitos de desarrollo para los tipos de microorganismos ácido-lácticos, generalmente se trata de organismos microscópicos microaerófilos, por lo que debe garantizarse que la cría se realiza en un ambiente con un 5% de CO<sub>2</sub>. En general, para su desarrollo se encuba a 3 días a 37°C o hasta 5 días a 30°C, ya que generalmente son microorganismos de desarrollo moderado y su rendimiento metabólico depende de la temperatura directamente. (Feijoo, 2016)

➤ **Levaduras (*Saccharomyces sp*):**

El tercer conjunto dentro de las agrupaciones de microorganismos que se encuentran en los ME son las levaduras. Cada uno de los seres

microscópicos pertenecientes a *Saccharomyces* utilizan varias fuentes de carbono y energía.

La glucosa y la sacarosa se identifican en primer lugar, pese a que la fructosa, la galactosa, la maltosa y el suero hidrolizado también pueden ser utilizados, ya que las *Saccharomyces* no pueden absorber la lactosa. El etanol también puede ser utilizado como fuente de carbono. El nitrógeno aprovechable debe ser dirigido como amoníaco, sales de urea o amonio, a pesar de que también se pueden utilizar combinaciones de aminoácidos. Tanto como el nitrato o el nitrito no pueden ser absorbidos.

Aparte de carbono y el nitrógeno los macroelementos indispensables son el fósforo que se emplea comúnmente en forma de ácido fosfórico y el  $Mg^{+2}$  como sulfato de magnesio, que también provee azufre. Finalmente son también necesarios el  $Ca^{+2}Fe^{+2}Cu^{+2}Zn^{+2}$  como elementos menores. Un requerimiento esencial está constituido por las vitaminas del grupo B como biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina. Existen, sin embargo, algunas diferencias entre las distintas cepas. Entre las vitaminas mencionadas la biotina es requerida por casi la totalidad de las mismas.

Dichos microorganismos mezclan sustancias antimicrobianas de los azúcares, y aminoácidos emitidos por organismos microscópicos fotosintéticos, así mismo producen sustancias bioactivas, por ejemplo, hormonas y productos químicos que son sustancias utilizadas por microbios corrosivos lácteos presentes en los ME.

En uno de los principales aspectos de su digestión fermentativa, las levaduras producen etanol en concentraciones moderadamente altas, que es igualmente percibido como una sustancia antimicrobiana. De esta manera se reconoce que, al degradar los almidones presentes en el AR, se obtendrá etanol, que puede funcionar como una sustancia opuesta a los microorganismos patógenos. Además, para las poblaciones de levaduras, la temperatura ideal se ha fijado en 28,5°C, ya que las temperaturas más altas reducen el rendimiento, probablemente debido a la expansión de la energía del mantenimiento. La ejecución celular también puede estar influenciada por la cercanía de inhibidores, por ejemplo, SO<sub>2</sub>, metales corrosivos acónitos y sustancias o indicios de herbicidas o bactericidas que podrían estar disponibles en la melaza. (Feijoo, 2016)

**Tabla 3.** Microorganismos presentes en el EM-1

<b>Tipos</b>	<b>Clase</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Parámetros de trabajo</b>	<b>Tiempos de vida</b>	<b>Función</b>
Bacterias Ácido Lácticas	<i>Lactobacillus plantarum.</i> <i>Lactobacillus casei.</i> <i>Streptococcus lactics</i>	Azúcares y otros carbohidratos	La materia orgánica o disuelta en el agua	Los microorganismos contenidos en el producto activado tienen un tiempo de vida de 6 meses, es viable durante 180 días a temperatura ambiente.	La degradación de la lignina y la celulosa.  Descomposición de la materia orgánica.
Levaduras	<i>Saccharomyces cerevisiae.</i> <i>Candida utilis</i>	Fuente de Carbono y Energía	Temperatura óptima 28.5°C azúcares o hidratos de carbono	180 días a temperatura ambiente.	Sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas y sustancias antimicrobiales: Vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas y hormonas que sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (entre otros las levaduras y las bacterias ácido lácticas).
Bacterias Fotosintéticas	<i>Rhodospseudomonas</i> <i>plastrus.</i> <i>Rhodobacter spaeroides</i>	Elaboran su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas	DBO Y EL DQO	Pero a condiciones favorables los ME se pueden mantener hasta un año aproximadamente	

FUENTE: Los Autores

#### 2.4.2. Aplicación de Microorganismo Eficaces en Efluentes Industriales

La aplicación de los microorganismos eficaces, va depender de factores ambientales (Temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar) y tipo de composición de las aguas residuales crudas o afluentes (DBO, DQO, pH y SST). (Hoyos, 2008)

### **A. Eliminación de materia orgánica**

La descontaminación biológica del agua se realiza para disminuir el cúmulo de mezclas orgánicas descompuestas, los microorganismos, en su mayor parte bacterias, juegan un papel importante en la desintegración de estas mezclas. Se distinguen dos clases fundamentales de métodos biológicos para tratamientos de aguas: aerobio y anaerobio. El tratamiento aerobio de aguas contaminadas requiere de oxígeno cuando se realiza la descomposición la materia orgánica presente. El tratamiento anaerobio de aguas contaminadas implica la desintegración de la materia orgánica presente mediante microorganismos que no requieren de oxígeno para realizarla. Para sistemas aeróbicos, el aire circula a través del agua mediante aire comprimido (de vez en cuando sólo con oxígeno), en tanto que para sistemas anaeróbicos funcionan sin condiciones de oxígeno. (Hoyos, 2008)

### **B. Eliminación de amonio y nitratos**

La evacuación de amonio y nitratos es muy impredecible, es un proceso de tratamiento de agua que requiere transformaciones con consumo de oxígeno y sin consumo de oxígeno para expulsar los contaminantes. En la etapa de transformación aeróbica se encuentran incluidas dos clases de bacterias. En primer lugar, bacterias nitrosomonas transforman el amoniaco en nitritos; en segundo lugar, las bacterias nitrobacterianas transforman los nitritos en nitratos. A estos dos procedimientos juntos se le conocen regularmente como el procedimiento de nitrificación. Luego de esto, las bacterias anaerobias

entran en acción al convertir los nitratos en nitrógeno gaseoso ambiental, este procedimiento se denomina desnitrificación y es llevada a cabo con numerosas bacterias anaeróbicas, por ejemplo, bacterias *Achromobacter*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, el primer ciclo de desnitrificación es el procedimiento inverso a la nitrificación, transforma el nitrato en nitrito, el segundo ciclo de desnitrificación transforma el nitrito en nitrógeno gaseoso, el cual puede ser descargado en el ambiente sin causar daño ecológico. (Hoyos, 2008)

### **C. Eliminación de fosfatos**

La eliminación de fosfatos en aguas residuales se puede lograr mediante bacterias aerobias (que necesitan de oxígeno), denominadas *Acinetobacter*. El *Acinetobacter* almacena polifosfato en los tejidos celulares, y puede asimilar un número mayor de fosfatos de los que requiere para la unión celular, el exceso de fosfatos se guarda en las células como polifosfato y esto a su vez hace que *Acinetobacter* esté listo para resistir por un tiempo condiciones anaeróbicas, si el *Acinetobacter* vive en una zona anaeróbica en las aguas residuales, retiene las grasas insaturadas y las guarda como reservas. En el transcurso de este procedimiento, las polifosfatos se dividen para obtener energía, esto conlleva a que los fosfatos se descarguen en zonas aerobias. En el momento en que el *Acinetobacter* entra en la zona aerobia, asimilan los fosfatos y los guarda como polifosfato en los tejidos celulares. De este modo se reduce la cantidad de fosfato de las aguas residuales. (Hoyos, 2008)

## **2.5. BIORREACTORES**

Se denomina biorreactor a cualquier aparato que puede utilizarse para hacer al menos una reacción bioquímica con el fin de transformar cualquier elemento inicial (sustrato) en productos. La transformación sucede a partir de la actividad de un biocatalizador, por ejemplo, enzimas, bacterias, células animales y/o vegetales, o incluso estructuras subcelulares, por ejemplo, cloroplastos y mitocondrias. Este elemento inicial (sustrato) podría consistir en compuestos naturales básicos, en compuestos inorgánicos o en sustancias complejas. La transformación de productos puede resultar como células (biomasa) y mezclas químicas de diferentes tipos. (Sandoval, 2006)

Estos biorreactores pueden utilizarse en una amplia gama de procedimientos, entre los que se destacan los que tienen relación con la elaboración de alimentos, para tratar las aguas industriales y domésticas y hasta para producción de anticuerpos o agentes antiinfecciosos, etc. (Sandoval, 2006)

### **➤ REACTORES TIPO BATCH**

Los biorreactores batch operan de forma discontinua. Tienen etapas de carga, fermentación y descarga por lo que el sustrato es adicionado al inicio del proceso y el producto es retirado al final. El costo del proceso va a estar asociado al tiempo que se requiera para alcanzar el nivel de conversión deseado o la concentración de producto que se quiere obtener, por lo que es importante dimensionar el tiempo de batch. Este modo de operación es utilizado ampliamente en la industria pero se emplea preferentemente en aquellos procesos en los cuales el producto es de alto valor y el riesgo de contaminación puede ocasionar graves pérdidas y cuando se tienen reacciones químicas, en las cuales la velocidad decrece a medida que

aumenta la concentración de producto, ya que el tiempo de batch es menor para estos casos. (Acevedo, 2002)

Los aspectos más destacados de estos reactores son los siguientes:

- ❖ La respuesta de la sustancia ocurre en un marco cerrado.
- ❖ Se apilan todos los reactivos en el reactor al iniciar la actividad.
- ❖ Una vez finalizada la actividad, la combinación reactiva se libera simultáneamente.
- ❖ Trabajan en un sistema inestable.
- ❖ Las pendientes de concentración, temperatura y peso se consideran insignificantes.

De esta manera, el diseño puede ser considerado en un plano ideal. Podemos detallar las siguientes ventajas del uso de reactores de tipo BATCH:

- ✓ Se operan de manera sencilla.
- ✓ Es más adaptable que un reactor continuo.
- ✓ El gasto primario es inferior al de los reactores continuos.

Esta clase de reactores presentan las siguientes desventajas:

- ✓ Su operación es más costosa que el de los reactores continuos
- ✓ Necesita un ciclo de trabajo complejo.

Normalmente esta clase de reactores son usados para estas distintas ocasiones:

- Se emplean con frecuencia para fluidos.
- En el momento en que se quiere poca velocidad de generación.

- Para investigaciones cinéticas de laboratorio.
- En el momento en que el tiempo de residencia para alcanzar una calidad específica es sumamente larga.
- En el momento en que necesite obtener un producto no adulterado

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugar de Ejecución

- Departamento: Ancash
- Provincia: Santa
- Distrito: Nuevo Chimbote
- Laboratorios de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA:
  - Laboratorio del Instituto de Investigación de Productos Agroindustriales
  - Laboratorio de Química Analítica.

#### 3.2. Materia Prima, Materiales de Laboratorio, Equipos y Reactivos.

##### 3.2.1. Materia prima

- Sanguaza (Proveniente de la empresa Pesquera PANAFODS S.A.C.)
- Microorganismos Eficaces (EM-1)

##### 3.2.2. Reactivos

- Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) **Merck**, (>97%)
- Cloruro de cobalto ( $\text{CoCl}_2$ ) **Merck**, (>98%)
- Soluciones buffer (4,7 y 10)
- Agua destilada

### **3.2.3. Materiales de vidrio**

- Matraz (1000 ml)
- Pipetas (1ml y 10 ml)
- Fiolas (50 y 100 ml)
- Vasos precipitados (50 ml)
- Probetas (1000 ml)
- Varilla de agitación

### **3.2.4. Otros materiales**

- Jeringas (10ml)
- Espátula
- Frascos estériles ámbar (100 ml)
- Balde (20 L)

### **3.2.5. Equipos**

- **Biorreactor**

Marca: SARTORIUS STEDIM BIOTECH

Proc: ALEMANIA

Modelo: BIOSTAT® APLUS

- **Multiparametro**

Marca: THERMO SCIENTIFIC

Proc: U.S.A

Serie: V03969

- **Balanza Analítica**

Marca: PRECISA

Proc: SUIZA

Serie: 7000587

➤ **Medidor de pH**

Marca: THERMO SCIENTIFIC

Proc: U.S.A

Modelo: ORION VERSASTAR

➤ **Refrigeradora**

Marca: LG

Modelo: GC-J237JSPN

SERIE: 404TRXJ07202

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Tipo de investigación:**

- Experimental y aplicada

### **3.4. Planteamiento Experimental**

#### **3.4.1. Hipótesis**

El tratamiento con microorganismos eficaces obtendrá un efecto significativo en la disminución de la carga contaminante de la sanguaza proveniente de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C.

#### **3.4.2. Variables:**

##### **3.4.2.1. Variables independientes:**

- Temperatura de biorreactor
- Relación de dilución
- Medio anaeróbico y aeróbico

##### **3.4.2.2. Variables Dependientes:**

- Nitrógeno total

- Potencial de hidrogeno (pH)
- Coliformes totales
- Grasas y aceites

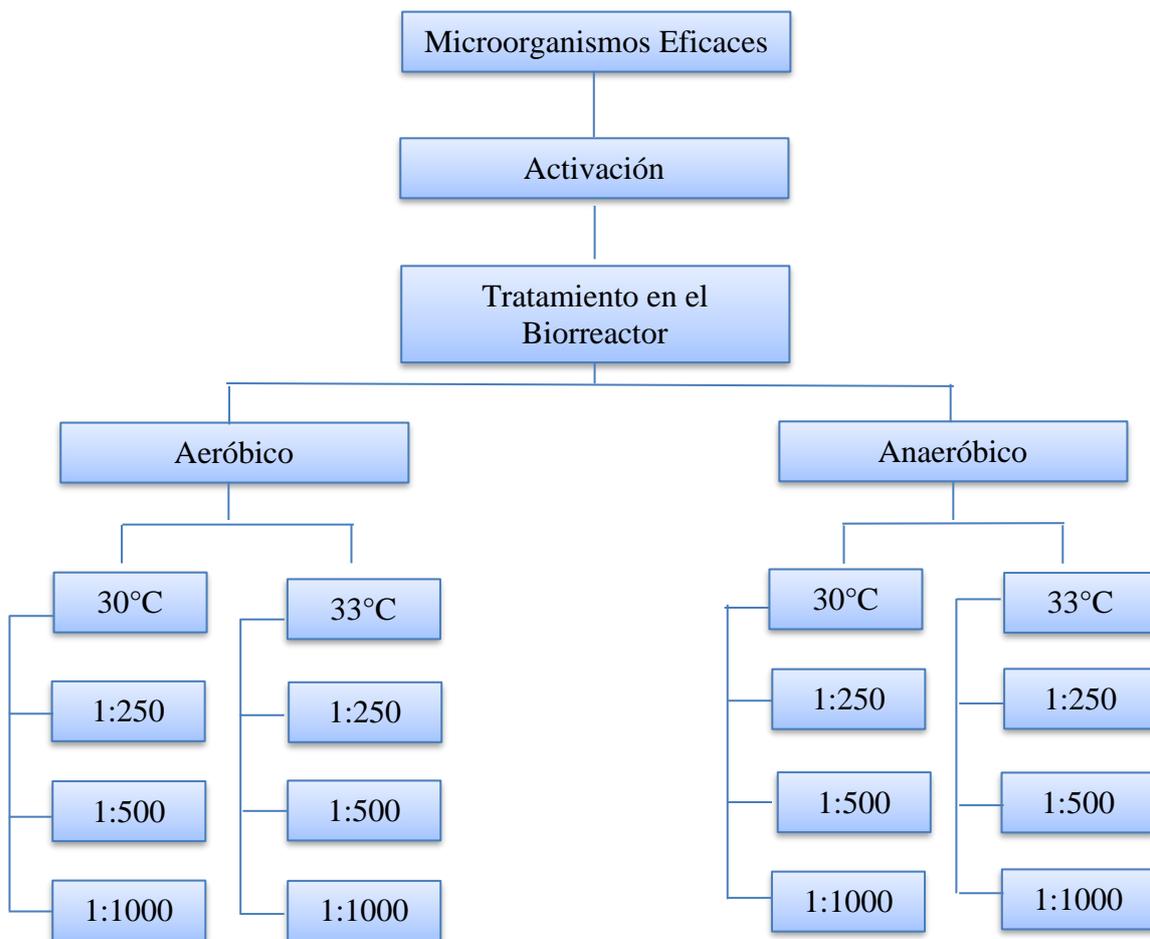
#### **3.4.2.3. Parámetros estables:**

- Velocidad de agitación de 360 rpm
- Volumen de muestra: 1 L de sanguaza
- Aireación de 0.04 L por segundo (medio aerobio)

### **3.5. Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

#### **3.5.1. Diseño experimental**

El diseño experimental es factorial (2x2x3), siendo un total de 12 tratamientos, para determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la sanguaza, el medio (factor A), temperatura (factor B) y Relación de dilución (factor C). Se consideran dos niveles para el factor A (aerobio, anaerobio), dos niveles para el factor B (30° C Y 33 °C) y 3 niveles para el factor C (1:250, 1:500, 1:1000). En la figura N°1 se puede apreciar los tratamientos con las combinaciones de los 3 factores.



**Figura 1:** Esquema experimental. Parámetros estables: Velocidad de agitación de 360 rpm, volumen de muestra: 1 L de sanguaza, aireación de 0.04 L por segundo y tiempo de tratamiento 24 horas.

### 3.5.2. Análisis Estadístico

#### 3.5.2.1. Modelo Estadístico

Los resultados que serán obtenidos de las formulaciones se someterán a un diseño factorial cuyo modelo estadístico es el siguiente:

#### 3.5.2.2. Modelo estadístico lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

- $Y_{ijk}$ : Representa el efecto del tratamiento con microorganismos eficaces en el tipo de medio, temperatura y relación de dilución.
- $\mu$ : Efecto constante, común a todos los niveles de los factores denominado media global
- $A_i$ : Efecto medio producido por el tipo de medio en el tratamiento con microorganismos eficaces
- $B_j$ : Efecto medio producido por temperatura en el tratamiento con microorganismos eficaces
- $C_k$ : Efecto medio producido por la agitación en el tratamiento con microorganismos eficaces
- $(AB)_{ij}$ : Efecto medio producido por la interacción entre el tipo de medio y la temperatura
- $(AC)_{ik}$ : Efecto medio producido por la interacción entre el tipo de medio y la agitación
- $(BC)_{jk}$ : Efecto medio producido por la interacción entre la temperatura y la agitación
- $(ABC)_{ijk}$ : Efecto medio producido por la interacción entre el tipo de medio, la temperatura y la agitación
- $\epsilon_{ijk}$ : Error experimental.

**Tabla 4. Representación del experimento para determinar el efecto de la temperatura, dilución y el medio para el tratamiento de sanguaza con EM-1 (sin replicación)**

		DILUCIÓN	MEDIO	
			AEROBIO	ANAEROBIO
<b>TEMPERATURA</b>	30°C	1:250	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$
		1:500	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$
		1:1000	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$
	33°C	1:250	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$
		1:500	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$
		1:1000	$Y_{ijk}$	$Y_{ijk}$

Dónde:

- a = número de medio
- b = número de temperaturas
- c = número de agitaciones
- $Y_i$  = total del i-esimo tratamiento
- SCT = suma de cuadrados totales
- SCA= suma de cuadrados de tratamientos A
- SCB = suma de cuadrados de tratamientos B
- SCC = suma de cuadrados de tratamientos C
- SCAB = suma de cuadrados de la interacción AB
- SCAC = suma de cuadrados de la interacción AC
- SCBC = suma de cuadrados de la interacción BC
- SCABC = suma de cuadrados de la interacción AB
- CSCR = suma de cuadrados de residuo
- CMA = cuadrados medios de tratamiento A
- CMB = cuadrados medios de tratamiento B

- CMC = cuadrados medios de tratamiento C
- CMAB = cuadrados medios de la interacción AB
- CMAC = cuadrados medios de la interacción AC
- CMBC = cuadrados medios de la interacción BC
- CMABC = cuadrados medios de la interacción ABC
- CMR= cuadrado medio del residuo

**Tabla 5. ANOVA: Modelo factorial con tres factores para determinar el efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante de la sanguaza (sin replicación)**

Fuente De varianza Tratamiento	GL	SC	CM	F Calculado
Factor A	$(a-1)$	SCA	CMA	$CMA/CMR$
Factor B	$(b-1)$	SCB	CMB	$CMB/CMR$
Factor C	$(c-1)$	SCC	CMC	$CMC/CMR$
A x B	$(a-1)(b-1)$	SC(AB)	CM(AB)	$CM(AB)/CMR$
A x C	$(a-1)(c-1)$	SC(AC)	CM(AC)	$CM(AC)/CMR$
B x C	$(b-1)(c-1)$	SC(BC)	CM(BC)	$CM(BC)/CMR$
A x B x C	$(a-1)(b-1)(c-1)$	SC(ABC)	CMR	$CM(ABC)/CMR$
TOTAL	$abc-1$	SCT	CMT	

FUENTE: (Lara, 2000)

➤ Condición del modelo factorial sin replicación:

$$SCR = SCT - SCA - SCB - SCC - SC(AB) - SC(AC) - SC(BC) - SC(ABC)$$

Al tratarse de un modelo sin replicación, los contrastes sólo se pueden realizar si se supone que la interacción de tercer orden es cero. En esta hipótesis,  $CM(ABC) = CMR$  y los contrastes de cada uno de los factores e interacciones comparan su cuadrado medio correspondiente con la varianza residual para construir el estadístico de contraste. Los

contrastes de hipótesis nula que se muestran a continuación junto con el estadístico de contraste correspondiente:

$$i) H_{0A} \equiv \tau_1 = \dots = \tau_a = 0: F_A = CMA/CMR \xrightarrow{H_{0A}} F_{(a-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$ii) H_{0B} \equiv \beta_1 = \dots = \beta_b = 0: F_B = CMB/CMR \xrightarrow{H_{0B}} F_{(b-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$iii) H_{0C} \equiv \gamma_1 = \dots = \gamma_c = 0: F_C = CMC/CMR \xrightarrow{H_{0C}} F_{(c-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$iv) H_{0(AB)} \equiv (\tau\beta)_{ij} = 0, \forall i, j: F_{(AB)} = CM(AB)/CMR \xrightarrow{H_{0(AB)}} F_{(a-1)(b-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$v) H_{0(AC)} \equiv (\tau\gamma)_{ik} = 0, \forall i, k: F_{(AC)} = CM(AC)/CMR \xrightarrow{H_{0(AC)}} F_{(a-1)(c-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$vi) H_{0(BC)} \equiv (\beta\gamma)_{jk} = 0, \forall j, k: F_{(BC)} = CM(BC)/CMR \xrightarrow{H_{0(BC)}} F_{(b-1)(c-1),(a-1)(b-1)(c-1)}$$

Fijado un nivel de significación  $\alpha$ , se rechaza la  $H_0$  correspondiente, si:

$$F_{\text{exp}} > F_{\text{teórica}}$$

### 3.6. Método de Análisis

#### 3.6.1. Determinación de las características físicas, químicas y biológicas de sanguaza.

##### 3.6.1.1. Recolección de muestra

Las muestras extraídas fueron de la empresa pesquera PANAFODS S.A.C. la sanguaza pasa por un proceso primario de retención de sólidos con tamiz metálico de 2 mm de diámetro y es almacenado en 2 pozas de cemento de unos 10 m<sup>3</sup>, de donde se extrajo un volumen de 200 litros y se homogenizó para finalmente obtener un volumen de 20 L, esta muestra se separó en frascos ámbar para evitar reacciones de oxidación en las grasas presentes y se almacenó en un cooler a 5°C. La muestra fue refrigerada en el Laboratorio de Investigación de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional del Santa. (Anexo 1).

### **3.6.1.2. Análisis físico**

Se extrajo un volumen de 100 ml de la sanguaza para determinar el pH y el oxígeno disuelto (OD), los cuales se midieron de la siguiente manera:

#### **3.6.1.2.1. Determinación de pH**

Se extrajo 100 ml de sanguaza en un vaso precipitado, se utilizó el multiparámetro modelo ORION VERSASTAR. El resultado obtenido fue el promedio de 3 mediciones. (Método estándar de la Association of Official Analytical Chemists 973.41).

##### Procedimiento:

- Se encendió el multiparámetro modelo ORION VERSASTAR 5 minutos antes de realizar la medición.
- Se seleccionó el electrodo para pH
- Se calibro con soluciones buffer
- Se realizó las mediciones, limpiando con agua destilada después de cada medición.

#### **3.6.1.3. Determinación de Oxígeno Disuelto (mg/l)**

Se extrajo 100 ml de sanguaza en un vaso precipitado, se utilizó el multiparámetro modelo ORION VERSASTAR. El resultado obtenido fue el promedio de 3 mediciones.

##### Procedimiento:

- Se encendió el multiparámetro modelo ORION VERSASTAR 5 minutos antes de realizar la medición.
- Se seleccionó el electrodo para oxígeno disuelto (mg/l)

- Se calibro con la función propia del multiparámetro
- Se realizó las mediciones, limpiando con agua destilada después de cada medición.

#### **3.6.1.4. Análisis químico**

Se extrajo 100 ml de sanguaza en un frasco estéril para determinar el Nitrógeno total y Aceites y grasas, su análisis se hizo mediante un laboratorio acreditado, donde se usaron los siguientes métodos:

##### **3.6.1.4.1. Nitrógeno Total**

Se determinó por el método SWEWW-APHA-AWWA-WEF/ 23rd ED. 2017 4500 Norg-B.

##### **3.6.1.4.2. El contenido de aceites y grasas**

Se determinó por el método SWEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 55220 D. 23rd ED. 2017. Oil and Grease, método de extracción Soxhlet.

#### **3.6.1.5. Análisis biológico**

Se extrajo 100 ml de sanguaza en un frasco estéril para determinar el recuento de Coliformes Totales, su análisis se hizo mediante un laboratorio acreditado, donde se usó el siguiente método:

##### **3.6.1.5.1. Recuento de Coliformes Totales**

El método del número más probable (NMP)

### **3.6.2. Determinación del comportamiento de los microorganismos eficaces (EM-1) en la sanguaza.**

Para determinar el comportamiento del EM-1 en la reducción de la carga contaminante, se llevó a cabo el tratamiento en el biorreactor y previo a ello la activación de los microorganismos eficaces.

#### **3.6.2.1. Activación de microorganismos eficaces**

Los microorganismos eficaces (EM-1), es un producto comercial desarrollado por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, el cual se adquirió de un distribuidor autorizado. Los microorganismos eficaces vienen en estado de latencia por lo cual es necesario su activación con una fuente rica en azúcares (melaza). En la **tabla N°6**, se detalla los requerimientos para su activación.

##### Procedimiento:

- Se agito enérgicamente el recipiente contenedor de los microorganismos eficaces
- Se extrajo 50 ml de EM-1
- Se Diluyó 50 ml de melaza en 900 ml de agua destilada
- Se Agregó la solución de melaza, agua destilada y los ME, en un recipiente herméticamente sellado, ya que la activación es un proceso anaeróbico.
- Pasado un lapso de 7 días, se extrajo una muestra para medir el pH, el cual fue inferior a 3.7 rango de activación.

- El ME-1 Activado (1L), se almaceno a una temperatura de 5°C, siendo su periodo de efectividad de 1 mes a temperatura ambiente.

**Tabla 6. Requerimientos para la activación de microorganismos eficaces para el tratamiento de la sanguaza**

Ingredientes	%	Volumen (ml)
EM-1	5	50
Agua destilada	90	900
Melaza	5	50
EM-1 activado		1000

### 3.6.2.2. Tratamiento en el biorreactor

Se obtuvo el comportamiento de pH y oxígeno disuelto de los microorganismos eficaces en la reducción de la carga contaminante de la sanguaza, el cual se realizó en un biorreactor el cual posee las siguientes características:

- Volumen del biorreactor: 2.5 L
- sensores: pH, oxígeno disuelto y temperatura
- Controladores: rpm, temperatura y caudal de aire
- Intervalo de muestreo: 5 min. (pH, OD % y T°)
- Software: control del proceso y análisis de resultados.

La duración de cada tratamiento fue de 24 horas y el número de tratamientos según el diseño experimental fueron 12, los cual se describen en la **tabla N°7**.

Procedimiento:

- Se montó el biorreactor previamente esterilizado y se inició el software estableciendo los parámetros (360 rpm y temperatura).
- Se adicionó un litro de sanguaza refrigerada a 0°C previamente homogenizada, se esperó que la sanguaza alcance la temperatura ambiente para incorporar el volumen de EM-1 Activado de acuerdo a la relación de dilución.
- Se procedió a dar inicio al tratamiento ejecutando el software y prendiendo la bomba de aire (aerobio).
- Se colocó la chaqueta de calefacción y abrió la llave de agua como refrigerante
- El software tomo lecturas cada 5 min de pH, Oxígeno Disuelto y temperatura
- Al finalizar el tratamiento (24 h) se extrajo una muestra de 100 ml en un frasco estéril y se limpió el biorreactor con jabón líquido neutro.
- Se ejecutó el mismo procedimiento para todos los tratamientos

**Tabla 7. Matriz de tratamientos para evaluar el efecto de los microorganismos eficaces (EM-1) en la sanguaza**

N° Tratamientos	Medio	T°	Relación de dilución	Volumen de sanguaza (ml)	Volumen de EM-1 (ml)
1	Anaerobio	30°C	1:250	1000	4
2	Anaerobio	30°C	1:500	1000	2
3	Anaerobio	30°C	1:1000	1000	1
4	Anaerobio	33°C	1:250	1000	4
5	Anaerobio	33°C	1:500	1000	2
6	Anaerobio	33°C	1:1000	1000	1
7	Aerobio	30°C	1:250	1000	4
8	Aerobio	33°C	1:500	1000	2
9	Aerobio	30°C	1:1000	1000	1
10	Aerobio	33°C	1:250	1000	4
11	Aerobio	33°C	1:500	1000	2
12	Aerobio	33°C	1:1000	1000	1

### 3.6.3. Evaluación del efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante.

Después de haber obtenido las muestras de cada tratamiento se analizó los resultados obtenidos (Nitrógeno total, Potencial de hidrogeno (pH), Coliformes totales, Grasas y aceites y Oxígeno disuelto), mediante un para determinar si existe efecto entre los factores con un 95% de confianza el cual se llevó a cabo mediante el programa estadístico SPSS V.25. Siguiendo un modelo factorial sin replicas. Se comparó los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles del **D.S. N° 010-2008-PRODUCE**, para la

descarga de efluentes pesqueros. En la **tabla N°8** muestra el diseño utilizado por el programa SPSS V.25

**Tabla 8. Diseño de datos para el programa SPSS V. 25**

Factores			Variables respuesta o independientes			
Temperatura	Medio	Concentración	Coliformes T.	Aceites y Grasas	pH	Nitrógeno T.
1	1	1				
1	1	2				
1	1	3				
2	1	1				
2	1	2				
2	1	3				
1	2	1				
1	2	2				
1	2	3				
2	2	1				
2	2	2				
2	2	3				

Los efectos entre los factores se analizaron mediante un modelo lineal general multivariante, donde los niveles de los factores para temperatura son; 1 = 30°C y 2 = 33°C, Medio; 1 = anaeróbico y 2 = aeróbico, y Concentración; 1= 1:1000, 2 = 1:500 y 3 = 1:250, con un  $\alpha = 0.05$

#### **3.6.4. Evaluación de costos para el tratamiento con microorganismos eficaces en efluentes pesqueros.**

Se evaluó los costos determinando el volumen de sanguaza producida por tonelada de anchoveta procesada, los datos fueron proporcionados por la empresa PANAFODS S.A.C. los costos se calcularon con el tratamiento

que obtuvo mayor efecto en la reducción de la carga contaminante de la sanguaza.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. Características físicas, químicas y biológicas de sanguaza.

En la **tabla N°9**, se registran los resultados obtenidos de los análisis de la sanguaza antes del tratamiento con los microorganismos eficaces (EM-1).

**Tabla 9. Características físicas, químicas y biológicas de la sanguaza**

Parámetros	Valor	%
pH	6.44	-
Aceites y grasas (mg/L)	9750	0.975
Nitrógeno total (mg/L)	0.38	-
Coliformes totales (NMP)	$2.5 \times 10^4$	-

Los valores de coliformes totales (NMP) se encuentra dentro del rango establecido por otras investigaciones ( $2.1 \times 10^4$  a  $3 \times 10^4$  NMP) encontrándose principalmente en los intestinos de los peces (Robles, 2005).

El pH se encuentra dentro de los valores obtenidos en los muestreos de establecimientos industriales pesqueros de la bahía del Callao- Perú, que oscilan de 5.2- 8.2 (Coronado, C., 2018), otras investigaciones reportan valores 6.2 a 6.9 (Del Valle y Aguilera, 1990; Castro, P. 2004), debiéndose estas variaciones principalmente a la dilución y degradación de compuestos nitrogenados abundantes en la sanguaza

Los valores de aceites y grasas que se reportan varían de 0.16-7.5 g/L, debiéndose principalmente a los procesos térmicos empleados en la producción de conservas y harina (Grados, 1996). Otras investigaciones reportan valores de 0.8- 1.2% de aceites y grasas (Del Valle y Aguilera, 1990). Los valores obtenidos en la caracterización se encuentran dentro de los valores reportados por los autores, variando su contenido por factores como: trabajo inadecuado de descarga, altura de pozas, tamaño de anchoveta, temperatura de almacenamiento (Landeo y Ruiz, 1996), y la relación de agua utilizada para la producción de conservas en la plantas de CHD, ya que están disponen todos sus efluentes de proceso en pozas para su evacuación o lo destinan a los evaporadores para la producción de harina residual.

El contenido de nitrógeno total en estudios realizados en tratamientos de efluentes no evidencia un interés por este elemento, los valores reportados en la caracterización de sanguaza de agua de bombeo y en pozas de almacenamiento son del 1 g/ L y 2 – 4 g/L respectivamente (Del Valle & Aguilera, 1990). En esta investigación se considera por impacto sobre los cuerpos de agua, ya que influye en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, la eutrofización y la incorporación de niveles tóxicos que pueden afectar a las comunidades biológicas y a la salud humana, en muy bajas concentraciones (Cárdenas & Sánchez, 2013), principalmente en las zonas costeras donde se encuentran una gran numero de plantas procesadoras artesanales e industriales que no cuentan con un sistemas de tratamiento eficiente descargando sus efluentes directamente al desagüe.

Los valores reportados en la caracterización de la sanguaza sobrepasan los LMP del D.S. N° 010-2008-PRODUCE como efluente para su evacuación.

## **4.2. Comportamiento de los microorganismos eficaces (EM-1) en la sanguaza.**

### **4.2.1. Activación de microorganismos eficaces**

La solución inicial para la activación de microorganismos eficaces tuvo un pH de 4.72 y transcurrido un periodo de 7 días, obtuvo un pH de 3.52, según lo recomendado (<3.8) por el producto EM-1.

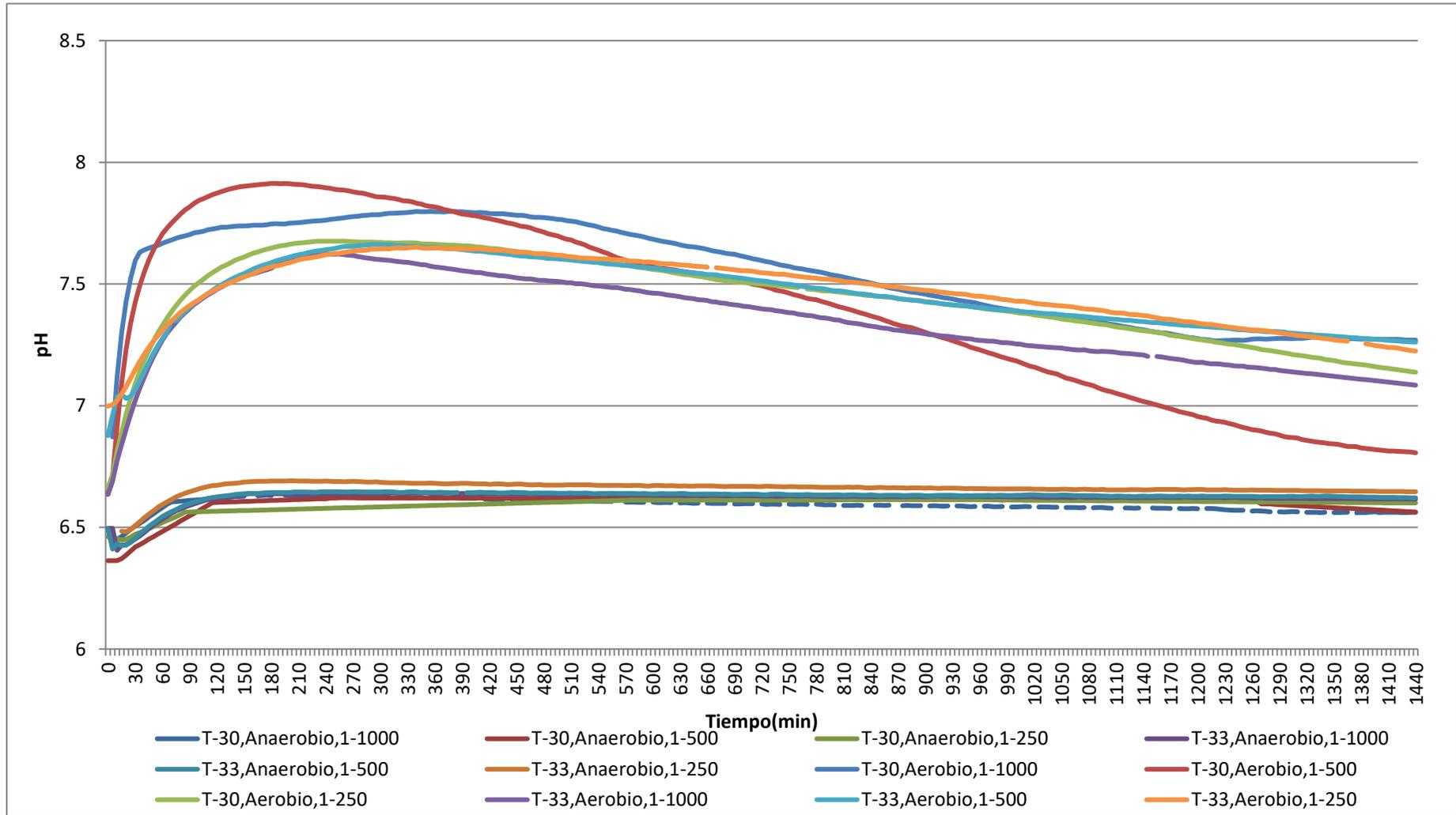
### **4.2.2. pH**

En la figura 2 es visible la diferencia del comportamiento del pH, todos los tratamientos aeróbicos tuvieron un comportamiento similar, un aumento drástico de pH en las primeras 2 horas pasando de ácido a alcalino, esto debido alto contenido de proteínas en los procesos de degradación aerobios, produciendo aminas y otros productos nitrogenados que elevan el pH del medio (Mendoza y Robles, 2000), para luego disminuir progresivamente y con tendencia a un pH ácido.

Para el medio anaeróbico los tratamientos mostraron un comportamiento similar incrementándose levemente el pH en las primeras 2 horas y con tendencia a mantenerse con un pH ácido, esto se debe a procesos anaeróbicos siguen una secuencia: hidrolisis de carbohidratos proteínas y grasas; fermentación, acetogénesis y metanogénesis, estos procesos generan subproductos como  $SO_4$  y  $H_2S$  que acidifican el medio (Gómez, G, 1993).

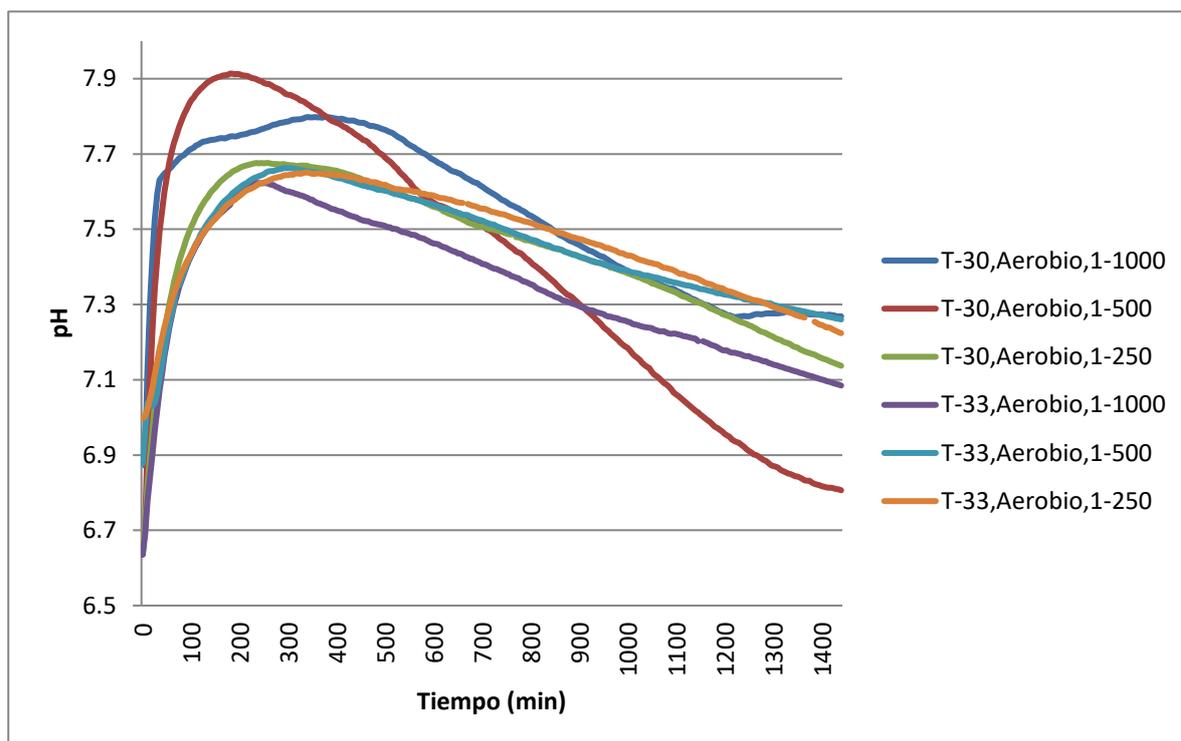
Los tratamientos anaerobio y aerobio mostraron diferencias de pH, esto debido a que los microorganismos que se desarrollan son distintos, ya que el producto EM-1 contiene: bacterias fototróficas (*Rhodospseudomonas palustris*) que pueden desarrollarse con o sin oxígeno, bacterias ácido lácticas microaerófilos que acidifican el medio obviando su producción

en los tratamientos aerobios y levaduras (*Saccharomyces sp*) organismos aerobios y aunque muchas especies son fermentadoras bajo condiciones anaeróbicas . (Feijoo, 2016)



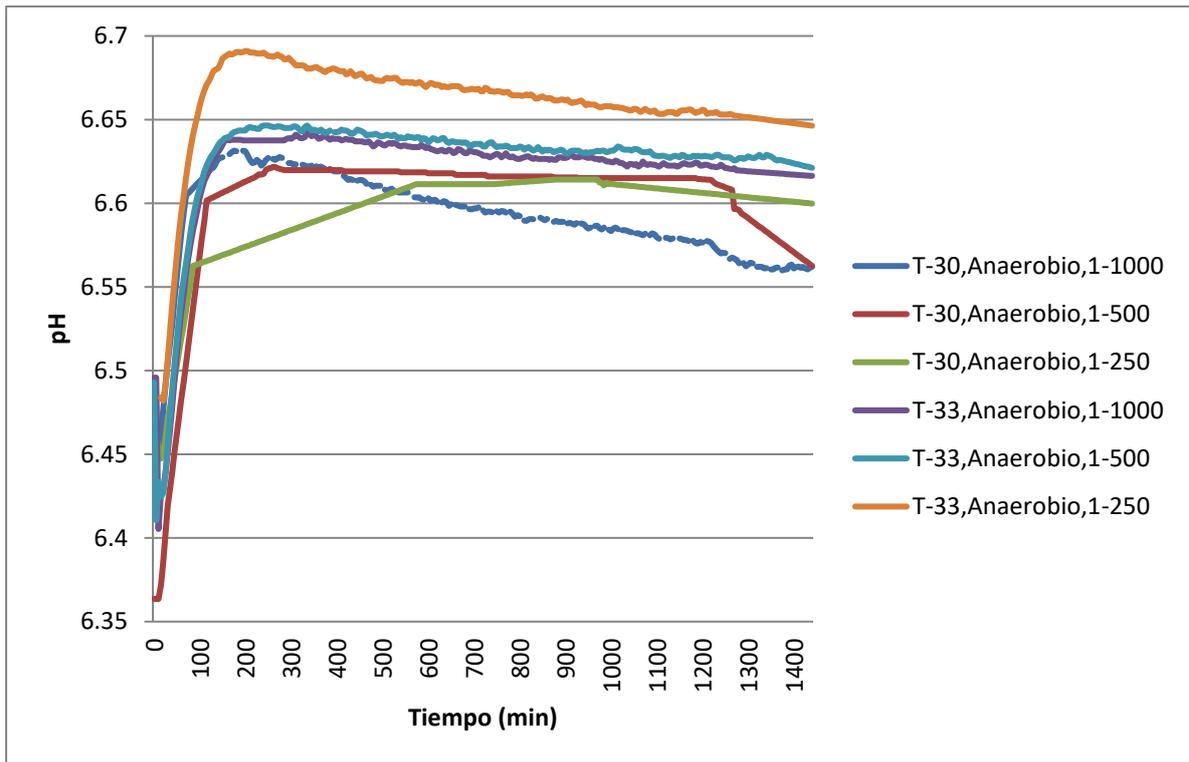
**Figura 2.** Comportamiento del pH de la sanguaza con EM-1 en diferentes medios (aeróbico y anaeróbico), concentraciones (1- 250,500,100 ppm) y temperaturas (30-33°C).

#### 4.2.2.1. Variación de pH a diferentes medios



**Figura 3.** pH de la sanguaza con EM-1 en el biorreactor con medio aeróbico

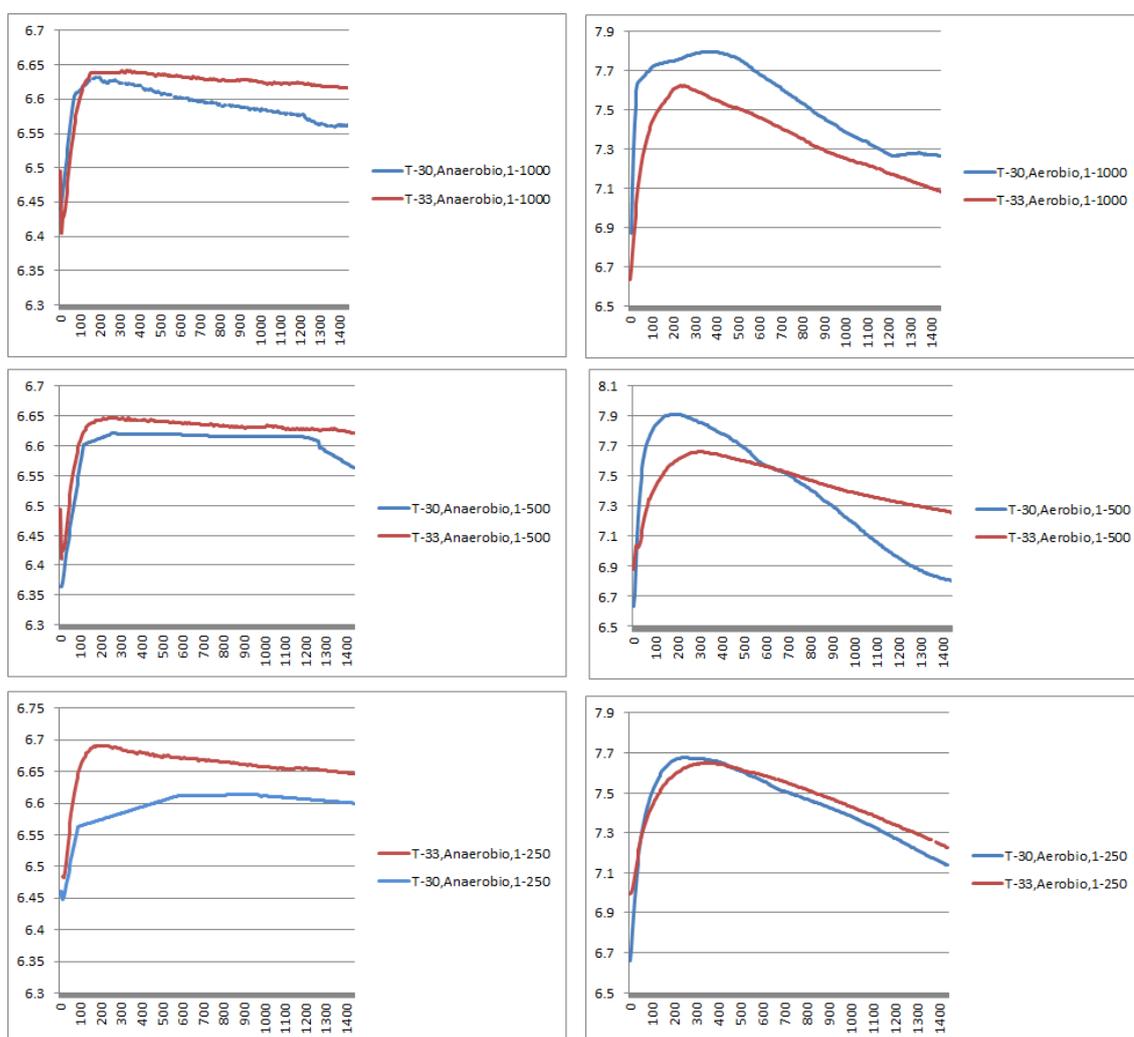
La variación de pH en el medio aerobio inicialmente pudo deberse al crecimiento exponencial de carga microbiana específica para la degradación de compuestos nitrogenado, una vez ocurrida la degradación, el pH desciende por lo que puede especular que se debió al crecimiento de otro tipo de microorganismo, como se sabe el producto de EM-1 es un cultivo combinado de microorganismos alterados de forma genética, que presentan relaciones sinérgicas, participativas y de transformaciones simultaneas. (Hoyos, 2008). El tratamiento aerobio a 30° C con dilución 1:500, muestra una ligera diferencia, pero al igual que los demás tratamientos tienen una tendencia a un pH ácido.



**Figura 4.** pH de la sanguaza con EM-1 en el biorreactor con medio anaeróbico

La variación de pH en los tratamientos anaerobios inicialmente aumento levemente sin pasar a niveles alcalinos, que pudo deberse al aire dentro del biorreactor, produciendo así un proceso aerobio, o también por microorganismos anaeróbicos facultativos que crecen en presencia o ausencia de oxígeno y anaeróbicos aerotolerantes contenidos en el producto de los EM-1 (Hoyos, 2008). Se observó un descenso lento del pH, esto debido a la baja velocidad de crecimiento característico de cultivos anaerobios (Pavlostathis y Esta baja velocidad de crecimiento se traduce en una baja velocidad de consumo de sustrato, por el cultivo comparativamente con su contraparte aerobia (Gómez, 1993).

#### 4.2.2.2. Variación de pH a diferentes temperaturas

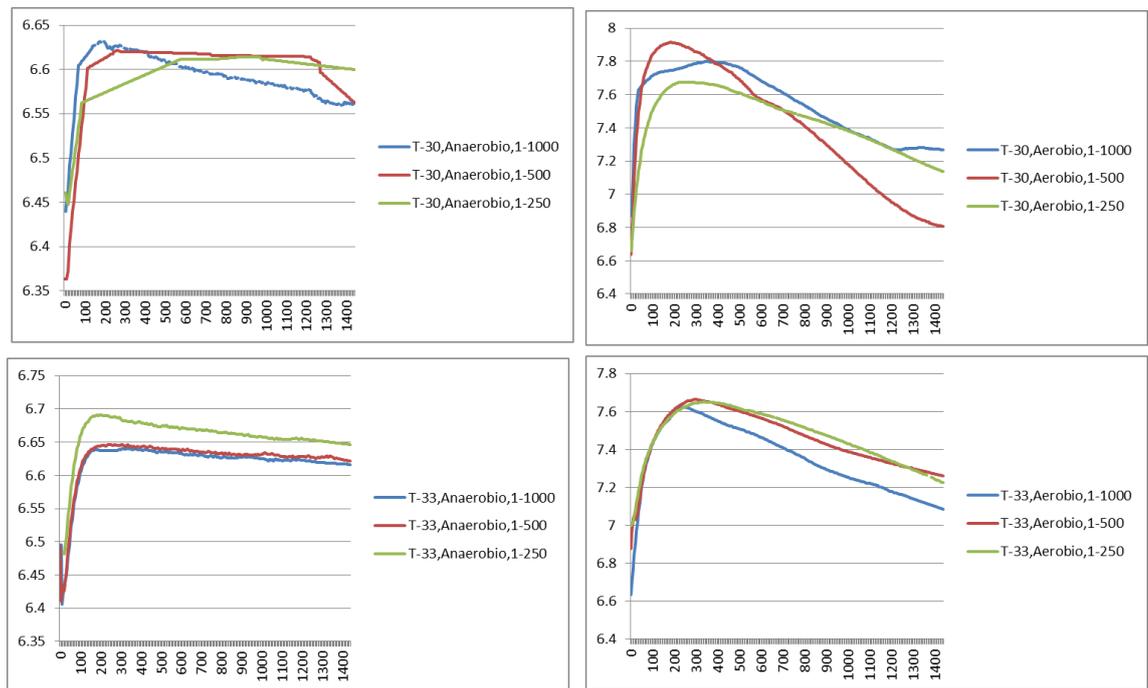


**Figura 5.** pH de la sanguaza a diferentes temperaturas (30-33 °C) en 2 medios (aeróbico y anaeróbico)

Al evaluar la diferencia de las 2 temperaturas en los tratamientos manteniendo el medio y dilución constantes, se observó que a una mayor temperatura el pH tiende a ser mayor, salvo en el tratamiento aerobio con dilución 1:1000, no se aprecia una variación muy notoria siendo las temperaturas óptimas de 25° a 35°C para la actividad microbiana (Rojas J. A., 2000; Miranda, 2010), el aumento en 3 °C aumenta levemente la velocidad de reacción y el metabolismo (Motville, 2000), posiblemente debido a que las temperaturas utilizadas se encuentran en un intervalo muy

cercano al óptimo (Madigan, 2010). Se observa que la temperatura de tratamiento mayor disminuye su pH con una tendencia a valores iguales a los tratamientos de 30 °C, no habiendo una diferencia marcada en el tiempo esto tal vez debido a que el producto EM-1 es una tecnología diseñada con velocidades de degradación rápidas a temperatura ambiente (Pisabarro, 2008). Las temperaturas óptimas para los diferentes tipos de microorganismos presentes en los microorganismos eficaces se establecen desde los 25° a 35°C, siendo los más sensibles a un aumento superior de temperatura las levaduras (28° C), pudiendo ser la razón de una leve diferencia en la variación de pH (EMRO, 2014).

#### 4.2.2.3. Variación de pH a diferentes diluciones

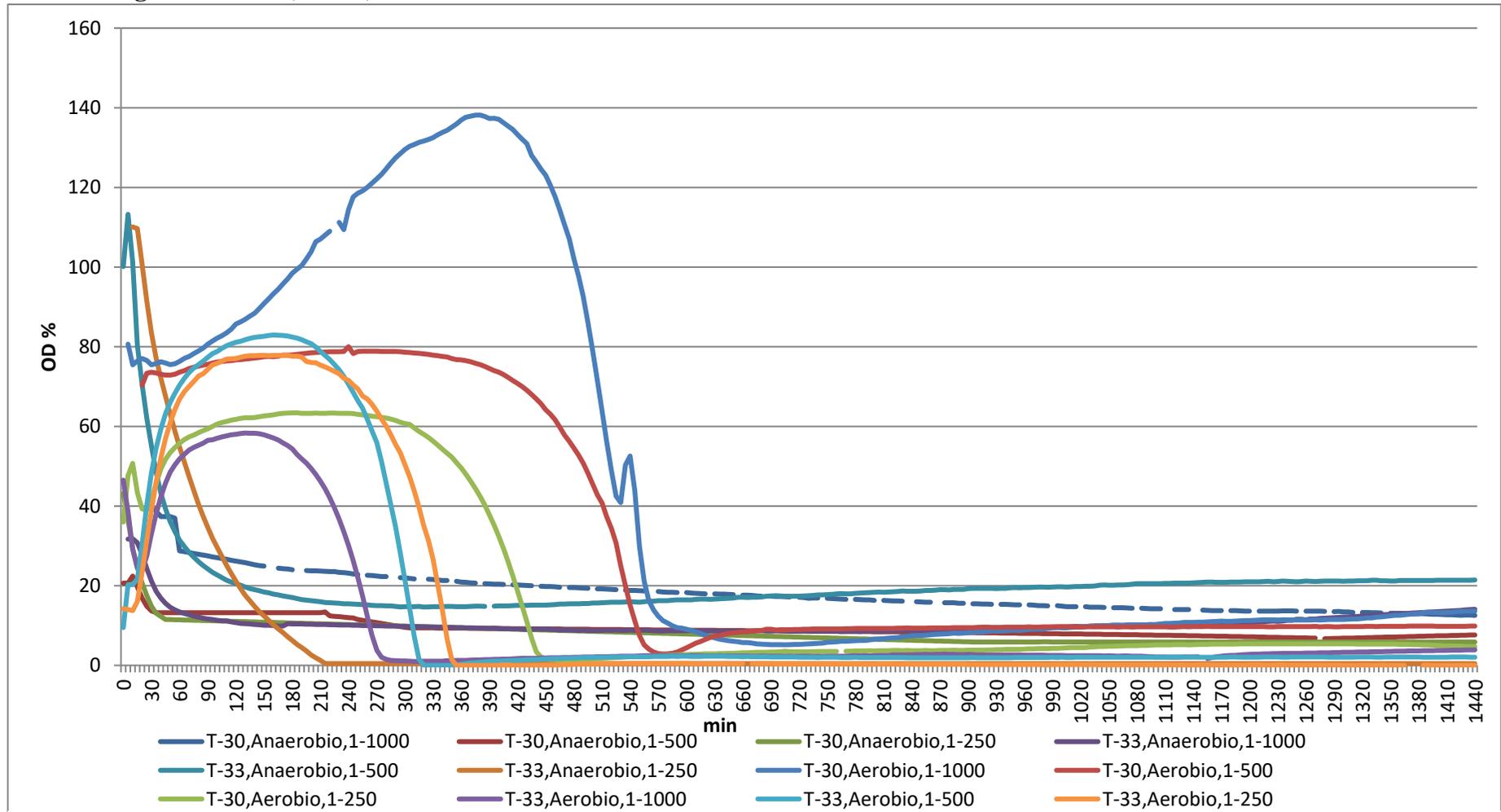


**Figura 6.** pH de la sanguaza a diferentes diluciones en dos medios (aeróbico y anaeróbico)

Las diluciones 1:250 con mayor concentración de microorganismos eficaces se observa que el pH se encuentra por encima que las diluciones con menores concentraciones, podemos suponer que por una mayor

cantidad de microorganismos iniciales para la degradación de compuestos nitrogenados elevando el pH, consecuentemente la degradación de estos compuesto por otros tipos de microorganismos y su crecimiento se evidencia en la producción de compuestos que disminuyen el pH, a mayor concentración de inóculo de consorcio microbiano se obtiene un mayor efecto en la degradación de la carga contaminante de las aguas residuales (Mendoza y Ramírez, 2016). Se evidencia que las concentraciones utilizadas en el medio aerobio no muestran mucha diferencia en el pH, lo mismo se observa para los tratamientos anaerobios. Posiblemente porque el tiempo empleado en el tratamiento (24 h), no permitiendo el crecimiento masivo de nuevas generaciones de microorganismos (Madigan, 2010).

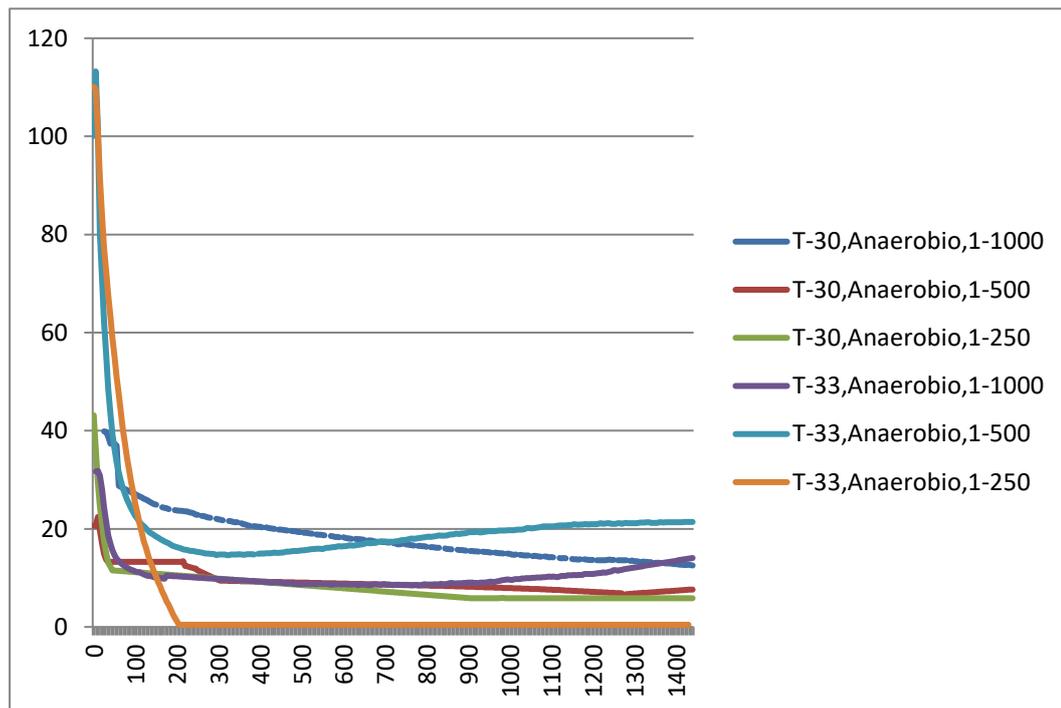
### 4.2.3. Oxígeno disuelto (OD %)



**Figura 7.** Variación del Oxígeno Disuelto (OD%) en la sanguaza con EM-1 en diferentes medios (aeróbico y anaeróbico), concentraciones (1-250,500,100 ppm) y temperaturas (30-33°C).

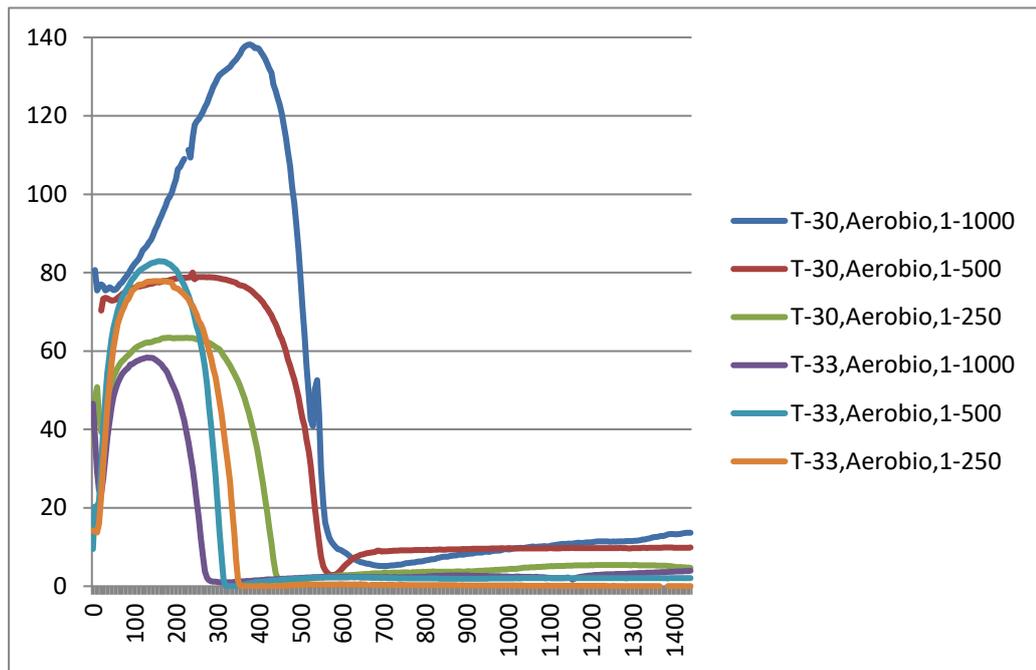
En los tratamientos se puede apreciar las diferencias del medio aireado y sin aireación, disminuyendo la concentración de oxígeno en el medio aerobio a las 6 horas de tratamiento, debido al crecimiento microbiano (McMeekin y col., 1993; Krist y col., 1998), siendo consumido el oxígeno disuelto a una velocidad mayor a la que es reemplazado, tal como lo mencionan diversos autores (Calvin y Col., 1998; Margesin y Schimer, 2001; Sagan, 2002; Robles, C., 2005), la concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que aumenta la población microbiana.

#### 4.2.3.1. Variación del Oxígeno Disuelto



**Figura 8.** Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 en medio anaerobio.

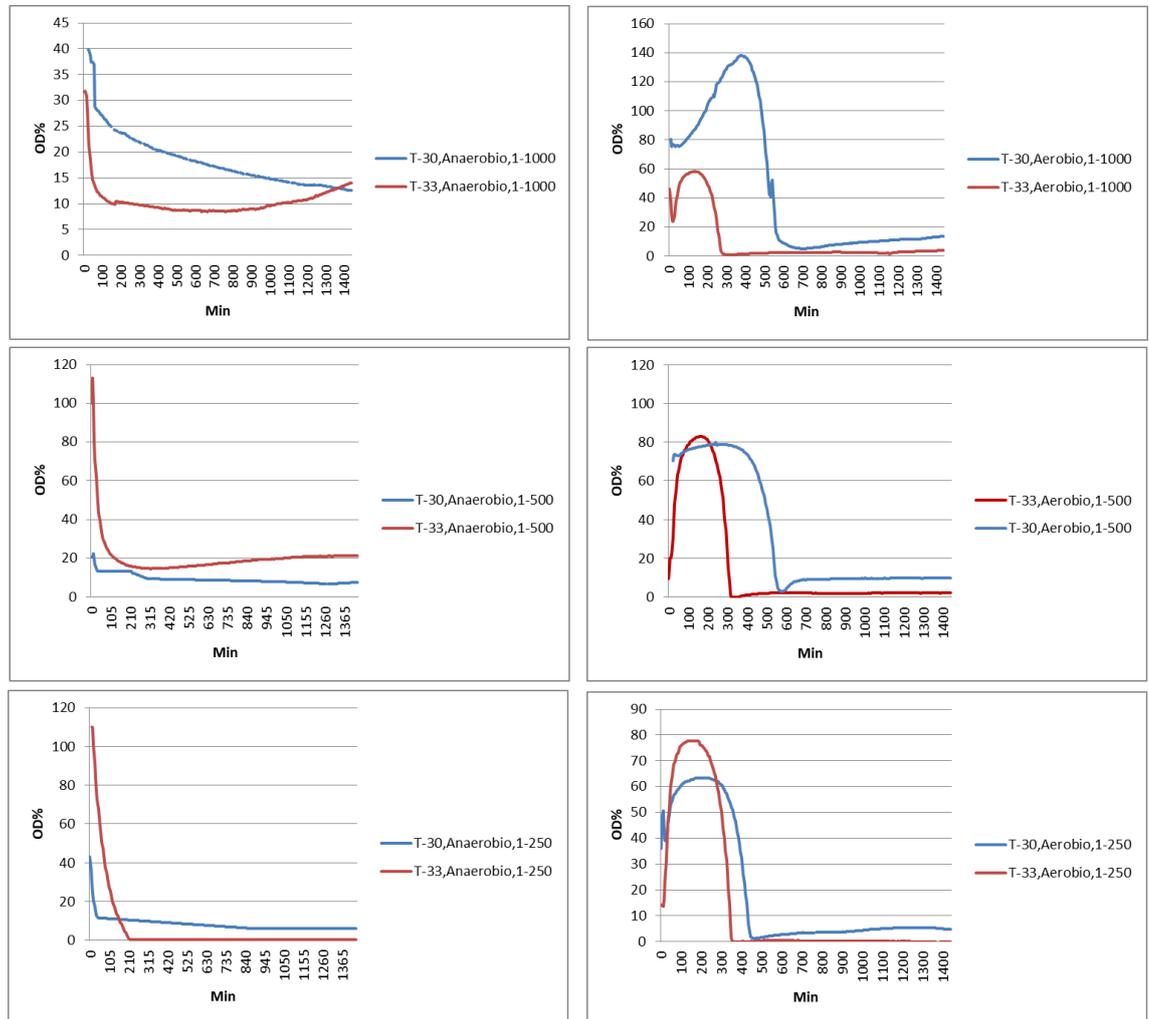
Los tratamientos anaerobios no tienen una diferencia muy marcada, apreciándose una disminución en el al inicio del proceso debido al aire dentro del biorreactor, para luego permanecer en un medio anaerobio que evidencia la hermeticidad en el biorreactor llevándose adecuadamente el tratamiento.



**Figura 9.** Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 en medio aerobio.

Se inicia el proceso incorporando aire por medio del compresor hasta alcanzar picos de saturación, siguiendo un descenso debido al metabolismo de los microorganismos eficaces presentes en el medio, hasta que el oxígeno suministrado al se vuelve limitado por la velocidad de consumo. El proceso aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único aceptador final de electrones; el oxígeno es reducido y la materia orgánica o inorgánica es oxidada. (Rojas, 2002)

#### 4.2.3.2. Variación de Oxígeno Disuelto a diferentes temperaturas

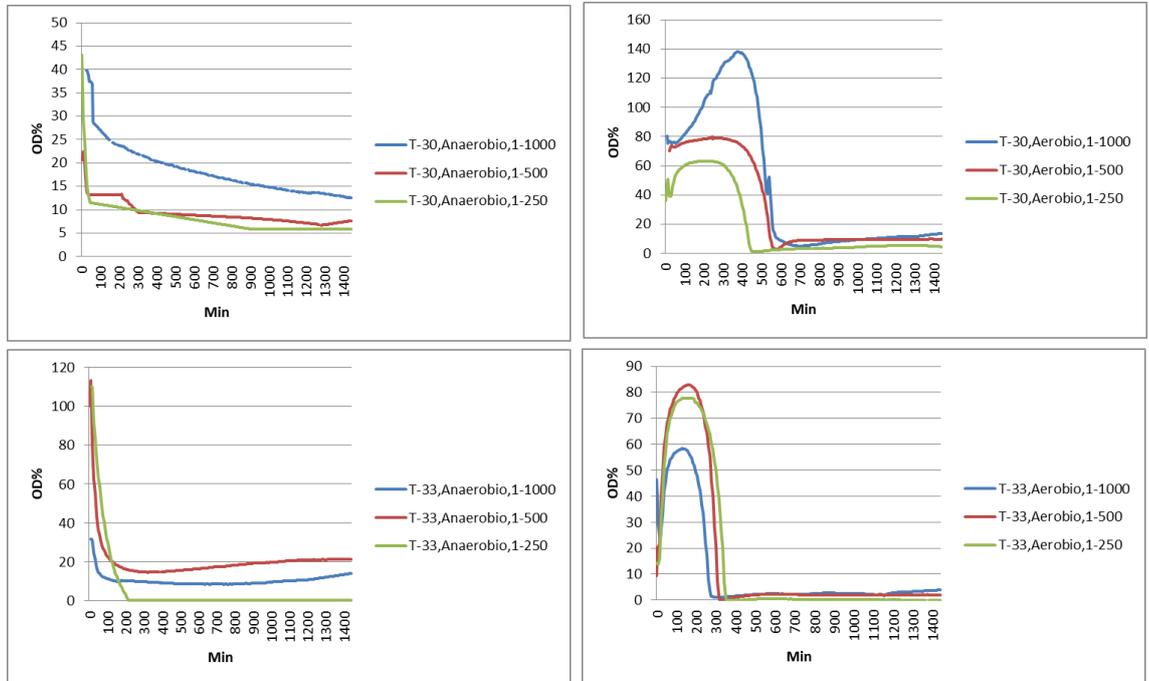


**Figura 10.** Variación del Oxígeno Disuelto en la sanguaza con EM-1 a diferentes temperaturas (30 - 33 °C)

Para los tratamientos anaerobios no se evidencia un efecto en la temperatura, por el contrario en los tratamientos aerobios, el aumento de temperatura en los 3 casos disminuye el tiempo de saturación de oxígeno debido a la velocidad de consumo del oxígeno, esto porque el metabolismo suele ser más dinámico a mayores temperaturas y el crecimiento

microbiano se acelera produciendo un mayor consumo de oxígeno (Motville, 2000).

#### 4.2.3.3. Variación de Oxígeno Disuelto a diferentes diluciones



**Figura 11.** Variación del Oxígeno disuelto en la sanguaza con EM-1 a diferentes diluciones (1-250,500,1000 ppm)

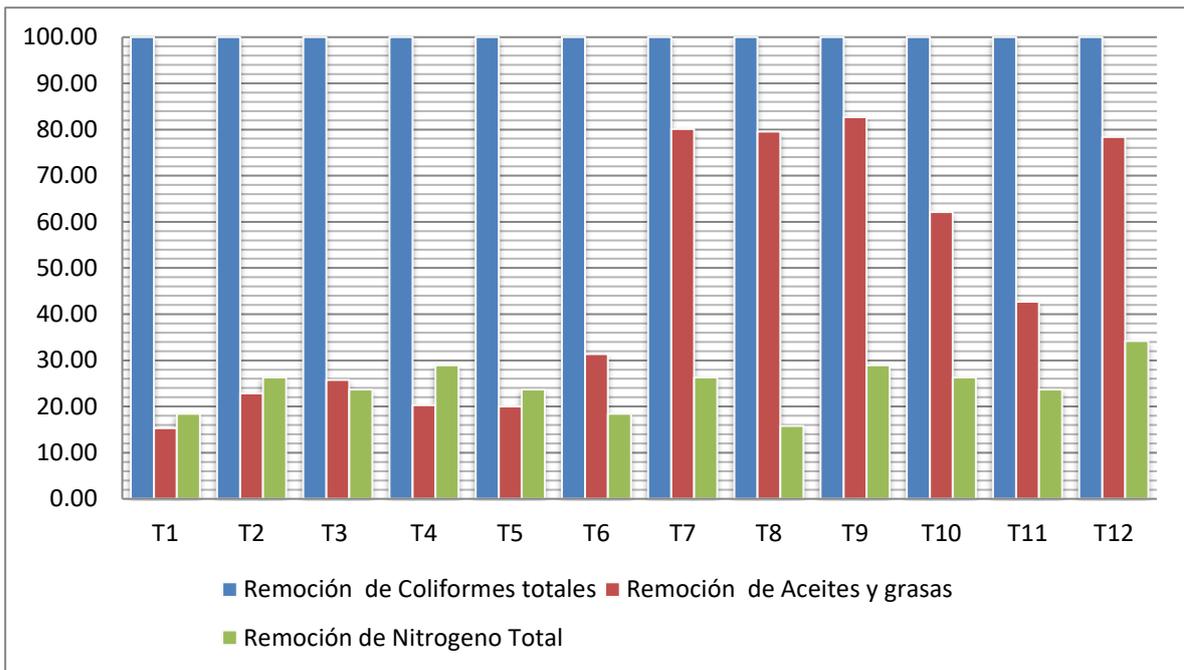
La diferencia en la concentración y la variación del oxígeno disuelto se puede apreciar en el medio aerobio a una temperatura de 30°C, a menor dilución, el tiempo en que el oxígeno se vuelve limitante es menor, debiéndose a una mayor concentración de microorganismos. Para la temperatura de 33 ° C no se puede apreciar una relación, tal vez porque la temperatura afecto la velocidad crecimiento de los microorganismos eficaces (Prescott y col., 1999; Montville, 2000). En los tratamientos anaerobios no se puede evidenciar una diferencia en las diluciones utilizadas.

### 4.3. Efecto de microorganismos eficaces en la reducción de carga contaminante

En la tabla N° 8, se registran los resultados obtenidos de los análisis de la sanguaza tratada con los microorganismos eficaces (ME) para su evacuación como efluente.

**Tabla 10.** Efecto de los microorganismos eficaces en la reducción de la carga contaminante de la sanguaza

Tratamientos		Coliformes Totales (NMP)	Aceites y grasas (mg/L)	Nitrógeno Total (mg/L)	pH
T-30, Anaerobio, 1:1000	T1	1.8	8260	0.31	6.562
T-30, Anaerobio, 1:500	T2	1.8	7520	0.28	6.563
T-30, Anaerobio, 1:250	T3	1.8	7240	0.29	6.600
T-33, Anaerobio, 1:1000	T4	1.8	7770	0.27	6.616
T-33, Anaerobio, 1:500	T5	1.8	7800	0.29	6.621
T-33, Anaerobio, 1:250	T6	1.8	6690	0.31	6.646
T-30, Aerobio, 1:1000	T7	1.8	1940	0.28	7.269
T-30, Aerobio, 1:500	T8	1.8	1990	0.32	6.807
T-30, Aerobio, 1:250	T9	1.8	1690	0.27	7.137
T-33, Aerobio, 1:1000	T10	1.8	3690	0.28	7.085
T-33, Aerobio, 1:500	T11	1.8	5590	0.29	7.260
T-33, Aerobio, 1:250	T12	1.8	2110	0.25	7.224



**Figura 12.** Porcentaje de remoción de la carga contaminante de la sanguaza con EM-1

El número de coliformes totales (NMP) expresado en col/100ml fue de 1.8 en todos los tratamientos demostrando la eficiencia de los microorganismos eficaces (EM-1), reduciendo un 99.9% los coliformes totales (CT) en un periodo de 24 h. La reducción de CT en otras investigaciones también evidencian su eficacia reduciendo 99% de los coliformes totales y fecales a las dos semanas de tratamiento con EM-1 ( Fioravanti y Vega ,2003), reducción del 99.5% de coliformes termotolerantes empleando microorganismos eficaces (EM-1) en un periodo de 90 días para el tratamiento de aguas servidas (Beltrán, B. y Campos, R., 2016), reducción de coliformes fecales desde  $1 \times 10^6$  NMP/100mL hasta 2NMP/100 mL aplicando microorganismos eficaces (Versaklin) en un periodo de 48 h (Romero y Vargas, 2017), 99% en reducción de CT en aguas residuales en un periodo de 12 días empleando un consorcio microbiano nativo (Mendoza, M., & Ramírez, L., 2016). Este efecto muy marcado en la reducción de CT se debe los microorganismos presentes en el producto EM-1, como bacterias ácido

lácticas productoras de ácido láctico que posee cualidades bactericidas, levaduras que producen etanol compuestos que inhiben la proliferación de microorganismos patógenos (EMRO, 2014).

Para el contenido de Aceites y grasas se obtuvo una reducción máxima del 82.7 % con el tratamiento T9 (T-30, Aerobio, 1:250) en un periodo de 24 horas, los tratamientos aerobios a una temperatura de 33°C no mostraron un efecto mayor que pudo ser influenciado por el aumento de temperatura. En otras investigaciones se obtuvieron reducciones del 97% para un periodo de 90 días en el tratamiento de aguas residuales en lagunas de oxidación, debiéndose esta reducción al efecto que ejercieron los microorganismos eficaces (Beltrán, B. y Campos, R., 2016). Se obtuvieron reducciones menos notables en los tratamientos anaerobios, esto tal vez a su baja velocidad de crecimiento y por ende al bajo consumo grasas y aceites, teniendo los procesos anaerobios un periodo muy largo en el tratamiento de efluentes por el limitado crecimiento de microorganismos anaerobios (Gómez, G., 1993).

El tratamiento que mostro mayor efecto en la reducción de nitrógeno total fue el T12 (T-33, Aerobio, 1:250) con 34.21%, estos valores de reducción son relativamente bajos, al igual como se indican en otras investigaciones donde se obtuvieron remociones del 25% al 37% en reactores discontinuos de 1 litro con periodos de tratamiento de 24 h, empleando microorganismos procedentes de lodos anaerobios de tratamiento de aguas residuales (Marin, L., Chinga, P., Velásquez, F., Gonzales, C. y Zambrano, R., 2015). Los microorganismos eficaces EM no muestran un eficiente tratamiento en la reducción de nitrógeno total, siendo más eficientes en la degradación de materia orgánica (Hoyos,

2008). En los resultados no se aprecia una congruencia en los valores reportados pudiendo afirmar que los microorganismos eficaces (EM-1) degradan los compuestos nitrogenados para su asimilación transformando los compuestos nitrogenados a formas menos toxicas como nitratos, mas no transforman los compuestos a nitrógeno atmosférico (desnitrificación) para su eliminación. Para determinar si existe diferencias significativas a nivel estadístico se realizó el ANOVA de los datos obtenidos para las variables de temperatura, medio y concentración, así como sus interacciones a un nivel de significancia la  $\alpha=5\%$ , el cual se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 11.** ANOVA para los tratamientos de la sanguaza con microorganismos eficaces (EM-1)

	Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F <sub>cal</sub>	F <sub>t</sub>
Temperatura	Coliformes T.	0	1	0	.	.
	Aceites y grasas	2091675	1	2091675	6.047	18.51
	Nitrógeno T.	3	1	3	0.563	18.51
	pH	0.022	1	0.022	0.875	18.51
Medio	Coliformes T.	0	1	0	.	.
	<b>Aceites y grasas</b>	<b>66599408.3</b>	<b>1</b>	<b>66599408.333</b>	<b>192.535</b>	<b>18.51</b>
	Nitrógeno	3	1	3	0.563	18.51
	<b>pH</b>	<b>0.84</b>	<b>1</b>	<b>0.84</b>	<b>33.367</b>	<b>18.51</b>
Concentración	Coliformes T.	0	2	0	.	.
	Aceites y grasas	3642616.67	2	1821308.333	5.265	19
	NitrogenoT	4.667	2	2.333	0.437	19
	pH	0.018	2	0.009	0.34996	19
Temperatura * Medio	Coliformes T.	0	1	0	.	.
	Aceites y grasas	3553408.3	1	3553408.333	10.2727	18.51
	Nitrógeno	1.333	1	1.333	0.25	18.51
	pH	0.003	1	0.003	0.1298	18.51
Temperatura * Concentración	Coliformes T.	0	2	0	.	.
	Aceites y grasas	2073050	2	1036525	2.9965	19
	Nitrógeno	2	2	1.000	0.1875	19
	pH	0.052	2	0.026	1.0316	19
Medio * Concentración	Coliformes T.	0	2	0	.	19
	Aceites y grasas	1071716.667	2	535858.333	1.5491	19
	Nitrógeno T	18	2	9	1.6875	19

	pH	0.012	2	0.006	0.237	19
Error	Coliformes T.	0	2	0		
	Aceites y grasas	691816.667	2	345908.333		
	Nitrógeno T	10.667	2	5.333		
	pH	0.05	2	0.025		
Total	Coliformes T.	38.88	12			
	Aceites y grasas	403060700	12			
	Nitrógeno T	9904	12			
	pH	566.673	12			

Nivel de significancia:  $\alpha=0.05$

En el análisis estadístico hay efecto significativo si  $F_t < F_{cal}$ , pudiéndose apreciar solo diferencias significativas en pH y grasas y aceites, para la variable medio (aerobio y anaerobio).

El pH en el medio anaerobio varía desde 6.56 a 6.64 y para el medio aeróbico desde 6.8 a 7.26, valores aceptables según el D.S. N° 010-2008-PRODUCE que establece intervalos de 5 a 9, para determinar cuál de los tratamientos de ambos medios es óptimo en el tratamiento de la sanguaza se escogieron aquellos más próximos a un pH neutro; para el medio anaerobio se estableció el tratamiento *T6 (T-33, Anaerobio, 1:250)* con un pH final de 6.64, en el medio aerobio se estableció *T10 (T-33, Aerobio, 1:1000)* con un pH de 7.09, para un periodo de 24 horas.

Para el contenido de aceites y grasas que se obtuvieron en todos los tratamientos, se observa que sobrepasan los límites máximos permitidos según D.S. N° 010-2008-PRODUCE que establece un valor mínimo de 350 mg/L. Se establecieron los tratamientos con los valores más bajos en el contenido de aceites y grasas, estableciéndose el tratamiento *T9 (T-30, Aerobio, 1:250)* para el medio aerobio y el *T6 (T-33, Anaerobio, 1:250)* en un medio anaeróbico.

No existen diferencias significativas en los valores obtenidos (pH, Coliformes Totales, Aceite y Grasas, y Nitrógeno Total) para la temperatura (30°C y 33°C),

esto debido a que los microorganismos eficaces (EM-1) son diseñadas para ser eficientes a temperatura ambiente y a su vez por que las temperaturas utilizadas se encuentran dentro del intervalo óptimo de crecimiento microbiano. Pudiendo afirmar así que la los microorganismos eficaces (EM-1) pueden ser empleados en la degradación de la carga contaminante a una temperatura de 30°C (temperatura promedio del ambiente de trabajo), ya que el aumento de temperatura no aumenta su efecto en la reducción de la carga contaminante.

Para la dilución (1:250, 1:500 y 1:1000), no se evidencian diferencias significativas en los valores obtenidos (pH, Coliformes Totales, Aceite y Grasas, y Nitrógeno Total), por lo que se puede afirmar que el efecto en la reducción de la carga contaminante no tendrá un aumento significativo al emplear una dilución con mayor concentración de microorganismos eficaces (EM-1) en un periodo de tratamiento de 24 horas.

Las interacciones de los factores temperatura, medio y dilución, no muestran efectos significativos, pudiendo afirmar así que sus interacciones no potencian un mayor efecto en la degradación de la carga contaminante, más si pudiendo tener un efecto aditivo.

Por evaluado anteriormente y considerando todos los tratamientos efectivos en la reducción de los Coliformes Totales, los valores de pH obtenidos para todos los tratamientos se encuentran en un rango aceptable (5-9), el contenido de nitrógeno total no tuvo una consistencia lógica afirmando que el tratamiento con microorganismos eficaces EM-1 no tienen un efecto positivo en su eliminación, considerando así al contenido de aceites y grasas determinante para establecer que el tratamiento *T9 (T-30, Aerobio, 1:250)* es el que obtuvo mayor efecto en la reducción de carga contaminante en periodo de 24 horas.

#### 4.4. Costos para el tratamiento con microorganismos eficaces en efluentes pesqueros.

Se determinaron los costos, considerando la infraestructura actual de la planta pesquera PANAFODS S.A.C., la cual posee 2 pozos de 10 m<sup>3</sup> donde se puede acondicionar un blower de 0.5 hp para brindar la oxigenación, no se consideraron los costos energéticos, ni de acondicionamiento. El volumen de la sanguaza producida se calculó en relación a la producción diaria de 1 TN de sanguaza/ 2 TN de pescado fresco (Castro, 2004), los parámetros del tratamiento se establecieron con respecto al óptimo obtenido considerando al T9 (*T-30, Aerobio, 1:250*). Se obtuvo un costo de S/ 3.2 por litro de EM-1 activado el cual se detalla en la **tabla N°12**.

**Tabla 12.** Costo por litro de microorganismos eficaces EM-1 activado

Insumos	cantidad	Unidad	Costo (S/)
microorganismos eficaces EM-sin activar	1	L	60
Fuente de carbono (melaza)	1	L	4
Agua	18	L	-
Total	20	L	63
<b>Costo/L-EM-1 activado</b>			<b>3.2</b>

El costo del tratamiento por m<sup>3</sup> de sanguaza es de S/. 12.8, pudiendo reducirse si se mantiene un volumen sin descargar del 10% con la finalidad de mantener una carga microbiana activa, la cual aumentaría la eficiencia del tratamiento, ya que esta población seguiría en aumento por ende la capacidad degradativa sería mayor, disminuyendo la aplicación de microorganismos eficaces y considerando 3 aplicaciones (EMRO, 2014):

- **Aplicación de choque:** Se realiza inicialmente para acondicionar los microorganismos eficaces al efluente a tratar la relación es de 1:250 para los microorganismos y el efluente respectivamente.
- **Aplicación de mantenimiento:** Si mantenemos una carga inicial (10%), por lo que su relación sería de 1:750 para los microorganismos y el efluente respectivamente.

Obteniendo costos hasta de S/4.2 / m<sup>3</sup> de sanguaza como se aprecia en la **tabla n°13**. Debido a que el tratamiento no logro disminuir el contenido de aceites y grasas de acuerdo al D.S. N° 010-2008-PRODUCE, se puede emplear trampas de grasas para disminuir su contenido y luego seguir con el tratamiento con microorganismos eficaces EM-1. Prolongar el tiempo del tratamiento.

**Tabla 13.** Costos de tratamiento con EM-1 por m<sup>3</sup> de sanguaza

Tratamiento	Producción diaria (Ton)	Volumen de sanguaza generada (L)	volumen de EM-1 activado requerido (L)	Costo L/EM-1 activado (S/.)	Costo total (S/.)	Costo de tratamiento / m3 de sanguaza
Aplicación de choque	15	7500	30	3.2	96	12.8
Aplicación de mantenimiento	15	7500	10	3.2	32	4.2

## V. CONCLUSIONES

- Las características físicas, químicas y biológicas que presentó la sanguaza proveniente de la empresa PANAFODS S.A.C. fueron: pH = 6.44, Aceites y grasas = 9750 mg/L, Nitrógeno Total = 0.38 mg/L y Coliformes Totales (NMP) =  $2.5 \times 10^4$ .
- El comportamiento de los microorganismos eficaces EM-1 presento una diferencia marcada entre el tipo de medio (anaeróbico y aeróbico): observándose un pH ligeramente alcalino y ácido para los tratamientos aeróbicos y anaeróbicos respectivamente, con una tendencia a presentar un pH acido. Para el Oxígeno disuelto se evidencio un mayor consumo de al aumentar la concentración de microorganismos eficaces EM-1 y la temperatura.
- El tratamiento *T9 (T-30, Aerobio, 1:250)*, obtuvo mejor efecto en la reducción de carga contaminante: 99.9 % para Coliformes Totales, 82% de Aceites y Grasas, 28.95% en Nitrógeno Total y un pH final de 7.13, solo para el contenido de aceite y grasas supero los límites máximos permisibles según el D.S. N° 010-2008-PRODUCE en un periodo de tratamiento de 24 horas.
- Se obtuvo un costo de tratamiento de S/. 12.8/ m<sup>3</sup> de sanguaza, pudiendo tener una reducción a largo plazo de S/4.2/m<sup>3</sup> si se mantiene una carga de microorganismos eficaces activa en el sistema de tratamiento

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Combinar el tratamiento aerobios y anaerobios en una secuencia continua para evaluar su eficiencia en la degradación de la carga contaminante y Nitrógeno Total.
- Evaluar la eficiencia de degradación de la carga contaminante para periodos mayores a 24 horas en sistemas controlados.
- Evaluar el contenido de nitritos y nitratos antes durante y después del tratamiento para determinar la eficiencia de remoción y transformación de compuestos nitrogenados.
- Evaluar la eficiencia de degradación de carga contaminante con un consorcio microbiano nativo de la sanguaza.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, F. (2002). Fundamentos de Ingeniería Bioquímica. Universidad Católica de Valparaíso.
- Álvarez, F. (2000). La situación crítica de la pesquería industrial del Perú y alternativas de solución.
- Bejarano, N., & Escobar, C. (2015). En *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual*. (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá.
- Beltrán, B., & Campos, R. (2016). En *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de jauja* . (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Castro, P. (2004). Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. En *Recuperación de la materia orgánica del agua de cola y su aprovechamiento como fuente de nitrógeno en suelos agrícolas*.
- Dautan, R., Pérez, M., Contreras, A., Marzana, A., & Rincones, B. (1988). En *Diseño y construcción de un reactor discontinuo secuencial para remoción de DBO*. . XXVI Congreso Interamericano de AIDIS, LIMA, PERU Noviembre 1.988Venezuela.
- Echarri, L. (2007). Universidad de Navarra. En *Población, ecología y ambiente*. España.
- Elias, X. (2012). Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Segunda edición. Madrid.
- EPA, E. P. (2008). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. “*Humedales de flujo libre superficial*”. Washington, EE.UU- EU.

- Feijoo. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores.
- Herrera, S., & Robles, C. (2012). En *Efecto de la concentración del consorcio “microorganismos eficaces” EM.1® en el tratamiento de efluentes de una curtiembre del distrito de Moche-Región La Libertad durante el año 2011* . (tesis de pregrado).Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Hoyos. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. Córdoba.
- Lahora, V. (2009). Gestión de aguas del Levante Almeriense. ” *Los humedales artificiales como tratamiento terciario de bajo costo en la depuración de aguas residuales urbanas*”.
- Landeo, G., & Ruiz , A. (2006). Producción de harina de pescado.
- Lara. (2000). “Diseño Estadístico de Experimentos, Análisis de la Varianza y Temas Relacionados: Tratamiento Informático mediante SPSS.” Proyecto.
- Lara, J. (2010). Universidad Politécnica de Cataluña, Instituto. En ” *Depuración de Aguas Residuales Urbanos*”.
- Madigan, M. (2010). *Brock Biología de los Microorganismos*.
- Mendoza, M., & Ramírez, L. (2016). En *Efecto de la concentración de un consorcio microbiano nativo en la degradación de materia orgánica de las aguas residuales del canal de regadío “Santa Rosa”- Distrito de Santa Rosa, Provincia de Chepén, 2015 (tesis de pregrado)* . . Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Metcalf, & Eddy. (2011). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.V1 y V2.

- Miranda, J. (2010). *“Tratamiento Analítico de las Aguas Servidas”*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias y Matemáticas, Chile-CL.
- Motville, T. (2000). *Principios que influyen en el crecimiento, la supervivencia y la muerte microbiana en los alimentos*.
- Pesca Perú. (2015). Composición de sanguaza y agua de bombeo. Composición de sanguaza y agua de bombeo. Departamento de aseguramiento de la calidad. Pesca Perú. U.O 1.Informe, Lima.50p.
- Prescott, L. (2008). *D.A. Microbiología. 7ª Edición, McGraw-Hill. Linteramericana*.
- PRODUCE. (2008). (Ministerio de la Producción) Decreto Supremo N° 010-2008. Guía para la actualización del plan de manejo ambiental para que los titulares de los establecimientos industriales pesqueros alcancen el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LPM).
- Riaño, N. (2007). *Fundamentos de química analítica básica, Análisis cuantitativo*. Editorial Universidad de Caldas. Colombia.
- Romero, T., & Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXVIII (3), 88-100.
- Sánchez, A. (2007). En *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Sánchez, A. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. Instituto Nacional de Ecología- SEMARNAT. México.
- Sandoval, F. (2006). *Según Disminución de la demanda química de oxígeno*. Huajapán de León, MÉXICO.

- Stanier, R. (2005). *Microbiología 2*.
- Swinnem, I. (2004). *Predictive modelling oh the microbial lag phase*.
- Toc, R. (2012). En *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano.U*. Universidad de Zamorano, Honduras.
- Vargas, L. (2006). Tesis de maestría. “*Efecto de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas servidas del C.P Huaripampa-Olleros*”. Huaráz, Perú.
- Calvin, H., Loehr, R., Nyer, E., Pitrowski, M., Thomas, M., Spain, J., ... Norris, R. (1998). *Innovate site remediation technology. Biorremediation. American Academy of Environmental Engineers. USA:William Anderson*.
- Cárdenas, C., & Sánchez, O. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Rev. Univ salud*, 15(1), 72-88.
- Castro, P. (2004). *Recuperación de la materia orgánica del agua de cola y su aprovechamiento como fuente de nitrógeno en suelos agrícolas (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Coronado, C. (2018). *Análisis temporal de parametros físico-químicos de calidad de efluentes en establecimientos industriales pesqueros – bahía del Callao (periodo 2012-2016) (Tesis de pregrado)*.Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Déak, T., Beuchat, L. (1996). *Handbook of Food Spoilage Yeasts*.

- Del Valle, J. & Aguilera, J. (1990). Recovery of liquid By-Products from fish meal factories: A Review. *Process Biochemistry International* (122-131).
- EM Research Organization – EMRO, (2014). EM-Agua Manual de Usos, de microorganismos eficaces para agua residual. Bogotá, Colombia-CO.
- Fioravanti, M., & Vega, N. (2003). Eficiencia de los microorganismos (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su reuso agrícola (Tesis de pregrado). Guácimo, Costa Rica.
- Gómez, G. (1993). Tratamientos anaerobios de las aguas residuales domésticas. Limitaciones y potencialidades. *Revista de ingeniería UNIANDES*, Seminario-Taller sobre Alternativas Tecnológicas para el Tratamiento de Aguas Residuales, Quito, Ecuador.
- Grados, L. (1996). Análisis de Riesgos y Puntos de Control Crítico (HACCP) y su Aplicación Práctica en la Industria de Harina de Pescado. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú
- Krist, K., Ross, T., & McMeekin, T. (1998). Final optical density and growth rate; effects of temperature and NaCl differ from acidity. *International Journal of Food Microbiology*
- Landeo, G.; Ruiz, A. 1996. Producción de harina de pescado. Libro relacionado a la industria de harina de pescado (153).
- Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (1997). *Brock Biology of Microorganisms*.
- Margesin, R. & F. Schimer, (2001). Biorremediation (Natural attenuation and biostimulation) of Diesel – Oil contaminated soil In alpin glacial swing area. *Applied and Environmental Microbiology*.

- Marín, L., Chinga, P., Velásquez, F., González C., & Zambrano, R. (2015). Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (1), pp. 27 – 42
- McMeekin, T., Olley, J., Ross T., & Ratkowsky, D. (1993). *Predictive Microbiology: Theory and Application*. Research Studies Press, Taunton, UK.
- Mendoza, L., & Robles, C. (2000). Utilización de la sanguaza para la producción de bioinsecticida por *Bacillus thuringiensis*. *Revista de Gestión Ambiental: Sociedad Peruana de Gestión Ambiental*, Trujillo Perú.
- Mendoza, M., & Ramírez, L. (2016). Efecto de la concentración de un consorcio microbiano nativo en la degradación de materia orgánica de las aguas residuales del canal de regadío “Santa Rosa”- Distrito de Santa Rosa, Provincia de Chepén, 2015 (Tesis de pregrado).Perú
- Montville, T. (2000). Principios que influyen en el crecimiento, la supervivencia y la muerte microbiana en los alimentos. *Microbiología de los alimentos. Fundamentos and fronteras*. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España (13-30).
- Pavlostathis, S., & Giraldo G. (1991). Kinetics of Anaerobic Treatment: A Critical Review. *En Critical Reviews in Environmental Control*, 21(1) ,411-490.
- Pisabarro, A. (2008). Tratamiento de aguas residuales: Principios y Microbiología del tratamiento de aguas residuales. *Microbiología Industrial*. Grupo de investigación genética y Microbiológica (GENMIC). Departamento de producción Agraria. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.
- Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (1999). *Microbiología*, 4 edición, McGraw-Hill. Interamericana. 114-136

- Ratto, M., Vega, C., & Garrido, T. (1983). Control microbiológico de leche y productos lácteos. Métodos recomendados. Centro Latinoamericano de Enseñanza e Investigación de Bacteriología Alimentaria (CLEIBA). Lima – Perú.
- Robles, C. (2005). Capacidad degradativa de dos consorcios microbianos del desecho pesquero sanguaza contaminante del puerto Malabrigo, Perú (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Rojas, J. A. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería
- Sagan. 2002. Contaminación por Materia Orgánica de Microorganismos. En:  
[Http://Www.Sagan.Cea.Org/Hojared\\_Agua/Paginas/16agua.Html](http://Www.Sagan.Cea.Org/Hojared_Agua/Paginas/16agua.Html).

## ANEXO N°1

### Procedimiento experimental

- Extracción de sanguaza de la empresa pesquera PANAFOD S.A.C.



Pozo de recolección de sanguaza de la empresa.



Se extrajo un volumen de 200 litros el cual se homogenizo y se extrajeron 40 litros para los tratamientos.

- Activación de microorganismos eficaces EM-1



La activación se realizó en un recipiente hermético, con un pH inicial de 4.72

- Puesta en marcha del tratamiento en el biorreactor



Tratamiento de sanguaza con microorganismos eficaces EM-1 llevándose a cabo en biorreactor “SARTORIUS STEDIM BIOTECH”, equipado con sistema de oxigenación, chaqueta de calefacción, sensor de temperatura, electrodos de oxígeno disuelto y pH

## ANEXO N°2

### Datos del comportamiento de microorganismos eficaces pH y OD% para el medio anaeróbico

TIEMPO minutos	Tratamientos											
	1		2		3		4		5		6	
	T-30,Anaerobio,1-1000		T-30,Anaerobio,1-500		T-30,Anaerobio,1-250		T-33,Anaerobio,1-1000		T-33,Anaerobio,1-500		T-33,Anaerobio,1-250	
	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)
0			6.364	20.623	6.461	43.140	6.496		6.493	100.100		
5	6.440	30.029	6.364	20.623	6.461	36.526	6.496	31.679	6.411	113.248		
10	6.451		6.363	22.427	6.454	29.286	6.405	31.799	6.434	101.260		110.081
15	6.462		6.372	19.700	6.448	24.563	6.427	30.814	6.425	80.297	6.484	109.651
20	6.477		6.386	16.891	6.451	20.742	6.429	27.889	6.427	70.623	6.482	100.796
25	6.491	39.873	6.402	14.888	6.460	17.566	6.439	24.306	6.438	62.135	6.491	91.546
30	6.505	39.758	6.419	13.673	6.472	14.882	6.451	21.184	6.456	55.104	6.507	83.491
35	6.516	38.750	6.429	13.249	6.478	13.098	6.464	18.635	6.473	48.508	6.523	77.159
40	6.528	37.366	6.439	13.249	6.487	12.315	6.479	16.905	6.489	43.314	6.539	72.176
45	6.543	37.366	6.452	13.249	6.495	11.531	6.494	15.612	6.504	39.328	6.554	67.643
50	6.556	37.356	6.462	13.249	6.503	11.498	6.509	14.604	6.518	36.144	6.568	63.132
55	6.569	36.971	6.472	13.249	6.511	11.465	6.523	13.932	6.532	33.599	6.582	58.898
60	6.582	28.765	6.483	13.249	6.520	11.432	6.535	13.401	6.545	31.445	6.594	54.845
65	6.595	28.549	6.494	13.249	6.528	11.399	6.546	13.011	6.556	29.804	6.605	50.951
70	6.605	28.333	6.504	13.249	6.536	11.366	6.558	12.671	6.565	28.370	6.615	47.331
75	6.606	28.118	6.515	13.249	6.544	11.333	6.567	12.351	6.574	27.147	6.625	43.900
80	6.608	27.902	6.526	13.249	6.553	11.300	6.575	12.096	6.583	26.031	6.633	40.473

85	6.609	27.686	6.536	13.249	6.562	11.268	6.583	11.836	6.591	25.078	6.640	37.435
90	6.610	27.471	6.547	13.249	6.563	11.235	6.589	11.655	6.598	24.211	6.646	34.584
95	6.612	27.255	6.558	13.249	6.563	11.202	6.596	11.526	6.604	23.335	6.652	31.922
100	6.613	27.039	6.568	13.249	6.564	11.169	6.603	11.297	6.609	22.670	6.658	29.634
105	6.615	26.824	6.579	13.249	6.564	11.136	6.608	11.185	6.614	22.025	6.663	27.333
110	6.616	26.608	6.590	13.249	6.565	11.103	6.613	11.155	6.619	21.395	6.667	25.099
115	6.618	26.392	6.602	13.249	6.565	11.070	6.616	10.947	6.623	20.895	6.671	23.088
120	6.619	26.177	6.602	13.249	6.566	11.037	6.619	10.721	6.626	20.540	6.673	21.141
125	6.621	25.961	6.603	13.249	6.566	11.004	6.624	10.527	6.628	20.130	6.676	19.296
130	6.621	25.780	6.604	13.249	6.567	10.971	6.626	10.429	6.630	19.640	6.679	17.578
135	6.624	25.532	6.604	13.249	6.567	10.938	6.628	10.381	6.632	19.250	6.680	16.190
140	6.626	25.262	6.605	13.249	6.568	10.905	6.630	10.285	6.635	19.020	6.680	14.827
145	6.627	25.058	6.606	13.249	6.568	10.872	6.632	10.177	6.637	18.725	6.683	13.512
150	6.627	24.939	6.606	13.249	6.569	10.839	6.635	10.045	6.638	18.435	6.686	12.437
155			6.607	13.249	6.569	10.806	6.637	10.074	6.639	18.195	6.688	11.310
160			6.608	13.249	6.570	10.774	6.638	9.992	6.640	17.920	6.688	10.195
165	6.629	24.410	6.608	13.249	6.570	10.741	6.638	9.880	6.640	17.705	6.690	9.147
170	6.630	24.282	6.609	13.249	6.571	10.708	6.638	9.836	6.642	17.460	6.689	8.213
175	6.631	24.193	6.610	13.249	6.572	10.675	6.638	10.448	6.643	17.230	6.689	7.162
180	6.631	24.035	6.610	13.249	6.572	10.642	6.638	10.421	6.643	17.035	6.690	6.244
185			6.611	13.249	6.573	10.609	6.638	10.394	6.644	16.765	6.691	5.258
190			6.612	13.249	6.573	10.576	6.638	10.368	6.644	16.520	6.690	4.472
195	6.631	23.833	6.612	13.249	6.574	10.543	6.637	10.341	6.644	16.375	6.690	3.618
200	6.631	23.748	6.613	13.249	6.574	10.510	6.637	10.315	6.644	16.245	6.691	2.603
205	6.629	23.714	6.614	13.249	6.575	10.477	6.637	10.288	6.645	16.110	6.691	1.892
210	6.626	23.658	6.614	13.249	6.575	10.444	6.637	10.261	6.646	15.980	6.690	1.242
215	6.624	23.628	6.615	13.409	6.576	10.411	6.637	10.235	6.645	15.810	6.690	0.448
220	6.624	23.577	6.615	12.399	6.576	10.378	6.637	10.208	6.645	15.715	6.690	0.448

225	6.626	23.523	6.616	12.327	6.577	10.345	6.637	10.182	6.645	15.660	6.689	0.448
230	6.625	23.373	6.617	12.218	6.577	10.312	6.637	10.155	6.645	15.560	6.690	0.448
235	6.622	23.267	6.617	12.081	6.578	10.280	6.637	10.128	6.646	15.480	6.689	0.448
240	6.624	23.133	6.618	11.956	6.578	10.247	6.637	10.102	6.647	15.455	6.690	0.448
245	6.626	22.932	6.620	11.932	6.579	10.214	6.637	10.075	6.647	15.375	6.689	0.448
250	6.627	22.818	6.621	11.537	6.579	10.181	6.637	10.049	6.647	15.305	6.688	0.448
255			6.621	11.338	6.580	10.148	6.637	10.022	6.646	15.245	6.688	0.448
260	6.626	22.646	6.622	11.140	6.580	10.115	6.637	9.995	6.646	15.165	6.688	0.448
265	6.626	22.550	6.622	10.941	6.581	10.082	6.637	9.969	6.646	15.050	6.688	0.448
270	6.627	22.450	6.621	10.742	6.581	10.049	6.637	9.942	6.646	14.970	6.689	0.448
275	6.628	22.319	6.621	10.543	6.582	10.016	6.637	9.916	6.646	14.965	6.688	0.448
280	6.627	22.276	6.620	10.345	6.582	9.983	6.637	9.889	6.646	14.915	6.687	0.448
285			6.620	10.146	6.583	9.950	6.637	9.862	6.645	14.900	6.686	0.448
290			6.620	9.947	6.583	9.917	6.638	9.836	6.645	14.805	6.686	0.448
295	6.624	22.029	6.620	9.749	6.584	9.884	6.639	9.809	6.645	14.660	6.687	0.448
300	6.624	21.956	6.620	9.550	6.584	9.851	6.639	9.783	6.645	14.740	6.686	0.448
305	6.623	21.830	6.620	9.431	6.585	9.818	6.639	9.756	6.646	14.755	6.684	0.448
310	6.623	21.735	6.620	9.421	6.585	9.785	6.641	9.730	6.646	14.735	6.683	0.448
315			6.620	9.411	6.586	9.753	6.640	9.703	6.645	14.770	6.682	0.448
320			6.620	9.401	6.586	9.720	6.639	9.676	6.644	14.645	6.683	0.448
325	6.623	21.615	6.620	9.391	6.587	9.687	6.639	9.650	6.643	14.660	6.682	0.448
330	6.622	21.560	6.620	9.381	6.587	9.654	6.639	9.623	6.646	14.760	6.682	0.448
335	6.622	21.416	6.620	9.371	6.588	9.621	6.642	9.597	6.647	14.760	6.681	0.448
340	6.622	21.309	6.620	9.361	6.588	9.588	6.642	9.570	6.645	14.740	6.680	0.448
345	6.623	21.310	6.620	9.351	6.589	9.555	6.640	9.543	6.644	14.790	6.681	0.448
350			6.620	9.341	6.589	9.522	6.641	9.517	6.644	14.825	6.681	0.448
355	6.622	21.118	6.620	9.331	6.590	9.489	6.640	9.490	6.644	14.760	6.682	0.448
360	6.621	20.949	6.620	9.321	6.590	9.456	6.639	9.464	6.643	14.710	6.681	0.448

365	6.622	20.869	6.620	9.311	6.591	9.423	6.639	9.437	6.644	14.740	6.680	0.448
370	6.621	20.714	6.620	9.301	6.591	9.390	6.640	9.410	6.643	14.805	6.679	0.448
375	6.620	20.622	6.620	9.291	6.592	9.357	6.640	9.384	6.642	14.855	6.678	0.448
380			6.620	9.281	6.592	9.324	6.639	9.357	6.643	14.855	6.679	0.448
385	6.621	20.536	6.620	9.271	6.593	9.291	6.638	9.347	6.644	14.790	6.680	0.448
390	6.620	20.466	6.620	9.261	6.593	9.259	6.639	9.299			6.680	0.448
395	6.619	20.402	6.620	9.251	6.594	9.226	6.639	9.331	6.642	14.870	6.681	0.448
400	6.619	20.404	6.620	9.241	6.594	9.193	6.638	9.236	6.643	14.945	6.680	0.448
405	6.619	20.332	6.620	9.231	6.595	9.160	6.639	9.234	6.643	14.960	6.679	0.448
410			6.620	9.221	6.595	9.127	6.637	9.201	6.644	14.945	6.679	0.448
415	6.616	20.283	6.619	9.211	6.596	9.094	6.638	9.135	6.644	15.010	6.679	0.448
420	6.615	20.196	6.619	9.201	6.596	9.061	6.638	9.120	6.643	15.045	6.677	0.448
425	6.614	20.098	6.619	9.191	6.597	9.028	6.638	9.055	6.643	15.060	6.677	0.448
430	6.615	20.059	6.619	9.181	6.597	8.995	6.638	9.020	6.642	15.095	6.679	0.448
435	6.614	19.996	6.619	9.171	6.598	8.962	6.638	9.099	6.641	15.145	6.678	0.448
440			6.619	9.161	6.598	8.929	6.637	9.136	6.642	15.125	6.676	0.448
445	6.613	19.847	6.619	9.151	6.599	8.896	6.637	9.046	6.644	15.105	6.676	0.448
450	6.614	19.813	6.619	9.141	6.599	8.863	6.637	9.044	6.644	15.140	6.677	0.448
455	6.614	19.773	6.619	9.131	6.600	8.830	6.637	8.991	6.643	15.190	6.678	0.448
460	6.613	19.707	6.619	9.121	6.600	8.797	6.637	8.939	6.642	15.270	6.676	0.448
465	6.612	19.629	6.619	9.111	6.601	8.765	6.636	8.911	6.640	15.370	6.675	0.448
470			6.619	9.101	6.601	8.732	6.637	8.894	6.641	15.385	6.675	0.448
475	6.611	19.558	6.619	9.091	6.602	8.699	6.636	8.911	6.641	15.449	6.676	0.448
480	6.610	19.536	6.619	9.081	6.602	8.666	6.634	8.781	6.641	15.451	6.674	0.448
485	6.610	19.500	6.619	9.071	6.603	8.633	6.635	8.779	6.641	15.464	6.673	0.448
490	6.611	19.413	6.619	9.061	6.603	8.600	6.636	8.796	6.641	15.515	6.674	0.448
495	6.610	19.320	6.619	9.051	6.604	8.567	6.636	8.735	6.640	15.544	6.673	0.448
500			6.619	9.041	6.604	8.534	6.635	8.735	6.640	15.625	6.673	0.448

505	6.608	19.223	6.619	9.031	6.605	8.501	6.635	8.715	6.640	15.640	6.674	0.448
510	6.607	19.190	6.619	9.021	6.605	8.468	6.635	8.749	6.641	15.690	6.675	0.448
515	6.608	19.128	6.619	9.011	6.606	8.435	6.636	8.785	6.641	15.760	6.674	0.448
520	6.609	19.085	6.619	9.001	6.606	8.402	6.635	8.735	6.640	15.840	6.675	0.448
525	6.607	19.018	6.619	8.991	6.607	8.369	6.636	8.794	6.641	15.855	6.675	0.448
530			6.619	8.981	6.607	8.336	6.636	8.767	6.640	15.870	6.675	0.448
535	6.606	18.851	6.619	8.971	6.608	8.303	6.635	8.734	6.638	15.920	6.674	0.448
540	6.607	18.790	6.619	8.961	6.608	8.271	6.634	8.830	6.639	15.970	6.673	0.448
545	6.606	18.790	6.619	8.951	6.609	8.238	6.634	8.766	6.639	15.950	6.672	0.448
550	6.607	18.743	6.619	8.941	6.609	8.205	6.635	8.784	6.639	15.870	6.672	0.448
555	6.606	18.689	6.619	8.931	6.610	8.172	6.634	8.786	6.640	15.999	6.673	0.448
560			6.619	8.921	6.610	8.139	6.634	8.749	6.640	16.125	6.672	0.448
565			6.619	8.911	6.611	8.106	6.634	8.701	6.639	16.140	6.672	0.448
570	6.604	18.550	6.619	8.901	6.611	8.073	6.633	8.585	6.639	16.225	6.672	0.448
575	6.603	18.445	6.619	8.891	6.612	8.040	6.634	8.634	6.639	16.245	6.671	0.448
580	6.604	18.376	6.619	8.881	6.612	8.007	6.633	8.700	6.640	16.240	6.673	0.448
585	6.603	18.330	6.619	8.871	6.612	7.974	6.635	8.700	6.638	16.369	6.672	0.448
590	6.602	18.302	6.619	8.861	6.612	7.941	6.634	8.685	6.639	16.440	6.671	0.448
595			6.619	8.851	6.612	7.908	6.633	8.655	6.639	16.425	6.669	0.448
600	6.603	18.281	6.618	8.841	6.612	7.875	6.634	8.704	6.637	16.460	6.671	0.448
605	6.602	18.156	6.618	8.831	6.612	7.842	6.633	8.721	6.637	16.470	6.672	0.448
610	6.602	18.067	6.618	8.821	6.612	7.809	6.632	8.655	6.639	16.545	6.672	0.448
615	6.602	18.032	6.618	8.811	6.612	7.776	6.632	8.655	6.639	16.625	6.671	0.448
620	6.601	17.978	6.618	8.801	6.612	7.744	6.631	8.655	6.638	16.610	6.671	0.448
625			6.618	8.791	6.612	7.711	6.631	8.704	6.638	16.600	6.671	0.448
630	6.601	17.983	6.618	8.781	6.612	7.678	6.632	8.657	6.639	16.645	6.669	0.448
635	6.601	17.917	6.618	8.771	6.612	7.645	6.631	8.496	6.639	16.705	6.670	0.448
640	6.601	17.877	6.618	8.761	6.612	7.612	6.631	8.573	6.637	16.790	6.670	0.448

645	6.598	17.831	6.618	8.751	6.612	7.579	6.632	8.622	6.636	16.825	6.669	0.448
650	6.599	17.766	6.618	8.741	6.612	7.546	6.632	8.618	6.637	16.919	6.670	0.448
655			6.618	8.731	6.612	7.513	6.630	8.607	6.637	17.095	6.670	0.448
660	6.599	17.638	6.617	8.721	6.612	7.480	6.630	8.525	6.637	17.115	6.670	0.448
665	6.599	17.644	6.617	8.711	6.612	7.447	6.632	8.506	6.636	17.065	6.670	0.448
670	6.598	17.536	6.617	8.701	6.612	7.414	6.632	8.583	6.637	17.095	6.670	0.448
675	6.598	17.439	6.617	8.691	6.612	7.381	6.631	8.700	6.636	17.080	6.668	0.448
680	6.598	17.379	6.617	8.681	6.612	7.348	6.630	8.715	6.636	17.189	6.667	0.448
685			6.617	8.671	6.612	7.315	6.630	8.637	6.636	17.370	6.668	0.448
690	6.597	17.344	6.617	8.661	6.612	7.282	6.631	8.604	6.635	17.435	6.668	0.448
695	6.596	17.327	6.617	8.651	6.612	7.250	6.631	8.685	6.634	17.465	6.668	0.448
700	6.597	17.324	6.617	8.641	6.612	7.217	6.630	8.715	6.635	17.435	6.668	0.448
705	6.597	17.239	6.617	8.631	6.612	7.184	6.631	8.607	6.636	17.355	6.668	0.448
710	6.597	17.166	6.617	8.621	6.612	7.151	6.630	8.558	6.635	17.369	6.669	0.448
715			6.617	8.611	6.612	7.118	6.630	8.576	6.636	17.385	6.667	0.448
720	6.596	17.098	6.617	8.601	6.612	7.085	6.629	8.539	6.634	17.370	6.667	0.448
725	6.594	17.026	6.617	8.591	6.612	7.052	6.628	8.585	6.634	17.435	6.669	0.448
730	6.595	16.867	6.616	8.581	6.612	7.019	6.629	8.600	6.635	17.480	6.669	0.448
735	6.595	16.876	6.616	8.571	6.612	6.986	6.628	8.556	6.636	17.565	6.667	0.448
740	6.595	16.911	6.616	8.561	6.612	6.953	6.628	8.525	6.637	17.665	6.667	0.448
745			6.616	8.551	6.612	6.920	6.629	8.589	6.635	17.705	6.667	0.448
750	6.595	16.839	6.616	8.541	6.612	6.887	6.629	8.606	6.633	17.765	6.667	0.448
755	6.594	16.803	6.616	8.531	6.612	6.854	6.629	8.570	6.634	17.855	6.667	0.448
760	6.595	16.710	6.616	8.521	6.612	6.821	6.628	8.521	6.634	17.974	6.666	0.448
765	6.595	16.666	6.616	8.511	6.612	6.788	6.628	8.490	6.634	18.050	6.666	0.448
770	6.594	16.583	6.616	8.501	6.612	6.756	6.630	8.539	6.634	17.985	6.666	0.448
775			6.616	8.491	6.612	6.723	6.628	8.575	6.634	17.990	6.667	0.448
780	6.595	16.544	6.616	8.481	6.612	6.690	6.627	8.546	6.633	18.115	6.665	0.448

785	6.594	16.540	6.616	8.471	6.612	6.657	6.628	8.510	6.633	18.160	6.665	0.448
790	6.592	16.469	6.616	8.461	6.612	6.624	6.627	8.588	6.633	18.224	6.664	0.448
795	6.593	16.429	6.616	8.451	6.613	6.591	6.627	8.704	6.633	18.290	6.665	0.448
800	6.592	16.339	6.616	8.441	6.613	6.558	6.626	8.627	6.634	18.354	6.664	0.448
805			6.616	8.431	6.613	6.525	6.627	8.652	6.634	18.405	6.664	0.448
810	6.590	16.295	6.616	8.421	6.613	6.492	6.627	8.673	6.632	18.340	6.664	0.448
815	6.589	16.253	6.616	8.411	6.613	6.459	6.628	8.618	6.633	18.419	6.665	0.448
820	6.590	16.168	6.616	8.401	6.613	6.426	6.628	8.685	6.634	18.485	6.664	0.448
825	6.591	16.156	6.616	8.391	6.613	6.393	6.627	8.650	6.633	18.534	6.665	0.448
830	6.590	16.102	6.616	8.381	6.613	6.360	6.626	8.728	6.632	18.650	6.664	0.448
835			6.616	8.371	6.613	6.327	6.627	8.801	6.632	18.630	6.663	0.448
840			6.616	8.361	6.613	6.294	6.627	8.706	6.633	18.630	6.662	0.448
845	6.591	15.972	6.616	8.351	6.614	6.262	6.626	8.704	6.632	18.615	6.663	0.448
850	6.591	15.895	6.616	8.341	6.614	6.229	6.627	8.799	6.631	18.679	6.664	0.448
855	6.590	15.856	6.616	8.331	6.614	6.196	6.626	8.879	6.632	18.830	6.663	0.448
860	6.591	15.824	6.616	8.311	6.614	6.163	6.627	8.959	6.632	18.845	6.662	0.448
865			6.616	8.301	6.614	6.130	6.626	8.926	6.632	18.870	6.663	0.448
870			6.616	8.288	6.614	6.097	6.626	8.831	6.632	19.019	6.663	0.448
875	6.589	15.740	6.616	8.275	6.614	6.064	6.626	8.878	6.630	19.021	6.662	0.448
880	6.590	15.709	6.616	8.262	6.614	6.031	6.626	8.911	6.631	18.935	6.661	0.448
885	6.589	15.703	6.616	8.249	6.614	5.998	6.627	8.894	6.631	19.049	6.662	0.448
890	6.589	15.608	6.616	8.236	6.614	5.965	6.628	8.959	6.632	19.065	6.662	0.448
895	6.589	15.557	6.616	8.223	6.614	5.932	6.627	9.005	6.632	19.099	6.662	0.448
900			6.616	8.210	6.614	5.899	6.627	9.020	6.630	19.279	6.661	0.448
905	6.588	15.472	6.616	8.197	6.614	5.866	6.627	9.069	6.629	19.310	6.662	0.448
910	6.588	15.488	6.616	8.184	6.614	5.866	6.629	9.028	6.631	19.310	6.661	0.448
915	6.588	15.420	6.616	8.171	6.614	5.866	6.629	8.974	6.632	19.340	6.660	0.448
920	6.587	15.403	6.616	8.148	6.614	5.866	6.627	8.957	6.631	19.370	6.661	0.448

925	6.588	15.350	6.616	8.139	6.614	5.866	6.628	8.924	6.632	19.345	6.660	0.448
930			6.615	8.124	6.614	5.866	6.627	9.023	6.631	19.265	6.661	0.448
935	6.588	15.332	6.615	8.110	6.614	5.866	6.628	9.056	6.631	19.339	6.661	0.448
940	6.588	15.312	6.615	8.095	6.614	5.866	6.628	9.039	6.630	19.370	6.660	0.448
945	6.586	15.279	6.615	8.081	6.614	5.866	6.628	9.075	6.631	19.454	6.658	0.448
950	6.585	15.225	6.615	8.067	6.614	5.866	6.627	9.148	6.630	19.535	6.659	0.448
955	6.585	15.182	6.615	8.052	6.614	5.866	6.627	9.229	6.630	19.500	6.659	0.448
960			6.615	8.038	6.614	5.866	6.627	9.158	6.631	19.550	6.659	0.448
965	6.586	15.184	6.615	8.023	6.614	5.866	6.626	9.182	6.631	19.535	6.659	0.448
970	6.587	15.099	6.615	8.009	6.614	5.866	6.627	9.295	6.632	19.569	6.658	0.448
975	6.585	15.022	6.615	7.994	6.612	5.865	6.626	9.358	6.631	19.665	6.658	0.448
980	6.584	15.006	6.615	7.980	6.612	5.926	6.626	9.489	6.631	19.645	6.657	0.448
985	6.585	14.940	6.615	7.966	6.611	5.890	6.626	9.569	6.632	19.625	6.658	0.448
990			6.615	7.951	6.612	5.872	6.625	9.619	6.631	19.675	6.658	0.448
995	6.584	14.968	6.615	7.937	6.611	5.872	6.625	9.689	6.631	19.745	6.658	0.448
1000	6.583	14.866	6.615	7.922	6.612	5.872	6.625	9.628	6.632	19.715	6.658	0.448
1005	6.585	14.765	6.615	7.908	6.611	5.872	6.624	9.588	6.631	19.685	6.658	0.448
1010	6.586	14.720	6.615	7.893	6.611	5.872	6.625	9.719	6.632	19.710	6.657	0.448
1015	6.585	14.738	6.615	7.879	6.611	5.872	6.625	9.770	6.634	19.770	6.658	0.448
1020			6.615	7.865	6.611	5.872	6.624	9.736	6.634	19.825	6.657	0.448
1025	6.584	14.734	6.615	7.850	6.611	5.872	6.624	9.763	6.632	19.875	6.657	0.448
1030	6.584	14.631	6.615	7.836	6.611	5.872	6.623	9.864	6.632	19.841	6.657	0.448
1035	6.584	14.585	6.615	7.821	6.611	5.872	6.622	9.915	6.632	19.899	6.656	0.448
1040	6.583	14.600	6.615	7.797	6.610	5.872	6.623	9.959	6.632	20.110	6.656	0.448
1045	6.583	14.552	6.615	7.786	6.610	5.872	6.624	9.946	6.631	20.180	6.655	0.448
1050			6.615	7.770	6.610	5.872	6.623	9.978	6.632	20.135	6.656	0.448
1055	6.582	14.464	6.615	7.754	6.610	5.872	6.624	10.031	6.633	20.120	6.657	0.448
1060	6.582	14.503	6.615	7.738	6.610	5.872	6.622	10.029	6.632	20.165	6.656	0.448

1065	6.582	14.455	6.615	7.722	6.610	5.872	6.623	10.075	6.631	20.210	6.655	0.448
1070	6.581	14.399	6.615	7.706	6.610	5.872	6.625	10.105	6.630	20.275	6.655	0.448
1075	6.582	14.336	6.615	7.691	6.610	5.872	6.624	10.105	6.631	20.389	6.657	0.448
1080			6.615	7.675	6.609	5.872	6.623	10.138	6.630	20.490	6.656	0.448
1085	6.581	14.349	6.615	7.659	6.609	5.872	6.624	10.156	6.631	20.490	6.655	0.448
1090	6.582	14.293	6.615	7.603	6.609	5.872	6.623	10.222	6.630	20.525	6.655	0.448
1095	6.582	14.199	6.615	7.607	6.609	5.872	6.623	10.248	6.628	20.525	6.656	0.448
1100	6.580	14.223	6.615	7.588	6.609	5.872	6.623	10.208	6.629	20.505	6.654	0.448
1105	6.579	14.197	6.615	7.569	6.609	5.872	6.622	10.274	6.628	20.525	6.653	0.448
1110			6.615	7.550	6.609	5.872	6.623	10.198	6.628	20.560	6.654	0.448
1115			6.615	7.530	6.608	5.872	6.624	10.144	6.629	20.620	6.653	0.448
1120	6.579	14.033	6.615	7.511	6.608	5.872	6.623	10.258	6.628	20.665	6.654	0.448
1125	6.579	14.014	6.615	7.492	6.608	5.872	6.622	10.393	6.628	20.685	6.654	0.448
1130	6.578	14.033	6.615	7.473	6.608	5.872	6.623	10.431	6.627	20.670	6.655	0.448
1135	6.579	14.007	6.615	7.444	6.608	5.872	6.622	10.429	6.628	20.670	6.654	0.448
1140			6.615	7.424	6.608	5.872	6.623	10.508	6.629	20.735	6.654	0.448
1145			6.615	7.402	6.608	5.872	6.622	10.512	6.628	20.780	6.653	0.448
1150	6.579	13.870	6.615	7.380	6.608	5.872	6.622	10.537	6.628	20.830	6.655	0.448
1155	6.579	13.790	6.615	7.358	6.607	5.872	6.623	10.591	6.629	20.930	6.655	0.448
1160	6.578	13.777	6.615	7.336	6.607	5.872	6.624	10.560	6.629	20.905	6.656	0.448
1165	6.578	13.756	6.615	7.313	6.607	5.872	6.624	10.623	6.627	20.845	6.655	0.448
1170	6.578	13.772	6.615	7.291	6.607	5.872	6.623	10.593	6.628	20.860	6.656	0.448
1175			6.615	7.269	6.607	5.872	6.623	10.601	6.627	20.880	6.656	0.448
1180	6.578	13.767	6.615	7.247	6.607	5.872	6.623	10.797	6.629	20.945	6.655	0.448
1185	6.576	13.730	6.615	7.225	6.607	5.872	6.624	10.803	6.628	20.940	6.654	0.448
1190	6.576	13.650	6.615	7.203	6.606	5.872	6.624	10.783	6.628	20.905	6.654	0.448
1195	6.577	13.633	6.614	7.180	6.606	5.872	6.623	10.802	6.628	20.960	6.655	0.448
1200	6.577	13.644	6.614	7.158	6.606	5.872	6.622	10.798	6.628	20.980	6.656	0.448

1205			6.614	7.136	6.606	5.872	6.623	10.850	6.629	20.965	6.656	0.448
1210	6.578	13.589	6.614	7.114	6.606	5.872	6.623	10.927	6.628	20.965	6.654	0.448
1215	6.577	13.623	6.614	7.092	6.606	5.872	6.623	10.976	6.628	21.064	6.654	0.448
1220	6.576	13.592	6.614	7.069	6.606	5.872	6.622	11.022	6.628	21.120	6.654	0.448
1225	6.574	13.597	6.613	7.047	6.606	5.872	6.622	11.124	6.628	21.005	6.654	0.448
1230	6.573	13.620	6.612	7.025	6.605	5.872	6.622	11.063	6.629	21.054	6.655	0.448
1235	6.571	13.663	6.611	7.003	6.605	5.872	6.622	11.119	6.629	21.170	6.654	0.448
1240	6.570	13.703	6.611	6.981	6.605	5.872	6.623	11.284	6.628	21.120	6.653	0.448
1245	6.570	13.663	6.610	6.958	6.605	5.872	6.622	11.334	6.627	21.040	6.653	0.448
1250	6.570	13.636	6.610	6.936	6.605	5.872	6.621	11.591	6.628	21.010	6.653	0.448
1255			6.609	6.914	6.605	5.872	6.621	11.585	6.627	21.040	6.653	0.448
1260	6.567	13.618	6.609	6.892	6.605	5.872	6.621	11.459	6.628	21.149	6.653	0.448
1265	6.568	13.617	6.608	6.870	6.605	5.872	6.620	11.610	6.627	21.136	6.653	0.448
1270	6.567	13.613	6.596	6.847	6.604	5.872	6.621	11.671	6.626	21.040	6.652	0.448
1275	6.566	13.596	6.597		6.604	5.872	6.620	11.767	6.626	21.134	6.652	0.448
1280	6.564	13.567	6.596	6.686	6.604	5.872	6.620	11.836	6.627	21.200	6.652	0.448
1285			6.594	6.700	6.604	5.872	6.619	11.905	6.627	21.170	6.652	0.448
1290	6.564	13.493	6.593	6.747	6.604	5.872	6.619	11.974	6.627	21.170	6.652	0.448
1295	6.562	13.517	6.592	6.777	6.604	5.872	6.619	12.044	6.627	21.155	6.652	0.448
1300	6.563	13.425	6.591	6.808	6.604	5.872	6.619	12.113	6.628	21.135	6.651	0.448
1305	6.564	13.392	6.590	6.838	6.603	5.872	6.619	12.182	6.628	21.150	6.651	0.448
1310	6.564	13.310	6.589	6.869	6.603	5.872	6.619	12.251	6.627	21.200	6.651	0.448
1315			6.588	6.899	6.603	5.872	6.619	12.321	6.627	21.265	6.651	0.448
1320	6.562	13.316	6.587	6.929	6.603	5.872	6.619	12.390	6.628	21.265	6.651	0.448
1325	6.562	13.302	6.586	6.956	6.603	5.872	6.619	12.459	6.629	21.250	6.651	0.448
1330	6.562	13.247	6.585	6.986	6.603	5.872	6.619	12.528	6.628	21.349	6.650	0.448
1335	6.561	13.190	6.584	7.015	6.603	5.872	6.618	12.598	6.627	21.346	6.650	0.448
1340	6.561	13.173	6.583	7.045	6.603	5.872	6.618	12.667	6.629	21.230	6.650	0.448

1345			6.582	7.075	6.602	5.872	6.618	12.736	6.629	21.215	6.650	0.448
1350	6.561	13.079	6.581	7.104	6.602	5.872	6.618	12.805	6.628	21.185	6.650	0.448
1355	6.560	13.086	6.580	7.134	6.602	5.872	6.618	12.875	6.627	21.185	6.649	0.448
1360	6.561	13.067	6.579	7.163	6.602	5.872	6.618	12.944	6.626	21.324	6.649	0.448
1365	6.562	13.020	6.578	7.193	6.602	5.872	6.618	13.013	6.626	21.311	6.649	0.448
1370			6.577	7.223	6.602	5.872	6.618	13.082	6.626	21.301	6.649	0.448
1375	6.560	12.967	6.576	7.252	6.602	5.872	6.618	13.152	6.626	21.309	6.649	0.448
1380	6.561	12.964	6.575	7.282	6.601	5.872	6.618	13.221	6.625	21.317	6.649	0.448
1385	6.560	12.943	6.574	7.312	6.601	5.872	6.617	13.290	6.625	21.325	6.648	0.448
1390	6.563	12.896	6.573	7.341	6.601	5.872	6.617	13.359	6.625	21.333	6.648	0.448
1395	6.563	12.832	6.572	7.371	6.601	5.872	6.617	13.429	6.624	21.341	6.648	0.448
1400	6.561	12.826	6.571	7.400	6.601	5.872	6.617	13.498	6.624	21.349	6.648	0.448
1405	6.562	12.729	6.570	7.430	6.601	5.872	6.617	13.567	6.624	21.356	6.648	0.448
1410	6.562	12.686	6.569	7.460	6.601	5.872	6.617	13.636	6.623	21.364	6.647	0.448
1415	6.561	12.699	6.568	7.489	6.601	5.872	6.617	13.706	6.623	21.372	6.647	0.448
1420	6.562	12.619	6.567	7.519	6.600	5.872	6.617	13.775	6.623	21.380	6.647	0.448
1425	6.561	12.588	6.566	7.549	6.600	5.872	6.617	13.844	6.622	21.388	6.647	0.448
1430	6.560	12.661	6.565	7.578	6.600	5.872	6.617	13.913	6.622	21.396	6.647	0.448
1435	6.561	12.622	6.564	7.608	6.600	5.872	6.616	13.983	6.622	21.404	6.647	0.448
1440	6.562	12.531	6.563	7.638	6.600	5.872	6.616	14.052	6.621	21.412	6.646	0.448

**Datos del comportamiento de microorganismos eficaces pH y OD% para el medio aeróbico**

Tratamientos												
TIEMPO minutos	7 T-30, Aerobio,1-1000		8 T-30, Aerobio,1-500		9 T-30, Aerobio,1-250		10 T-33, Aerobio,1-1000		11 T-33, Aerobio,1-500		12 T-33, Aerobio,1-250	
	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)	PH	OD (%)
0			6.636	100.040	6.661	36.000	6.635	46.520	6.877	9.460	6.998	14.200
5	6.871	80.668	6.711		6.718	47.657	6.689	38.589	6.961	20.277	7.004	14.000
10	7.117	75.436	6.914		6.813	50.738	6.774	29.114	7.038	20.264	7.021	13.750
15	7.299	76.426	7.091		6.892	43.326	6.841	24.485	7.045	21.649	7.048	16.024
20	7.430	77.007	7.235	70.350	6.966	39.287	6.904	23.780	7.030	30.352	7.079	23.317
25	7.525	76.559	7.341	73.360	7.032	39.002	6.965	27.436	7.039	40.178	7.114	31.373
30	7.596	75.434	7.426	73.610	7.091	41.570	7.022	33.041	7.067	48.380	7.150	38.949
35	7.631	75.759	7.494	73.440	7.143	45.645	7.072	38.044	7.103	54.521	7.182	45.960
40	7.640	76.240	7.551	73.095	7.188	49.248	7.118	42.248	7.141	59.262	7.213	51.938
45	7.648	75.939	7.600	72.875	7.229	51.680	7.163	45.740	7.179	63.156	7.240	56.920
50	7.654	75.506	7.641	72.900	7.267	53.385	7.202	48.453	7.216	65.951	7.265	60.850
55	7.659	75.701	7.676	73.110	7.301	54.657	7.237	50.332	7.249	68.276	7.288	64.199
60	7.667	76.276	7.707	73.617	7.331	55.776	7.270	51.832	7.277	70.303	7.310	66.862
65	7.674	77.109	7.731	74.000	7.360	56.735	7.298	53.048	7.304	72.105	7.332	68.726
70	7.681	77.531	7.751	74.510	7.387	57.365	7.321	54.046	7.350	73.567	7.350	70.082
75	7.688	78.291	7.770	74.845	7.412	57.840	7.344	54.753	7.350	74.646	7.366	71.332
80	7.693	78.922	7.788	75.140	7.434	58.408	7.364	55.266	7.369	75.498	7.383	72.612
85	7.697	79.688	7.805	75.390	7.454	58.910	7.382	55.756	7.387	76.399	7.398	73.225
90	7.703	80.617	7.817	75.610	7.474	59.430	7.399	56.531	7.404	77.392	7.411	74.338
95	7.710	81.409	7.831	75.900	7.491	60.000	7.416	56.638	7.420	78.258	7.424	75.420

100	7.713	82.191	7.843	76.155	7.505	60.585	7.429	57.049	7.434	78.838	7.435	75.880
105	7.717	82.776	7.850	76.315	7.520	60.965	7.443	57.393	7.448	79.592	7.448	76.360
110	7.722	83.470	7.859	76.420	7.534	61.255	7.456	57.636	7.461	80.234	7.461	76.900
115	7.725	84.423	7.867	76.505	7.547	61.550	7.466	57.882	7.473	80.718	7.470	76.960
120	7.729	85.733	7.874	76.670	7.558	61.785	7.478	58.004	7.486	81.100	7.480	77.035
125	7.733	86.233	7.880	76.780	7.569	62.010	7.488	58.206	7.497	81.373	7.491	77.360
130	7.733	86.877	7.886	76.895	7.578	62.150	7.498	58.340	7.508	81.759	7.499	77.645
135	7.735	87.685	7.892	77.060	7.587	62.150	7.507	58.294	7.518	82.074	7.506	77.740
140	7.737	88.424	7.895	77.135	7.597	62.235	7.516	58.300	7.527	82.389	7.514	77.730
145	7.738	89.576	7.899	77.265	7.605	62.455	7.523	58.178	7.535	82.520	7.523	77.805
150	7.739	90.815	7.902	77.480	7.612	62.640	7.529	57.865	7.543	82.624	7.530	77.840
155	7.740	92.016	7.904	77.535	7.620	62.730	7.538	57.489	7.553	82.829	7.536	77.780
160	7.742	93.265	7.906	77.495	7.627	62.860	7.542	57.086	7.562	82.935	7.543	77.810
165	7.742	94.486	7.908	77.650	7.632	63.120	7.547	56.549	7.569	82.900	7.552	77.815
170	7.741	95.772	7.910	77.880	7.638	63.300	7.553	55.856	7.576	82.835	7.559	77.810
175	7.744	97.045	7.911	77.890	7.643	63.355	7.559	55.159	7.582	82.701	7.565	77.815
180	7.746	98.502	7.914	77.920	7.648	63.400	7.565	54.329	7.588	82.396	7.570	77.640
185	7.747	99.439	7.914	78.105	7.653	63.385	7.578	52.981	7.595	82.131	7.575	77.600
190	7.747	100.403	7.912	78.235	7.657	63.310	7.589	51.854	7.600	81.747	7.578	77.450
195	7.747	102.056	7.913	78.360	7.659	63.260	7.597	50.755	7.605	81.241	7.584	76.294
200	7.750	103.836	7.912	78.505	7.663	63.305	7.605	49.435	7.610	80.777	7.589	76.020
205	7.751	106.369	7.910	78.565	7.666	63.320	7.609	47.968	7.616	79.956	7.594	75.960
210	7.752	107.000	7.909	78.580	7.668	63.285	7.613	46.238	7.620	78.819	7.600	75.391
215	7.754	108.000	7.908	78.680	7.670	63.290	7.616	44.320	7.623	77.843	7.604	74.930
220	7.756	109.000	7.905	78.735	7.672	63.345	7.617	42.124	7.628	76.795	7.606	74.397
225	7.758		7.902	78.735	7.674	63.360	7.620	39.551	7.633	75.532	7.609	73.815
230	7.759	111.267	7.901	78.755	7.676	63.300	7.622	36.726	7.636	74.181	7.612	73.220
235	7.760	109.373	7.898	78.805	7.676	63.290	7.623	33.556	7.638	72.585	7.617	72.078

240	7.763	114.370	7.895	80.029	7.676	63.280	7.623	30.122	7.641	70.616	7.621	71.545
245	7.765	117.641	7.893	78.265	7.676	63.185	7.622	26.316	7.643	68.532	7.623	70.382
250	7.767	118.523	7.889	78.820	7.676	62.995	7.622	22.055	7.646	66.420	7.625	69.375
255	7.770	119.155	7.887	78.875	7.676	62.890	7.623	17.398	7.651	64.625	7.627	67.614
260	7.772	119.970	7.886	78.860	7.676	62.755	7.621	12.456	7.654	61.827	7.630	66.903
265	7.775	121.041	7.883	78.880	7.675	62.560	7.618	7.596	7.655	58.930	7.633	65.608
270	7.778	122.180	7.879	78.865	7.674	62.420	7.617	3.804	7.655	55.917	7.635	63.799
275	7.778	123.295	7.876	78.830	7.673	62.300	7.613	2.055	7.657	51.197	7.637	61.821
280	7.781	124.659	7.873	78.835	7.673	62.080	7.610	1.498	7.659	45.695	7.639	60.082
285	7.782	126.096	7.870	78.820	7.673	61.805	7.607	1.264	7.660	40.272	7.640	57.898
290	7.784	127.424	7.864	78.780	7.673	61.475	7.604	1.181	7.662	34.827	7.643	55.468
295	7.785	128.463	7.859	78.745	7.672	61.015	7.601	1.145	7.663	28.299	7.644	53.406
300	7.786	129.553	7.858	78.640	7.671	60.740	7.601	1.102	7.662	21.440	7.644	50.409
305	7.789	130.312	7.857	78.520	7.670	60.495	7.599	1.042	7.662	14.330	7.645	47.358
310	7.791	130.799	7.854	78.415	7.670	59.627	7.597	0.987	7.661	7.251	7.645	43.745
315	7.791	131.282	7.851	78.325	7.669	58.755	7.594	0.995	7.661	1.592	7.648	39.757
320	7.792	131.661	7.847	78.235	7.668	57.990	7.593	1.023	7.658	0.065	7.649	35.159
325	7.793	132.032	7.842	78.055	7.669	57.235	7.590	1.046	7.657	0.000	7.648	31.428
330	7.794	132.484	7.841	77.900	7.669	56.319	7.589	1.041	7.656	0.000	7.649	26.726
335	7.796	133.235	7.838	77.740	7.669	55.353	7.586	1.042	7.655	0.000	7.651	20.317
340	7.798	133.812	7.832	77.535	7.668	54.284	7.583	1.073	7.654	0.000	7.651	13.876
345	7.798	134.300	7.828	77.395	7.666	53.290	7.579	1.166	7.653	0.000	7.649	6.692
350	7.797	135.113	7.823	77.015	7.665	52.287	7.578	1.174	7.652	0.005	7.647	1.441
355	7.798	135.890	7.819	76.740	7.664	50.908	7.574	1.230	7.651	0.109	7.648	0.010
360	7.797	136.914	7.817	76.695	7.663	49.579	7.570	1.256	7.650	0.270	7.649	0.000
365	7.797	137.598	7.813	76.495	7.663	48.035	7.569	1.262	7.650	0.434	7.648	0.000
370	7.796	137.901	7.807	76.220	7.662	46.309	7.566	1.316	7.647	0.585	7.647	0.000
375	7.798	138.156	7.802	75.870	7.661	44.432	7.563	1.364	7.646	0.685	7.646	0.000

380	7.799	138.175	7.799	75.500	7.660	42.454	7.561	1.374	7.646	0.765	7.646	0.000
385	7.797	137.820	7.793	75.080	7.659	40.226	7.557	1.430	7.644	0.850	7.646	0.000
390	7.797	137.262	7.788	74.545	7.657	37.762	7.554	1.469	7.641	1.014	7.645	0.000
395	7.795	137.385	7.786	74.025	7.657	35.202	7.553	1.519	7.639	1.075	7.644	0.000
400	7.794	137.109	7.783	73.600	7.656	32.373	7.550	1.538	7.637	1.065	7.643	0.000
405	7.793	136.267	7.780	73.040	7.653	29.347	7.547	1.547	7.636	1.125	7.644	0.115
410	7.793	135.378	7.776	72.320	7.652	25.951	7.547	1.592	7.635	1.165	7.644	0.115
415	7.793	134.547	7.772	71.515	7.650	22.415	7.544	1.663	7.633	1.205	7.642	0.000
420	7.790	133.273	7.769	70.775	7.647	18.703	7.540	1.715	7.630	1.280	7.641	0.000
425	7.789	132.090	7.765	70.020	7.646	14.836	7.538	1.756	7.629	1.345	7.640	0.000
430	7.789	130.979	7.761	69.074	7.644	10.945	7.535	1.760	7.627	1.395	7.639	0.000
435	7.789	127.986	7.756	67.995	7.641	6.841	7.534	1.766	7.625	1.445	7.638	0.010
440	7.787	126.354	7.751	66.890	7.639	3.400	7.532	1.795	7.622	1.475	7.636	0.030
445	7.784	124.590	7.748	65.712	7.637	2.090	7.528	1.831	7.621	1.530	7.633	0.090
450	7.783	123.054	7.743	64.205	7.634	1.665	7.525	1.854	7.618	1.595	7.631	0.090
455	7.782	120.567	7.737	63.073	7.631	1.420	7.524	1.880	7.615	1.655	7.631	0.070
460	7.781	117.723	7.735	61.692	7.627	1.476	7.521	1.898	7.615	1.715	7.631	0.095
465	7.777	114.399	7.731	59.857	7.625	1.235	7.521	1.938	7.613	1.730	7.629	0.135
470	7.775	110.786	7.724	57.891	7.623	1.255	7.518	1.958	7.612	1.770	7.625	0.200
475	7.774	107.088	7.719	56.227	7.620	1.275	7.515	2.000	7.610	1.835	7.625	0.225
480	7.773	102.020	7.714	54.503	7.617	1.320	7.515	2.020	7.608	1.865	7.625	0.250
485	7.771	97.715	7.706	52.736	7.614	1.395	7.513	2.046	7.605	1.905	7.623	0.275
490	7.769	92.494	7.702	50.705	7.612	1.445	7.512	2.111	7.604	1.945	7.620	0.310
495	7.766	85.975	7.698	48.247	7.611	1.550	7.511	2.111	7.604	1.965	7.619	0.345
500	7.765	79.024	7.690	45.492	7.610	1.630	7.508	2.119	7.602	1.990	7.618	0.335
505	7.761	71.577	7.685	42.837	7.608	1.685	7.505	2.156	7.601	2.010	7.615	0.355
510	7.758	63.971	7.681	40.779	7.606	1.770	7.505	2.166	7.599	2.030	7.613	0.395
515	7.756	56.122	7.673	37.304	7.604	1.835	7.502	2.197	7.596	2.065	7.610	0.405

520	7.751	48.911	7.667	34.422	7.600	1.900	7.502	2.236	7.594	2.090	7.607	0.435
525	7.747	42.496	7.661	30.726	7.597	1.980	7.499	2.251	7.593	2.120	7.607	0.475
530	7.743	40.821	7.652	24.993	7.594	2.045	7.496	2.294	7.592	2.125	7.606	0.465
535	7.740	50.310	7.646	19.970	7.593	2.100	7.493	2.294	7.590	2.145	7.605	0.435
540	7.734	52.550	7.640	15.132	7.590	2.150	7.492	2.308	7.588	2.180	7.604	0.435
545	7.729	43.848	7.632	11.174	7.586	2.210	7.490	2.319	7.585	2.195	7.604	0.450
550	7.725	29.875	7.626	7.489	7.584	2.245	7.488	2.365	7.583	2.200	7.603	0.460
555	7.721	21.160	7.617	5.109	7.582	2.320	7.485	2.410	7.582	2.190	7.601	0.450
560	7.717	16.226	7.609	4.080	7.581	2.410	7.485	2.419	7.581	2.200	7.600	0.440
565	7.713	13.937	7.604	3.380	7.578	2.435	7.482	2.395	7.579	2.220	7.600	0.445
570	7.709	12.365	7.598	2.990	7.577	2.460	7.478	2.434	7.577	2.235	7.598	0.435
575	7.704	11.237	7.592	2.865	7.575	2.500	7.477	2.427	7.575	2.225	7.594	0.435
580	7.701	10.592	7.587	2.880	7.572	2.570	7.475	2.415	7.573	2.235	7.595	0.465
585	7.698	9.949	7.582	3.005	7.569	2.595	7.471	2.423	7.571	2.270	7.593	0.480
590	7.693	9.480	7.579	3.345	7.566	2.630	7.468	2.412	7.570	2.260	7.591	0.470
595	7.688	9.317	7.575	3.860	7.563	2.690	7.465	2.433	7.567	2.270	7.591	0.530
600	7.684	9.107	7.571	4.410	7.560	2.725	7.462	2.396	7.565	2.270	7.590	0.540
605	7.680	8.752	7.567	5.030	7.558	2.765	7.462	2.432	7.564	2.235	7.587	0.445
610	7.676	8.397	7.564	5.560	7.556	2.780	7.459	2.427	7.561	2.250	7.584	0.405
615	7.673	8.004	7.562	6.005	7.553	2.815	7.455	2.437	7.558	2.255	7.583	0.415
620	7.670	7.520	7.560	6.495	7.548	2.880	7.453	2.393	7.557	2.300	7.583	0.420
625	7.666	7.168	7.558	6.940	7.545	2.895	7.451	2.379	7.555	2.330	7.581	0.405
630	7.662	6.893	7.554	7.280	7.542	2.920	7.448	2.378	7.554	2.270	7.579	0.405
635	7.657	6.604	7.550	7.520	7.539	2.935	7.444	2.407	7.551	2.305	7.578	0.405
640	7.654	6.390	7.548	7.770	7.538	2.975	7.442	2.399	7.548	2.310	7.576	0.475
645	7.653	6.150	7.547	8.005	7.535	3.020	7.440	2.353	7.545	2.265	7.574	0.490
650	7.650	6.059	7.543	8.130	7.532	3.055	7.435	2.343	7.544	2.245	7.572	0.415
655	7.647	5.917	7.541	8.260	7.529	3.095	7.435	2.346	7.542	2.205	7.571	0.405

660	7.643	5.744	7.537	8.405	7.526	3.135	7.432	2.335	7.539	2.200	7.570	0.390
665	7.638	5.726	7.533	8.490	7.522	3.165	7.427	2.337	7.538	2.205		
670	7.634	5.580	7.530	8.560	7.519	3.200	7.426	2.296	7.538	2.180	7.567	0.370
675	7.631	5.388	7.527	8.660	7.516	3.275	7.422	2.308	7.534	2.170	7.565	0.385
680	7.627	5.310	7.526	8.735	7.514	3.295	7.421	2.339	7.532	2.180	7.563	0.385
685	7.624	5.262	7.523	9.070	7.512	3.305	7.417	2.309	7.530	2.160	7.561	0.385
690	7.622	5.176	7.518	9.095	7.509	3.325	7.415	2.288	7.527	2.130	7.559	0.360
695	7.617	5.178	7.514	8.850	7.508	3.330	7.412	2.273	7.525	2.110	7.556	0.340
700	7.613	5.191	7.511	8.915	7.508	3.420	7.408	2.279	7.524	2.115	7.554	0.335
705	7.609	5.170	7.505	8.920	7.505	3.550	7.407	2.284	7.520	2.120	7.555	0.355
710	7.604	5.199	7.500	8.940	7.503	3.395	7.404	2.282	7.517	2.110	7.552	0.345
715	7.601	5.239	7.497	8.990	7.501	3.405	7.401	2.230	7.515	2.105	7.550	0.340
720	7.597	5.289	7.493	9.030	7.500	3.440	7.398	2.273	7.513	2.065	7.547	0.355
725	7.593	5.310	7.488	9.075	7.499	3.450	7.395	2.276	7.512	2.040	7.545	0.330
730	7.589	5.386	7.483	9.090	7.496	3.440	7.394	2.287	7.508	2.050	7.544	0.320
735	7.584	5.470	7.476	9.110	7.495	3.445	7.391	2.252	7.505	2.025	7.541	0.320
740	7.579	5.508	7.472	9.150	7.494	3.480	7.389	2.271	7.503	2.000	7.540	0.330
745	7.576	5.613	7.468	9.155	7.491	3.510	7.385	2.260	7.500	2.025	7.540	0.360
750	7.572	5.766	7.463	9.140	7.489	3.515	7.382	2.287	7.499	2.035	7.537	0.345
755	7.568	5.870	7.457	9.150	7.487	3.515	7.381	2.292	7.496	2.025	7.534	0.305
760	7.564	5.932	7.452	9.155	7.486	3.500	7.376	2.299	7.493	2.020	7.532	0.305
765	7.562	6.019	7.447	9.160			7.374	2.296	7.490	1.995	7.529	0.300
770	7.558	6.054	7.441	9.185	7.480	3.580	7.371	2.296	7.488	1.990	7.528	0.300
775	7.555	6.084	7.438	9.225	7.478	3.555	7.369	2.365	7.485	2.000	7.526	0.320
780	7.551	6.206	7.436	9.260	7.477	3.595	7.365	2.402	7.483	2.005	7.524	0.310
785	7.548	6.272	7.430	9.270	7.474	3.630	7.361	2.366	7.481	1.985	7.522	0.295
790	7.544	6.268	7.424	9.275	7.471	3.625	7.360	2.402	7.479	1.980	7.520	0.285
795	7.539	6.397	7.419	9.265	7.471	3.678	7.357	2.397	7.476	1.970	7.519	0.275

800	7.536	6.552	7.412	9.275	7.469	3.620	7.353	2.429	7.473	1.950	7.517	0.280
805	7.533	6.649	7.407	9.290	7.467	3.665	7.352	2.485	7.472	1.960	7.515	0.305
810	7.529	6.728	7.402	9.275	7.465	3.685	7.346	2.521	7.470	1.960	7.511	0.310
815	7.525	6.862	7.397	9.260	7.463	3.710	7.342	2.524	7.467	1.960	7.509	0.310
820	7.520	6.916	7.392	9.290	7.460	3.745	7.339	2.607	7.464	1.970	7.508	0.310
825	7.516	6.986	7.386	9.340	7.459	3.721	7.337	2.609	7.461	1.960	7.505	0.270
830	7.512	7.172	7.381	9.350	7.456	3.700	7.334	2.635	7.459	1.950	7.503	0.270
835	7.509	7.317	7.375	9.375	7.454	3.720	7.330	2.636	7.458	1.930	7.502	0.295
840	7.505	7.418	7.369	9.355	7.453	3.700	7.327	2.661	7.455	1.920	7.500	0.285
845	7.499	7.489	7.364	9.340	7.451	3.680	7.325	2.680	7.452	1.920	7.496	0.270
850	7.495	7.510	7.358	9.360	7.449	3.709	7.320	2.700	7.450	1.920	7.493	0.255
855	7.490	7.548	7.351	9.365	7.447	3.715	7.319	2.736	7.449	1.920	7.492	0.265
860	7.485	7.681	7.344	9.405	7.446	3.700	7.316	2.709	7.447	1.920	7.490	0.270
865	7.482	7.789	7.338	9.425	7.444	3.690	7.311	2.730	7.444	1.915	7.489	0.270
870	7.478	7.839	7.332	9.415	7.441	3.719	7.310	2.741	7.440	1.910	7.487	0.260
875	7.474	7.889	7.327	9.400	7.438	3.765	7.308	2.814	7.438	1.920	7.484	0.240
880	7.470	7.986	7.324	9.415	7.436	3.780	7.305	2.743	7.437	1.915	7.482	0.235
885	7.467	8.079	7.320	9.440	7.435	3.785	7.303	2.745	7.434	1.910	7.480	0.230
890	7.465	8.033	7.314	9.470	7.433	3.740	7.301	2.724	7.432	1.910	7.478	0.240
895	7.462	8.108	7.308	9.495	7.431	3.740	7.299	2.711	7.430	1.915	7.476	0.235
900	7.459	8.250	7.302	9.490	7.428	3.795	7.295	2.764	7.428	1.925	7.474	0.215
905	7.455	8.278	7.296	9.465	7.424	3.825	7.292	2.685	7.426	1.940	7.474	0.210
910	7.452	8.320	7.291	9.510	7.423	3.815	7.291	2.631	7.424	1.930	7.471	0.210
915	7.448	8.339	7.284	9.570	7.421	3.815	7.288	2.648	7.421	1.910	7.468	0.195
920	7.444	8.470	7.279	9.570	7.419	3.855	7.286	2.646	7.418	1.920	7.466	0.190
925	7.442	8.619	7.273	9.560	7.416	3.880	7.285	2.639	7.417	1.910	7.464	0.185
930	7.439	8.617	7.267	9.555	7.413	3.914	7.283	2.658	7.415	1.900	7.462	0.190
935	7.435	8.590	7.261	9.565	7.412	3.955	7.280	2.618	7.412	1.920	7.460	0.200

940	7.431	8.672	7.255	9.585	7.411	3.985	7.278	2.598	7.411	1.920	7.459	0.190
945	7.429	8.841	7.248	9.590	7.409	3.990	7.276	2.616	7.410	1.925	7.457	0.195
950	7.426	8.830	7.240	9.600	7.407	3.990	7.274	2.609	7.407	1.945	7.454	0.205
955	7.423	8.758	7.235	9.595	7.406	4.040	7.271	2.599	7.405	1.970	7.451	0.190
960	7.418	8.877	7.230	9.620	7.402	4.104	7.268	2.589	7.404	1.975	7.450	0.190
965	7.414	8.993	7.223	9.670	7.398	4.140	7.267	2.572	7.402	1.970	7.448	0.205
970	7.410	9.059	7.217	9.635	7.397	4.155	7.265	2.534	7.399	2.000	7.445	0.205
975	7.406	9.051	7.212	9.635	7.395	4.210	7.265	2.534	7.396	2.000	7.444	0.180
980	7.402	9.096	7.206	9.670	7.393	4.220	7.262	2.539	7.394	1.980	7.440	0.160
985	7.399	9.242	7.200	9.690	7.390	4.239	7.259	2.500	7.394	1.995	7.437	0.160
990	7.396	9.396	7.194	9.665	7.389	4.270	7.259	2.487	7.392	2.005	7.436	0.175
995	7.392	9.452	7.189	9.655	7.386	4.270	7.257	2.508	7.392	2.000	7.433	0.190
1000	7.389	9.391	7.185	9.705	7.383	4.324	7.254	2.495	7.390	2.005	7.430	0.175
1005	7.386	9.437	7.177	9.715	7.381	4.429	7.252	2.434	7.387	1.995	7.429	0.175
1010	7.382	9.529	7.170	9.675	7.379	4.460	7.249	2.415	7.385	1.990	7.429	0.185
1015	7.378	9.631	7.163	9.655	7.377	4.445	7.246	2.403	7.385	2.020	7.425	0.185
1020	7.376	9.701	7.158	9.635	7.373	4.460	7.245	2.445	7.383	2.035	7.421	0.165
1025	7.374	9.761	7.153	9.640	7.371	4.499	7.243	2.441	7.382	2.015	7.419	0.155
1030	7.370	9.788	7.145	9.665	7.369	4.614	7.242	2.408	7.379	2.020	7.417	0.165
1035	7.367	9.739	7.139	9.685	7.366	4.690	7.240	2.420	7.377	2.045	7.416	0.165
1040	7.365	9.808	7.135	9.675	7.364	4.720	7.239	2.420	7.378	2.045	7.413	0.155
1045	7.364	9.903	7.131	9.645	7.360	4.750	7.238	2.389	7.376	2.040	7.412	0.140
1050	7.363	9.969	7.122	9.675	7.357	4.770	7.237	2.406	7.374	2.050	7.410	0.125
1055	7.360	10.071	7.114	9.665	7.354	4.810	7.233	2.384	7.372	2.065	7.408	0.120
1060	7.357	10.107	7.110	9.635	7.352	4.835	7.232	2.326	7.371	2.065	7.407	0.155
1065	7.354	10.021	7.105	9.660	7.349	4.879	7.229	2.358	7.370	2.055	7.404	0.136
1070	7.351	10.062	7.098	9.670	7.346	4.920	7.228	2.360	7.368	2.060	7.401	0.124
1075	7.348	10.140	7.092	9.635	7.345	4.940	7.229	2.326	7.366	2.065	7.398	0.135

1080	7.346	10.150	7.088	9.655	7.342	4.960	7.226	2.329	7.364	2.055	7.396	0.110
1085	7.343	10.184	7.082	9.675	7.339	4.965	7.223	2.312	7.362	2.035	7.396	0.110
1090	7.342	10.191	7.074	9.675	7.337	4.990	7.222	2.221	7.361	2.030	7.393	0.135
1095	7.342	10.156	7.066	9.680	7.334	5.059	7.223	2.147	7.359	2.050	7.391	0.160
1100	7.337	10.231	7.061	9.690	7.332	5.110	7.222	2.125	7.358	2.045	7.388	0.135
1105	7.334	10.406	7.057	9.690	7.328	5.130	7.221	2.074	7.357	2.045	7.383	0.110
1110	7.332	10.495	7.051	9.665	7.324	5.125	7.219	2.086	7.355	2.065	7.381	0.115
1115	7.328	10.529	7.046	9.630	7.322	5.135	7.216	2.048	7.353	2.075	7.381	0.110
1120	7.325	10.589	7.040	9.615	7.320	5.180	7.215	2.058	7.351	2.075	7.379	0.095
1125	7.321	10.668	7.034	9.670	7.317	5.205	7.214	2.062	7.350	2.085	7.375	0.100
1130	7.317	10.763	7.029	9.731	7.313	5.181	7.212	2.076	7.349	2.110	7.374	0.105
1135	7.315	10.777	7.023	9.700	7.311	5.160	7.210	2.110	7.347	2.110	7.373	0.095
1140	7.312	10.773	7.018	9.725	7.308	5.215	7.209	2.128	7.346	2.075	7.371	0.085
1145	7.308	10.858	7.013	9.730	7.306	5.250	7.202	2.201	7.343	2.070	7.368	0.105
1150	7.305	10.867	7.008	9.755	7.304	5.250			7.341	2.060	7.365	0.115
1155	7.302	10.892	7.003	9.775	7.301	5.275	7.202	1.680	7.341	2.060	7.361	0.105
1160	7.299	10.970	6.998	9.760	7.298	5.300	7.200	1.945	7.340	2.065	7.358	0.110
1165	7.298	11.018	6.992	9.735	7.294	5.305	7.197	2.158	7.337	2.055	7.356	0.085
1170	7.295	11.099	6.988	9.715	7.290	5.320	7.194	2.330	7.336	2.065	7.355	0.085
1175	7.291	11.058	6.982	9.735	7.287	5.330	7.192	2.418	7.335	2.065	7.352	0.105
1180	7.288	11.052	6.976	9.740	7.285	5.325	7.190	2.486	7.332	2.075	7.349	0.095
1185	7.284	11.135	6.972	9.745	7.282	5.350	7.187	2.527	7.330	2.075	7.346	0.085
1190	7.281	11.202	6.967	9.735	7.279	5.365	7.183	2.647	7.330	2.060	7.344	0.090
1195	7.279	11.227	6.963	9.715	7.275	5.365	7.179	2.705	7.328	2.045	7.343	0.095
1200	7.275	11.218	6.956	9.715	7.272	5.370	7.178	2.759	7.327	2.050	7.340	0.110
1205	7.272	11.308	6.952	9.710	7.270	5.360	7.178	2.820	7.326	2.060	7.336	0.125
1210	7.271	11.384	6.948	9.720	7.268	5.370	7.174	2.855	7.325	2.065	7.334	0.105
1215	7.269	11.429	6.942	9.725	7.265	5.390	7.172	2.887	7.323	2.085	7.334	0.090

1220	7.266	11.445	6.937	9.700	7.261	5.380	7.172	2.903	7.321	2.080	7.331	0.085
1225	7.267	11.435	6.935	9.695	7.258	5.370	7.171	2.958	7.320	2.080	7.328	0.090
1230	7.268	11.411	6.932	9.705	7.256	5.380	7.168	2.986	7.320	2.080	7.326	0.100
1235	7.268	11.419	6.927	9.720	7.252	5.375	7.167	3.017	7.318	2.045	7.323	0.105
1240	7.269	11.412	6.922	9.735	7.251	5.375	7.163	3.025	7.314	2.060	7.321	0.076
1245	7.269	11.384	6.916	9.720	7.248	5.380	7.163	3.046	7.312	2.095	7.318	0.050
1250	7.268	11.390	6.911	9.715	7.245	5.385	7.162	3.041	7.313	2.105	7.316	0.075
1255	7.270	11.399	6.907	9.740	7.242	5.390	7.159	3.055	7.310	2.095	7.314	0.080
1260	7.273	11.391	6.902	9.730	7.239	5.385	7.157	3.110	7.308	2.075	7.311	0.075
1265	7.275	11.398	6.900	9.710	7.236	5.385	7.156	3.105	7.308	2.075	7.311	0.060
1270	7.275	11.430	6.896	9.810	7.231	5.390	7.155	3.118	7.306	2.080	7.309	0.059
1275	7.273	11.410	6.891	9.690	7.228	5.375	7.152	3.129	7.304	2.100	7.308	0.070
1280	7.275	11.457	6.887	9.720	7.227	5.370	7.149	3.155	7.304	2.075	7.306	0.065
1285	7.276	11.501	6.885	9.725	7.224	5.385	7.149	3.132	7.304	2.030	7.302	0.065
1290	7.276	11.504	6.880	9.680	7.220	5.370	7.145	3.220	7.304	2.055	7.300	0.075
1295	7.277	11.535	6.874	9.670	7.217	5.365	7.143	3.243	7.302	2.055	7.297	0.061
1300	7.276	11.530	6.871	9.705	7.214	5.375	7.141	3.266	7.299	2.050	7.293	0.030
1305	7.276	11.568	6.869	9.725	7.210	5.370	7.139	3.289	7.298	2.060	7.292	0.025
1310	7.276	11.610	6.867	9.740	7.208	5.375	7.137	3.312	7.296	2.065	7.289	0.015
1315	7.277	11.652	6.861	9.750	7.206	5.355	7.135	3.335	7.295	2.085	7.287	0.025
1320	7.278	11.801	6.858	9.750	7.202	5.345	7.133	3.358	7.293	2.080	7.285	0.050
1325	7.280	11.890	6.855	9.790	7.199	5.335	7.131	3.381	7.292	2.080	7.283	0.036
1330	7.281	11.932	6.851	9.770	7.198	5.315	7.129	3.404	7.291	2.080	7.282	0.015
1335	7.280	12.071	6.850	9.735	7.195	5.325	7.127	3.427	7.289	2.045	7.278	0.020
1340	7.281	12.179	6.847	9.775	7.190	5.325	7.125	3.450	7.288	2.060	7.276	0.044
1345	7.281	12.295	6.844	9.790	7.188	5.330	7.123	3.473	7.287	2.095	7.273	0.036
1350	7.280	12.462	6.843	9.780	7.186	5.320	7.121	3.496	7.285	2.105	7.270	0.015
1355	7.279	12.549	6.841	9.770	7.181	5.305	7.119	3.519	7.284	2.095	7.269	0.030

1360	7.276	12.594	6.837	9.785	7.178	5.280	7.117	3.542	7.282	2.075	7.267	0.015
1365	7.275	12.711	6.833	9.795	7.175	5.260	7.115	3.565	7.281	2.075	7.265	0.005
1370	7.276	12.829	6.832	9.845	7.173	5.240	7.113	3.588	7.280	2.080		
1375	7.274	12.860	6.832	9.880	7.172	5.215	7.111	3.611	7.278	2.100		
1380	7.273	12.956	6.827	9.865	7.169	5.215	7.109	3.634	7.277	2.075		
1385	7.274	13.226	6.824	9.860	7.167	5.131	7.107	3.657	7.276	2.030	7.255	0.045
1390	7.273	13.325	6.822	9.855	7.164	5.134	7.105	3.680	7.274	2.055	7.251	0.036
1395	7.273	13.311	6.820	9.850	7.161	5.050	7.103	3.703	7.273	2.055	7.247	0.010
1400	7.274	13.315	6.818	9.815	7.158	5.001	7.101	3.726	7.271	2.050	7.246	0.015
1405	7.272	13.248	6.816	9.800	7.155	4.920	7.099	3.749	7.270	2.060	7.242	0.005
1410	7.272	13.280	6.814	9.820	7.153	4.870	7.097	3.772	7.269	2.065	7.239	0.005
1415	7.273	13.337	6.814	9.825	7.150	4.883	7.095	3.795	7.267	2.085	7.239	0.010
1420	7.272	13.472	6.813	9.825	7.148	4.844	7.093	3.818	7.266	2.080	7.237	0.015
1425	7.271	13.559	6.811	9.830	7.145	4.805	7.091	3.841	7.265	2.080	7.233	0.010
1430	7.269	13.604	6.810	9.830	7.142	4.766	7.089	3.864	7.263	2.080	7.230	0.000
1435	7.269	13.630	6.809	9.845	7.140	4.727	7.087	3.887	7.262	2.045	7.226	0.000
1440	7.269	13.633	6.807	9.875	7.137	4.688	7.085	3.910	7.260	2.060	7.224	0.010

### ANEXO N°3

#### COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE LAS VARIABLES RESPUESTAS

Origen		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Media	CV%
Error	Coliformes Totales	0	2	0	1.8	0
	Aceites y grasas	691816.667	2	345908.333	5190.8	11.3
	Nitrogeno Total	10.667	2	5.333	28.7	8.1
	pH	0.05	2	0.025	6.9	2.3
Total	Aceites y grasas	403060700	12			
	Nitrogeno Total	9904	12			
	pH	566.673	12			

Nivel de significancia : $\alpha=0.05$

# ANEXO N°4

## Análisis de datos



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

### INFORME DE ENSAYO N° 20190823-003

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: WILMER GUZMAN SERRANO
DIRECCIÓN	: Av. Nicolás Garatea Mz. 31 Lote 16 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO	: SANGUAZA.
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA.
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA.
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA.
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 13 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frasco de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado, Refrigeradas.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019-08-23
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2019-08-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2019-08-25
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 190823-3

### RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS		
	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Aceites y Grasa (mg/L)	Nitrógeno Total (mg/L)
001	2,5 x 10 <sup>4</sup>	9750	0,38
002	<1,8	8260	0,31
003	<1,8	7520	0,28
004	<1,8	7240	0,29
005	<1,8	7770	0,27
006	<1,8	7800	0,29
007	<1,8	6690	0,31
008	<1,8	1940	0,28
009	<1,8	1990	0,32
010	<1,8	1690	0,27
011	<1,8	3690	0,28
012	<1,8	5590	0,29
013	<1,8	2110	0,25

### METODOLOGÍA EMPLEADA

Coliformes Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-B, 23rd Ed. 2017.

Aceites y Grasa: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 23rd Ed. 2017. Oil and Grease. Soxhlet Extraction Method.

Nitrógeno Total : APHA, AWWA and WEF/23rd Ed. 2017 4500 Norg B.

### NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :  
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de 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.
- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI ( ) NO ( X )
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Agosto 26 del 2019.

GVR/jms  
LC-MP-HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.