

Eficiencia de la adición de tres concentraciones de probióticos, en la calidad microbiológica del efluente de agua residual domestica rural tratada en biodigestores.

Efficiency of the addition of three concentrations of probiotics, in the microbiological quality of rural domestic wastewater effluent treated in biodigesters.

MEJIA MARTINEZ, Elvis Yoel ¹
VASQUEZ GARCIA Antero Celso ²

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia del biodigestor estándar de 600 litros, así como la adición de 1 litro, 10 litros y 100 litros de consorcios microbianos denominados probióticos sobre 13 muestras de agua residual domestica rural tratada en biodigestores en el Anexo Santeño perteneciente al Sector el Carmen del distrito de Tumán. Luego de la activación de los probióticos se adicionó determinadas concentraciones de los microorganismos. la microbiológica se determinó al inicio del experimento y transcurridas 24, 48 y 96 horas. En la calidad Microbiológica se determinaron las concentraciones de Coliformes Termotolerantes por la técnica del NMP/100mL, Se concluyó que 1. El biodigestor estándar no realiza un tratamiento eficiente en la calidad microbiológica del agua residual domestica rural, debido a que el valor del NMP \geq 2400/100mL de las coliformes termotolerantes se encuentran por encima de los límites máximos permisibles fijados por el DS 004-2017-MINAM. 2. El efecto más notable es la adición de 100 litros de consorcios microbianos denominados probióticos, permitió obtener agua residual domestica de mejor calidad microbiológica, logró reducir las coliformes termotolerantes hasta NMP=150/100mL, valor que se encuentra por debajo de los Límites Máximos permisibles según el DS 004-2017-MINAM. 3. El tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm de lámina de agua es de 5 minutos, clasificándose según la norma I.S.020 (tanques sépticos) en un terreno de clase media.

Palabras claves: probióticos, agua residual, biodigestor.

ABSTRACT

The efficiency of the 600 liters standard biodigester was evaluated, as well as the addition of 1 liter, 10 liters and 100 liters of microbial consortiums named probiotics on 13 samples of rural domestic wastewater treated in biodigesters in the Santeño Annex belonging to the El Carmen sector. district of Tumán. After the activation of the probiotics, certain concentrations of the microorganisms were added. the microbiological was determined at the beginning of the experiment and after 24, 48 and 96 hours. In the Microbiological quality the concentrations of Thermotolerant Coliforms by the NMP / 100mL technique were determined. It was concluded that 1. The standard biodigester does not perform an efficient treatment in the microbiological quality of rural domestic wastewater, because the MPN value \geq 2400 / 100mL of the thermotolerant coliforms are above the maximum permissible limits set by DS 004- 2017-MINAM. 2. The most notable effect is the addition of 100 liters of microbial consortiums called probiotics, allowed to obtain domestic residual water of better microbiological quality, managed to reduce the thermotolerant coliforms until NMP = 150 / 100mL, value that is below the Maximum Limits permissible according to DS 004-2017-MINAM. 3. The infiltration time for the descent of 1 cm of water sheet is 5 minutes, classified according to the I.S.020 standard (septic tanks) in a middle class terrain.

Keywords: probiotics, residual water, biodigester.

1. Bachiller en Ingeniería Agrícola. elvisyoelm@gmail.com
2. Doctor en Medio Ambiente avasquez@unprg.edu.pe

Introducción

La actual situación en nuestro país muestra la deficiente cobertura de los servicios tales como agua, saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Una inadecuada disposición final de las aguas residuales genera contaminación ambiental y con ello la proliferación de agentes infecciosos, lo que disminuye la calidad de vida de la población.

Las aguas residuales, están compuestas por materias orgánicas e inorgánicas que sin tratamiento adecuado constituyen un riesgo muy elevado para la salud pública y para el ambiente, actualmente con el avance de la tecnología existen varios tipos de tratamiento de agua residuales domesticas rurales dentro de los cuales están los biodigestores, De esta problemática surge la necesidad de dar un mejor uso y tratamiento a las aguas residuales para que puedan ser aprovechadas al máximo

Espinoza et al. (2014, p.11) menciona que las instalaciones de saneamiento interrumpen la transmisión de gran parte de las enfermedades fecales-orales en su origen principal, al prevenir la contaminación del agua y el suelo por la contaminación fecal humana. Los datos epidemiológicos sugieren que el saneamiento tiene al menos la misma eficacia en la prevención de las enfermedades que la mejora del abastecimiento de agua.

Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA 2010, p. 34) al referirse a la ecoeficiencia en el tratamiento de aguas residuales por parte de un gobierno Municipal, en el campo del tratamiento de las aguas residuales se plantearon un conjunto de programas y planes de implementación, cuyo objetivo, enfocado en la ecoeficiencia, recae en la introducción y aplicación de buenas prácticas, aplicación de la reingeniería de procesos y el análisis del ciclo de vida del agua.

Los sistemas básicos de saneamiento de tipo arrastre hidráulico en el Perú son una alternativa de solución en las zonas rurales de países en vía de desarrollo como es el caso de nuestro país, se han desarrollado diversos procedimientos para el tratamiento de aguas residuales rurales; tales como el uso de pozos sépticos u otros medios de depuración.

El Anexo Santeño cuenta con instalación de Unidades Básicas de Saneamiento, los cuales emanan malos olores, siendo perjudiciales para la salud de los pobladores; así como también existe una serie de deficiencias técnicas en la instalación de red de tuberías de las UBS, no habiendo considerado las pendientes adecuadas para que el agua residual se evacue correctamente en el pozo de percolación, generando así que el agua regrese del biodigestor a la caja de registro los días en que el usuario utiliza una cantidad elevada de agua ya sea para lavar su ropa o para ducharse.

Los objetivos de esta investigación son: 1. Evaluar la eficiencia del biodigestor estándar de 600 litros en la calidad microbiológica del efluente de agua residual domestica rural. 2. Evaluar la eficiencia de la adición de 1 litro, 10 litros y 100 litros de probióticos en la calidad microbiológica del efluente de agua residual domestica rural. 3. Realizar test de percolación y comparar los resultados de las pruebas en función de la norma I.S.020.

Métodos y materiales

Los materiales y equipos utilizados para la siguiente investigación son:

- 1 galón de Nitro bacter Plus.
- 10 galones de agua desionizada
- 4 kg de melaza
- 6 kg de nitrato de amonio
- Termómetro
- pHmetro

En un recipiente de capacidad de 150 litros se realizó el preparado de la solución agregando 40 litros de agua desionizada (10 galones), 6 kilogramos de nitrato de amonio, 4 kilogramos de melaza (fuente de energía) y 3.785 litros de probióticos de la marca nitro bacter plus; luego agitamos la mezcla por un periodo de 96 horas hasta que los consorcios microbianos denominados probióticos se activen.

Después de las 96 horas de la preparación de la solución procedemos agregar agua no clorada hasta obtener un volumen de 111 litros, aplicándose 1 litro al biodigestor 1 (M-1), 10 litros al biodigestor 2 (M-2) y 100 litros al biodigestor 3 (M-3).

La población, está constituida por 31 biodigestores instalados en el Anexo Santeño del distrito de

Tumán y la muestra conformada por 4 biodigestores de los cuales se obtuvieron 13 muestras de agua residual de la siguiente manera: 1 muestra del testigo (TESTIGO), 3 muestras a la salida del efluente del biodigestor antes de adicionar probióticos (M1, M2 y M3), 3 muestras a la salida del efluente del biodigestor a las 24 horas de haber adicionado probióticos (PRO-M1.24h, PRO-M2.24h y PRO-M3.24h), 3 muestras a la salida del efluente del biodigestor a las 48 horas de haber adicionado probióticos (PRO-M1.48h, PRO-M2.48h y PRO-M3.48h) y 3 muestras a la salida del efluente del biodigestor a las 96 horas de haber adicionado probióticos (PRO-M1.96h, PRO-M2.96h y PRO-M3.96h), obtenidas según un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Resultados

En la tabla 1 se puede observar ligera variación del pH y Temperatura de las muestras, encontrándose dentro del límite máximo permisible según la tabla 1 que indica que el pH debe estar dentro de 6.5 – 8.5 unidades y la temperatura debe estar por debajo de 35 °C.

Tabla 1
Medición de temperatura y pH del agua residual

Muestras	T (°C)	pH (unid)
TESTIGO	21.0	6.93
M-1	21.2	6.80
M-2	21.6	6.62
M-3	21.6	6.68
PRO-M1.24h	20.8	6.81
PRO-M2.24h	21.0	6.59
PRO-M3.24h	20.8	6.68
PRO-M1.48h	21.3	6.80
PRO-M2.48h	21.5	6.60
PRO-M3.48h	21.3	6.72
PRO-M1.96h	20.7	6.80
PRO-M2.96h	20.9	6.62
PRO-M3.96h	21.0	6.71

En el tratamiento del agua residual domestica rural a la muestra que se le adicionó 100 litros de dilución de probióticos(PRO-M3.96h) se puede notar una variación de coliformes termotolerantes o fecales a las 96 horas de iniciado el experimento que va desde $NMP \geq 2400/100mL$ hasta $MNP=150/100mL$, tal como se muestra en la tabla2:

Tabla 2
Resultado de análisis microbiológico mediante el número más probable de los coliformes termotolerantes

Muestras	NMP	Resultado	Parámetros 1000-2000
TESTIGO	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
M-1	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
M-2	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
M-3	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M1.24h	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M2.24h	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M3.24h	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M1.48h	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M2.48h	3.3.2	$MNP=1100/100mL$	no aceptable
PRO-M3.48h	3.3.2	$MNP=1100/100mL$	no aceptable
PRO-M1.96h	3.3.3	$MNP \geq 2400/100mL$	no aceptable
PRO-M2.96h	3.3.2	$MNP=1100/100mL$	no aceptable
PRO-M3.96h	3.2.1	$MNP= 150/100mL$	aceptable

En la figura 1 se puede observar a las 48 horas una baja de microorganismos de la muestra 2 a la que se le adiciono 10 litros de Probióticos (PRO-M2.48h) y la muestra 3 a la que se le aplico 100 litros de probióticos (PRO-M3.48h), los cuales están por encima de los límites máximos permisibles. Pero a las 96 horas de adicionado los probióticos la muestra 3(PRO-M3.96h) se puede observar una reducción significativa de coliformes termotolerantes que llegan hasta $NMP=$

150/100mL, siendo este aceptable por encontrarse debajo de límites máximos permisibles según el Decreto Supremo 004-2017 MINAM.

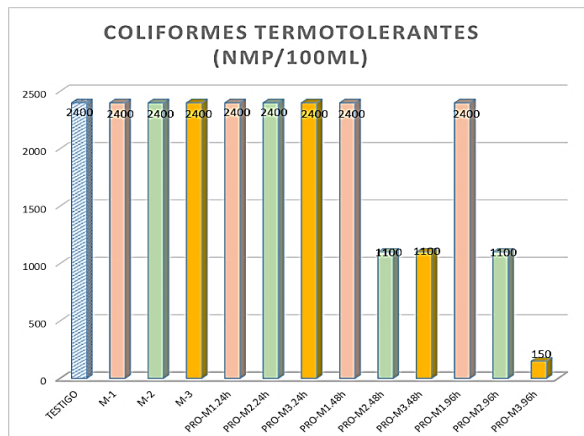


FIGURA 1: Comportamiento de las coliformes termotolerantes después de la colocación de probióticos en las aguas residuales de los biodigestores.

En la figura 2 muestra en estado situacional en el que se encontró el biodigestor, la figura 3 muestra el efecto producido por la adición de probióticos a las 24 horas y en la figura 5 se observa un gran efecto después de 96 horas de la adición de los probióticos.



FIGURA 2: estado situacional del biodigestor instalado en para tratamiento de agua residual domestica rural en el Centro Poblado Santeño –Tumán



FIGURA33: vista a las 24h de biodigestor al que se le adicionó 100 litros de probióticos



FIGURA 4: vista a las 96h de biodigestor al que se le adicionó los 100 litros de probióticos

En la figura 5 se puede observar que la muestra 3 (PRO-M3.96h) a las 96 horas de adicionado los 100 litros de probióticos al biodigestor, existe remoción de coliformes termotolerantes que va desde $NMP \geq 2400/100mL$ (100%) hasta $NMP = 150/100mL$ (6%), logrando remover el 94% de las presentes en el agua residual.

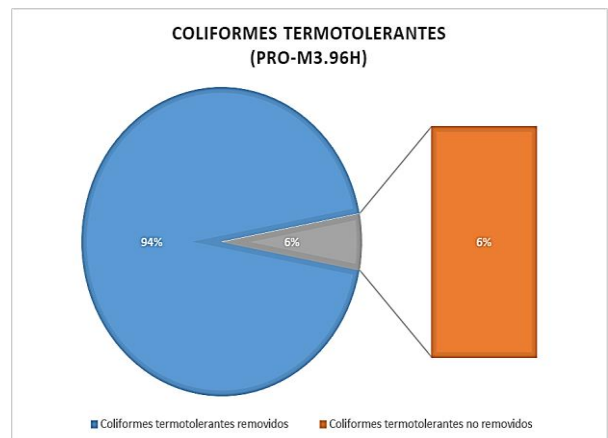


FIGURA 5: Porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes de la muestra 3 a las 96 horas

En la tabla 3 se obtiene el tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm de agua, y por ser un suelo franco arenoso tomamos el valor que desciende en agua en los últimos 10 minutos según el R.N.E. - Norma IS.020 (tanques sépticos), obteniendo así que se necesita un tiempo de 5 minutos para que se infiltre una lámina de 1 cm de altura.

Tabla 3
Determinación de la tasa de infiltración y el tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm de agua

DATOS DEL PERIODO FINAL(10 min) UTILIZADO PARA CALCULAR LA TASA DE INFILTRACION			
TIEMPO(min)	10	DESCENS O (cm)	2
TIEMPO(seg)	600	DESCENS O (mm)	20
TASA DE INFILTRACION(R)			57.60 Lt/m2-día
TIEMPO DE INFILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM DE AGUA			5.00 min

En la tabla 4 se muestra los datos del aforo realizado para determinar la cantidad de agua residual que ingresa al biodigestor.

Tabla 4
Aforo para la determinación el volumen (litros) de agua residual que ingresa a cada biodigestor

biodigestor	N° de habitantes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Testigo	2	32	47	25	39
m-1	2	42	44	37	51
m-2	1	27	25	29	24
m-3	4	71	65	120	93

En la figura 3 se observa que el biodigestor M-3 al que se le colocó 100 litros de probióticos tiene mayor ingreso de volumen de agua residual, pues esto debido que en esa casa habitan 4 personas. Sólo se ha realizado aforo de lava manos, inodoro y ducha.

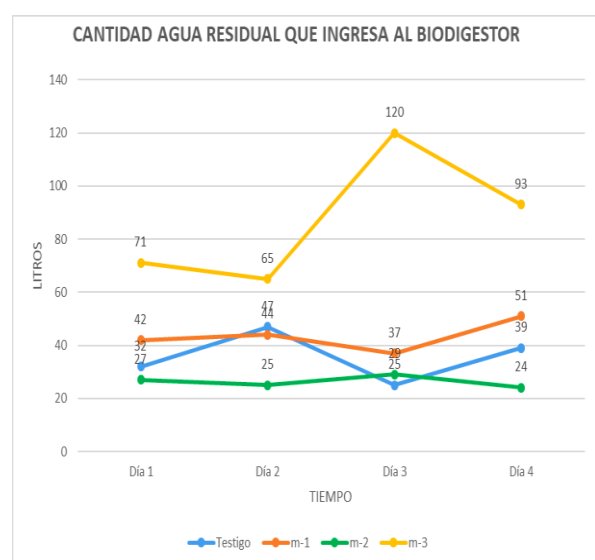


FIGURA 3: Curvas resultantes de la cantidad de agua residual que ingresa al biodigestor

Discusión

La cantidad de Coliformes termotolerantes (Fecales) sólo en un caso a las 96 horas del experimento permitió registrar, valores inferiores a 1000/100mL (NMP=150/100mL) con una ligera variación de pH y Temperatura, fijado por el DS-004-2017-MINAM y el DS-003-2010-MINAM, reducción que es significativa y que se atribuye a la exclusión competitiva en la que la población de probióticos que constituyen la flora bacteriana buena genera disminución de la población patógena en este caso el grupo de coliformes fecales.

Otro aspecto que resaltar es la concentración de Coliformes termotolerantes antes denominadas coliformes fecales, que en dos de los casos disminuyó significativamente de los cuales sólo la muestra que se le adicionó 100 litros de probióticos en dilución de la marca Nitrobacter Plus se redujo hasta concentraciones menores a los límites máximos permisibles y/o Valores Máximos Admisibles, según sea el caso de evaluación y su respectivo referente normativo, esta disminución se atribuye a la denominada exclusión competitiva que Nitrobacter y Nitrosomonas generan sobre el grupo de coliformes las que al degradar la materia orgánica y consumirla como parte de su alimento dejan sin sustento a los coliformes termotolerantes disminuyendo su población, a veces también llamado ley de exclusión competitiva de Gause, o simplemente ley de Gause, es una proposición que declara que dos especies en competencia biológica por los mismos recursos no pueden coexistir en forma estable si los demás factores ecológicos permanecen constantes. Uno de los competidores siempre dominará al otro, llevándolo a la extinción o a una modificación evolutiva o de comportamiento hacia otro nicho ecológico. El principio se resume en la frase: "Competidores totales no pueden coexistir". También se puede expresar como: Norma ecológica que afirma que dos especies no pueden ocupar un mismo nicho ecológico en el mismo hábitat al mismo tiempo.

La adición de 100 litros de probióticos en dilución de la marca Nitrobacter Plus permitió remover las coliformes termotolerantes presentes en el agua residual hasta un 94 % (NMP \geq 2400/100 mL hasta NMP=150/100mL) las 96 horas después de su aplicación; atribuible a la acción de degradación de la materia orgánica por la presencia de

Nitrosomonas y Nitrobacter, bacterias que influyen significativamente en el ciclo del Nitrógeno favoreciendo la formación de Nitratos sustancias menos tóxicas para los organismos vivos y que mejora la calidad del agua residual. Nuestra afirmación es compatible con lo reportado por Martín et al., (2001) quienes reportan que, el nitrógeno es un elemento químico presente en forma muy variada en diversos tipos de aguas residuales. Se encuentra formando parte de moléculas orgánicas diversas (aminoácidos, urea, ácidos nucleicos, etc.) e iones como (NH₄) Amonio, (NO₂ -) Nitritos y (NO₃-) Nitratos.

Soto, Alonso y Rojas (2012) señalan que la nitrificación es un proceso importante que consiste de la oxidación del material nitrogenado, durante un periodo de tiempo suficientemente largo, realizándose simultáneamente con la carbonización o después de ésta, en las aguas residuales. Este proceso en su primera etapa lo realizan los microorganismos **Nitrosomonas** y en la 2^a etapa los **Nitrobacter**. En este estudio se midió la cantidad de oxígeno consumido por materia nitrogenada y por materia carbonácea, buscando demostrar que la nitrificación en las plantas de tratamiento no se realiza después del quinto día, si no que se lleva a cabo conjuntamente con la demanda carbónacea.

La textura de suelo que da como resultado en el análisis físico es franco arenoso, perteneciendo así a la clase terrenos rápidos, pero al momento de realizar el test de percolación según la norma IS-020 (tanques sépticos) el tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm de columna de agua es de 5 minutos clasificándose así según la norma en un terreno medio, esto debido a que el área donde se encuentra el pozo percolador se encuentra saturado, esta razón hace el suelo absorba poca agua residual tratada proveniente del biodigestor.

Conclusiones

1.- El biodigestor estándar no realiza un tratamiento eficiente en la calidad microbiológica del agua residual domestica rural, debido a que el valor del NMP \geq 2400/100mL de las coliformes termotolerantes se encuentran por encima de los límites máximos permisibles fijados por el DS 004-2017-MINAM.

2.- El efecto más notable es la adición de 100 litros de consorcios microbianos denominados probióticos, ya que su eficiencia en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el agua residual es del 94%, disminuyendo así sus valores desde NMP \geq 2400/100mL hasta NMP=150/100mL valor que se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles según el DS 004-2017-MINAM.

3.- El tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm de lámina de agua es de 5 minutos en el Anexo Santeño, clasificándose según la norma I.S.020 (tanques sépticos) en un terreno de clase media.

Bibliografía

- Andino, F. & Castillo, J. (2010). Métodos de detección de contaminación microbiana en alimentos. Universidad Nacional de ingeniería, Lima-Perú
Recuperado el 03 de agosto de 2018 de:
<https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentacion-clase-4.pdf>
- Bravo, S. (2015). Uso de Consorcios Microbianos Probióticos en el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas e Industriales de las Ciudades de Santa Rosa y Lambayeque. TESIS Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Ambiental. Escuela de Postgrado de la Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú. p. 31- 48
- Espinoza, L. (2014) Sostenibilidad de las unidades básicas de saneamiento de arrastre hidráulico con pozo séptico y con biodigestor en la comunidad de Quinamayo Alto-distrito La Encañada-Cajamarca, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú. p.11
recuperado de 23 de febrero del 2019:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/63/T%20363.72%20E77%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mancha, R. (2015). Evaluación de la eficiencia del funcionamiento del biodigestor autolimpiable en el centro poblado de Sanquira – Yunguyo. tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno–Perú. p. 11

Recuperado el 06 de Agosto de 2018 de:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4600/Mancha_Cutipa_Rolando_Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía, F. y Pérez, K. (2016) Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac, Trabajo de Titulación para optar el Título de: Ingeniero Agrónomo & Ingeniero ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. p. 69.

Recuperado El 06 de agosto 2018 de:
http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio del Ambiente (2010) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Se Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Perú. p. 1-2.

Recuperado el 05 de agosto de 2018 de:
http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) – Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA.

Se aprueban las 66 normas técnicas del Reglamento Nacional de edificaciones. – Perú. p. 1-2.

Recuperado el 15 de enero de 2019 de:
<http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Vásquez, A. (2013). Uso de probióticos en el tratamiento de aguas residuales industriales de efluentes de planta de producción de aceite de palma, Caynarachi, Lamas San Martín. p. 5. EMimeo vs pgs. Lambayeque.