

Universidad de Huánuco

Facultad de Ingeniería

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

TESIS

EVALUACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CUY DE LA GRANJA
MONTERO Y AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE HUÁNUCO PARA LA PRODUCCIÓN
DE BIOL MEDIANTE BIODIGESTORES DEL TIPO
SEMICONTINUO – 2017.

Para Optar el Título Profesional de :
INGENIERO AMBIENTAL

TESISTA

Bach. NOREÑA ALVARADO, Josell Marcos

ASESOR

Ing. MORALES CHUQUIMANTARI, Edson Javier

Huánuco- Perú
2018



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 4:10 horas del día 04 del mes de OCTUBRE del año 2018, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. SIMÓN EDMUNDO CAJATO UARGA (Presidente)

B.º. Alejandro Rolando Duran Nieu (Secretario)

Ing. MARIA VANESSA CUBA TELLO (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 965-2018-D-FI-WDIL, para evaluar la **Tesis** intitulada:

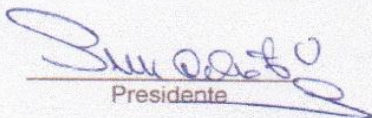
"EVALUACION DEL ESTIERCOL DE CUY DE LA GRANJA MONTERO Y AGUA RESIDUAL DEL CARNAL MUNICIPAL DE HUANUCO PARA LA PRODUCCION DE BIOL MEDIANTE BIODIGESTORES DEL TIPO SEMI CONTINUO - 2017"

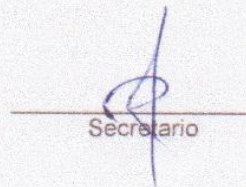
presentada por el (la) Bachiller JOSELL MARCELO NORCINA ALVARADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: precediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) Aprobado por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 4:44 horas del día 04 del mes de OCTUBRE del año 2018, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

A Dios por ser el inspirador en cada uno de mis pasos dados en la vida, por darme fortaleza, paciencia y perseverancia en cada momento; por brindarme la seguridad y la confianza de que las cosas suceden en su debido momento y por el amor infinito que siempre me brinda.

A mi Mamita Eloisa Amanda Urbina y Aguilar y mi Madre Rosa Amalia Alvarado Urbina; a quienes amo mucho, me brindaron mucho amor y siempre confiaron en mí. Gracias a todo lo que me brindaron, hoy en día puedo realizarme y cumplir mis objetivos.

A Estefani Falviana Castillo Cívico, quien con mucho amor siempre me apoyó, y en todo momento me alentó para seguir adelante y no rendirme hasta cumplir con mis objetivos.

A mi Primo hermano Dante Andre Zambrano Alvarado, a quien quiero como un hermano desde niño y mi Abuelo Julio Herrera Trujillo, a quien considero como un padre por las enseñanzas brindadas.

Noreña Alvarado, Josell Marcos

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Huánuco, por haberme forjado como profesional.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Ing. Carlos Esteban Huamán Cuespán, por ser la persona que me brindó confianza y me apoyó en todo momento, hasta cumplir el objetivo final.

A todos mis familiares y mis amigos en general que siempre me apoyaron y motivaron.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCION	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. Problema General.....	16
1.2.2. Problemas Específicos.....	16
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. Nivel Internacional.....	20
2.1.2. Nivel Nacional.....	21
2.1.3. Nivel Local.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1. Definición de Estiércol.....	22
2.2.2. Producción y Composición Química del Estiércol de Cuy (<i>Cavia porcellus</i>).....	23
2.2.3. Aguas Residuales.....	23
2.2.4. Aguas Residuales Provenientes de Camales Municipales.....	24
2.2.5. Biodigestor.....	24
2.2.6. Tipo de Biodigestores.....	25
2.2.7. Sistemas Semi Continuos.....	25
2.2.8. Biol.....	26
2.2.9. Parámetros Físicos y Químicos del Biol.....	26
2.2.10. Ph.....	27
2.2.11. Temperatura.....	28
2.2.12. Conductividad Eléctrica.....	29
2.2.13. Sólidos Totales Disueltos.....	29
2.2.14. Macronutrientes y Micronutrientes del Biol.....	29
2.2.15. Utilidades y Beneficios del Biol.....	30
2.2.16. Proceso de Biodigestión.....	30
2.2.17. Biodigestión Anaeróbica.....	30
2.2.18. Bacterias que Intervienen en el Proceso Anaeróbico.....	31
2.2.19. Relación de Carbono Nitrógeno.....	31
2.2.20. Inhibidores.....	32
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	33
2.3.1. Biodigestor.....	33
2.3.2. Biodigestor Tipo Semi Continuo.....	33

2.3.3.	<i>Biol</i>	33
2.3.4.	<i>Aguas Residuales de Camal Municipal</i>	33
2.3.5.	<i>Estiércol de Cuy (Cavia porcellus)</i>	34
2.3.6.	<i>Inhibidores</i>	34
2.4.	HIPÓTESIS	34
2.4.1.	<i>Hipótesis General</i>	34
2.4.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	34
2.5.	VARIABLES	35
2.5.1.	<i>Variable dependiente</i>	35
2.5.2.	<i>Variable independiente</i>	35
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
CAPITULO III		37
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION		37
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.1.1.	<i>Enfoque</i>	37
3.1.2.	<i>Método</i>	37
3.1.3.	<i>Alcance o Nivel</i>	37
3.1.4.	<i>Tipo</i>	37
3.1.5.	<i>Diseño de la Investigación</i>	37
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1.	<i>Población</i>	38
3.2.2.	<i>Ubicación de la Población</i>	38
3.2.3.	<i>Instalación del Proyecto</i>	39
3.2.4.	<i>Muestreo y Análisis del Estiércol de Cuy (Cavia porcellus) de la Granja Montero y Aguas Residuales del Camal Municipal de Huánuco</i>	39
3.2.4.1.	<i>Toma de Muestras para el Estiércol de Cuy (Cavia porcellus) de la granja Montero</i>	39
3.2.4.2.	<i>Toma de Muestras de las Aguas Residuales del Camal Municipal de Huánuco</i>	40
3.2.4.3.	<i>Análisis de las muestras del estiércol de cuy (Cavia porcellus) de la granja Montero y de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco</i>	41
3.2.5.	<i>Construcción de los Biodigestores de Tipo Semi Continuo</i>	42
3.2.6.	<i>Metodología para el Arranque de los Biodigestores de Tipo Semi Continuo</i>	46
3.2.7.	<i>Periodo de Carga y Control de los Biodigestores de Tipo Semi Continuo</i>	48
3.2.8.	<i>Recolección y Análisis de las Muestras del Biol</i>	49
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.1.	<i>Instrumentos de Medición y de Recolección de Datos del Biol</i>	49
3.3.2.	<i>Técnicas para la Presentación de Datos del Biol</i>	50
3.3.3.	<i>Para el Análisis e Interpretación de Datos del Biol</i>	50
CAPITULO IV		52
RESULTADOS		52
4.1.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL	52
4.2.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL	53
4.3.	ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL	54
4.4.	CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	54
4.4.1.	<i>Prueba de hipótesis específica 1</i>	54
4.4.2.	<i>Prueba de hipótesis específica 2</i>	55
CAPITULO V		56
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		56
5.1.	PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL	56
5.2.	PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL	57

5.3. ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL.....	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL.	52
CUADRO 2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL.	53
CUADRO 3. ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL.....	54
CUADRO 4. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL ESTIÉRCOL DE CUY (<i>CAVIA PORCELLUS</i>) DE LA GRANJA MONTERO.	70
CUADRO 5. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CUY (<i>CAVIA PORCELLUS</i>) DE LA GRANJA MONTERO.	70
CUADRO 6. PROTOCOLO DE MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	71
CUADRO 7. RESULTADOS DEL MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO EN FUNCIÓN A LOS INHIBIDORES.....	72
CUADRO 8. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	73
CUADRO 9. REGISTRO DIARIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL A LOS 30 DÍAS.	74
CUADRO 10. REGISTRO DIARIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL A LOS 60 DÍAS.	75
CUADRO 11. REGISTRO DIARIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL A LOS 90 DÍAS.	76
CUADRO 12. CÁLCULOS DEL SISTEMA BUFFER DE BICARBONATO DE SODIO (NaCO_3).	77
CUADRO 13. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL.	78
CUADRO 14. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL. ...	78
CUADRO 15. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL.	79
CUADRO 16. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	80
CUADRO 17. FICHA DE RECOLECCIÓN Y MONITOREO DE DATOS EN CAMPO.	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE ESTIÉRCOL DE CUY (CAVIA PORCELLUS) DE LA GRANJA MONTERO.	39
ILUSTRACIÓN 2. MÉTODO DEL CUARTEO APLICADO A LAS MUESTRAS DE ESTIÉRCOL DE CUY (CAVIA PORCELLUS) DE LA GRANJA MONTERO.	40
ILUSTRACIÓN 3. ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	40
ILUSTRACIÓN 4. VISTA FRONTAL DEL BIODIGESTOR DE TIPO SEMI CONTINUO.	43
ILUSTRACIÓN 5. VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR DE TIPO SEMI CONTINUO.	44
ILUSTRACIÓN 6. CONSTRUCCIÓN DE LOS BIODIGESTORES DE TIPO SEMI CONTINUO.	45
ILUSTRACIÓN 7. SISTEMAS DE LOS BIODIGESTORES DE TIPO SEMI CONTINUO.	46
ILUSTRACIÓN 8. UBICACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUA Y ECOSISTEMAS CONTAMINADOS (CITAEC).	82
ILUSTRACIÓN 9. UBICACIÓN DE LA GRANJA DE CUYES “MONTERO”, AYANCOCHA - AMBO.	83
ILUSTRACIÓN 10. UBICACIÓN DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	84
ILUSTRACIÓN 11. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	85
ILUSTRACIÓN 12. ROTULADO Y ENVÍO DE LAS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO, AL LABORATORIO AGQ LABS & TECHNOLOGICAL SERVICES – LIMA, PERÚ.	85
ILUSTRACIÓN 13. CONSTRUCCIÓN DE LOS TRES BIODIGESTORES DE TIPO SEMICONTINUO.	86
ILUSTRACIÓN 14. MUESTREO Y ENVÍO DE LA MUESTRA DE ESTIÉRCOL DE CUY (CAVIA PORCELLUS) DE LA GRANJA MONTERO AL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA, PERÚ.	86
ILUSTRACIÓN 15. PRUEBA DE PERMEABILIDAD DE LOS BIODIGESTORES DE TIPO SEMICONTINUO.	87
ILUSTRACIÓN 16. INSTALACIÓN Y ARRANQUE DE LOS BIODIGESTORES DE TIPO SEMICONTINUO.	87
ILUSTRACIÓN 17. BIODIGESTORES ESTABLECIDOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y ECOSISTEMAS CONTAMINADOS DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO, LA ESPERANZA – HUÁNUCO.	88
ILUSTRACIÓN 18. REGISTRO Y MONITOREO DIARIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOL, UTILIZANDO EL MULTIPARÁMETRO, TERMÓMETRO AMBIENTAL, CONDUCTÍMETRO, RECIPIENTES DE VIDRIO Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.	88
ILUSTRACIÓN 19. CONTROL DEL PH MEDIANTE UNA SOLUCIÓN BUFFER DE BICARBONATO DE SODIO (NAHCO3).	89
ILUSTRACIÓN 20. ALIMENTACIÓN DE LOS BIODIGESTORES DE TIPO SEMI CONTINUO AL 8 % Y 9%; EN FUNCIÓN DE LOS 30 Y 60 DÍAS.	89
ILUSTRACIÓN 21. RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE BIOL DE LOS BIODIGESTORES N°01, 02 Y 03.	90

ILUSTRACIÓN 22. ROTULADO DE LAS MUESTRAS DE BIOL Y ENVÍO AL LABORATORIO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA.....	90
ILUSTRACIÓN 23. ANÁLISIS PROXIMAL Y DE LOS MINERALES DEL ESTIÉRCOL DE CUY (CAVIA PORCELLUS) DE LA GRANJA MONTERO.	91
ILUSTRACIÓN 24. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	92
ILUSTRACIÓN 25. ANÁLISIS PROXIMAL Y DE LOS MINERALES DEL BIOL OBTENIDO A LOS 30 DÍAS.	94
ILUSTRACIÓN 26. ANÁLISIS PROXIMAL Y DE LOS MINERALES DEL BIOL OBTENIDO A LOS 60 DÍAS.	95
ILUSTRACIÓN 27. ANÁLISIS PROXIMAL Y DE LOS MINERALES DEL BIOL OBTENIDO A LOS 90 DÍAS.	96
ILUSTRACIÓN 28. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL BIOL OBTENIDO A LOS 90 DÍAS.	97
ILUSTRACIÓN 29. D.S. N°015-2015- MINAM Y SU MODIFICATORIA D.S. N°004-2017-MINAM.	98
ILUSTRACIÓN 30. PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. R.J. N° 010 – 2016 – ANA.	106
ILUSTRACIÓN 31. COMPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES, PARA LA COMPARACIÓN CON EL BIOL OBTENIDO.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. INHIBIDORES DEL PROCESO DE BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA.....	32
TABLA 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	36
TABLA 3. MUESTRA DEL ESTIÉRCOL DE CUY (<i>CAVIA PORCELLUS</i>) DE LA GRANJA MONTERO Y DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO.	48

RESUMEN

La investigación se realizó buscando reutilizar los residuos pecuarios y las aguas residuales; para la producción de biol utilizando biodigestores de tipo semicontinuo.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar los parámetros físicos y químicos del biol a los 30, 60 y 90 días; como resultado de la interacción del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y del agua residual del camal municipal de Huánuco, mediante biodigestores de tipo semi continuo que se llevó a cabo desde el mes de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018 en el Centro de Investigación en Tratamiento de Agua y Ecosistemas Contaminados (CITAEC), perteneciente a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental ubicado en el campus universitario de la Universidad de Huánuco en el distrito de la esperanza, provincia y departamento de Huánuco. El método fue experimental puro en donde se realizó; un tratamiento con tres repeticiones homogenizando todas las variables intervinientes en cada etapa de evaluación. Se utilizó la prueba de Tuckey con un nivel de confianza de 95% para la estadística paramétrica y el Test de Kruskal Wallis para estadística no paramétrica, obteniendo los siguientes resultados para el análisis proximal; MS: 4.84%, H: 95.16%, CBH: 0.92%, MOBH: 3.92%, NBH: 0.11% y NBS: 8.78%; donde no se obtuvo diferencia estadística significativa entre las repeticiones. Asimismo, para los parámetros físicos; la temperatura interna no presentó diferencia estadística significativa, sin embargo, para los parámetros de pH, temperatura ambiental, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica, si presentaron diferencia estadística significativa. En cuanto a los parámetros químicos no se obtuvo diferencia estadística significativa entre; P₂O₅, K, Cu, Fe, Zn y Mn; pero sí en los parámetros de Ca, Na y Mg. Concluyendo finalmente que el biol obtenido presenta concentraciones óptimas de N₂, P₂O₅ y K; y podría ser utilizado como un componente foliar en la agricultura.

Palabras claves: Biol, estiércol de cuy (*Cavia porcellus*), agua residual, parámetros físicos y químicos.

ABSTRACT

The research was conducted seeking to reuse livestock waste and wastewater; for the production of biol using biodigesters of the semi-continuous type.

The main objective of this research was to evaluate the physical and chemical parameters of the biol at 30, 60 and 90 days; as a result of the interaction of guinea pig manure (*Cavia porcellus*) of the Montero farm and of the residual water of the municipal camal of Huánuco, by means of biodigesters of the semi-continuous type that was carried out from December 2017 to March 2018 in the Center for Research in Water Treatment and Contaminated Ecosystems (CITAEC), belonging to the Professional Academic School of Environmental Engineering located on the university campus of the University of Huánuco in the district of Hope, province and department of Huánuco. The method was pure experimental where it was performed; a treatment with three repetitions homogenizing all the intervening variables in each evaluation stage. The Tuckey test was used with a 95% confidence level for parametric statistics and the Kruskal Wallis test for non-parametric statistics, obtaining the following results for the proximal analysis; MS: 4.84%, H: 95.16%, CBH: 0.92%, MOBH: 3.92%, NBH: 0.11% and NBS: 8.78%; where no significant statistical difference was obtained between the repetitions. Also, for the physical parameters; the internal temperature did not present a significant statistical difference, however, for the parameters of pH, environmental temperature, dissolved total solids and electrical conductivity, if they presented significant statistical difference. Regarding the chemical parameters, no significant statistical difference was obtained between; P₂O₅, K, Cu, Fe, Zn and Mn; but yes in the parameters of Ca, Na and Mg. Finally concluding that the biol obtained presents optimal concentrations of N₂, P₂O₅ and K; could be used as a leaf component in agriculture.

Keywords: Biol, guinea pig manure (*Cavia porcellus*), residual water, physical and chemical parameters

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental con el transcurrir de los años ha sufrido un crecimiento exponencial, lo cual afecta a los sistemas ecológicos, recursos naturales, ecosistemas, sistemas bióticos, entre otros. A causa de diversos factores, entre ellos la mala gestión de los residuos sólidos y aguas residuales (Encinas, 1996).

La falta de tratamiento y el reaprovechamiento de residuos es un problema que cada vez toma mayor protagonismo. Así mismo la mala disposición final de las aguas residuales a los cuerpos receptores, presentan patógenos y coliformes lo cual lo convierte en una fuente de transmisión de enfermedades infectocontagiosas (Crisanto, 2016).

En el presente trabajo de investigación se planteó la evaluación de los parámetros físicos y químicos del biol producido, usando estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y agua residual del camal municipal de Huánuco; mediante el uso de biodigestores de tipo semi continuo.

Como valor agregado el biol puede ser utilizado como biofertilizante en la producción agrícola debido a su alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros macro y micro nutrientes.

Dentro de este marco, en algunas zonas de nuestro país se ha realizado la investigación del uso de biodigestores de tipo semicontinuo, para producir biol y ser utilizados en las actividades agrícolas (Crisanto, 2016).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

La generación de residuos sólidos; pecuarios y aguas residuales provenientes de camales, en el Perú conlleva a un problema social, económico, paisajístico y biológico que perjudica a la salud pública y degrada el medio ambiente (MINAM, 2009).

Se sabe que el subsector agropecuario genera 27.01 millones de toneladas de residuos pecuarios, representando un 16,7% de los residuos generados en el Perú, ocupando en el año 2011 la posición 56 en emisiones de gases de efecto invernadero, con un 0,3% de las emisiones totales de CO₂ a nivel mundial (WRI y CAIT , 2014).

Analizando la dimensión del problema, esto posiblemente sea solo una cuestión ligera, pero su contribución al deterioro ambiental es significativa, ya que los porcentajes de residuos sólidos pecuarios y aguas residuales, generarán implicancia en la generación de gases del efecto invernadero (AVINA, *et al.*; 2013).

El agua residual de los camales, posee una elevada concentración de materia orgánica; tanto disueltas como en suspensión, constituidas por proteínas, productos de descomposición, ácidos orgánicos volátiles, aminas, compuestos orgánicos nitrogenados y grasas, causando la eutrofización de las aguas y la proliferación de focos infecciosos, causantes de enfermedades gastrointestinales (EOI, 2008).

La mala disposición de las aguas residuales en zonas urbanas pone a la salud pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, debido a que su vertimiento en el sistema de alcantarillado y desagüe sin un tratamiento adecuado, generará contaminación sobre cuerpos de agua, por todo ello es importante contar con un adecuado tratamiento antes de su disposición final según la normatividad peruana de los estándares de

Calidad Ambiental (D.S. N° 015-2015-MINAN) y los Límites Máximos Permisibles (D.S.N°002-2008-MINAM).

En la actualidad, Huánuco registra contaminación del río Huallaga a causa del vertimiento de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco. Como respuesta ante la generación del impacto ambiental negativo ocasionado, fue emitido un informe de impacto ambiental a la Fiscalía Provincial Especializada en Materia Ambiental de Huánuco, donde detalla la afectación o riesgo a la salud de la población y la generación de impactos ambientales negativos (ANA, 2017).

Con esta investigación se evaluó los parámetros físicos y químicos del biol, producido en biodigestores de tipo semi continuo; utilizando el estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, mediante biodigestores de tipo semi continuo; con el objetivo de reaprovecharlos y generar un componente foliar que pueda ser utilizado en la actividad agrícola.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Frente a estas consideraciones el presente trabajo de investigación está referido principalmente a responder la siguiente interrogante:

1.2.1. Problema General.

- ¿Cuál será el efecto del uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, en la producción de biol; mediante el uso de biodigestores de tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuáles serán los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo; utilizando estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y aguas residuales

del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?

- ¿Cuáles serán los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo; utilizando estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?

1.3. OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar el efecto del uso de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco en la producción del biol, mediante el uso de biodigestores de tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo; utilizando estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.
- Determinar los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo; utilizando estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Los biodigestores son tecnologías que transforman los desechos en energía, mediante la digestión anaeróbica. El interés por la digestión anaeróbica se despertó en Europa en los años 40, a raíz de la Segunda

Guerra Mundial. Actualmente, el continente europeo utiliza esta tecnología, basada en digestores a escala industrial, así mismo China tiene el mayor número de digestores estimados en más de 2 millones, utilizándolos para fines domésticos y el efluente es utilizado en la agricultura (Rilke, 2008).

En la actualidad en el Perú, se utilizan biodigestores para el tratamiento de las aguas residuales domésticas; los cuales presentan un bajo costo, no generan olores, representan hasta un 60% en el tratamiento del efluente, son aplicables en casas de playa, casas de campo, zonas rurales (Acosta, *et al.* 2013).

La investigación se justifica en procedimientos prácticos y experimentales; ya que los biodigestores son sistemas que sí presentan resultados óptimos.

Entre los productos generados por un biodigestor, tenemos el biol, también denominado como un componente foliar; que al ser utilizado en la actividad agrícola, se obtiene un mayor rendimiento de las cosechas (Martí, 2008).

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- Las limitaciones están dadas por la falta de equipos implementados para el análisis de parámetros físicos, químicos, orgánicos, inorgánicos en la ciudad de Huánuco.
- Existe escasa información de producción de biol, utilizando el estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) en combinación con las aguas residuales de camal.
- La falta de apoyo e interés de las instituciones públicas y privadas para brindar información actualizada.
- Falta de disponibilidad de equipos y materiales en la ciudad de Huánuco, para realizar la construcción de los biodigestores.
- Los costos elevados para realizar los análisis de los parámetros físicos y químicos del biol producido.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de investigación fue viable, debido a que cuenta con la disponibilidad del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y del agua residual del camal municipal de Huánuco, el potencial humano, instituciones privadas que cuentan con los equipos y materiales para analizar las muestras; asimismo se contó con herramientas, manuales y protocolo de monitoreo de agua, para realizar la toma de muestras in-situ.

El acceso al lugar donde se desarrolló la fase experimental del proyecto de investigación, es óptimo; ya que el área destinada a la instalación de los tres biodigestores de tipo semi continuo, pertenecen a la Universidad De Huánuco, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Centro de Investigación en Tratamiento de Agua y Ecosistemas Contaminados (CITAEC); ubicado en el campus universitario de la Universidad de Huánuco situado en el distrito la Esperanza, provincia y departamento de Huánuco. Geográficamente está ubicado a 76°13'4" de longitud oeste y 9°53'29" de latitud sur, a una altitud de 1910 m.s.n.m. (Véase ilustración 8).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. Nivel Internacional.

Quilumbango y Robalindo (2013) investigaron la evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini biodigestores con el objetivo, de evaluar los procesos de fermentación en la producción de biofertilizantes (biol); concluyendo que la fermentación de excrementos de cuy (*Cavia porcellus*) produjo el biofertilizante de peor calidad en términos de la presencia de coliformes.

Silva (2013) desarrolló el diseño de un biodigestor para generar biogás y biol a partir de la cáscara de naranja, concluyendo que el biol obtenido tuvo una concentración de 11,4% de fósforo, 1,9% de nitrógeno y un 99% en la reducción de coliformes. Gonzabay y Suárez (2016) mencionan que es posible obtener biol a partir de un biodigestor anaeróbico vertical semicontinuo utilizando cáscaras de naranja y mango.

Pérez, *et al.* (2017) realizaron la producción de biol, utilizando estiércol de ovino, cunícula y vacuno en donde determinó sus características físicas y químicas reportando valores de pH con tendencia básica para el estiércol de ovino y cunícula a diferencia del estiércol del vacuno con tendencia a ser más ácido; para los valores de la conductividad eléctrica, el estiércol de ovino y cunícula presentan valores menores a diferencia del estiércol de ganado vacuno.

Ruiz (2017) evaluó el aprovechamiento del estiércol de bovino para obtener energía renovable mediante la digestión anaeróbica, con el objetivo de utilizar el estiércol de bovino y un co-sustrato de estiércol de cuy mediante digestores tubulares; concluyendo que el pH obtenido en el biol se encuentra en el intervalo de 6.5 a 7.2, señalando como una alternativa prometedora para la elaboración de un componente foliar aplicado a la agricultura.

Cano, *et al.* (2016) realizaron la caracterización de bioles mediante fermentación anaeróbica utilizando excretas bovinas y porcinas, con el objetivo de evaluar los parámetros físicos y químicos; concluyendo que la temperatura interna promedio de los bioles se encuentran entre 22.4 y 23.13 °C , donde se desarrollan los microorganismos mesofílicos, asimismo el pH registró ser neutro o ligeramente alcalino, los contenidos de Ca y Mg son diferentes y las concentraciones de K y Na superan las requeridas para un cultivo agrícola.

2.1.2. Nivel Nacional.

Pinto y Quipuzco (2013) reutilizaron las aguas residuales domésticas para producir biol mediante digestores de carga diaria, determinando la calidad del biol, con agua residual y agua de pozo; concluyendo que el tratamiento con aguas residuales presenta mayor concentración de macronutrientes (N₂, P, K), asimismo la temperatura interna de los reactores es superior en 6°C a la temperatura ambiental, debido al proceso de biodigestión del metabolismo de las bacterias y el crecimiento bacteriano.

Díaz (2017) evaluó las características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en la germinación de semillas, presentando como objetivo la caracterización de la elaboración del biol mediante biodigestores y la evaluación de sus propiedades físicas y químicas; concluyendo que la temperatura del biol es superior a la temperatura ambiental y presenta variación significativa para macro y micro nutrientes; recomendando utilizar el biol como abono foliar.

Crisanto (2016) evaluó el estiércol de equino y las aguas residuales domésticas para la producción de biogás y biol mediante biodigestores semicontinuos, concluyendo que el biol obtenido presenta concentraciones elevadas de N₂, P y K; recomendando usarlo como fertilizantes orgánicos, previo ensayo de germinación.

2.1.3. Nivel Local.

Falcón (2017) evaluó la producción de biol, utilizando estiércol de cuy de la granja retama mediante el uso de un diseño de sistema productivo sostenible como es el biodigestor taiwanés o tubular, utilizando una metodología de 1:3 (una parte de estiércol y tres de agua); concluyendo que se obtuvo 230.93 litros de biol/día que será empleado como abono orgánico.

Feliciano (2017) evaluó el efecto del biol en el rendimiento de la chala forrajera (*Zea mays*) variedad chuska bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna, presentando como objetivo, medir el efecto de los niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad, estableciendo diferentes dosis de biol en la investigación experimental, concluyendo que existe efectos significativos de la dosis del biol aplicado; para la altura, rendimiento de forraje verde y contenido proteico de la chala forrajera.

Martel (2017) estudió el efecto de los niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), establecida en condiciones edafoclimáticas de yacupunta en Huánuco, donde determinó la comparación del efecto del abonamiento orgánico entre el biol y el compost; concluyendo que existen efectos significativos de los abonos foliares para las variables de crecimiento, producción de forraje verde y contenido proteico en la alfalfa (*Medicago sativa*).

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Definición de Estiércol.

Tapia y Fries (2004) el estiércol es considerado la principal fuente de abono orgánico, el adecuado manejo del estiércol es una excelente alternativa para mejorar las características físicas y químicas del suelo y asimismo brindar una fuente de nutrientes a las plantas, puede ser manejado y almacenado como sólido.

Iglesias (1995) el estiércol es una mezcla de las heces de los animales con los orines, aserrín, virutas, paja, madera, papel periódico, productos químicos, restos de alimentos del ganado, agua procedente de los bebederos, de la lluvia o de la limpieza de los establos; la utilidad que presenta el estiércol es de aportar materia orgánica al suelo y ser una fuente de elementos nutritivos para las plantas: nitrógeno (N₂), fósforo (P) y potasio (K).

2.2.2. Producción y Composición Química del Estiércol de Cuy (*Cavia porcellus*).

Iglesias (1995) define que son muy variados los factores que influyen en la cantidad y el contenido de nutrientes del estiércol, entre los cuales podemos identificar los siguientes factores: tipo de ganado, alimentación, condiciones ambientales, condiciones de almacenado y duración. SEPAR (2004) indica que la composición química del estiércol del cuy presenta diversos componentes tales como: N₂, P₂O₅, K₂O, CaO y SO₄; identificando así su composición de 0,60%, 0,03%, 0,18%, 0,55% 0,18% y 0,10% respectivamente para cada parámetro.

2.2.3. Aguas Residuales.

Las aguas residuales se definen como la contaminación del agua, y esto ocurre a nivel primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas una preocupación en las aguas residuales, es que presenta altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio que traerá como consecuencias negativas: el cáncer, la diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares (OMS, 2006).

Batista (2013) afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas, el agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos. Las aguas residuales se clasifican: municipales, domésticas e industriales (OEFA, 2014).

FYNDECOLL (2018) menciona que los efluentes del sector pecuario, poseen grandes cantidades de sustancias contaminadas; las cuales son dañinas para los seres humanos y el medio ambiente, además dicha actividad demanda mucha agua; este tipo de aguas residuales presentan componentes como: materia orgánica, químicos limpiadores, agroquímicos.

2.2.4. Aguas Residuales Provenientes de Camales Municipales.

Quille y Donaires (2012) manifiestan que las aguas residuales de camales municipales contienen altos niveles de carga orgánica, reportando altos índices de Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días, Demanda Química de Oxígeno, sólidos suspendidos, fósforo total y nitrógeno total. Utilizando un sistema de tratamiento mixto permitió remover DBO₅ al 75%, DQO al 73%, fosforo al 95% y sólidos en suspensión al 99%, así como la reducción de coliformes totales.

Oré (2017) manifiesta que las aguas residuales provenientes de un camal municipal, presentan concentraciones de sólidos totales en 1613 mg/L, DQO de 1696 mg O₂/L, alcalinidad en 450 mg CaCO₃/L y pH en 8.13.

Muñoz (2005) menciona que las aguas residuales de los mataderos son aquellas que provienen de los mataderos propiamente dichos y de factorías de procesos cárnicos o derivados, los desperdicios que se producen tienen un color pardo rojizo, una alta concentración de demanda bioquímica de oxígeno y grandes cantidades importantes de sólidos totales en suspensión.

2.2.5. Biodigestor.

Ramos (2006) indica que los biodigestores ofrecen grandes ventajas para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias, además de disminuir la carga contaminante de los mismos, extrae gran parte de la energía contenida en el material mejorando su valor fertilizante y controlando de manera considerable los malos olores.

MINAGRI (2011) define a un biodigestor, como un sistema en el cual se genera un ambiente adecuado, donde la materia orgánica se descompone en ausencia del oxígeno, este fenómeno se denomina como digestión anaeróbica; la descomposición se producirá por las bacterias que habitan en el interior del biodigestor y estas proceden principalmente del estiércol fresco, las cuales se alimentaran de la materia orgánica produciendo productos tales como: biol, biosol y biogás.

2.2.6. Tipo de Biodigestores.

Corona (2007) afirma que existen diversos tipos de biodigestores, tales como: biodigestor tipo bolsa, hindú y chino; pero los más comunes son el domo flotante (hindú) y el domo fijo (chino); el principal inconveniente de estos biodigestores se basa principalmente a los costos altos, la dificultad de instalación y los problemas de consecución de las partes y repuestos

Solari (2004) clasifica de acuerdo a la frecuencia de cargado los sistemas de biodigestión en: batch o discontinuo, semicontinuo y continuo.

2.2.7. Sistemas Semicontinuos.

Solari (2004) indica que este es el tipo de biodigestor es el más usado en el medio rural, cuando se trata de biodigestores pequeños para uso doméstico, presentan: una entrada (alimentación), una salida (para el biol, biogás y biosol) y un sistema de agitación (sistema de paletas).

Morales, *et al.* (2016) señala que los principales biodigestores semicontinuos son el hindú, el chino y el taiwanés; se utilizan cuando la disponibilidad de materia orgánica es constante y se considera como ventaja principal si se quiere aprovechar más el biol.

MINAM (2015) indica que los biodigestores semicontinuos se cargan una vez al día, a la semana o con cierta frecuencia y así permitirán tratar la biomasa sólida mezclada con el agua.

2.2.8. Biol.

Verde (2014) define que el biol es un abono foliar orgánico que se obtiene como producto del proceso de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos provenientes de animales y vegetales, como estiércol o restos vegetales, se define también como un componente que mejora la germinación de las semillas, fortalece las raíces y la floración de las plantas; su utilidad se traduce en los aumentos significativos de las cosechas a bajo costo.

INIA (2008) indica que la elaboración del biol se realiza de forma artesanal dependiendo de su composición y propiedades del contenido nutricional de los materiales con los que se ha elaborado, también depende del clima y de las características del biodigestor en el sistema de digestión anaeróbica; existen dos formas de preparar biol, en mangas de plástico (modelo de flujo pistón) o bidones simulando al chino o hindú, donde permanecen por un periodo de dos a tres meses; tiempo que dura la fermentación.

El biol, presenta diversas ventajas; no es tóxico y no contamina el medio ambiente, es fácil de elaborar, es de fácil absorción para las plantas y tienen bajo costo de producción; asimismo para poder elaborarlo se necesita un periodo de tiempo de retención, que oscila de 3 a 4 meses (Verde, 2014).

Peña (2008) menciona que la producción de biol en un clima frío dura entre 75 a 90 días, mientras que en un clima cálido de 30 a 45 días.

2.2.9. Parámetros Físicos y Químicos del Biol.

Crisanto (2016) generó la producción de biol, utilizando agua residual y estiércol de animales domésticos, registrando los siguientes resultados para; ph: 7.21, Conductividad Eléctrica (CE): 8.57 $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$, Sólidos Totales Disueltos (STD): 16.09 g/l, Materia Orgánica (MO): 9.99 g/l, Nitrógeno (N_2): 908.60 mg/l, Fósforo (P): 145.75 mg/l, Potasio (K): 280 mg/l, Calcio (Ca): 792 mg/l, Magnesio (Mg): 146.67 mg/l y Sodio (Na): 520 mg/l.

Aparcana y Jansen (2008) manifiestan que aproximadamente el 90% del material orgánico que ingresa a un biodigestor se transforma en biol y además indican una baja de presencia de materia seca en el biol, que va de 1% a 5%.

Potsch (2004) realizó el trabajo de investigación utilizando estiércol de vacuno en biodigestores de tipo semi continuo donde reportó los siguientes resultados: pH: 7.96, Nitrógeno (N₂): 2.63 g/l, Fósforo (P): 0.43 g/l, Potasio (K): 2.66 g/l, Calcio (Ca): 1.05 g/l, Magnesio (Mg): 0.38 g/l y Sodio (Na): 0.404g/l.

ITINTEC (1984) generó la producción de biol, a partir de estiércol de vacuno utilizando la digestión anaeróbica mediante el uso de biodigestores, obteniendo los siguientes resultados; pH: 6.7 a 7.9, nitrógeno: 0.9 g/l fósforo: 0.048 mg/l, potasio: 0.29 mg/l, calcio: 2.1 g/l, magnesio: 0.135 % y carbono: 0.23 a 0.30 y zinc: 0.05 mg/l.

Cano, *et al.* (2016) elaboraron biol a partir de estiércol de bovino y porcino, obteniendo el promedio de humedad de 95.18 % y 96.21% respectivamente, y cenizas en 1.51% para ambos bioles.

Suarez (2009) investigó las excretas de alpaca para la producción de biol, encontrando concentraciones altas de N, P, K, Ca y B; encontrando concentraciones mayores 700 mg/L⁻¹, 170 mg/L⁻¹, 1300 mg/L⁻¹, 1800 mg/L⁻¹, 270 mg/L⁻¹ y 7 mg/L⁻¹ respectivamente; esta notable diferencia con otros bioles se atribuye a las bacterias para degradar compuestos insolubles como la celulosa, hemicelulosa y lignina, explicándose con ello altos contenidos de materia orgánica y sólidos totales.

2.2.10.Ph.

Fernández y Seghezzo (2015) diseñaron reactores anaeróbicos, donde indicaron que el intervalo óptimo de pH para la digestión anaeróbica en un reactor está comprendido entre 6.8 y 7.5; aunque también el proceso puede desarrollarse eficazmente en el intervalo de 6.0 y 8.0.

Bolivar y Ramirez (2012) mencionan que el pH es uno de los parámetros que ejerce una gran influencia sobre la estabilidad del proceso de digestión anaeróbica, regula la coexistencia de las poblaciones de microorganismos y controla la subsistencia de los microorganismos degradadores.

2.2.11. Temperatura.

Fernández y Seghezzo (2015) indican que la temperatura es un parámetro de operación trascendental ya que está implicado en los balances energéticos que pueden posibilitar o impedir el desarrollo de la biodigestión anaeróbica; para lo cual establecen rangos de temperatura que se clasifican en psicrófilo ($-5 < T < 20^{\circ}\text{C}$), mesófilo ($8 < T < 45^{\circ}\text{C}$), termófilo ($40 < T < 70^{\circ}\text{C}$) y hipertermófilo ($65 < T < 110^{\circ}\text{C}$).

Bolivar y Ramirez (2012) determinaron que existen 3 rangos de temperatura óptimos para el buen funcionamiento del proceso de crecimiento bacteriano y digestión de la materia orgánica, indicando lo siguiente: psicrófilico ($< 20^{\circ}\text{C}$), mesofílico (entre 20°C y 45°C) y termofílico ($> 45^{\circ}\text{C}$); asimismo recomiendan que el rango mesofílico es el más adecuado para la digestión anaeróbica.

Cendales (2011) indica que es importante el incremento en la temperatura sea directamente proporcional al crecimiento bacteriano y conversión metabólica, asimismo menciona que las variaciones en la etapa termofílica ocasionará mortandad bacteriana y por lo tanto disminuirá el proceso de biodigestión aumentando el tiempo de retención.

Cano, *et al.* (2016) evaluaron en los bioles de bovino y porcino, la temperatura interna promedio durante dos meses, obteniendo; 22.4 y 23.13°C respectivamente, donde se desarrollan los microorganismos mesofílicos.

2.2.12. Conductividad Eléctrica.

FIODM (2012) definen que la conductividad eléctrica es realmente una medida de la actividad iónica de una solución en términos de su capacidad para transmitir corriente.

Cano, *et al.* (2016) evaluaron los bioles de bovino y porcino, registrando un cambio en la conductividad eléctrica desde los 35 días, con valores de 11.09 a 4.06 $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$.

Soria, *et al.* (2001) concluyó que, en la biodigestión de excretas líquidas porcinas en un periodo de 50 días, la conductividad eléctrica inició con 5.8 $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ y finalizó con 4.08 $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$, indicando que la disminución se debió al consumo de compuestos solubles del sustrato porque los microorganismos se encontraban en su etapa de reproducción.

2.2.13. Sólidos Totales Disueltos.

FIODM (2012) definen que los sólidos totales disueltos vienen a ser la suma de los minerales, sales, metales, cationes y aniones disueltos en el agua, principalmente el calcio, magnesio, potasio y sodio; asimismo los bicarbonatos, cloruros, sulfatos; y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua; también mencionan que los sólidos totales disueltos son una medida de concentración total de iones en solución.

2.2.14. Macronutrientes y Micronutrientes del Biol.

FAO (2002) clasifica a los macronutrientes en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y secundarios (magnesio, azufre y calcio); asimismo a los micronutrientes en: hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloro y boro.

Fernández y Seghezzi (2015) indican que en la digestión anaeróbica, las bacterias además de necesitar de una fuente de carbono (C), requieren otros nutrientes como nitrógeno (N_2), fósforo (P) y azufre (S) en grandes cantidades y la presencia de micronutrientes; definen que la concentraciones óptimas para el proceso de digestión anaeróbica son las siguientes; nitrógeno (<50 mg/L), fósforo (<10 mg/L), potasio (<200 mg/L), calcio (<200

mg/L) ,sodio (<200 mg/L), magnesio (<250 mg/L), cobre (<0.02 mg/L), hierro (<10 mg/L), zinc (<0.02 mg/L) y manganeso (<0.02 mg/L).

Bolivar y Ramirez (2012) mencionan que, en la digestión anaeróbica, el proceso microbiológico no sólo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno, sino que también deberán de estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales como el azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores.

2.2.15.Utilidades y Beneficios del Biol.

Aparcana y Jansen (2008) reporta que el biol es muy útil para ser aplicado en la agricultura a través de irrigación, recomienda utilizar para el caso de cultivo de papa; una dosificación de 300 litros de biol /ha en tres aplicaciones foliares; en una dilución de 50%, 100 litros de biol en 200 litros de agua; asimismo para el caso del algodón recomienda 160 litros de biol/ha en cuatro aplicaciones foliares en una dilución de 20%, 40 litros de biol en 200 litros de agua.

2.2.16.Proceso de Biodigestión.

Vega (2015) menciona que existen 2 tipos de procesos de biodigestión, los cuales se dividen en el proceso aeróbico y el proceso anaeróbico. El proceso aeróbico es llevado a cabo por bacterias aeróbicas, donde la materia orgánica es fermentada a partir de un aporte energética, como consecuencia se da lugar a una reacción exotérmica, mientras que el proceso anaeróbico se basa en la biodigestión anaeróbica.

2.2.17.Biodigestión Anaeróbica.

Vega (2015) la biodigestión anaeróbica abarca una compleja serie de reacciones de digestión y fermentación; que llevan a cabo diferentes especies bacterianas, en un ambiente con ausencia de oxígeno. Este proceso se basa en la transformación de la materia orgánica contaminante a biomasa, mediante reacciones bioquímicas y como resultado se obtiene un residuo semisólido denominado biol.

Llirod y López (1995) dentro de la biodigestión anaeróbica, se tiene que tener en cuenta los alimentos principales de las bacterias anaeróbicas, la cual son el carbono, en forma de carbohidratos y el nitrógeno en forma de proteínas, nitratos, amoníaco, entre otros; donde el carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

Llirod y López (1995) indica que la biodigestión es la práctica más común que se desarrolla en una localidad, donde se utilizarán varios residuos disponibles, mezclándolos entre sí para un mejor uso en un biodigestor, registrando las concentraciones en el estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) para humedad: 32%, sólidos totales: 60%, carbono en base seca: 37%, nitrógeno en base seca: 2.2% y relación carbono/nitrógeno: 17.

2.2.18. Bacterias que Intervienen en el Proceso Anaeróbico.

Vega (2015) define que en el proceso de biodigestión anaeróbica se involucran siempre cuatro tipos de bacterias: la hidrolítica; que producen ácido acético, compuestos mono carbonados, ácidos grasos orgánicos y otros compuestos policarbonatos; la acetogénicas, son productoras de hidrógeno; las homoacéticas, que pueden convertir una cantidad considerable de compuestos multicarbonados o mono carbonados en ácido acético; y las metanogénicas, que son las productoras del gas metano.

Mandujano (2001), afirma que las bacterias son el ingrediente esencial del proceso anaeróbico, y es necesario mantenerlas en condiciones que permitan asegurar y optimizar su ciclo biológico deben estar en un estado de equilibrio dinámico; para establecer y mantener los contenidos del sistema anaeróbico presentar el oxígeno disuelto y las concentraciones inhibitoras de amoníaco de manera libre y de constituyentes como metales pesados.

2.2.19. Relación de Carbono Nitrógeno.

Crisanto (2016) indica que los alimentos fundamentales de las bacterias son el carbono, en forma de carbohidratos y el nitrógeno, en forma de proteínas, amoníaco, entre otros. El carbono es muy importante, debido a

que se utiliza para obtener energía y el nitrógeno se utiliza para la construcción de estructuras celulares), afirmando que la relación óptima de C/N es de 20:1 - 30:1, lo cual si la relación es muy estrecha de 10:1, habrá pérdidas de nitrógeno y si la relación es muy amplia de 40:1, se inhibirá el crecimiento de microorganismos, debido a la falta de nitrógeno.

2.2.20. Inhibidores.

CIISCA (1996), menciona que por tratarse de un proceso biológico; existen muchos factores que afectaran a la actividad de los microorganismos e inhibirán el proceso a determinadas concentraciones (Véase Tabla 1).

Tabla 1. *Inhibidores del Proceso de Biodigestión Anaeróbica.*

INHIBIDORES	CONCENTRACIÓN
SO ₄	5000 ppm
NaCl	4000 ppm
Nitrato	0.05 mg/l
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200 – 500 mg/l
Detergente sintético	20 – 40 mg/l
Na	3500 – 5500 mg/l
K	2500 – 4500 mg/l
Ca	2500 – 4500 mg/l

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1996)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

2.3.1. Biodigestor.

Martí (2008) define que un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás, biosol y biol. El biol, inicialmente se ha considerado un producto secundario, pero actualmente se está tratando con la misma importancia, o mayor, que el biogás, ya que provee a las familias un fertilizante natural que mejora fuertemente el rendimiento en las cosechas.

2.3.2. Biodigestor Tipo Semicontinuo

Avila (2016) define que un biodigestor de tipo semicontinuo es aquel que se carga de materia orgánica en lapsos de tiempo y de manera directa, asimismo lo define como digestores pequeños para uso doméstico, este tipo de biodigestor es el más usado en el medio rural; entre los diseños más populares son el hindú, el chino y el taiwanés.

2.3.3. Biol

FAO, *et al.* (2011) menciona que el biol se define por su aporte de elementos minerales, especialmente nitrógeno. Como subproducto después de la generación de biogás, se obtiene materia orgánica estabilizada rica en elementos minerales. En función a la carga usada y el proceso seguido, esta materia orgánica, también conocida como bioabono puede presentarse de dos formas: líquida y sólida.

2.3.4. Aguas Residuales de Camal Municipal

OEFA (2014) son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser rehusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

2.3.5. Estiércol de Cuy (*Cavia porcellus*)

Martinez (1995) define que el estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, el estiércol además de contener heces y orines puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene serrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del cuy (*Cavia porcellus*), así como agua procedente de los bebederos.

2.3.6. Inhibidores.

Bernal. *et al*, (2014) menciona que los compuestos inhibidores pueden ser generados durante el proceso de digestión anaeróbica o pueden estar ya presentes en el sustrato que será alimentado al biodigestor.

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1. Hipótesis General.

- H_i : El uso de estiércol de cuy de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, mejora los parámetros físicos y químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores de tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H_0 : El uso de estiércol de cuy de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, no mejora los parámetros físicos y químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores de tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- H_i : El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de

biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H₀: El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H_i: El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H₀: El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

2.5. VARIABLES.

2.5.1. Variable dependiente.

- Producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo

2.5.2. Variable independiente.

- Estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero

- Agua residual del camal municipal de Huánuco

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Entre el estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero, las aguas residuales del camal municipal de Huánuco y la producción de biol mediante biodigestores de tipo semicontinuo, se establecieron diversos tipos de variables que se interrelacionarán entre sí, (Véase tabla 2):

Tabla 2. Operacionalización de Variables.

Título del Proyecto de Investigación: "Evaluación del estiércol de cuy de la granja Montero y aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco para la producción de Biol mediante Biodigestores de tipo semicontinuo- 2017". Tesisista: Bach. Josell Marcos Noreña Alvarado									
VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CATEGORIZACIÓN O DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	VARIABLE/ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA	INDICE	VALOR
ESTIERCOL DE CUY DE LA GRANJA MONTERO	VARIABLE INDEPENDIENTE	SON RESIDUOS SÓLIDOS PECUARIOS CON GRAN POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN, PARA PODER OBTENER COMPUESTOS Y/O SUSTANCIAS DE COMPOSTAJE	RECURSO POR OBTENCIÓN NATURAL	SON PRODUCTO DE LA DIGESTIÓN DEL CUY Y QUE ADEMÁS PRESENTAN BACTERIAS Y OTROS COMPONENTES	CENIZAS EN BASE SECA	CUANTITATIVA/CONTINUA	%	PORCENTAJES DE CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS AL INICIO Y AL FINAL DEL PROCESO EXPERIMENTAL	CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES
			MATERIAL DE DESECHO		MATERIA ORGÁNICA EN BASE SECA				
			RECURSO REAPROVECHABLE		HUMEDAD				
			RECURSOS FINANCIEROS		NITRÓGENO TOTAL				
					ÓXIDO DE FÓSFORO (P_2O_5)				
AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO	VARIABLE INDEPENDIENTE	LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL O MATADERO, SON EFLUENTES CONTAMINANTES; GENERADOS POR LA ACTIVIDAD ANTROPÓGÉNICA QUE TIENE COMO RESULTADO LA CONTAMINACIÓN DE LOS RECEPTORES (RÍOS).	RECURSOS DE PRODUCCIÓN	SON EFLUENTES CONTAMINANTES QUE ALTERAN LA COMPOSICIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES	POTASIO TOTAL	CUANTITATIVA/CONTINUA	mg/L	PORCENTAJES DE CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS AL INICIO Y AL FINAL DEL PROCESO EXPERIMENTAL	PORCENTAJES DE PARÁMETROS ENCONTRADOS
			EFLUENTES CONTAMINANTES		NITRÓGENO TOTAL				
			CONTAMINANTE A GRAN ESCALA		CALCIO TOTAL				
					MAGNESIO TOTAL				
			RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS		COBRE TOTAL				
					FÓSFORO TOTAL				
					HIERRO TOTAL				
					MANGANESO TOTAL				
					POTASIO TOTAL				
					SODIO TOTAL				
PRODUCCIÓN DE BIOL MEDIANTE BIODIGESTORES DE TIPO SEMICONTINUO	VARIABLE DEPENDIENTE	SE LE DENOMINA BIOL, AL PRODUCTO OBTENIDO COMO RESULTADO DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA LLEVADO A CABO DENTRO DE UN BIODIGESTOR; DENOMINÁNDOLO COMO UN COMPUESTO FOLIAR, QUE PUEDE SER UTILIZADO EN LA AGRICULTURA	PRODUCTO DE USO APROVECHABLE	PRODUCTO DEL PROCESO METANOGÉNICO ESTABLECIDO DENTRO DE UN SISTEMA SEMICONTINUO (BIODIGESTOR), EN DONDE PRESENTARÁ COMPONENTES TALES COMO: N, C, P, ENTRE OTROS.	ZINC TOTAL	CUANTITATIVA/CONTINUA	%	ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FINAL DEL BIOL; Y ESTABLECER CUADROS COMPARATIVOS FRENTE A OTROS FERTILIZANTES DEL MERCADO ECONÓMICO	CALIDAD DE COMPOSICIÓN DEL BIOL (COMPUESTO FOLIAR)
			FERTILIZANTE PARA SUELOS		MATERIA SECA (%)				
					COMPUESTO POSIBLEMENTE ENRIQUECIDO EN C, N,P, ENTRE OTROS		HUMEDAD (%)		
			REQUIERE DE RECURSOS FINANCIEROS PARA SU PRODUCCIÓN				CENIZA EN BASE HÚMEDA (%)		
					MATERIA ORGÁNICA EN BASE HÚMEDA (%)				
					NITRÓGENO (BASE HÚMEDA) (%)				
					NITRÓGENO (BASE SECA)(%)				
					ÓXIDO DE FÓSFORO (P_2O_5)				
					CALCIO TOTAL				
					POTASIO TOTAL				
					SODIO TOTAL				
					MAGNESIO TOTAL				
					COBRE TOTAL				
			HIERRO TOTAL						
ZINC TOTAL									
MANGANESO TOTAL									
						g/L_{biol}			
						mg/L_{biol}			

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Enfoque.

La presente investigación presenta un enfoque cuantitativo, según (Hernández. *et al*, 2010); debido al uso de la estadística, el análisis, y la medición de los fenómenos. Además, de que analiza la realidad de manera objetiva, respecto a procesos secuenciales y deductivos, para así poder obtener resultados, con la predicción y precisión de datos.

3.1.2. Método.

El método es experimental puro, porque se manipuló las variables para encontrar resultados (Hernández. *et al*, 2010).

3.1.3. Alcance o Nivel.

De acuerdo a los alcances establecidos en la investigación, presenta lo siguiente, según (Hernández. *et al*, 2010); la investigación realizada se encuentra dentro del nivel experimental ya que trata de manipular las variables independientes buscando optimizarlas.

3.1.4. Tipo

El trabajo de investigación se enmarca dentro del tipo de investigación aplicativo, según (Hernández. *et al*, 2010) porque busca resolver un problema práctico para satisfacer necesidades.

3.1.5. Diseño de la Investigación

Según (Hernández. *et al*, 2010) la investigación presenta un diseño experimental puro, debido a que se plantea el manejo y manipulación intencional de una o más variables independientes, la posibilidad de medir el efecto de la

variable independiente sobre la variable dependiente y el control o validez interna de la situación experimental; como se muestra en la siguiente ecuación:

$$X_e + Y_{a.r.} \xrightarrow{B_{t.s.}} Z_{b.o.}$$

DONDE:

X_e = Estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero

$Y_{a.r.}$ = Aguas residuales del camal municipal de Huánuco

$Z_{b.o.}$ = Biol obtenido

$B_{t.s.}$ = Biodigestor de tipo semi continuo

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población estuvo determinada por el estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco.

3.2.2. Ubicación de la Población.

El estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero, se encuentra ubicada en el Centro Poblado de Ayancocha, Distrito de Ambo, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco. Geográficamente está ubicado a 76°12'30" de longitud oeste y 10°6'41" de latitud sur, a una altitud de 2064 m.s.n.m. con humedad relativa de 89% y temperatura promedio de 17.5°C, con una precipitación anual de 416 mm. (Véase ilustración 9).

Las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, se encuentra ubicado en el en el Distrito de Huánuco, Provincia de Huánuco, Departamento de Huánuco. Geográficamente está ubicado a 76°13'59" de longitud oeste y 9°55'13" de latitud sur, a una altitud de 1894 m.s.n.m. con humedad relativa de 87% y temperatura promedio de 18.7°C, con una precipitación anual de 388 mm;

generando un promedio de aguas residuales de 172800 litros/semana (Véase ilustración 10).

3.2.3. Instalación del Proyecto.

Para el presente experimento se utilizó un área experimental de 16 m²; (4m de largo x 4m de ancho) de terreno, ubicado en el Centro de Investigación en Tratamiento de Agua y Ecosistemas Contaminados (CITAEC) de la Universidad de Huánuco, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental.

3.2.4. Muestreo y Análisis del Estiércol de Cuy (*Cavia porcellus*) de la Granja Montero y Aguas Residuales del Camal Municipal de Huánuco.

3.2.4.1. Toma de Muestras para el Estiércol de Cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero.

El estiércol de cuy (*Cavia porcellus*), se obtuvo de la granja Montero, que cuenta con 3500 ejemplares, de los cuales 1700 son reproductores y 1800 están distribuidos entre recrias, hembras y machos para engorde; distribuidos en 8 galpones, denominados como: Mary, Augusto, Alejandro, Lina, Edwin, Lola, Wacchilero y Roda.

Se recolectó la cantidad de 16 kilogramos de estiércol en cada galpón, haciendo un total de 128 kilogramos; que fueron almacenados en costales e inmediatamente trasladados a una loza donde se realizó el almacenamiento (Véase ilustración 1).



Ilustración 1. Almacenamiento de las muestras de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la Granja Montero.

Seguidamente se aplicó el Método del Cuarteo, con la finalidad de homogenizar las muestras acopiadas; hasta obtener la cantidad de muestra deseada de un 1 kg de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) para su posterior análisis en el laboratorio y los 127 kg restantes de la muestra sirvieron para la alimentación de los biodigestores de tipo semi continuo (Véase ilustración 2).



Ilustración 2. Método del Cuarteo aplicado a las muestras de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la Granja Montero.

3.2.4.2. Toma de Muestras de las Aguas Residuales del Camal Municipal de Huánuco.

Las aguas residuales del camal municipal de Huánuco que se almacenaron, presentaron las características de un color rojizo con presencia de sangre, grasas, restos de pelos, vísceras y cuernos; perteneciente al ganado vacuno, bovino y porcino; obteniéndose al final un almacenamiento total de 130 litros para el arranque y posteriormente para la alimentación 26 litros más, para lo cual se realizaron los procedimientos de traslado de los contenedores, filtrado, llenado y el almacenamiento final de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, como se muestra en la ilustración 3, respectivamente.



Ilustración 3. Almacenamiento de la muestra de las aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.

Para realizar el almacenamiento de la muestra de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, se utilizaron los siguientes materiales:

- 01 cernidor de plástico
- 01 balde plástico 16 litros
- 01 balde plástico de 40 litros con tapa
- 03 biodigestores de tipo semi continuo de 80 litros

Para la protección personal, se utilizó:

- 01 par de guantes de látex
- 01 par de botas
- 01 guardapolvo
- 01 gorro quirúrgico
- 01 mascarilla

3.2.4.3. Análisis de las muestras del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco

Para realizar el análisis de los parámetros físicos y químicos: cenizas en base seca (%), materia orgánica en base seca (%), humedad (%), nitrógeno (%), oxido de fosforo (P_2O_5) y potasio (%); del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*), se utilizó la metodología y protocolo del laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; donde utilizaron un espectrofotómetro UV – visible; tomando como muestra 1 kilogramo de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*).

Para el análisis los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, se utilizó la metodología y el protocolo del laboratorio Labs & Technological Services (AGQ), laboratorio certificado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

3.2.5. Construcción de los Biodigestores de Tipo Semicontinuo.

Para la construcción de los biodigestores de tipo semi continuo se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos:

- 03 bidones plásticos de 20 galones c/u
- 03 llaves de paso de PVC de 1 pulgada
- 03 llaves de paso de PVC de 1/2 pulgada
- 06 niples especiales de PVC de 2 pulgadas
- 06 niples especiales de PVC de 1 pulgada
- 03 niples simples de PVC de 1/2 pulgada
- 12 tuercas de bronce de 2 pulgadas
- 12 tuercas de bronce de 1 pulgada
- 06 tuercas de bronce de 1/2 pulgada
- 12 empaques de jebe de 2 pulgadas
- 12 empaques de jebe de 1 pulgada
- 06 empaques de jebe de 1/2 pulgada
- 03 niples especiales de PVC de 1/2 pulgada
- 03 reducciones de bronce de 1/2 pulgada a 3/4 de pulgada
- 06 abrazaderas sin fin de 5/8 de pulgada
- 01 Tubo de agua PVC con rosca de 1.50 metros de 2 pulgadas
- 01 Tubo de agua PVC con rosca de 1.80 metros de 1 pulgada
- 01 Tubo de agua PVC con rosca de 1.00 metro de 1/2 pulgada
- 09 selladores de 1/2 pulgada
- 01 tubo de PVC de 3 metros de 1 pulgada
- 01 tubo de PVC de 3 metros de 1/2 pulgada
- 01 tubo de PVC de 1 metro de 2 pulgadas
- 03 reducciones de PVC de 2 pulgadas a 3 pulgadas
- 06 codos de PVC de 45°
- 06 codos de PVC con rosca de 90°
- 06 codos de PVC de 1/2 pulgada

- 03 uniones triples de PVC de 1/2 pulgada
- 03 llaves de paso de plástico de 1/2 pulgada
- 03 llaves de paso de plástico de 1 pulgada
- 03 flotadores inflables de plástico
- 01 taladro
- 08 rollos de cinta de teflón
- 03 tubos de silicona negra
- 03 cámaras de bicicleta
- 01 broca de metal de 3/8
- 01 Hoja de sierra
- 02 envases de pegamento azul para PVC de 250 g c/u
- 03 metros de manguera negra
- 02 llaves stillson de 18 pulgadas
- 02 llaves inglesas de 6 pulgadas

Procedimiento

A continuación, se muestra el diseño de los biodigestores de tipo semi continuo que se construyeron (Véase ilustración 4 y 5).

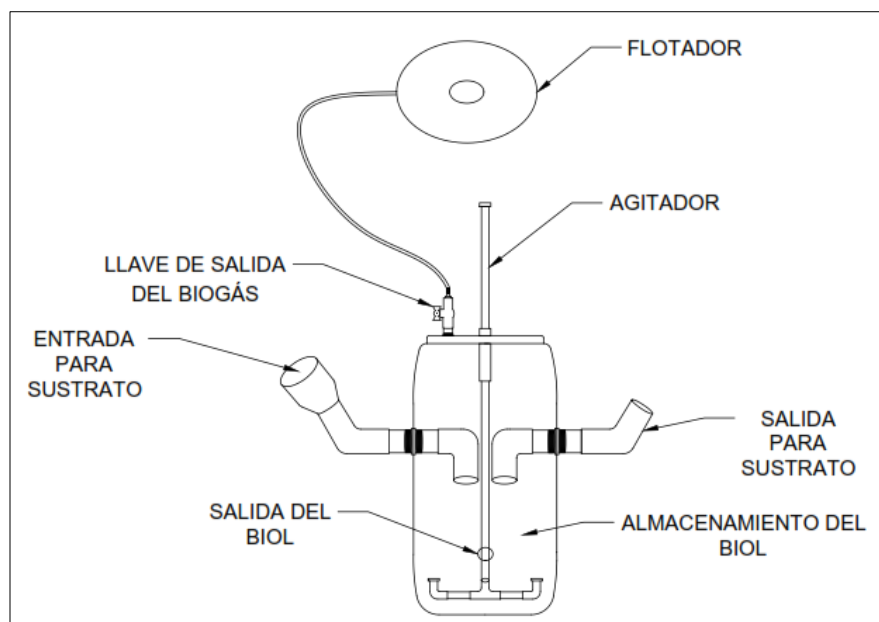


Ilustración 4. Vista frontal del biodigestor de tipo semi continuo.

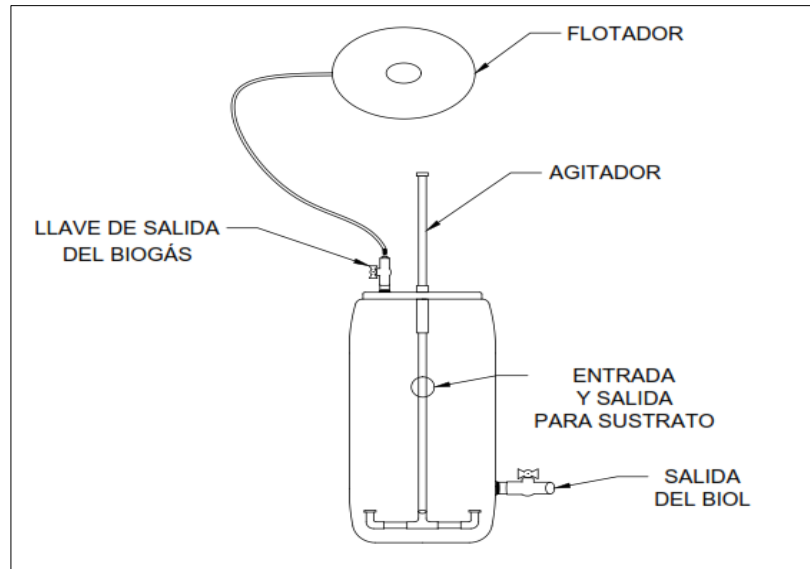


Ilustración 5. Vista lateral del biodigestor de tipo semi continuo.

Se construyeron 03 biodigestores de tipo semicontinuo, por lo que se utilizaron 03 bidones cilíndricos de plástico de 20 galones.

La construcción se inició con tres perforaciones por bidón, dos de aproximadamente 2 pulgadas a 50 cm de la base y una de 1 pulgada a 20 cm de la misma, para todas las perforaciones se utilizó el taladro. Las perforaciones de 2 pulgadas de forma circular una opuesta a la otra, sirvieron como entrada y salida de la carga y las perforaciones de 1 pulgada como salida del biol producido por los biodigestores de tipo semicontinuo.

Para las perforaciones de 2 pulgadas se colocaron los niples especiales de pulgadas que fueron fijados con los empaques de jebe y las tuercas de bronce de 2 pulgadas tanto en la parte interna como en la externa de los biodigestores, teniendo la función de tuerca y contratuerca respectivamente. Se terminó esta parte de la construcción con la aplicación de la silicona negra en los alrededores de la tuerca, para sellar y dejar impermeable la estructura.

De manera análoga se colocó el niple especial de 1 pulgada, utilizando tuercas de bronce y empaques de jebe de 1 pulgada; que sirvió para la salida del biol. En todos los acoples con rosca en la construcción de los biodigestores se usó cinta de teflón para evitar fugas, además se utilizaron las llaves inglesas y stillson para ajustar las tuercas y contratuercas.

Continuando con el proceso de construcción, sobre los niples especiales fijados, en el extremo interno se colocó con pegamento un codo con rosca de 90° y en el extremo libre del niple se colocó con pegamento un codo de 45°, así mismo sobre uno de los codos se colocó la reducción de PVC de 2 a 3 pulgadas. De esta manera se tiene la entrada del sustrato a los biodigestores de tipo semi continuo.

Seguidamente sobre el niple especial de 1 pulgada se colocó una llave de paso de PVC de 1 pulgada sellándolo con silicona negra, y así se estableció la estructura para la salida del biol (Véase ilustración 6).

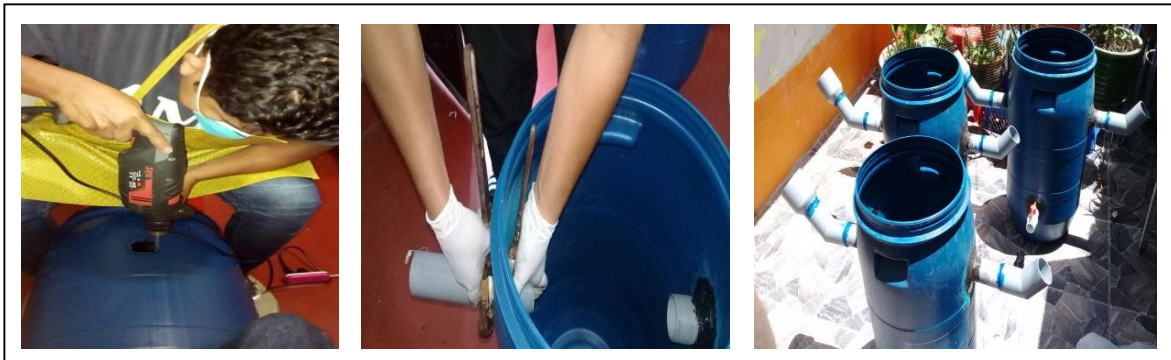


Ilustración 6. Construcción de los biodigestores de tipo semi continuo.

Para el sistema colector de los gases se perforó la tapa del bidón en forma circular de 1/2 pulgada, donde se fijó un niple especial de 1/2 pulgada utilizándose los mismos procedimientos de la instalación de los niples especiales de 2 pulgadas, para dicho sistema se utilizó tuercas de bronce y empaques de jebe de 1/2 pulgada. Seguidamente en el extremo superior libre del niple de 1/2 pulgada, se colocó una llave de paso de PVC de 1/2 pulgada, a continuación, se instaló un reductor de bronce con rosca de 1/2 pulgada a 3/4 pulgada donde se acopló la manguera negra, utilizando abrazaderas de metal; este sistema sirvió para la salida de los gases hacia el flotador instalado.

Finalizando la construcción, se realizó la instalación del sistema de agitación para homogenizar la mezcla. Para lo cual se perforó en el centro de la tapa de los bidones un agujero de 1 pulgada, aquí se colocó un tubo de 40 cm de 1 pulgada con rosca en el extremo superior, haciendo la función de un niple

especial de 1 pulgada fijándolo por la parte externa e interna con tuercas de bronce y empaques de jebe de 1 pulgada, sellándolos con silicona negra.

Luego se hizo pasar un tubo de 98 cm de longitud de 1/2 pulgada por el interior del tubo de 1 pulgada y en el extremo inferior se fijó un tubo de forma T invertida con la ayuda de una unión triple de PVC de 1/2 pulgada; a continuación en los extremos libres de este, se fijaron tubos de PVC de 1/2 pulgada de 15 cm de longitud y sobre los extremos libres de estos se conectaron codos de PVC de 90° de 1/2 pulgada y sobre los extremos libres de estos se fijan tubos de PVC de 1/2 pulgada de 10 cm; por último se fijan sobre estos tubos selladores de 1/2 pulgada (Véase ilustración 7).



Ilustración 7. Sistemas de los biodigestores de tipo semi continuo.

3.2.6. Metodología para el Arranque de los Biodigestores de Tipo Semi Continuo

La capacidad del biodigestor de tipo semicontinuo, estableció lo siguiente: 20 galones, que equivalen a 80 litros, donde se distribuyó el 20% de su capacidad en biogás (16 litros) y el 80% en sustrato (64 litros), conformado por el estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco.

Para esta investigación se utilizó la metodología de mezcla 1:3; donde resume que por 1 kg de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero, se adicionará 3 kg de agua residual del camal municipal de Huánuco que equivalen a 3 lt de agua residual del camal municipal de Huánuco.

Se realizaron los siguientes procedimientos:

- Procedimiento 1: $64L \div 3 = 21.3Kg$ de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero ... (A)
- Procedimiento 2: $64L - 21.3 kg = 42.7Kg/l$ (1 litro de agua tiene una masa justo de 1 kg) ... (B)

Una vez finalizado los diversos cálculos matemáticos, se obtuvo los pesos exactos del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco; para el arranque de los biodigestores de tipo semicontinuo (Véase Tabla 3).

Tabla 3. Muestra del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja montero y de las aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.

Descripción	Muestra del estiércol de cuy(<i>Cavia porcellus</i>)	Muestra del agua residual de Camal Municipal de Huánuco
Biodigestor N°01	21.3 Kg de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	42.7 L de agua residual del camal municipal de Huánuco
Biodigestor N°02	21.3 Kg de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	42.7 L de agua residual del camal municipal de Huánuco
Biodigestor N°03	21.3 Kg de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	42.7 L de agua residual del camal municipal de Huánuco
Total	63.9 Kg de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	128.1 L de agua residual del camal municipal de Huánuco

Fuente: Elaboración Propia

3.2.7. Periodo de Carga y Control de los Biodigestores de Tipo Semi Continuo

El periodo de carga de los biodigestores de tipo semicontinuo fue establecido en dos periodos de 30 y 60 días, al 8% y 9%; presentando lo siguiente:

- Primera carga a los 30 días: 5.12 kg de sustrato (1.70 kg de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) + 3.42 litros de agua residual del camal municipal de Huánuco)
- Segunda carga a los 60 días: 5.76 kg de sustrato (1.92 kg de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) + 3.84 litros de agua residual del camal municipal de Huánuco).

Para el control del funcionamiento de los biodigestores de tipo semi continuo se realizó el monitoreo diario de los parámetros de temperatura ambiental (°C), temperatura interna de los biodigestores (°C), conductividad eléctrica (us/cm^{-1}), sólidos totales disueltos (ppm) y pH.

Asimismo, se utilizó un buffer de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en 2 oportunidades, para estabilizar el sistema de biodigestión anaeróbica.

3.2.8. Recolección y Análisis de las Muestras del Biol.

Finalmente, para la recolección de las muestras del biol de cada uno de los biodigestores de tipo semicontinuo, se realizó lo siguiente:

- Paso 1: Se recolectó la muestra de biol en botellas de plástico de 1 litro.
- Paso 2: Se rotularon las muestras de biol.
- Paso 3: Las muestras fueron enviadas al laboratorio de análisis de suelos, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la selva, donde se realizó el análisis de los siguientes parámetros físicos y químicos: materia seca (%), humedad (%), ceniza en base húmeda (%), materia orgánica en base húmeda (%), nitrógeno (en base húmeda %), nitrógeno (en base seca %), óxido de fósforo (P_2O_5), calcio ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), potasio ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), sodio ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), magnesio ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), cobre ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), hierro ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$), zinc ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$) y manganeso ($\text{mg}/\text{L}_{\text{Biol}}$).

Se obtuvieron 9 resultados del análisis del biol, que se ejecutaron en un periodo de análisis de 30, 60 y 90 días respectivamente.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Instrumentos de Medición y de Recolección de Datos del Biol

Para recolectar los datos en campo se utilizaron los siguientes instrumentos de medición:

- Termómetro ambiental (°C, rango: De -40°C a $+50^\circ\text{C}$)
- Multiparámetro (pH, Temperatura interna (°C y °F), us/cm^{-1} y ppm)

- Fichas técnicas (Véase cuadro 17)
- Libreta de campo (Cuadernillo de apuntes)

3.3.2. Técnicas para la Presentación de Datos del Biol.

- **Procedimientos de Recolección de Datos del Biol.**

La recolección de los datos se ejecutó en un periodo de tiempo de 30, 60 y 90 días, a través del uso de los instrumentos medición y fichas técnicas.

- **Procedimientos de Elaboración de Datos del Biol.**

Los datos obtenidos fueron el resultado del monitoreo del biol, aplicado durante los 30, 60 y 90 días; los datos del análisis del biol fueron obtenidos del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; todos los datos obtenidos fueron almacenados en cuadros de formato Excel.

3.3.3. Para el Análisis e Interpretación de Datos del Biol.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de 1 tratamiento con tres repeticiones, cuyo modelo de observaciones es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$i=1$ tratamiento

$J= 1, 2, 3$ repeticiones

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta que se obtiene de unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición.

μ = Media aritmética general de la población

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

e_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

Para la comparación de medias de los tratamientos se usó la prueba de Tuckey, con un nivel de confianza del 95% (Steel y Torrie, 1988).

Los datos fueron sometidos a las pruebas de normalidad por el test de Shapiro Wilks, la homogeneidad de varianzas por el test de Levene; para el caso en que los datos no cumplieran los supuestos del análisis de varianza paramétrico se usó el test de Kruskal – Wallis cuyo modelo se muestra a continuación.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{\sum Rc^2}{ni} - 3(n+1)$$

Donde:

H = Valor estadístico de la prueba de Kruskal – Wallis

N = Tamaño total de la muestra

Rc² = Sumatoria de los rangos elevados al cuadrado

ni = Tamaño de la muestra de cada tratamiento

Para el cálculo de las diferencias significativas medias entre las repeticiones se utilizó la prueba de Dunn ($\alpha = 0.05$).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL.

Cuadro 1. *Parámetros físicos del biol.*

TE*	pH	T A(C)	T I(C)	STD (ppm)	C.E.(us/cm ⁻¹)
30	6.11 ± 0.05 c	24.1 ± 0.1	23.58 ± 0.25	367.48 ± 25.48 a	663.4 ± 53.95 a
60	6.66± 0.07 b	23.6 ± 0	23.67 ± 0.45	344.2 ± 10.84 ab	549.83 ± 18.61 b
90	6.93± 0.06 a	21.5 ± 0	22.72 ± 0.47	310.07 ± 14.84 c	480 ± 10.11 b
P-Valor	<0.0001	0.0036	0.0517	0.0226**	0.0015**

*Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según el prueba de Tuckey (p<0.05) * Tiempo de Evaluación ** Se utilizó el Test de Kruskal Wallis.*

Análisis e Interpretación:

En el Cuadro 1 se observa los análisis físicos del biol, en el cual se observa que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), para los parámetros de pH, temperatura ambiental (TA), solidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica (CE), asimismo se puede observar que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) para el parámetro de temperatura interna (TI); concluyendo que se utilizó la prueba de Tuckey para estadística paramétrica y el Test de kruskal Wallis para estadística no paramétrica.

4.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL.

Cuadro 2. *Parámetros químicos del biol.*

TM	P ₂ O ₅ (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)	Mn (mg/L)
30	0.08 ± 0.04	1302.67 ± 167.5 a	3276.67 ± 1889.98	1.27 ± 0.51 a	973.33 ± 10.41 a	1 ± 1.03	1.13 ± 1.96	1.23 ± 0.94	2.93 ± 2.03
60	0.09 ± 0.01	1900 ± 150 b	5565 ± 3358.46	201 ± 14.53 b	1122.67 ± 22.5 b	1.59 ± 1.05	2.07 ± 2.62	1.23 ± 0.94	4.07 ± 2.19
90	0.25 ± 0.14	2498.33 ± 90.05 c	6006.67 ± 3425.29	307 ± 19.97 c	1150.67 ± 23.16 b	1.84 ± 1.18	3.52 ± 3.29	1.52 ± 0.58	4.65 ± 2.5
P-Valor	0.1429	0.0001	0.5215	<0.0001	0.0001	0.6471	0.5768	0.8286**	0.4393**

*Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tuckey (p<0.05) * Tiempo de Evaluación ** Se utilizó el Test de Kruskal Wallis*

Análisis e Interpretación:

En el Cuadro 2 se observa los análisis químicos del biol, en cual se observa que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) para los parámetros de calcio (Ca), sodio (Na) y magnesio (Mg); también se observa que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) para los parámetros de óxido de fosforo (P₂O₅), potasio (K), cobre (Cu), hierro (Fe), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn); concluyendo que se utilizó la prueba de Tuckey para estadística paramétrica y el Test de kruskal Wallis para estadística no paramétrica.

4.3. ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL.

Cuadro 3. *Análisis proximal del Biol.*

TM	MS (%)	H%	CZ BH (%)	MO BH (%)	N BH (%)	N BS (%)
30	1.31 ± 0.47	98.69 ± 0.47	0.45 ± 0.05	0.87 ± 0.43	0.1 ± 0.02	8.41 ± 2.27
60	1.27 ± 0.09	98.73 ± 0.09	0.45 ± 0.01	0.82 ± 0.08	0.1 ± 0.01	7.56 ± 0.45
90	4.84 ± 2.95	95.16 ± 2.95	0.92 ± 0.41	3.92 ± 2.54	0.11 ± 0.01	8.78 ± 2.74
P-Valor	0.0709	0.0709	0.0801	0.07	0.6481	0.7698

Análisis e Interpretación:

En el Cuadro 3 se observa el análisis proximal del biol, en cual se observa que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$), para los parámetros de: materia seca (MS), humedad (H), ceniza base húmeda (CZ BH), materia orgánica base húmeda (MO BH), nitrógeno base húmeda (N BH), nitrógeno base seca (NBS); estadísticamente los datos fueron obtenidos mediante la prueba de Tuckey.

4.4. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

En la presente investigación la contrastación de la hipótesis general estuvo en función de la contrastación de las hipótesis específicas. Para tal efecto, se utilizó la prueba de Tuckey para la estadística paramétrica con un nivel de significancia de 0.05 y para la estadística no paramétrica se utilizó el Test de Kruskal Wallis con un nivel de significancia de 0.05.

4.4.1. Prueba de hipótesis específica 1.

Se planteó lo siguiente:

- H_i : El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H_0 : El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

Para un nivel de significancia ($\alpha < 0.05$), se acepta la hipótesis H_i y se rechaza la hipótesis H_0 .

4.4.2. Prueba de hipótesis específica 2

Se planteó lo siguiente:

- H_i : El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semicontinuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

- H_0 : El uso de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.

Para un nivel de significancia ($\alpha < 0.05$), se acepta la hipótesis H_i y se rechaza la hipótesis H_0 .

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL BIOL.

Se observa en el Cuadro 1 que el pH presenta valores ligeramente ácidos con una tendencia a la neutralidad se asume que se debe a la actividad biológica que realizan las poblaciones microbianas en la biodigestión anaeróbica tal como lo manifiesta Bolivar y Ramirez (2012). Los rangos de los pH encontrados se encuentran entre los intervalos de 6.0 a 8.0 siendo óptimos para para la elaboración del biol como lo reporta Fernández y Seghezzo (2015). Asimismo, estos resultados coinciden con lo mencionado por Perez, *et al.* (2017) que reporta un pH con tendencia básica en el biol y Cano, *et al.* (2016) mencionan que el pH en el biol tiende a ser neutro o ligeramente alcalino.

Para el parámetro de temperatura ambiental (TA) se observa que los rangos obtenidos difieren de los resultados obtenidos por Bolivar y Ramirez (2012); quienes manifiestan que los rangos óptimos para la digestión anaeróbica se encuentran entre 25 °C y 45 °C para un buen metabolismo microbiano.

Para el parámetro de temperatura interna (TI), se obtuvo resultados promedios de 23.58°C, 23.57°C y 22.72°C durante tres meses, coincidiendo con lo mencionado por Cano. *et al.* (2016) quien evaluó la temperatura interna en bioles a partir de estiércol de bovino y porcino, obteniendo promedios durante dos meses de 22.4°C y 23.13°C, indicando que los resultados obtenidos se encuentran el rango óptimo para la actividad mesófila. Asimismo se identificó que los resultados tienden a ser superiores a la temperatura ambiental al menos en 1 °C aproximadamente, presentando semejanza a lo establecido por Pinto y Quipuzco (2013), quienes indicaron que la temperatura interna de los biodigestores es superior en 6°C a la temperatura ambiental; se asume al proceso de biodigestión del metabolismo de las bacterias y el crecimiento bacteriano, coincidiendo con lo mencionado por Cendales (2011), quien manifiesta que el incremento de la temperatura deberá de ser directamente proporcional al crecimiento bacteriano.

Para el parámetro de sólidos totales disueltos (STD) se reporta que a los 30 y 60 días del desarrollo experimental los promedios no varían, siendo estos 367.48 (ppm) y 344.2 (ppm) en comparación a los 90 días que disminuye y registra 310.07 (ppm) que equivalen a 0.31 g/l en la concentración final de sólidos totales disueltos del biol, estos resultados difieren con lo mencionado por Crisanto (2016) utilizando estiércol de equino y purín de cerdo; obtuvo 16.09 g/l de sólidos totales disueltos (STD) en el biol.

Asimismo, FIODM (2012) indica que los sólidos totales disueltos son la concentración total de iones en la solución.

En el Cuadro 1 se observa que la conductividad eléctrica (CE) presenta una tendencia a disminuir sus valores, registrando los siguientes promedios 663.4 (us/cm^{-1}), 549.83 (us/cm^{-1}) y 480 (us/cm^{-1}) a los 30, 60 y 90 días respectivamente; estos datos coinciden con lo mencionado por Soria, *et al.* (2001) que obtuvo datos de 5.8 us/cm^{-1} a 4.08 us/cm^{-1} indicando que la conductividad eléctrica tiende a reducir, debido a que los microorganismos se encuentran en su etapa de metabolismo y reproducción.

5.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL.

En el Cuadro 2 se observa que los promedios de los macro y micro nutrientes como; óxido de fósforo (P_2O_5), potasio (K), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn) a los 30, 60 y 90 días mostraron concentraciones iguales, a diferencia del calcio (Ca) y sodio (Na) quienes mostraron concentraciones distintas en cada etapa de evaluación; asimismo magnesio (Mg) mostró valores distintos a los 30 días en comparación a los 60 y 90 quienes mostraron valores similares.

Seguidamente se observa en el Cuadro 2 el promedio final para cada uno de los siguiente parámetros obtenidos en el biol, óxido de fósforo (P_2O_5): 0.25 mg/l, calcio (Ca): 2498.33 mg/l, potasio (K): 6006.67 mg/l, sodio (Na): 307 mg/l, magnesio (Mg): 1150.67 mg/l, cobre (Cu): 1.84 mg/l, hierro (Fe): 3.52 mg/l, zinc (Zn): 1.52 mg/l, manganeso (Mn): 4.65 mg/l y se adjunta el nitrógeno (N): 8.78 mg/l ubicado en el cuadro N°03, estos resultados coinciden con lo mencionado por Fernández y Seghezze (2015) para los

parámetros de nitrógeno (<50 mg/l) y hierro (<10mg/l), indicando que se deberá respetar los rangos para una buena digestión anaeróbica.

Los resultados obtenidos en el biol, se asemejan a los recomendados por la FAO (2002), quien indica que el nitrógeno en concentraciones de 1% a 5% es importante para el crecimiento de la planta; el óxido de fósforo de 0,1% a 0,4% importante y esencial para la fotosíntesis, el potasio de 1% a 4% mejora la tolerancia a la sequías, el magnesio de 15% a 20% para las reacciones enzimáticas, el azufre de 0,05% a 0,5% constituyente esencial de las proteínas, el calcio importante para reducir la acidez del suelo, el hierro, manganeso, zinc, y cobre son sustancias claves para el crecimiento de la planta.

5.3. ANÁLISIS PROXIMAL DEL BIOL.

En el Cuadro 3 se puede observar para el parámetro de materia seca que el promedio de sus concentraciones no varían estadísticamente a los 30, 60 y 90 días de evaluación, sin embargo registran una ligera variación en los promedios de; 1.31 %, 1.27 % y 4.84 % respectivamente, estos valores coinciden con lo mencionado por Aparcana y Jansen (2008) quienes afirman que el biol presenta una baja de presencia de materia seca que van entre 1% a 5%. Para el parámetro de humedad (H) los promedios obtenidos en las tres evaluaciones se registraron los siguientes valores; 98.69 %, 98.73 % y 95.16 % respectivamente presentando una tendencia descendente.

Para los parámetros de ceniza a los 30, 60 y 90 días los valores obtenidos en las evaluaciones fueron los siguientes; 0.45 %, 0.45 % y 0.92 % y de materia orgánica; 0.87 %, 0.82 % y 3.92 %; presentaron una tendencia de aumento a los 90 días.

Para el parámetro de nitrógeno los valores obtenidos en las evaluaciones fueron los siguientes; 8.41 %, 7.56 % y 8.78 % respectivamente; estos valores difieren de Llirod y Lopez (1995) quienes registraron para los parámetros de; humedad 32%, sólidos totales: 60%, materia orgánica: 37%, nitrógeno 2.2.

CONCLUSIONES

Al concluir el trabajo experimental para producir biol, utilizando estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco, mediante biodigestores de tipo semi continuo, se concluye lo siguiente:

- Se evaluó el uso de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero obteniendo resultados de 13.42% de cenizas en base seca, 86.58% de materia orgánica en base seca, 7.60% de humedad, 1.65% de nitrógeno, 0.52% de óxido de fósforo y 3.38% de potasio, con respecto a las aguas residuales del camal municipal de Huánuco se registró; 72 mg/l de calcio, 0.06 mg/l de cobre, 52 mg/l de potasio y 291 mg/l de sodio, mediante biodigestores de tipo semicontinuo manifestaron un efecto positivo en la producción del biol, que presentó como concentración final; 4.84% de materia seca, 3.92% de materia orgánica en base húmeda, 95.16% de humedad, 8.78% de nitrógeno, 0.25 mg/L de óxido de fósforo y 6006.67mg/L de potasio. .
- Se determinó los parámetros físicos del biol en el cual se reportó los siguientes valores promedios a los 30, 60 y 90 días; para el pH: 6.11, 6.66 y 6.93 respectivamente; Temperatura Ambiental: 24.1°C, 23.6°C y 21.5°C; Temperatura Interna: 23.58°C, 23.67°C y 21.5°C; Sólidos Totales Disueltos: 367.48 ppm, 344.2 ppm y 310.07 ppm; Conductividad Eléctrica: 663.4 us/cm⁻¹, 549.83 us/cm⁻¹ y 480 us/cm⁻¹.
- Se determinó los parámetros químicos del biol en el cual se obtuvo valores de N₂, P₂O₅ y K a los 90 días, cuyos valores se encuentran en los rangos óptimos de porcentajes de concentración en fertilizantes recomendados en el uso de la agricultura; para el N₂: 8.78 mg/l, P₂O₅: 0.25 mg/l y K: 6006.67 mg/l; Asimismo se determinó los valores del análisis proximal en

el biol, siendo de gran importancia el parámetro de materia seca y materia orgánica para la actividad microbiana y su respectiva producción de biol; registrando valores de 4.84% y 3.92 % a los 90 días de evaluación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la réplica de este trabajo de investigación con otros tipos de tratamientos y un mayor número de repeticiones.
- Se recomienda determinar los parámetros microbiológicos del biol.
- Se recomienda realizar el presente trabajo de investigación a una mayor escala y con otros tipos de biodigestores.
- Se recomienda utilizar otros materiales orgánicos para la producción de biol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, F. Gonzáles, L. y Martí, J. (2013). Plan del programa nacional de biodigestores. Lima - Perú. 72p.
- ANA. (2017). Autoridad Nacional del Agua. Informe final de procedimiento administrativo sancionador a la municipalidad provincial de Huánuco, por vertimiento de aguas residuales sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua. Huánuco – Perú. 4p.
- Aparcana, S. y Jansen, A. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaeróbica para la producción de biogás. Lima – Perú. 10p.
- Arce, J. (2011). Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral. Tesis ing. Industrial. Guayaquil – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 104p.
- Avila, C. (2016). Uso de biodigestores en la industria pecuaria. Tesis ing. Zootecnia. Rio Toluca – México. Universidad Autónoma del Estado de México. 84p.
- AVINA, SKOOLL FOUNDATION, MOORE FOUNDATION y GOOD ENERGIES. (2013). Estimación de las emisiones totales de gases del efecto invernadero. Retrieved from EcoStage.
- Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF.
- Bernal, J. Moreno, R. Moral, R. García, J. Pascual, J. (2014). El Camino hacia la Sostenibilidad. In R. S. Río, de residuo a recurso (p. 319). Madrid: Mundi - Prensa Libros, s.a.
- Bolivar, H. y Ramirez, E. (2012). Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá. Tesis ing. De Producción. Bogotá – Colombia. Universidad Distrital Francisco José Caldas. 128p.

- Campos, A. (2009). Efecto del biol en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zae mays l.*) variedad blanca Urubamaba, en condiciones agroecológicas de la localidad de Huacrachuco. Tesis ing. Agrónomo. Huánuco – Perú. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 80p.
- Cano, M. Bennet, A. Silva, E. Robles, S. Sainos, U. Castorena, H. (2016) Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovina y porcinas. Colegio de postgraduados. Texcoco – México. Agrociencia, vol.50, pp. 471-479.
- Cendales, E. (2011). Producción de biogás mediante la digestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. Tesis Magister Ing. Mecánica. Bogotá – Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 12p.
- CIISCA. (1996). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Inhibidores del proceso de biodigestión anaeróbica. 80p.
- Corona, I. (2007). Biodigestores. Tesis ing. Industrial. Lima – Perú. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - México. 69p.
- Crisanto, C. (2016). Evaluación de estiércol de equino y aguas residuales domésticas para la producción de biogás y biol mediante digestores semi continuos. Tesis ing. Ambiental. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115p.
- Díaz, A. (2017). Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Tesis Magister Scientiae en suelos. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 129p.
- Encinas, L. Valenzuela, B. y Garibaldi, L. (1996). El impacto ecológico de los desechos sólidos en el mundo actual. Revista Universidad, núm. 5, Universidad de Sonora, 37-42.

- EOI. (2008). Escuela Organización Industrial. Contaminación de las aguas, vertidos de mataderos e industrias cárnicas. Máster Profesional en Ingeniería y Gestión Medio Ambiental. Sevilla - España. 21p.
- Falcón, I. (2017). Diseño de sistema productivo sostenible para la obtención de energía, abonos orgánicos y mejoramiento de agua residual, en la granja retama del distrito de Huánuco. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco – Perú. 80p.
- FAO, MINENERGIA, PNUD y GEF. (2011). Manual de Biogás. Proyecto CHI/00/G32. Chile. Santiago de Chile. Gobierno de Chile. 119p.
- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. World Fertilizer use Manual. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. 83p.
- Feliciano, C. (2017). Niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de la chala forrajera (*Zea mays*) variedad chuska bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna 2017. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco – Perú. 3-5.
- Fernández, P. y Seghezze, L. (2015). Diseño de Reactores. Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires – Argentina. 23-47.
- FIODM. (2012). Fondo para el Logro de los ODM. Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas. Estudios de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Lima – Perú. 105p.
- FYNDECOL. (2018). Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S. Retrieved from Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S: <https://tratamientodeagua.co/aguas-residuales/las-aguas-residuales-de-origen-agricola-y-ganadero>.
- Gonzabay, A. y Suarez, P. (2016). Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico vertical semicontinuo para la obtención de gas metano y biol a partir de las cáscaras de naranja y mango. Tesis ing.

Industrial. Guayaquil – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 85p.

Gonzáles, R. (2006). Efecto de dosis de biol en variedades de camote en el valle del Huallaga. Tesis ing. Agrónomo. Huánuco – Perú. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 21, 25-30p.

Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V. Quinta edición. 656p.

Iglesias, L. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Getafe - España: Rivadeneyra S.A. 24p.

INIA. (2008). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Folleto producción de biol. Serie N°2. 1 era edición.

ITINTEC. (1984). Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas. Producción de biol a partir de estiércol de vacuno utilizando la digestión anaeróbica mediante el uso de biodigestores. Lima – Perú.

Llirod, M. y Lopez, J. (1995). Producción de biogás y bioabono a partir de desechos sólidos en el camal yugofrío de Trujillo. Tesis de maestría. Trujillo – Perú. Universidad Nacional de Trujillo.

Mandujano, A. (2001). Efecto de un biol protector comercial en la reducción de pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos. Editorial creative commons. 2^{da} edición – Bolivia.

Martel, L. (2017). Efecto de los niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de cultivo de alfalfa establecida (*Medicago sativa* L.), en condiciones edafoclimáticas de yacupunta – Huánuco, 2017. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 70-78.

- Martí, J. (2008). Biodigestores familiares. Guía de diseños y manual de instalación de biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano. GTZ - Energía. Bolivia. 84p.
- Martinez, I. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el ambiente. Hojas divulgadoras, 24p.
- MINAGRI. (2011). Ministerio de Agricultura. Biodigestores en el Perú. Guía de principales experiencias desarrolladas en el país. 12p.
- MINAM. (2009). Ministerio del Ambiente. Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2009. 147p.
- MINAM. (2015). Ministerio del Ambiente. Introducción de biodigestores en sistemas agropecuarios en el Ecuador. Quito – Ecuador. 84p.
- Morales, V. Salazar, E. Miranda, M. Madrid, V. (2016). Semi-automatización de biodigestor cerdo vs vaca. Revista de sistemas experimentales. Vol.3, 58-64.
- Muñoz, M. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. Popayán – Colombia. 12p.
- OEFA. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Ministerio del Ambiente. 42p.
- OEFA. (2014). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Ministerio del Ambiente. 42p.
- OMS. (2006). Organización Mundial de la Salud. Safe use of Wastewater Excreta and Greywater. Vol. IV Excreta and Greywater use in agriculture.
- ORÉ, A. (2017). Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del camal municipal de Chupaca. Tesis ing. Químico. Huancayo – Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 69p.

- Peña, N. (2008). Utilización de residuos de papa (*Dosidicus gigas*) para la obtención de un fertilizante orgánico líquido. Tesis ing. Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.
- Pérez, M. Peña, E. Lago, S. Batista, Y. y Hechavarría, A. (2017). Producción de biol y determinación de sus características fisicoquímicas. Universidad de las Tunas – Cuba. 1, 2-9.
- Pinto, L. y Quipuzco, L. (2013). Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas para producción de biogás y biol mediante digestores de carga diaria. Tesis ing. Ambiental. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Artículo científico. 7p.
- Potsch, E. Pfundtner, R. y Much, P. (2004). Stroffiche Zusammenfassung und Ausbringseigenschaften von Gärrockstanden aus Biogasanlagen (composición y características de uso de restos fermentados de las plantas de biogás). Alpenländisches Expertenforum, Bundessanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein Irnding Austria. 18-19.
- Quille, G. y Donaires, T. (2012). Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de camal municipal Ilave. Puno - Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Revista de investigación altoandina, Vol. 15, 65-72.
- Quilumbango, S. y Robalindo, L. (2013). Evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini-biodigestores. Tesis ing. Agroindustrial. Limbadura – Ecuador. Universidad Técnica del Norte de Ibarra. 162p.
- Quipuzco, L. y Baldeón, W. (2011). Desempeño de un biodigestor cargado con lodo séptico y excreta de cuy (*Cavia porcellus*) para la producción de biogás y Biol. Lima – Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Artículo científico. 12p.
- Ramos, A. (2006). Mecanismos de desarrollo limpio estudio de biodigestores. Tesis ing. Mecánico Electricista. Lima – Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 165p.

- Rilke, M. (2008). Proyecto de investigación global económico para el desarrollo social. Retrieved from <http://ricardo.bizhat.com/rmr-prigeds/rmr-prigeds.htm>. Lima – Perú.
- Ruiz, R. (2013) Aprovechamiento del estiércol bovino generado en el municipio de Cumbal-Nariño para obtener energía renovable mediante digestión anaerobia. Tesis Magister en Ingeniería Ambiental. Palmira – Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 9-12.
- Sánchez, M. (2010). Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento de forraje RYE GRASS (*Lolium multiflorum Lam.*) en condiciones agroecológicas de Huayllacayán. Tesis ing. Agrónomo. Huánuco – Perú. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 95p.
- SEPAR (2004). Boletines de estiércoles. Los abonos orgánicos en el Perú. Anexo 01, 198. www.fao.org/docrep/010/ai185s07.pdf.
- Silva, M. (2013). Diseño, construcción e implantación de un biodigestor anaerobio vertical semicontinuo piloto, para la obtención de gas metano y biol a partir de cáscara de naranja en la empresa Ecopacific, Amaguaña, provincia de Pichincha, Ecuador. Ing. Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. 98p.
- Solari, G. (2004). Proyecto de construcción de un sistema de digestión batch de 10 m³ de capacidad para la producción de biogás utilizando los residuos vacunos del fundo agropecuario de la Universidad Alas Peruanas. Tesis ing. Ambiental. Lima – Perú. Universidad Alas Peruanas.
- Soria, M. Ferrera, R. Etchevers, J. Alcántar, G. Trinidad, J. Borges, L. y Pereyda, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Vol.19. artículo científico. 10p.
- Steel, R. y Torrie, J. (1985). Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. Bogotá – Colombia. 640p.

- Suárez, M. (2009). Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el Dpto. de Magdalena. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos. Santa Marta - Colombia. 93 p.
- Tapia, M. y Fries, A. (2004). Los abonos Orgánicos. In I. N. Agraria, cultivos andinos en Perú y Bolivia. 198p.
- Vega, J. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la institución educativa privada cristiana bereshi. Tesis ing. Energía. Chimbote – Perú. Universidad Nacional del Santa. 215p.
- Verde, R. (2014). Producción de biol a partir de residuos sólidos orgánicos en la empresa prestadora de servicios Lima Cilsa S.A. Tingo María – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 51p.
- WRI y CAIT. (2014). Climate Analysis Indicators Tool: WRI's Climate Data Explorer. Washington, DC: World Resources Institute. Available at: <http://cait2.wri.org>.

ANEXOS

Apéndice 1: Reporte de los procedimientos realizados al estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero

Cuadro 4. *Parámetros físicos y químicos del estiércol de cuy (Cavia porcellus) de la Granja Montero.*

DATOS DE LA MUESTRA	ANÁLISIS PROXIMAL			PORCENTAJE EN BASE SECA		
	CENIZAS EN BASE SECA (%)	MATERIA ORGÁNICA EN BASE SECA (%)	HUMEDAD (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K (%)
ESTIÉRCOL DE CUY DE LA GRANJA MONTERO	13.421	86.579	7.604	1.646	0.515	3.38

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos - Universidad Nacional Agraria de la Selva

Cuadro 5. *Cálculo de la población del estiércol de cuy (Cavia porcellus) de la Granja Montero.*

NÚMERO DE DÍAS	PROCEDIMIENTO	CANTIDAD DE E.C. EN KG / DÍA
1 Día	*3500 cuyes x **0.14 Kg	385 Kg/día
7 Semana	385 Kg/día x 7 días	2695 kg/semana

** 3500: población total de cuyes de la granja Montero ** Se utilizó 0.14 Kg como estiércol generado en un día*

Apéndice 2: Reporte de los procedimientos realizados a las aguas residuales del camal municipal de Huánuco.

Cuadro 6. *Protocolo de monitoreo de aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.*

DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS PE17-5530 *						
Observaciones	Se utilizaron guantes, gelpacks, etiquetas, preservantes, cadena de custodia, envases de plástico y vidrio					
CALIDAD DE AGUA						
AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO						
Parámetro	Envase	Cantidad Mínima	Preservación	Perecibilidad	N° de Puntos	Control de Calidad (QC)
Alcalinidad, TSS	Botella de plástico	500 ml	Refrigerar <6°C	7 días	1	100 ml (para Alcalinidad)
Nitratos, Nitritos	Botella de plástico	50 ml	Refrigerar <6°C	48 horas	1	No requiere
Sulfatos	Botella de plástico	50 ml	Refrigerar <6°C	28 días	1	500 ml
Nitrógeno Kjeldahl (NTK)	Botella de plástico	100 ml	H ₂ SO ₄ (Ph<2, refrigerar <6°C, 10 gotas)	28 días	1	250 ml
Coliformes Totales	Botella plástico Esterilizado	250 ml	Refrigerar <8°C	24 horas	1	No requiere
DBO	Botella de plástico	1 L	Refrigerar <6°C	48 horas	1	1 L
DQO	Botella de plástico	50 ml	H ₂ SO ₄ (Ph<2, refrigerar <6°C, 10 gotas)	28 días	1	No requiere
Aceites y Grasas	Vidrio boca ancha	1 L	H ₂ SO ₄ (Ph<2, refrigerar <6°C, 10 gotas)	28 días	1	3 L
Metales Totales	Botella de plástico	250 ml	HNO ₃ (10 gotas)	6 meses	1	No requiere

IMPORTANTE: Todas las muestras fueron conservadas y transportadas en cadena en frío (los gel pack fueron previamente congelados) * AGQ Labs & Technological Services basado en la RJ-N°010-2016-ANA
Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro 7. Resultados del monitoreo de aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco en función a los inhibidores.

PARAMETRO	RESULTADO	CONCENTRACIÓN INHIBIDORA	APTO
CATIONES			
CALCIO TOTAL	72,0	2500 – 4500 mg/l	SI
ANIONES			
NITRATOS	<0,11	0.05 mg/l	SI
SULFATOS	37,3	5000 ppm	SI
METALES TOTALES			
COBRE TOTAL	0,0560	100 mg/l	SI
CROMO TOTAL	<0,0028	200 mg/l	SI
NIQUEL TOTAL	<0,0063	200 - 500 mg/l	SI
POTASIO TOTAL	52	2500 - 4500 mg/l	SI
SODIO TOTAL	291	3500 - 5500 mg/l	SI

Fuente: AGQ Labs & Technological Services

Cuadro 8. Cálculo de la población de las aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.

DÍA	TURNO MAÑANA	TURNO TARDE	TOTAL DE HORAS/DÍA
LUNES	9:00am – 13:00pm	NO REALIZAN SACRIFICIO DEL GANADO	4 h/día
MARTES	9:00 am – 13:00pm	NO REALIZAN SACRIFICIO DEL GANADO	4 h/día
MIÉRCOLES	9:00am – 13:00pm	NO REALIZAN SACRIFICIO DEL GANADO	4 h/día
JUEVES	NO LABORAN		--
VIERNES	9:00am – 13:00pm	NO REALIZAN SACRIFICIO DEL GANADO	4 h/día
SÁBADO	9:00am – 13:00pm	NO REALIZAN SACRIFICIO DEL GANADO	4 h/día
DOMINGO	NO LABORAN		--
TOTAL	Total de horas / semana		20 h/ semana

CÁLCULOS

Vertimiento 1: 0.8 l/s + Vertimiento 2: 1.6 l/s = 2.4 L_{total}/SEG

Del V_{Total}, se desprende:

$$\text{VERTIMIENTO}_{\text{TOTAL/SEG}} = 2.4 \text{ L}_{\text{total/SEG}}$$

Resolviendo:

$$2.4 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} = 8640 \text{ litros /hora... (a)}$$

De (a):

$$8640 \frac{\text{LITROS}}{\text{H}} \times \frac{20 \text{ H}}{\text{semana}} = 172800 \text{ Litros/semana}$$

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 3: Procedimientos experimentales en la producción de biol

Cuadro 9. Registro diario de los parámetros físicos del biol a los 30 días.

FECHA	HORA	NÚMERO DE BIODIGESTOR	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS RECOLECTADOS EN CAMPO					SEMANA
	CAMPO		TEMPERATURA AMBIENTAL (C°)	TEMPERATURA INTERNA (C°) INTERIOR	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (S/cm)	SÓLIDOS TOTALES DISUUELTOS (TDS) - (ppm)	
14/12/2017	10:46 a.m.	B-1	29	27	7.10	748 X10 ⁻⁶	367 X 10	1
14/12/2017	10:59 a.m.	B-2	29	25	7.00	624 X10 ⁻⁶	337 X 10	1
14/12/2017	11:10 a.m.	B-3	29	26	7.00	641 X10 ⁻⁶	396 X 10	1
15/12/2017	10:42 a.m.	B-1	24	24	6.70	580 X10 ⁻⁶	320 X 10	1
15/12/2017	10:53 a.m.	B-2	25	25	6.70	674 X10 ⁻⁶	349 X 10	1
15/12/2017	11:01 a.m.	B-3	24	24	6.70	764 X10 ⁻⁶	377 X 10	1
16/12/2017	11:14 a.m.	B-1	31	27	6.10	652 X10 ⁻⁶	333 X 10	1
16/12/2017	11:30 a.m.	B-2	30	27	6.10	649 X10 ⁻⁶	318X 10	1
16/12/2017	11:44 a.m.	B-3	30	27	6.00	788 X10 ⁻⁶	356 X 10	1
17/12/2017	08:30 a.m.	B-1	29	25	6.10	603 X10 ⁻⁶	319 X 10	1
17/12/2017	08:35 a.m.	B-2	29	25	6.10	660 X10 ⁻⁶	343 X 10	1
17/12/2017	08:40 a.m.	B-3	29	25	6.20	756 X10 ⁻⁶	298 X 10	1
17/12/2017	04:57 p.m.	B-1	24	27.5	6.10	644 X10 ⁻⁶	344 X 10	1
17/12/2017	04:58 a.m.	B-2	24	27.5	6.10	533 X10 ⁻⁶	349 X 10	1
17/12/2017	04:59 a.m.	B-3	24	27.5	6.10	633 X10 ⁻⁶	431 X 10	1
18/12/2017	10:00 a.m.	B-1	28	26	6.10	615 X10 ⁻⁶	357 X 10	2
18/12/2017	10:06 a.m.	B-2	28	26.5	6.00	715 X10 ⁻⁶	393 X 10	2
18/12/2017	10:11 a.m.	B-3	28	27	6.00	631 X10 ⁻⁶	448 X 10	2
19/12/2017	12:30 p.m.	B-1	20	21	6.20	738 X10 ⁻⁶	349 X 10	2
19/12/2017	12:35 p.m.	B-2	20	21	6.10	624 X10 ⁻⁶	375 X 10	2
19/12/2017	12:40 p.m.	B-3	20	20	6.20	653 X10 ⁻⁶	394 X 10	2
20/12/2017	14:55 p.m.	B-1	25	25	6.20	715 X10 ⁻⁶	335 X 10	2
20/12/2017	14:56p.m.	B-2	25	25	6.10	805 X10 ⁻⁶	378 X 10	2
20/12/2017	14:57 p.m.	B-3	25	24	6.20	692 X10 ⁻⁶	339 X 10	2
21/12/2017	14:00 p.m.	B-1	24	24	6.20	718 X10 ⁻⁶	321 X 10	2
21/12/2017	14:10 p.m.	B-2	24	24	6.10	703 X10 ⁻⁶	381 X 10	2
21/12/2017	14:15 p.m.	B-3	24	23	6.20	653 X10 ⁻⁶	413X 10	2
22/12/2017	09:05 a.m.	B-1	22	22.8	6.09	796 X10 ⁻⁶	365 X 10	2
22/12/2017	09:13 a.m.	B-2	24	22.3	6.00	624 X10 ⁻⁶	312 X 10	2
22/12/2017	09:30 a.m.	B-3	26	22.3	6.00	695 X10 ⁻⁶	337 X 10	2
23/12/2017	12:06 p.m.	B-1	26	25.9	5.99	748 X10 ⁻⁶	337 X 10	2
23/12/2017	12:33 p.m.	B-2	25	25.8	5.92	624 X10 ⁻⁶	306 X 10	2
23/12/2017	12:35 p.m.	B-3	25	25.8	6.04	641 X10 ⁻⁶	327 X 10	2
24/12/2017	09:57 a.m.	B-1	27	24.9	5.95	758 X10 ⁻⁶	372 X 10	2
24/12/2017	09:58 a.m.	B-2	27	24.9	5.90	580 X10 ⁻⁶	295 X 10	2
24/12/2017	10:00 a.m.	B-3	27	24.9	6.01	674 X10 ⁻⁶	367 X 10	2
25/12/2017	10:00 a.m.	B-1	26	25.6	5.98	764 X10 ⁻⁶	381 X 10	3
25/12/2017	10:05 a.m.	B-2	26	25.2	5.95	652 X10 ⁻⁶	301 X 10	3
25/12/2017	10:10 a.m.	B-3	27	26.1	5.98	649 X10 ⁻⁶	337 X 10	3
26/12/2017	09:50 a.m.	B-1	24	26	5.93	788 X10 ⁻⁶	396 X 10	3
26/12/2017	10:30 a.m.	B-2	25	25.1	5.82	603 X10 ⁻⁶	320 X 10	3
26/12/2017	10:05 a.m.	B-3	25	24.9	5.93	660 X10 ⁻⁶	349 X 10	3
27/12/2017	10:15 a.m.	B-1	25	22.2	5.85	756 X10 ⁻⁶	377 X 10	3
27/12/2017	10:20 a.m.	B-2	25	23.7	5.96	644 X10 ⁻⁶	333 X 10	3
27/12/2017	10:25 a.m.	B-3	25	23.9	6.07	670 X10 ⁻⁶	318X 10	3
28/12/2017	10:30 a.m.	B-1	26	27.3	6.25	744 X10 ⁻⁶	356 X 10	3
28/12/2017	10:35 a.m.	B-2	26	28.3	6.21	533 X10 ⁻⁶	319 X 10	3
28/12/2017	10:40 a.m.	B-3	27	28.4	6.28	513 X10 ⁻⁶	343 X 10	3
29/12/2017	10:15 a.m.	B-1	19	20.8	6.00	633 X10 ⁻⁶	298 X 10	3
29/12/2017	10:20 a.m.	B-2	19	20	5.92	615 X10 ⁻⁶	344 X 10	3
29/12/2017	10:30 a.m.	B-3	19	19.1	6.03	634 X10 ⁻⁶	349 X 10	3
30/12/2017	05:00 p.m.	B-1	21	21.1	5.98	715 X10 ⁻⁶	431 X 10	3
30/12/2017	05:10 p.m.	B-2	21	20.9	5.88	631 X10 ⁻⁶	357 X 10	3
30/12/2017	05:20 p.m.	B-3	21	20.8	5.96	707 X10 ⁻⁶	393 X 10	3
31/12/2017	05:00 p.m.	B-1	16	20	5.96	738 X10 ⁻⁶	448 X 10	3
31/12/2017	05:10 p.m.	B-2	16	19.4	5.83	614 X10 ⁻⁶	349 X 10	3
31/12/2017	05:20 p.m.	B-3	16	18.8	5.92	624 X10 ⁻⁶	375 X 10	3
01/01/2018	05:00 p.m.	B-1	22	21.8	6.00	772 X10 ⁻⁶	394 X 10	4
01/01/2018	05:10 p.m.	B-2	22	22	5.91	653 X10 ⁻⁶	335 X 10	4
01/01/2018	05:20 p.m.	B-3	22	21.7	6.20	715 X10 ⁻⁶	378 X 10	4
02/01/2018	05:00 p.m.	B-1	19	19.8	6.80	805 X10 ⁻⁶	339 X 10	4
02/01/2018	05:10 p.m.	B-2	19	19.6	6.00	692 X10 ⁻⁶	321 X 10	4
02/01/2018	05:20 p.m.	B-3	19	19.3	6.80	718 X10 ⁻⁶	381 X 10	4
03/01/2018	11:00 a.m.	B-1	26	23	6.11	703 X10 ⁻⁶	413X 10	4
03/01/2018	11:10 a.m.	B-2	26	24.6	6.10	632 X10 ⁻⁶	362X 10	4
03/01/2018	11:20 a.m.	B-3	26	23.9	6.20	684 X10 ⁻⁶	393 X 10	4
04/01/2018	05:00 p.m.	B-1	20	20.6	6.04	606 X10 ⁻⁶	420 X 10	4
04/01/2018	05:10 p.m.	B-2	20	19.8	5.90	604 X10 ⁻⁶	346 X 10	4
04/01/2018	05:20 p.m.	B-3	20	19.3	6.06	623 X10 ⁻⁶	366 X 10	4
05/01/2018	05:00 p.m.	B-1	24	24.1	6.07	719 X10 ⁻⁶	402 X 10	4
05/01/2018	05:10 p.m.	B-2	24	23.4	5.94	588 X10 ⁻⁶	342 X 10	4
05/01/2018	05:20 p.m.	B-3	24	23	6.05	653 X10 ⁻⁶	378 X 10	4
06/01/2018	05:00 p.m.	B-1	23	23.2	6.05	693 X10 ⁻⁶	407 X 10	4
06/01/2018	05:10 p.m.	B-2	23	22.9	5.90	587 X10 ⁻⁶	350 X 10	4
06/01/2018	05:20 p.m.	B-3	23	23.5	6.03	651 X10 ⁻⁶	382 X 10	4
07/01/2018	05:00 p.m.	B-1	25	23.4	6.10	680 X10 ⁻⁶	410 X 10	4
07/01/2018	05:10 p.m.	B-2	25	22.7	5.93	588 X10 ⁻⁶	354X 10	4
07/01/2018	05:20 p.m.	B-3	25	22.5	6.02	650 X10 ⁻⁶	384 X 10	4
08/01/2018	05:00 p.m.	B-1	24	23.3	6.03	674 X10 ⁻⁶	411 X 10	5
08/01/2018	05:10 p.m.	B-2	24	22.4	5.94	589 X10 ⁻⁶	356 X 10	5
08/01/2018	05:20 p.m.	B-3	24	22.2	6.01	649 X10 ⁻⁶	385 X 10	5
09/01/2018	11:30 a.m.	B-1	25	23.1	5.96	667 X10 ⁻⁶	412 X 10	5
09/01/2018	11:45 a.m.	B-2	25	22.1	5.95	589 X10 ⁻⁶	358 X 10	5
09/01/2018	11:50 a.m.	B-3	25	21.9	6.00	648 X10 ⁻⁶	386 X 10	5
10/01/2018	05:00 p.m.	B-1	24	23.9	6.00	678 X10 ⁻⁶	412 X 10	5
10/01/2018	05:10 p.m.	B-2	24	23.2	5.97	602 X10 ⁻⁶	362 X 10	5
10/01/2018	05:20 p.m.	B-3	24	22.6	6.01	666 X10 ⁻⁶	393 X 10	5
11/01/2018	11:00 a.m.	B-1	25	24.3	6.02	684 X10 ⁻⁶	413 X 10	5
11/01/2018	11:10 a.m.	B-2	25	23.7	5.98	609 X10 ⁻⁶	364 X 10	5
11/01/2018	11:20 a.m.	B-3	25	22.9	6.05	675 X10 ⁻⁶	397X 10	5
12/01/2018	05:00 p.m.	B-1	23	24.7	6.04	689 X10 ⁻⁶	413 X 10	5
12/01/2018	05:10 p.m.	B-2	23	24.2	5.98	616 X10 ⁻⁶	365 X 10	5
12/01/2018	05:20 p.m.	B-3	23	23.2	6.09	684 X10 ⁻⁶	400 X 10	5
13/01/2018	11:30 a.m.	B-1	22	24.3	6.28	746 X10 ⁻⁶	406 X 10	5
13/01/2018	11:35 a.m.	B-2	22	21.9	6.33	613 X10 ⁻⁶	393X 10	5
13/01/2018	11:40 a.m.	B-3	22	21.9	6.23	653 X10 ⁻⁶	381 X 10	5

Cuadro 10. Registro diario de los parámetros físicos del biol a los 60 días.

FECHA	HORA CAMPO	NÚMERO DE BIODIGESTOR	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS RECOLECTADOS EN CAMPO					SEMANA
			TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA INTERNA (°C) - INTERIOR DEL BIODIGESTOR	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (S/cm)	SÓLIDOS TOTALES DISULETOS (TDS) - (ppm)	
14/01/2018	04:30 p.m.	B-1	21	22.9	6.08	805 X10 ⁻⁶	417 X 10	5
14/01/2018	04:35 p.m.	B-2	21	22.1	6.28	623 X10 ⁻⁶	383 X 10	5
14/01/2018	04:40 p.m.	B-3	21	21.6	6.19	670 X10 ⁻⁶	398 X 10	5
15/01/2018	04:00 p.m.		SEGUNDA ALIMENTACIÓN Y/O CARGA AL BIODIGESTOR #01 : AGUA RESIDUAL + ESTIÉRCOL					
15/01/2018	04:00 p.m.		SEGUNDA ALIMENTACIÓN Y/O CARGA AL BIODIGESTOR #02 : AGUA RESIDUAL + ESTIÉRCOL					
15/01/2018	04:00 p.m.		SEGUNDA ALIMENTACIÓN Y/O CARGA AL BIODIGESTOR #03 : AGUA RESIDUAL + ESTIÉRCOL					
16/01/2018	04:30 p.m.	B-1	22	22.9	6.15	607 X10 ⁻⁶	372 X 10	6
16/01/2018	04:35 p.m.	B-2	22	22.4	6.40	570 X10 ⁻⁶	350 X 10	6
16/01/2018	04:40 p.m.	B-3	22	21.8	6.23	621 X10 ⁻⁶	396 X 10	6
17/01/2018	10:30 a.m.	B-1	23	22.1	6.22	600 X10 ⁻⁶	379 X 10	6
17/01/2018	10:35 a.m.	B-2	23	21.2	6.47	624 X10 ⁻⁶	369 X 10	6
17/01/2018	10:40 a.m.	B-3	23	20.9	6.31	615 X10 ⁻⁶	407 X 10	6
18/01/2018	10:20 a.m.	B-1	26	21.6	6.19	675 X10 ⁻⁶	394 X 10	6
18/01/2018	10:25 a.m.	B-2	26	20.8	6.41	613 X10 ⁻⁶	373 X 10	6
18/01/2018	10:30 a.m.	B-3	26	20.4	6.36	673 X10 ⁻⁶	394 X 10	6
19/01/2018	04:30 p.m.	B-1	22	21.3	6.13	681 X10 ⁻⁶	399 X 10	6
19/01/2018	04:35 p.m.	B-2	22	20.8	6.42	620 X10 ⁻⁶	369 X 10	6
19/01/2018	04:40 p.m.	B-3	22	20.3	6.30	679 X10 ⁻⁶	392 X 10	6
20/01/2018	05:00 p.m.	B-1	19	19.8	6.13	701 X10 ⁻⁶	401 X 10	6
20/01/2018	05:10 p.m.	B-2	19	19.6	6.46	628 X10 ⁻⁶	376 X 10	6
20/01/2018	05:20 p.m.	B-3	19	19.3	6.29	649 X10 ⁻⁶	395 X 10	6
21/01/2018	05:00 p.m.	B-1	21	21.8	6.15	711 X10 ⁻⁶	381 X 10	6
21/01/2018	05:10 p.m.	B-2	21	21.9	6.47	627 X10 ⁻⁶	362 X 10	6
21/01/2018	05:20 p.m.	B-3	21	21.9	6.32	665 X10 ⁻⁶	382 X 10	6
22/01/2018	11:00 a.m.	B-1	24	22.7	6.20	724 X10 ⁻⁶	394 X 10	7
22/01/2018	11:10 a.m.	B-2	24	22.6	6.62	619 X10 ⁻⁶	366 X 10	7
22/01/2018	11:20 a.m.	B-3	24	22.6	6.44	669 X10 ⁻⁶	370 X 10	7
23/01/2018	10:00 a.m.	B-1	24	23.4	6.19	667 X10 ⁻⁶	384 X 10	7
24/01/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.9	6.66	588 X10 ⁻⁶	357 X 10	7
24/01/2018	05:20 p.m.	B-3	20	21.4	6.45	645 X10 ⁻⁶	350 X 10	7
25/01/2018	10:00 a.m.	B-1	25	25.4	6.26	687 X10 ⁻⁶	378 X 10	7
25/01/2018	10:10 a.m.	B-2	25	25.3	6.79	558 X10 ⁻⁶	345 X 10	7
25/01/2018	10:15 a.m.	B-3	25	25.8	6.57	634 X10 ⁻⁶	351 X 10	7
26/01/2018	12:00 p.m.	B-1	27	25.8	6.35	662 X10 ⁻⁶	372 X 10	7
26/01/2018	12:10 p.m.	B-2	27	25.2	6.92	513 X10 ⁻⁶	333 X 10	7
26/01/2018	12:15 p.m.	B-3	27	24.6	6.68	622 X10 ⁻⁶	352 X 10	7
27/01/2018	02:00 p.m.	B-1	23	23.2	6.56	566 X10 ⁻⁶	367 X 10	7
27/01/2018	02:10 p.m.	B-2	23	23.6	6.92	505 X10 ⁻⁶	325 X 10	7
27/01/2018	02:20 p.m.	B-3	23	23.5	6.56	598 X10 ⁻⁶	375 X 10	7
28/01/2018	02:00 p.m.	B-1	22	24.9	6.76	469 X10 ⁻⁶	362 X 10	7
28/01/2018	02:10 p.m.	B-2	22	25.2	6.92	497 X10 ⁻⁶	316 X 10	7
28/01/2018	02:20 p.m.	B-3	22	25.7	6.43	573 X10 ⁻⁶	398 X 10	7
29/01/2018	08:00 a.m.	B-1	27	23.6	6.54	509 X10 ⁻⁶	354 X 10	8
29/01/2018	08:10 a.m.	B-2	27	23.1	6.92	484 X10 ⁻⁶	329 X 10	8
29/01/2018	08:20 a.m.	B-3	27	22.5	6.86	529 X10 ⁻⁶	338 X 10	8
30/01/2018	10:00 a.m.	B-1	28	27.7	6.97	495 X10 ⁻⁶	316 X 10	8
30/01/2018	10:10 a.m.	B-2	28	25.4	7.09	495 X10 ⁻⁶	307 X 10	8
30/01/2018	10:20 a.m.	B-3	28	24.9	7.17	519 X10 ⁻⁶	304 X 10	8
31/01/2018	09:00 a.m.	B-1	23	22.6	6.99	448 X10 ⁻⁶	322 X 10	8
31/01/2018	09:10 a.m.	B-2	23	22.9	6.89	456 X10 ⁻⁶	323 X 10	8
31/01/2018	09:20 a.m.	B-3	23	23.1	7.04	470 X10 ⁻⁶	308 X 10	8
01/02/2018	05:00 p.m.	B-1	23	26.3	7.00	484 X10 ⁻⁶	349 X 10	8
01/02/2018	05:10 p.m.	B-2	23	26.1	6.82	472 X10 ⁻⁶	326 X 10	8
01/02/2018	05:20 p.m.	B-3	23	25.3	6.94	477 X10 ⁻⁶	321 X 10	8
02/02/2018	05:00 p.m.	B-1	23	25.2	7.30	486 X10 ⁻⁶	318 X 10	8
02/02/2018	05:10 p.m.	B-2	23	25.5	6.85	494 X10 ⁻⁶	317 X 10	8
02/02/2018	05:20 p.m.	B-3	23	24.8	6.92	478 X10 ⁻⁶	286 X 10	8
03/02/2018	05:00 p.m.	B-1	25	25.5	6.94	487 X10 ⁻⁶	324 X 10	8
03/02/2018	05:10 p.m.	B-2	25	26.3	6.85	490 X10 ⁻⁶	310 X 10	8
03/02/2018	05:20 p.m.	B-3	25	25.6	6.82	478 X10 ⁻⁶	298 X 10	8
04/02/2018	03:00 p.m.	B-1	28	26.9	6.85	489 X10 ⁻⁶	343 X 10	8
04/02/2018	03:10 p.m.	B-2	28	27.4	6.76	485 X10 ⁻⁶	300 X 10	8
04/02/2018	03:20 p.m.	B-3	28	27.4	6.73	477 X10 ⁻⁶	307 X 10	8
05/02/2018	04:00 p.m.	B-1	26	27.1	6.82	487 X10 ⁻⁶	310 X 10	9
05/02/2018	04:10 p.m.	B-2	26	27.2	6.76	486 X10 ⁻⁶	311 X 10	9
05/02/2018	04:20 p.m.	B-3	26	26.3	6.72	480 X10 ⁻⁶	300 X 10	9
06/02/2018	04:00 p.m.	B-1	25	27.4	6.79	485 X10 ⁻⁶	315 X 10	9
06/02/2018	04:10 p.m.	B-2	25	26.5	6.80	472 X10 ⁻⁶	305 X 10	9
06/02/2018	04:20 p.m.	B-3	25	24.9	6.72	487 X10 ⁻⁶	288 X 10	9
07/02/2018	05:00 p.m.	B-1	24	27.3	6.80	519 X10 ⁻⁶	341 X 10	9
07/02/2018	05:10 p.m.	B-2	24	26.2	6.90	488 X10 ⁻⁶	288 X 10	9
07/02/2018	05:20 p.m.	B-3	24	25.3	6.80	491 X10 ⁻⁶	281 X 10	9
08/02/2018	05:00 p.m.	B-1	25	26.2	6.82	490 X10 ⁻⁶	338 X 10	9
08/02/2018	05:10 p.m.	B-2	25	25.4	6.89	486 X10 ⁻⁶	330 X 10	9
08/02/2018	05:20 p.m.	B-3	25	24.4	6.80	469 X10 ⁻⁶	303 X 10	9
09/02/2018	05:00 p.m.	B-1	24	26.4	6.84	486 X10 ⁻⁶	339 X 10	9
09/02/2018	05:10 p.m.	B-2	24	23.2	6.87	480 X10 ⁻⁶	327 X 10	9
09/02/2018	05:20 p.m.	B-3	24	22.3	6.81	460 X10 ⁻⁶	310 X 10	9
10/02/2018	05:00 p.m.	B-1	21	22.6	6.88	472 X10 ⁻⁶	340 X 10	9
10/02/2018	05:10 p.m.	B-2	21	22.4	6.85	465 X10 ⁻⁶	324 X 10	9
10/02/2018	05:20 p.m.	B-3	21	21.8	6.83	456 X10 ⁻⁶	317 X 10	9
11/02/2018	05:00 p.m.	B-1	22	22.4	6.89	466 X10 ⁻⁶	323 X 10	9
11/02/2018	05:10 p.m.	B-2	22	22.6	6.83	460 X10 ⁻⁶	322 X 10	9
11/02/2018	05:20 p.m.	B-3	22	21.5	6.84	451 X10 ⁻⁶	315 X 10	9
12/02/2018	05:00 p.m.	B-1	20	22.1	6.91	456 X10 ⁻⁶	311 X 10	10
12/02/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.8	6.82	451 X10 ⁻⁶	320 X 10	10
12/02/2018	05:20 p.m.	B-3	20	21.4	6.85	439 X10 ⁻⁶	314 X 10	10

Cuadro 11. Registro diario de los parámetros físicos del biol a los 90 días.

FECHA	HORA		PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS RECOLECTADOS EN CAMPO					SEMANA
	CAMPO	NÚMERO DE BIODIGESTOR	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA INTERNA (°C) - INTERIOR DEL BIODIGESTOR	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (S/cm)	SÓLIDOS TOTALES DISUUELTOS (TDS) - (ppm)	
14/02/2018	05:00 p.m.	B-1	22	21.4	6.97	472 X10 ⁻⁶	320 X 10	10
14/02/2018	05:10 p.m.	B-2	22	20.2	6.94	444 X10 ⁻⁶	310 X 10	10
14/02/2018	05:20 p.m.	B-3	22	23.4	6.89	427 X10 ⁻⁶	306 X 10	10
15/02/2018	05:00 p.m.	B-1	20	22	6.95	421 X10 ⁻⁶	309 X 10	10
15/02/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.7	6.90	415 X10 ⁻⁶	306 X 10	10
15/02/2018	05:20 p.m.	B-3	20	21.1	6.86	417 X10 ⁻⁶	310 X 10	10
16/02/2018	05:00 p.m.	B-1	21	22.1	7.06	460 X10 ⁻⁶	323 X 10	10
16/02/2018	05:10 p.m.	B-2	21	21.6	6.98	434 X10 ⁻⁶	309 X 10	10
16/02/2018	05:20 p.m.	B-3	21	21.5	6.96	436 X10 ⁻⁶	300 X 10	10
17/02/2018	05:00 p.m.	B-1	19	22.3	6.99	462 X10 ⁻⁶	346 X 10	10
17/02/2018	05:10 p.m.	B-2	19	21.3	6.95	450 X10 ⁻⁶	309 X 10	10
17/02/2018	05:20 p.m.	B-3	19	21.2	6.91	445 X10 ⁻⁶	306 X 10	10
18/02/2018	05:00 p.m.	B-1	21	21.9	6.93	438 X10 ⁻⁶	326 X 10	10
18/02/2018	05:10 p.m.	B-2	21	21.6	6.95	430 X10 ⁻⁶	288 X 10	10
18/02/2018	05:20 p.m.	B-3	21	21.5	6.91	461 X10 ⁻⁶	316 X 10	10
19/02/2018	05:00 p.m.	B-1	20	21.6	6.87	414 X10 ⁻⁶	306 X 10	11
19/02/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.3	6.94	409 X10 ⁻⁶	267 X 10	11
19/02/2018	05:20 p.m.	B-3	20	21.9	6.90	477 X10 ⁻⁶	326 X 10	11
20/02/2018	05:00 p.m.	B-1	18	20.5	7.00	450 X10 ⁻⁶	351 X 10	11
20/02/2018	05:10 p.m.	B-2	18	20.8	6.90	450 X10 ⁻⁶	327 X 10	11
20/02/2018	05:20 p.m.	B-3	18	19.3	6.85	440 X10 ⁻⁶	310 X 10	11
21/02/2018	05:00 p.m.	B-1	19	22.6	6.97	503 X10 ⁻⁶	320 X 10	11
21/02/2018	05:10 p.m.	B-2	19	21.7	6.91	458 X10 ⁻⁶	282 X 10	11
21/02/2018	05:20 p.m.	B-3	19	21.3	6.86	470 X10 ⁻⁶	312 X 10	11
22/02/2018	05:00 p.m.	B-1	22	25	7.02	487 X10 ⁻⁶	296 X 10	11
22/02/2018	05:10 p.m.	B-2	22	23.6	6.99	444 X10 ⁻⁶	257 X 10	11
22/02/2018	05:20 p.m.	B-3	22	22.9	6.91	482 X10 ⁻⁶	254 X 10	11
23/02/2018	05:00 p.m.	B-1	20	21.8	7.06	514 X10 ⁻⁶	309 X 10	11
23/02/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.2	7.01	496 X10 ⁻⁶	274 X 10	11
23/02/2018	05:15 p.m.	B-3	20	20.5	6.93	490 X10 ⁻⁶	269 X 10	11
24/02/2018	05:00 p.m.	B-1	23	24.2	6.94	523 X10 ⁻⁶	328 X 10	11
24/02/2018	05:10 p.m.	B-2	23	24	6.89	503 X10 ⁻⁶	289 X 10	11
24/02/2018	05:15 p.m.	B-3	23	23.2	6.83	499 X10 ⁻⁶	288 X 10	11
25/02/2018	05:00 p.m.	B-1	21	22.4	6.88	528 X10 ⁻⁶	314 X 10	11
25/02/2018	05:10 p.m.	B-2	21	22.1	6.83	506 X10 ⁻⁶	292 X 10	11
25/02/2018	05:15 p.m.	B-3	21	21.3	6.78	504 X10 ⁻⁶	290 X 10	11
26/02/2018	05:00 p.m.	B-1	22	23.7	6.85	499 X10 ⁻⁶	331 X 10	12
26/02/2018	05:10 p.m.	B-2	22	23.2	6.80	490 X10 ⁻⁶	298 X 10	12
26/02/2018	05:15 p.m.	B-3	22	22.4	6.75	486 X10 ⁻⁶	298 X 10	12
27/02/2018	05:00 p.m.	B-1	24	25.2	6.83	516 X10 ⁻⁶	339 X 10	12
27/02/2018	05:10 p.m.	B-2	24	25.1	6.79	500 X10 ⁻⁶	301 X 10	12
27/02/2018	05:15 p.m.	B-3	24	24.6	6.74	497 X10 ⁻⁶	302 X 10	12
28/02/2018	05:00 p.m.	B-1	22	23.8	6.81	532 X10 ⁻⁶	347 X 10	12
28/02/2018	05:10 p.m.	B-2	22	23.6	6.77	509 X10 ⁻⁶	304 X 10	12
28/02/2018	05:15 p.m.	B-3	22	22.8	6.72	508 X10 ⁻⁶	306 X 10	12
01/03/2018	05:00 p.m.	B-1	22	22.8	7.00	554 X10 ⁻⁶	320 X 10	12
01/03/2018	05:10 p.m.	B-2	22	22.3	6.95	516 X10 ⁻⁶	259 X 10	12
01/03/2018	05:15 p.m.	B-3	22	22.1	6.87	497 X10 ⁻⁶	294 X 10	12
02/03/2018	05:00 p.m.	B-1	21	23.5	7.01	512 X10 ⁻⁶	336 X 10	12
02/03/2018	05:10 p.m.	B-2	21	23	6.95	513 X10 ⁻⁶	335 X 10	12
02/03/2018	05:15 p.m.	B-3	21	22.3	6.88	486 X10 ⁻⁶	311 X 10	12
03/03/2018	03:00 p.m.	B-1	26	25.1	7.05	510 X10 ⁻⁶	334 X 10	12
03/03/2018	03:10 p.m.	B-2	26	25.2	6.97	517 X10 ⁻⁶	326 X 10	12
03/03/2018	03:20 p.m.	B-3	26	23.9	6.93	406 X10 ⁻⁶	307 X 10	12
04/03/2018	05:00 p.m.	B-1	22	23.6	7.03	487 X10 ⁻⁶	336 X 10	12
04/03/2018	05:10 p.m.	B-2	22	22.4	6.93	484 X10 ⁻⁶	315 X 10	12
04/03/2018	05:15 p.m.	B-3	22	22.6	6.87	435 X10 ⁻⁶	310 X 10	12
05/03/2018	05:00 p.m.	B-1	21	22.7	7.01	463 X10 ⁻⁶	338 X 10	13
05/03/2018	05:10 p.m.	B-2	21	21.6	6.88	451 X10 ⁻⁶	304 X 10	13
05/03/2018	05:15 p.m.	B-3	21	21.8	6.81	464 X10 ⁻⁶	313 X 10	13
06/03/2018	05:00 p.m.	B-1	20	22.4	7.04	485 X10 ⁻⁶	310 X 10	13
06/03/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.6	6.96	482 X10 ⁻⁶	267 X 10	13
06/03/2018	05:15 p.m.	B-3	20	20.9	6.91	492 X10 ⁻⁶	331 X 10	13
07/03/2018	05:00 p.m.	B-1	21	22.4	7.01	506 X10 ⁻⁶	317 X 10	13
07/03/2018	05:10 p.m.	B-2	21	21.6	6.98	483 X10 ⁻⁶	315 X 10	13
07/03/2018	05:15 p.m.	B-3	21	21.2	6.93	469 X10 ⁻⁶	325 X 10	13
08/03/2018	05:00 p.m.	B-1	20	21.8	7.13	524 X10 ⁻⁶	339 X 10	13
08/03/2018	05:10 p.m.	B-2	20	21.1	7.00	500 X10 ⁻⁶	313 X 10	13
08/03/2018	05:15 p.m.	B-3	20	20.4	6.93	488 X10 ⁻⁶	319 X 10	13
09/03/2018	05:00 p.m.	B-1	23	26.2	7.03	537 X10 ⁻⁶	337 X 10	13
09/03/2018	05:10 p.m.	B-2	23	25.4	6.98	496 X10 ⁻⁶	271 X 10	13
09/03/2018	05:15 p.m.	B-3	23	24.7	6.97	494 X10 ⁻⁶	284 X 10	13
10/03/2018	05:00 p.m.	B-1	22	24.5	7.02	509 X10 ⁻⁶	315 X 10	13
10/03/2018	05:10 p.m.	B-2	22	23.7	6.91	485 X10 ⁻⁶	295 X 10	13
10/03/2018	05:15 p.m.	B-3	22	23.2	6.86	486 X10 ⁻⁶	299 X 10	13
11/03/2018	05:00 p.m.	B-1	23	24.8	7.01	495 X10 ⁻⁶	331 X 10	13
11/03/2018	05:10 p.m.	B-2	23	24.6	6.88	480 X10 ⁻⁶	309 X 10	13
11/03/2018	05:15 p.m.	B-3	23	24.2	6.81	482 X10 ⁻⁶	306 X 10	13
12/03/2018	05:00 p.m.	B-1	24	24.4	7.00	481 X10 ⁻⁶	346 X 10	14
12/03/2018	05:10 p.m.	B-2	24	23.9	6.84	474 X10 ⁻⁶	318 X 10	14
12/03/2018	05:15 p.m.	B-3	24	23.2	6.75	478 X10 ⁻⁶	313 X 10	14
13/03/2018	05:00 p.m.	B-1	22	24.9	7.05	492 X10 ⁻⁶	317 X 10	14
13/03/2018	05:10 p.m.	B-2	22	24.2	6.97	476 X10 ⁻⁶	304 X 10	14
13/03/2018	05:15 p.m.	B-3	22	23.9	6.92	474 X10 ⁻⁶	309 X 10	14
14/03/2018	05:00 p.m.	B-1	22	23.8	7.06	516 X10 ⁻⁶	337 X 10	14
14/03/2018	05:10 p.m.	B-2	22	23.3	7.00	494 X10 ⁻⁶	320 X 10	14
14/03/2018	05:15 p.m.	B-3	22	23.1	6.96	486 X10 ⁻⁶	319 X 10	14
15/03/2018	05:00 p.m.	B-1	21	23.3	7.05	471 X10 ⁻⁶	330 X 10	14
15/03/2018	05:10 p.m.	B-2	21	22.6	7.03	507 X10 ⁻⁶	304 X 10	14
15/03/2018	05:15 p.m.	B-3	21	22	6.94	488 X10 ⁻⁶	298 X 10	14

Cuadro 12. Cálculos del sistema buffer de bicarbonato de sodio (NaCO₃).

Primera estabilización del pH (24/12/2017)

B-1	pH ₁ =5.98	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.09
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.19			

B-2	pH ₂ =5.90	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.28
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.25			

B-3	pH ₃ =5.96	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.56
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.40			

Segunda estabilización del pH (27/12/2017)

B-1	pH ₁ =5.85	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.35
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.68			

B-2	pH ₂ =5.96	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.26
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.45			

B-3	pH ₃ =6.07	V= 200 ml	4800 ml ----- x	X= 67.2 g	pH estabilizado=6.15
		<u>NaCO₃=2.80 g</u>	200 ml -----2.80 g		
		pH obtenido= 7.60			

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4: Reporte de los valores de parámetros físicos y químicos del biol

Cuadro 13. Evaluación de los parámetros físicos del biol.

FISICOS							
	TM	BIOD.	Ph	T A(C)	T I(C)	STD (ppm)	C.E.(us/cm ⁻¹)
R-1	30	1	6.13	24	23.83	391.87	719.8
	30	2	6.05	24.1	23.57	341.04	612.30
	30	3	6.14	24.2	23.33	369.52	658.10
T1 R-2	60	1	6.6	23.6	24.1	356.1	565.8
	60	2	6.74	23.6	23.7	334.9	529.40
	60	3	6.64	23.6	23.2	341.6	554.30
R-3	90	1	6.99	21.5	23.22	326.9	491.4
	90	2	6.93	21.5	22.65	298.9	476.5
	90	3	6.87	21.5	22.28	304.40	472.10

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14. Evaluación de los parámetros análisis proximal del biol.

ANALISIS PROXIMAL								
	TM	BID.	MS (%)	H (%)	CZ BH (%)	MO BH (%)	N BH (%)	N BS (%)
R-1	30	1	1.03	98.97	0.44	0.59	0.11	10.91
	30	2	1.06	98.94	0.40	0.66	0.08	7.84
	30	3	1.85	98.15	0.50	1.36	0.12	6.48
T1 R-2	60	1	1.37	98.63	0.46	0.91	0.10	7.33
	60	2	1.25	98.75	0.46	0.79	0.09	7.28
	60	3	1.20	98.8	0.44	0.76	0.10	8.08
R-3	90	1	1.87	98.13	0.53	1.34	0.11	10.91
	90	2	7.76	92.24	1.34	6.42	0.10	9.75
	90	3	4.90	95.10	0.89	4.01	0.11	5.69

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Evaluación de los parámetros químicos del biol.

QUIMICOS – MINERALES												
	TM	BIOD.	P2O5 (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)	Mn (mg/L)	
T1	R-1	30	1	0.05	1135.50	1445	1.38	985	0.05	0	0.15	0.58
		30	2	0.07	1302.00	3165	1.72	965	2.10	3.39	1.70	4.11
		30	3	0.13	1470.50	5220	0.72	970	0.85	0	1.85	4.09
	R-2	60	1	0.08	1750	3495	216	1105	0.68	0.40	0.15	1.62
		60	2	0.10	1900	3760	187	1148	2.74	5.09	1.70	4.77
		60	3	0.09	2050	9440	200	1115	1.34	0.73	1.85	5.82
	R-3	90	1	0.36	2395	3770	320	1125	0.86	0.80	0.85	1.86
		90	2	0.10	2540	4300	284	1157	3.15	7.18	1.85	5.40
		90	3	0.30	2560	9950	317	1170	1.51	2.57	1.85	6.70

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 5: Documentos establecidos en la investigación

Cuadro 16. Matriz de Consistencia.

Título del Proyecto de Investigación: "Evaluación del estiércol de cuy de la granja Montero y aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco para la producción de Biol mediante Biodigestores de tipo semicontinuo- 2017".						
Tesisista: Bach. Josell Marcos Noreña Alvarado						
PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL				
¿Cuál será el efecto del uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y de las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, en la producción de biol; mediante el uso de biodigestores de tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?	Evaluar el efecto del uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco en la producción del biol, mediante el uso de biodigestores de tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.	<p>Hi: El uso de estiércol de cuy de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, mejora los parámetros físicos y químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores de tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p> <p>HO: El uso de estiércol de cuy de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco, no mejora los parámetros físicos y químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores de tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p>				<p>POBLACIÓN :</p> <p>1. Estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero: 2695 Kg/semana</p> <p>2. Aguas residuales del camal municipal de Huánuco: 172800 litros/semana</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO:	ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	MUESTRA:
<p>1. ¿Cuáles serán los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo; utilizando estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?</p> <p>2. ¿Cuáles serán los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo; utilizando estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018?</p>	<p>1. Determinar los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo; utilizando estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p> <p>2. Determinar los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo; utilizando estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p>	<p>1. Hi: El uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p> <p>1. HO: El uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros físicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p> <p>2. Hi: El uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p> <p>2. HO: El uso de estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero y las aguas residuales del camal municipal de Huánuco no mejora los parámetros químicos del biol producido, mediante el uso de biodigestores del tipo semi continuo durante los meses de Diciembre del 2017 hasta Marzo del 2018.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>1. El estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero</p> <p>2. Aguas residuales del camal municipal de Huánuco</p>	<p>La investigación presenta un diseño experimental puro, ya que corresponde a realizar un análisis experimental en un determinado tiempo</p>	<p>Análisis de varianza (ANOVA) - Prueba de Tuckey, Test de Kruskal Wallis - grado de significancia de 5%</p>	<p>1. Estiércol de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) de la granja Montero: 128 Kg de Estiércol</p> <p>2. Muestra del agua residual del camal municipal de Huánuco: 156 L de Agua Residual De Camal</p>

Cuadro 17. Ficha de recolección y monitoreo de datos en campo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS: TESIS -"EVALUACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CUY DE LA GRANJA MONTERO Y AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOL MEDIANTE BIODIGESTORES DE TIPO SEMI CONTINUO-2017"								
TESISTA: BACH. JOSELL MARCOS NOREÑA ALVARADO								
LUGAR: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS-CITAEC (ZONA DONDE SE ENCUENTRAN INSTALADOS LOS BIODIGESTORES N°01, 02 Y 03)- UBICADA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO - LA ESPERANZA.								
FECHA	HORA	NÚMERO DE BIODIGESTOR	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS RECOLECTADOS EN CAMPO					SEMANA
			TEMPERATURA AMBIENTAL (C°)	TEMPERATURA INTERNA (°C) - INTERIOR DEL BIODIGESTOR	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (us/cm^{-1})	SÓLIDOS TOTALES DISULETOS (TDS) - (ppm)	

Apéndice 6. Mapas de ubicación del proyecto de investigación de tesis



Ilustración 8. Ubicación del Centro de Investigación en Tratamiento de Agua y Ecosistemas Contaminados (CITAEC).



Ilustración 9. Ubicación de la granja de cuyes “Montero”, Ayancocha - Ambo.



Ilustración 10. *Ubicación del Camal Municipal de Huánuco.*

Apéndice 7. Panel fotográfico del proyecto de investigación



Ilustración 11. Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.



Ilustración 12. Rotulado y envío de las muestras de agua residual del camal municipal de Huánuco, al laboratorio AGQ Labs & Technological Services – Lima, Perú.



Ilustración 13. Construcción de los tres biodigestores de tipo semicontinuo.



Ilustración 14. Muestreo y envío de la muestra de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la granja Montero al laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú.



Ilustración 15. Prueba de permeabilidad de los biodigestores de tipo semicontinuo.



Ilustración 16. Instalación y arranque de los biodigestores de tipo semicontinuo.



Ilustración 17. *Biogestores establecidos en el Centro de Investigación de tratamiento de aguas y ecosistemas contaminados de la Universidad de Huánuco, la Esperanza – Huánuco.*



Ilustración 18. *Registro y monitoreo diario de los parámetros físicos y químicos del biol, utilizando el multiparámetro, termómetro ambiental, conductímetro, recipientes de vidrio y equipos de protección personal.*



Ilustración 19. Control del pH mediante una solución buffer de bicarbonato de sodio (NaHCO_3).



Ilustración 20. Alimentación de los biodigestores de tipo semi continuo al 8 % y 9%; en función de los 30 y 60 días.




Ilustración 21. *Recolección de las muestras de biol de los biodigestores N°01, 02 y 03.*




Ilustración 22. *Rotulado de las muestras de biol y envío al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.*

Apéndice 8. Resultado del análisis del laboratorio

Ilustración 23. Análisis proximal y de los minerales del estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) de la Granja Montero.

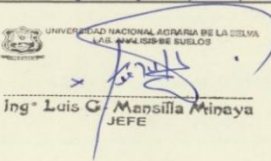


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 Apto. 156
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: JOSELL MARCOS NOREÑA ALVARADO		PROCEDENCIA: HUANUCO											
Datos de la muestra		Análisis Proximal			Porcentaje en base seca					PARTES POR MILLON (mg/Kg)			
		Cenizas en base seca (%)	Materia Organica en base seca (%)	Humedad (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm
MED1495	EXCRETAS DE CUY	13.421	86.579	7.604	1.646	0.515	3.380	--	--	--	--	--	--



Ing° Luis G. Mansilla Minaya
JEFE

Tingo Maria, 22 de noviembre del 2017
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO N° 0522214







Ilustración 24. Análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales del Camal Municipal de Huánuco.

  				
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072				
INFORME DE ENSAYO				
Nº de Referencia: A-17/072870	Tipo Muestra: Agua Residual Municipal			
Descripción: CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO	Fecha Fin: 04/12/2017			
RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Uranio	< 0,07	-	mg/L	
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	99	± 13 %	mg/L	
DBOS	4 800	± 13 %	mg/L	
DQO	> 5 000	± 11 %	mg/L	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	825	± 11 %	mg/L	
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Nitrógeno Kjeldahl	19,2	± 11 %	mg/L	
Nitrógeno Total Calculado	19,2	-	mg/L	
Cationes +				
Calcio Total	72,0	± 11 %	mg/L	
Magnesio Total	16	± 27 %	mg/L	
Aniones -				
Alcalinidad	370	± 10 %	mg/L CaCO3	
Nitratos	< 0,11	-	mg/L N-NO3	
Nitritos	< 0,15	-	mg/L N-NO2	
Sulfatos	37,3	-	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	< 0,032	± 10 %	mg/L	
Arsénico Total	< 0,010	± 10 %	mg/L	
Azufre Total	69	± 22 %	mg/L	
Bario Total	0,1500	± 10 %	mg/L	
Berilio Total	< 0,0005	± 10 %	mg/L	
Boro Total	< 0,05	± 14 %	mg/L	
Cadmio Total	< 0,0024	± 8 %	mg/L	
Cerio Total	< 0,005	-	mg/L	
Cobalto Total	< 0,0066	± 16 %	mg/L	
Cobre Total	0,0560	± 8 %	mg/L	
Cromo Total	< 0,0028	± 21 %	mg/L	
Estaño Total	< 0,035	± 11 %	mg/L	
Estroncio Total	0,3160	± 12 %	mg/L	
Fósforo Total	19,2	± 13 %	mg/L	
Hierro Total	14,8	± 17 %	mg/L	
Litio Total	< 0,014	± 8 %	mg/L	
Manganeso Total	0,166	± 8 %	mg/L	
Mercurio Total	0,00048	± 16 %	mg/L	
Molibdeno Total	< 0,012	± 8 %	mg/L	
Niquel Total	< 0,0063	± 11 %	mg/L	
Plata Total	< 0,0019	± 10 %	mg/L	
Plomo Total	< 0,004	± 14 %	mg/L	

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

AGQ PERU, S.A.C.
 Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao, La Perla-Callao, La Perla-Callao, F. T. (511) 710 37 00
 operacionesperu@agq.com.pe www.agqlabs.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia:	A-17/072870	Tipo Muestra:	Agua Residual Municipal
Descripción:	CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO	Fecha Fin:	04/12/2017

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Metales Totales				
³ Potasio Total	52	± 16 %	mg/L	
³ Silice Total	21	± 13 %	mg/L	
* Silicio Total	10	± 13 %	mg/L	
³ Sodio Total	291	± 12 %	mg/L	
³ Tallo Total	< 0,15	± 13 %	mg/L	
³ Titanio Total	< 0,0042	± 8 %	mg/L	
³ Vanadio Total	< 0,0032	± 8 %	mg/L	
³ Zinc Total	< 0,003	± 8 %	mg/L	
Microbiología				
³ Coliformes Totales por NMP	9,2 x 10 ⁶		NMP/100 mL	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado
(2) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.
(3) Ensayo cubierto por la acreditación n° LE-072 emitida por INACAL.

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

AGQ PERU, S.A.C.


Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao La Perla-Callao La Perla-Callao. F. T. (511) 710 27 00

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.pe

3/5

Ilustración 25. Análisis proximal y de los minerales del biol obtenido a los 30 días.




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos


Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 - Apto. 156
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: NOREÑA ALVARADO JOSELL MARCOS			PROCEDENCIA: HUANUCO														
Datos de la muestra			Análisis Química Proximal						PPM (mg / Litro de biol) en base seca								
Código	Tipo	Referencia	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Ceniza en base húmeda (%)	Materia Orgánica en base húmeda (%)	N (base húmeda) (%)	N (base seca) (%)	base seca P ₂ O ₅ g/L biol	Ca mg/L biol	K, mg/L biol	Na mg/L biol	Mg mg/L biol	Cu mg/L biol	Fe mg/L biol	Zn mg/L biol	Mn mg/L biol
M01963	BIOL	BIODIGESTOR 1	1.03	98.97	0.44	0.59	0.11	10.91	0.05	1135.50	1445	1.38	985	0.05	ND	0.15	0.58
M01964	BIOL	BIODIGESTOR 2	1.06	98.94	0.40	0.66	0.08	7.84	0.07	1302.00	3165	1.72	965	2.10	3.39	1.70	4.11
M01965	BIOL	BIODIGESTOR 3	1.85	98.15	0.50	1.36	0.12	6.48	0.13	1470.50	5220	0.72	970	0.85	ND	1.85	4.09

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA : 13 DE ENERO 2018
RECIBO N° 00530621
ND: NO DETECTABLE


Ing. Luis G. Mansilla Minaya
 JEFE






Ilustración 26. Análisis proximal y de los minerales del biol obtenido a los 60 días.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 - Aptdo. 156
analisisdesuelosunas@hotmail.com




ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			NOREÑA ALVARADO JOSELL MARCOS						PROCEDENCIA:			HUANUCO					
Datos de la muestra			Análisis Química Proximal						base seca								
			PPM (mg / Litro de biol) en base seca														
Código	Tipo	Referencia	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Ceniza en base húmeda (%)	Materia Orgánica en base húmeda (%)	N (base húmeda) (%)	N (base seca) (%)	P ₂ O ₅ g/L biol	Ca mg/L biol	K mg/L biol	Na mg/L biol	Mg mg/L biol	Cu mg/L biol	Fe mg/L biol	Zn mg/L biol	Mn mg/L biol
M0221	BIOL	BIODIGESTOR 1	1.37	98.63	0.46	0.91	0.10	7.33	0.08	1750	3495	216	1105	0.68	0.40	0.15	1.62
M0222	BIOL	BIODIGESTOR 2	1.25	98.75	0.46	0.79	0.09	7.28	0.10	1900	3760	187	1148	2.74	5.09	1.70	4.77
M0223	BIOL	BIODIGESTOR 3	1.20	98.80	0.44	0.76	0.10	8.08	0.09	2050	9440	200	1115	1.34	0.73	1.85	5.82

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA : 13 DE FEBRERO 2018
RECIBO N° 00532662


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS

Ing. Luis C. Mansilla Mireya
JEFE



ND: NO DETECTABLE

Ilustración 27. Análisis proximal y de los minerales del biol obtenido a los 90 días.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 - Apto. 156
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			NOREÑA ALVARADO JOSELL MARCOS						PROCEDENCIA:			HUANUCO						
Datos de la muestra			Análisis Química Proximal						base seca									
			PPM (mg / Litro de biol) en base seca															
Código	Tipo	Referencia	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Ceniza en base humeda (%)	Materia Organica en base humeda (%)	N (base humeda) (%)	N (base seca) (%)	P ₂ O ₅ g/L biol	Ca mg/L biol	K mg/L biol	Na mg/L biol	Mg mg/L biol	Cu mg/L biol	Fe mg/L biol	Zn mg/L biol	Mn mg/L biol	
M0262	BIOL	BIODIGESTOR 1	1.87	98.13	0.53	1.34	0.11	10.91	0.36	2395	3770	320	1125	0.86	0.80	0.85	1.86	
M0263	BIOL	BIODIGESTOR 2	7.76	92.24	1.34	6.42	0.10	9.75	0.10	2540	4300	284	1157	3.15	7.18	1.85	5.40	
M0264	BIOL	BIODIGESTOR 3	4.90	95.10	0.89	4.01	0.11	5.69	0.30	2460	9950	317	1170	1.51	2.57	1.85	6.70	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA : 15 DE MARZO 2018
RECIBO N° 00534548
ND: NO DETECTABLE


Ing. Luis G. Mansilla Miraya
 JEFE



Ilustración 28. Análisis Microbiológico del biol obtenido a los 90 días.



PERÚ Ministerio de Salud

Dirección Regional de Salud Huánuco

Laboratorio Referencial




"Año de la Igualdad y la no violencia contra las mujeres."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS REG.: 0245 - 2018- LMAA-LRRSP- HCO

SOLICITANTE : JOSELL MARCOS NOREÑA ALVARADO
 DISTRITO : HUANUCO
 PROVINCIA : HUANUCO
 DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 15-03-18 HORA 03:30 p.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 15-03-18 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 SI () NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	N°. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS		
				Cond. (umho/cm)	Tds.	Turb. UNT	Color UCV	PH	T° Int. °C	Coli. T. NMP/100ml	Coli Term. UFC/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
LOCALIDADES												
CITAEC UDH - ESPERANZA	BIODIGESTOR	-	880	488x10	310x10	-	-	7,01	22,6	8,1x10 ⁵	-	-

LAS MUESTRAS SON RECEPCIONADAS DE LUNES A JUEVES.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Totales	Tubos Múltiples

Huánuco, 06 de abril del 2018



GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
DIRECCION REGIONAL DE SALUD HUANUCO
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Dra. Mg. María Rujina Córdova Misaya
CEHT-4543
Resp. Área de Microbiología de Aguas y Alimentos

DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL R.U.C: 20146045881
 Jr. Dámaso Beraún N° 1017 ☎ (062) 513410-513380-517521 Fax (062) 513261

Ilustración 29. D.S. N°015-2015- MINAM y su modificatoria D.S. N°004-2017-MINAM.

569076	NORMAS LEGALES	Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano
PODER EJECUTIVO		
AMBIENTE		
<p>Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación</p>		
<p>DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM</p>		
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>		
<p>CONSIDERANDO:</p>		
<p>Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p>		
<p>Que, según el artículo 1 del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;</p>		
<p>Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;</p>		
<p>Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;</p>		
<p>Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la citada ley, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p>		
<p>Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;</p>		
<p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;</p>		
<p>Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;</p>		
<p>Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°</p>		
<p>002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM; Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;</p>		
<p>De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.</p>		
<p>DECRETA:</p>		
<p>Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.</p>		
<p>Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.</p>		
<p>Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental. 3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental</p>		
<p>3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente</p>		
<p>Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.</p>		
<p>4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.</p>		
<p>4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.</p>		
<p>Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.</p>		
<p>5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.</p>		
<p>5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.</p>		
<p>Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso</p>		
<p>Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:</p>		

6.1. El Titular de la actividad extractiva, productiva y de servicios en curso evalúa si las obligaciones ambientales contenidas en su instrumento de gestión ambiental vigente requieren ser modificadas en virtud a los ECA para Agua establecidos en la presente norma, de modo que su actividad no afecte los cuerpos de agua existentes en el área de influencia de sus operaciones.

6.2. El Titular tiene un plazo de seis (6) meses, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente norma, para comunicar a la autoridad ambiental competente si los valores de los ECA para Agua ameritan la modificación de su instrumento de gestión ambiental vigente.

A partir de la fecha de la comunicación formulada a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación del mencionado instrumento de gestión ambiental.

6.3. La Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de noventa (90) días calendario para evaluar y aprobar el Plan de Manejo Ambiental presentado. En el marco del plazo descrito, la Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario para revisar y remitir las observaciones al Titular respecto al Plan de Manejo Ambiental presentado, en caso corresponda. El Titular tiene un plazo máximo de treinta (30) días calendario para la presentación del levantamiento de las observaciones que haya efectuado la Autoridad Ambiental Competente al Plan de Manejo Ambiental presentado.

6.4. El plazo máximo para la implementación de las medidas de adecuación, contenidas en la modificación del instrumento de gestión ambiental, es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

6.5. Si el titular no formula comunicación ni presenta la modificación de su instrumento de gestión ambiental dentro de los plazos descritos en el presente artículo, son de referencia automática los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 del presente decreto supremo.

La solicitud de modificación no suspende la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en instrumentos de gestión ambiental previamente aprobados por la Autoridad Ambiental Competente, ni el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, según corresponda.

Artículo 7.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Agricultura y Riego, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud y el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Para efectuar los monitoreos en aplicación de la presente norma, la autoridad ambiental competente debe considerar los parámetros asociados prioritariamente a la actividad extractiva, productiva o de servicios y a aquellos que permitan caracterizar las condiciones naturales de la zona de estudio o el efecto de otras descargas en la zona.

Segunda.- La entidad de fiscalización ambiental supervisa, una vez concluido el plazo para la implementación del instrumento de gestión ambiental correspondiente, que las actividades extractivas, productivas y de servicios realicen sus operaciones considerando los valores y parámetros establecidos en la presente norma.

Tercera.- El Titular de la actividad minera que se encuentre implementando su instrumento de gestión ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM o el Plan Integral, aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha autoridad si el plan aprobado requiere ser modificado, a fin de guardar relación con los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

A partir de la fecha de la comunicación a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.

El proceso de evaluación y aprobación del Plan Integral presentado por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación de la modificación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

La solicitud de modificación no suspende la obligación de cumplir, como mínima exigencia, con los valores de Límites Máximos Permisibles (LMP) anteriormente aprobados contenidos en su instrumento de gestión ambiental vigente, hasta la conclusión del proceso de adecuación.

En caso el Titular minero no cumpla con informar a la Autoridad Ambiental Competente la necesidad de la modificación o no presente la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental correspondiente en los plazos establecidos en la presente disposición, se le aplican los compromisos asumidos y el cronograma de ejecución consignado en el Plan Integral aprobado.

Cuarta.- El Titular de la actividad minera que haya cumplido con presentar un Plan Integral, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM; pero que a la fecha de la publicación de la presente norma no cuente con la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha Autoridad Ambiental si el Plan Integral presentado requiere una actualización a los valores de los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

Efectuada dicha comunicación, la Autoridad Ambiental Competente devuelve el expediente respectivo al Titular minero en el plazo máximo de diez (10) días calendario. A partir de la fecha de la referida devolución el Titular minero tiene un plazo de doce (12) meses para presentar una actualización del Plan Integral inicialmente presentado.

El proceso de evaluación y aprobación de la actualización del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

Si el Titular minero no comunica al Ministerio de Energía y Minas la necesidad de actualizar el Plan Integral que fuera presentado, se entiende que no requiere modificar dicho proyecto de instrumento de gestión ambiental, reanudándose su evaluación.

En caso que el Titular minero, habiendo notificado a la DGAAM del Ministerio de Energía y Minas su disposición a actualizar el Plan Integral presentado no presente dicha actualización en los plazos señalados, puede ser pasible de las sanciones que correspondan por la afectación de la eficacia de la fiscalización ambiental.

Quinta.- En un plazo no mayor a seis (6) meses mediante Resolución Ministerial el Ministerio del Ambiente establece las condiciones sobre los métodos de ensayo aplicables a la medición de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por la presente norma.

DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

Única.- Modificación del artículo 2 de las Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

"Artículo 2.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las predadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...)

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

Sub Categoría E2: Ríos

(...)

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional."

(...)

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UNID	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizarse con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado

FÍSICOS - QUÍMICOS

Azúles y gases	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cloruro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadera escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fosfatos	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de Material Flotante de origen antropico	Ausencia de Material Flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	3	3	**
Amonio-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizarse con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	±3	±3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,3	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobalto	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disueltos (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromodlorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodlorometano	mg/L	0,06	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2-Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,006	0,006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BIOLÓGICOS				
Bacterias	mg/L	0,01	0,01	**
E. coli	mg/L	0,3	0,3	**
Fósculos	mg/L	0,7	0,7	**
Oleínas	mg/L	0,5	0,5	**
Microorganismos Automóctonos				
Benzopirreno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentacloroetil (PCE)	mg/L	0,009	0,009	**
Organismos filtrados:				
Filtración	mg/L	0,10	0,001	**
Organismos vivos				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0003	0,0003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,006	0,006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0003	0,0003	Residuo
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbonatos				
Alicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Polifenoles Disueltos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLOGICOS Y PARASITOLOGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismos/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Albucelina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
Vibriones cholerae	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoos, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismos/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
 (b) Después de la filtración simple
 (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromodlorometano y Bromodlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cloroformo}}{\text{E.Cloroformo}} + \frac{\text{Cáloroaclorometano}}{\text{E.Cáloroaclorometano}} + \frac{\text{Clorodiorometano}}{\text{E.Clorodiorometano}} + \frac{\text{Cloroformo}}{\text{E.Cloroformo}} \leq 1$$

Dónde:
 C = Concentración en mg/L y
 ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromodlorometano y Bromodlorometano)
 (d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
 - **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.
 - Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
 - Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multiannual del área evaluada

CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UNO	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
Contacto primario			
Contacto secundario			
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Asfites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Total	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAN)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃)	mg/L	10	**
Nitratos (NO ₂)	mg/L	1	**
Olor	Factor de olución a 25°C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,005	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UNO	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
Contacto primario			
Contacto secundario			
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Urano	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1000
Escherichia coli	E.coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Grandes coccidiales	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella sp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad
- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR		AGUA CONTINENTAL	
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas
FÍSICOS - QUÍMICOS					
Asfites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Total	mg/L	0,004	0,004	**	0,002
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (b)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	80	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuro	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Bario	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,032	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLEPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003	0,00014
MICROBIOLÓGICO					
Cáliformes Totales (a 45°C)	NMPY00 ml	≤14 (Área Aprobada)(c)		≤30	1 000
	NMPY00 mL	≤88 (Área restringida)(c)			200

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

(1) Nitrógeno Amoniacal para Aguas Dulce :

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniacal en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH3)

Temp (°C)	pH							
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,25	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,364	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota: Las mediciones de amoníaco total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoníaco total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH3) se pueden convertir a mg/L de amoníaco total -N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado para las aguas marinas

CATEGORÍA 3

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA AGUA: CATEGORÍA 3	
		PARÁMETROS PARA REGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: REGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Asfalto y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro/Wad	mg/L	0,1	0,1
Crauros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala PtCo	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(u S/cm)	2 500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAT)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitrato (NO ₃ -N) + Nitrito (NO ₂ -N)	mg/l	100	100
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	PARAMETROS PARA REGO DE VEGETALES	PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		01: REGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	02: BEBIDA DE ANIMALES
Zinc	mg/l	2	24
PLAGUICIDAS			
Parathion	ug/l	35	35
Organofosforados			
Azin	ug/l	0,004	0,7
Clordano	ug/l	0,006	7
DDT	ug/l	0,001	30
Dieldrin	ug/l	0,5	0,5
Endosulfan	ug/l	0,01	0,01
Endrin	ug/l	0,004	0,2
Heptacloro y heptacloro epóxido	ug/l	0,01	0,03
Lindano	ug/l	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/l	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevo/L	<1	<1

(a) para aguas daras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
(b) Después de Filtración Simple.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORIA 4

CATEGORIAS		CATEGORIA 4				
PARAMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA SELVA		ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS ESTUARIOS MARIÑOS	
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasas (NfG)	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Carbono total	mg/l	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala PtCo	20 (a)	20 (a)	20 (a)	-	-
Dureza total	mg/l	0,008	-	-	-	-
Conductividad	μS/cm	1 000	1 000	1 000	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	5	10	10	15	10
Fósforo	mg/l	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/l	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitrato (NO ₃)	mg/l	13	13	13	200	200
Amoníaco	mg/l	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/l	0,315	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	≤25	≤100	≤400	≤100	30

CATEGORIAS		CATEGORIA 4					
PARAMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA SELVA		ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS ESTUARIOS MARIÑOS		
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2	
INORGANICOS							
Antimonio	mg/L	0,01	1,6	0,01	-	-	
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,006	0,006	
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	-	
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0008	0,0008	
Cobalto	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05	
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082	
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0001	0,0001	
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,011	0,011	
Talio	mg/L	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,001	0,001	
ORGANICOS							
Compuestos Orgánicos Volátiles							
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
HTTP							
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
BTEX							
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Hidrocarburos Aromáticos							
Bencolopireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
PLAGUICIDAS							
Organofosforados							
Malation	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Parathion	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	-	-	
ORGANOCLORIDADOS							
Aldin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	-	-	
Clordano	mg/L	0,000043	0,000043	0,000043	0,000004	0,000004	
DDT (suma de DDT, DDE y DDD)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019	
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000007	0,000007	
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023	
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036	
Lindano	mg/L	0,00005	0,00005	0,00005	-	-	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
CARBAMATO:							
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015	
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES (PCB's)							
	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003	
MICROBIOLÓGICO							
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000	

(a) 100 (Para aguas daras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
(b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1325630-1

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y manifiere otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.


- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente;

Ilustración 30. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. R.J. N° 010 – 2016 – ANA.

CUT: 135807

Expediente : CUT - 135807 - 2015
Materia : Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 -2016-ANA

Lima, 11 ENE. 2016

VISTO:

El Memorando N°2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;





Que, según el artículo 76° de la acotada Ley, la Autoridad Nacional del Agua en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad de recurso;

Que, el artículo 126° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua;

Que, asimismo el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, y modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, prescribe que la autoridad competente establece el protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua, en coordinación con el MINAM y la participación de los sectores respectivos;

Que, el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA;

Que, con Resolución Jefatural N° 251-2015-ANA se publicó un proyecto de protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial, para que durante el plazo de quince (15) días hábiles, se reciban los opiniones y comentarios respectivos;

Que, con documento del visto, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos remite el Informe Técnico N° 175-2015-ANA-DGCRH/GECRH-MEPB/KH y la nueva propuesta de Protocolo que propone estandarizar criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino costeros, considerando las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo; propuesta que contempla los aportes, comentarios y sugerencias efectuados por las autoridades ambientales correspondientes;

Que, en tal sentido el citado informe recomienda se apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, ello en cumplimiento a lo previsto en el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobadas por el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM;

Que, por lo expuesto resulta necesario dictar el acto administrativo que apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, y deje sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA; y

Con el visto de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General, y en uso de las facultades conferidas en el artículo 11° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG;



SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobación

Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°.- Publicación

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Artículo 3°.- Derogatoria

Dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA.



JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER

Jefe
Autoridad Nacional del Agua

Anexo N° III

REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUA RESIDUAL Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL MONITOREO

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

(1) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.

(2) En el caso de lagunas de estabilización, la medición del efluente debe realizarse entre las 10:00 y las 11:00 horas para evitar la interferencia del desequilibrio del sistema carbonatado por alta actividad fotosintética que se da en las horas de mayor radiación solar.

(3) En caso de lagunas de estabilización, filtrar las muestras de los efluentes (filtro no mayor a 1 micra de porosidad, lo cual debe ser reportado con los resultados del ensayo) para eliminar la interferencia de algas, determinando de este modo la DBO y DQO, soluble o filtrada. No se debe filtrar las muestras si los efluentes son vertidos en cuerpos de agua lenticos (lagunas, lagos, bahías, etc.).

Leyenda: P = frasco de plástico o equivalente;
V = frasco de vidrio

REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUA Y PRESERVACIÓN DE LOS PARÁMETROS ADICIONALES QUE DETERMINE EL MINISTERIO DE VIVIENDA

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (*)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Fosforo Total	P,V	100 mL	Agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Nitratos	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible. Refrigerar a 4°C	48 horas
Nitritos	P,V	100mL	Analizar lo más pronto posible Refrigerar a 4°C	Ninguno
Nitrógeno amoniacal	P,V	500 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Microbiológicos				
<i>Vibrio cholerae</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
<i>Escherichia coli</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
<i>Salmonella sp.</i>	V, estéril	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas
Huevos de Helminthos	V	Variable, dependiendo del método	Refrigerar a 4°C	6 horas

(*) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.

Leyenda: P = frasco de plástico o equivalente;
V = frasco de vidrio

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition.

Apéndice 10. Los fertilizantes y su uso - FAO

Ilustración 31. Composición de macronutrientes y micronutrientes, para la comparación con el biol obtenido.

El *Nitrógeno (N)* es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El *Fósforo (P)*, que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El *Potasio (K)*, que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Los *nutrientes secundarios* son *magnesio, azufre y calcio*. Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

El *Magnesio (Mg)* es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El *Azufre (S)* es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El *Calcio (Ca)* es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los *micronutrientes o microelementos* son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

Algunos *nutrientes benéficos* importantes para algunas plantas son el *Sodio (Na)*, por ejemplo para la remolacha azucarera, y el *Silicio (Si)*, por ejemplo para las cereales, fortaleciendo su tallo para resistir el vuelco. El *Cobalto (Co)* es importante en el proceso de fijación de N de las leguminosas.

Algunos microelementos pueden ser tóxicos para las plantas a niveles sólo algo más elevados que lo normal. En la mayoría de los casos esto ocurre cuando el pH es de bajo a muy bajo. La toxicidad del aluminio y del manganeso es la más frecuente, en relación directa con suelos ácidos.

Es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una

3. Los nutrientes – sus funciones en las plantas y sus fuentes

LOS NUTRIENTES NECESARIOS PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Dieciséis elementos son esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo.

Los elementos siguientes son derivados:

- del aire: carbono (C) como CO_2 (dióxido de carbono);
- del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H_2O (agua);
- del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N) – las plantas leguminosas obtienen el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que viven en los nódulos de las raíces (ver Capítulo 4, *Rhizobium / Fijación Biológica de N / Abono Verde / Mycorrhizae*) - fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Estos nutrientes y sus porcentuales promedio en la sustancia seca de la planta son mostrados en la Figura 3.

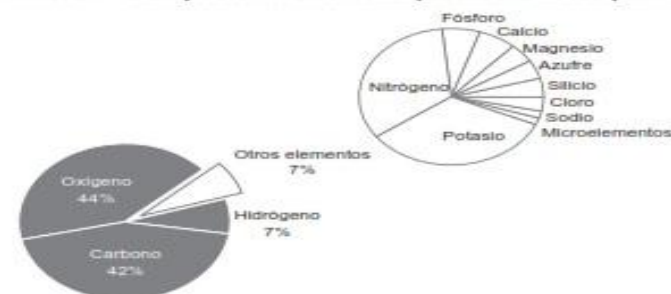
Otros elementos químicos son tomados en cuenta. Estos pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas.

Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de nutrientes de las plantas. Las cantidades de nutrientes primarios necesarios para los cultivos principales se detallan en el Capítulo 10.

LAS FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

Aparte del carbono (C), que será discutido bajo el título «Fotosíntesis», la planta coge todos los nutrientes de la solución

FIGURA 3. Composición elemental promedio de las plantas



del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

- macronutrientes, divididos en *nutrientes primarios* y *secundarios*; y
- micronutrientes* o *microelementos*.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales.

En contraste a los macronutrientes, los *micronutrientes* o *microelementos* son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

Dentro del grupo de los *macronutrientes*, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los **nutrientes primarios** son *nitrógeno, fósforo y potasio*.