



Contaminación agrícola por el uso de aguas residuales

Agricultural pollution due to the use of traditional Wastewater

Poluição agrícola pelo uso de esgoto

ARTÍCULO GENERAL

Eduardo Vargas Luna

eduardovargasluna87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6958-3337>

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco,
Cusco - Perú

César Loo Gil

cesarloo@biofab.com.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8396-5972>

Científico Investigador de Biofab Inc. y del Centro de
Investigación y Producción Científica IDEOs, Lima - Perú

Recibido 02 de Octubre 2021 | Arbitrado y aceptado 14 de Diciembre 2021 | Publicado en 04 Marzo 2022

RESUMEN

La contaminación agrícola por el uso de las aguas residuales producida en los valles de las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, se desarrolló con el objetivo de demostrar el índice de contaminación de la producción agrícola, la investigación fue experimental, que consistió en análisis microbiológico de 3 muestras de repollo, 4 de papa, 2 de racacha, 1 de lechuga, 2 de acelga, 1 de cebolla y 2 de berenjena irrigadas específicamente con aguas residuales provenientes de la ciudad de Chota y que son transportadas por las quebradas y ríos indicados, entre los resultados relevantes se destacan que los agentes contaminantes de la producción agrícola en los valles de las quebradas y ríos irrigados con aguas residuales, lo constituyen los grupos coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos y enterococos, y salmonella, los datos conllevan a concluir que la producción agrícola que se cultiva en los valles que utilizan aguas residuales como riego están contaminados y no son aceptables para el consumo humano.

Palabras clave: contaminación, producción agrícola, aguas residuales

ABSTRACT

Agricultural pollution from the use of wastewater produced in the valleys of the San Mateo, Colpa Mayo, San Juan and Río Chotano streams was developed with the objective of demonstrating the pollution index of agricultural production, the research was experimental, which consisted of microbiological analysis of 3 cabbage samples, 4 potato, 2 racacha, 1 lettuce, 2 chard, 1 onion and 2 eggplant specifically irrigated with wastewater from the city of Chota and transported by the indicated streams and rivers, among the relevant results it is worth highlighting that the pollutants of agricultural production in the valleys of the streams and rivers irrigated with wastewater, are constituted by the total coliform groups, fecal coliforms, streptococci and enterococci, and salmonella, the data lead to conclude that the agricultural production grown in the valleys that use wastewater as irrigation is contaminated and they are not acceptable for human consumption.

Keywords: pollution, agricultural production, wastewater.

RESUMO

A poluição agrícola pelo aproveitamento de águas residuárias produzidas nos vales dos igarapés San Mateo, Colpa Mayo, San Juan e Río Chotano foi desenvolvida com o objetivo de demonstrar o índice de poluição da produção agrícola, a pesquisa foi experimental, que consistiu na análise microbiológica de 3 amostras de repolho, 4 batata, 2 racacha, 1 alface, 2 acelga, 1 cebola e 2 berinjela irrigadas especificamente com águas residuárias da cidade de Chota e transportadas pelos córregos e rios indicados, entre os resultados relevantes vale destacar que os poluentes da produção agrícola nos vales dos riachos e rios irrigados com águas residuárias, são constituídos pelos grupos coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos e enterococos, e salmonelas. Os dados levam a concluir que a produção agrícola cultivada nos vales que utilizam águas residuárias como a irrigação está contaminada e eles não são aceitáveis para consumo humano.

Palavras-chave: poluição, produção agrícola, águas residuais

INTRODUCCIÓN

La contaminación agrícola por el uso de las aguas residuales en los valles de quebradas y ríos, surge por el descuido de las diversas autoridades de los pueblos que se desarrollan en la tierra, no invierten en infraestructura para tratar las aguas residuales y direccionar su utilización en la irrigación de la producción agrícola. Sadoff y otros (2015) citado por La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2016) señala: “la escasez de agua surge de una combinación de la variabilidad hidrológica y el alto uso humano” (p. 18). Implica que las aguas residuales se contaminen por falta de tratamiento y se convierten inusables.

En América Latina, la contaminación de la producción agrícola en valles de ríos y quebradas es por efecto del uso aguas residuales provenientes de las ciudades, la actividad minera, la actividad agrícola y acumula residuos sólidos, que son llevados a través del riego y la descomposición es absorbida por los diversos cultivos que se contaminan con los compuestos químicos y bacterias. Peña, Ducci y Zamora (2013) resaltan que:

Las diferentes actividades productivas al generar desechos diversos, son las fuentes principales de contaminación de los diferentes cuerpos de agua; lo que se traduce en la desaparición de la vegetación natural, así como en la muerte de peces y demás animales acuáticos. (p. 15)

El uso de aguas residuales en la agricultura contamina la producción agrícola, constituyendo un riesgo para la salud de los consumidores.

Lo principales valles de ríos y quebradas en Perú se ven afectados por el desarrollo urbano y demográfico que no solo ocupan los terrenos de cultivo, sino que lo contaminan con aguas servidas y desagües que en los valles aledaños lo utilizan en el riego de productos agrícolas. El Ministerio de Agricultura (2015) a través de La Autoridad Nacional de Agua (ANA) indica que el río Rímac, uno de los principales proveedores del recurso hídrico a Lima Metropolitana está enfermo, en su recorrido desde los andes hasta su desembocadura en el mar se han identificado más 1185 puntos de contaminación, en la cuenca alta el río recibe aguas acidas de industrias y relaves mineros; en la cuenca media el río se ve afectada por la contaminación de la actividad agrícola, mientras que la cuenca baja por los residuos sólidos, químicos de la industria y desagües. El diagnóstico hecho por el ANA señala que para descontaminar el río tendrían que transcurrir unos 10 años, demandando una inversión de mil millones de dólares, para construir plantas de tratamiento de aguas, residuos sólidos y programas de reforestación.

En la región Cajamarca, la mayoría de los valles de quebradas y ríos reciben los efectos contaminantes de desagües de viviendas que son aprovechadas en la agricultura sin ningún tratamiento. El diario de Noticias Ser (2015) informa que en Cajamarca diariamente se produce 194 litros de aguas residuales por segundo, van a la cuenca del río Mashcón y Chonta y lo utilizan para la agricultura. Los sólidos al interior de las aguas van produciendo peligrosos compuestos químicos, mientras que las aguas residuales van concentrando coliformes” (párr. 1). Se demuestra que las quebradas y ríos recolectan residuos sólidos y aguas residuales que no solo afectan a las aguas naturales, sino que desaparece la flora y fauna y contamina la producción agrícola.

Las quebradas y ríos aledaños a los centros poblados dentro de la región corren con la misma suerte, son contaminados con relaves mineros, como el caso del río Llaucano que recibe las aguas residuales de la minera Golfi y los desagües de los poblados de Hualgayoc y Bambamarca o Yanacocha que según el diario La República (2016) de fecha 17 de octubre vierte más de 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales al ambiente y contaminan directamente a ríos y quebradas aledañas: quebrada Honda, río Chonta, río Porcón y Río Rejo, advirtiendo que tendrían que pasar unos 50 años para recuperar estas aguas del manto freático y están contaminando la producción agrícola y ganadera.

La realidad de la contaminación de las aguas de quebradas y ríos en los distintos distritos de la provincia de Chota, está condicionada por la conducta irresponsable de sus autoridades y pobladores, que lo contaminan con instalaciones de desagües, las redes vierten sus aguas a quebradas y ríos. La ciudad de Chota se desarrolle entre las cuencas de quebradas San Mateo, Colpamayo, San Juan y Río Chotano, su caudal mayoritariamente proviene de las aguas residuales de la ciudad que desembocar en el río Chotano, en los valles de las quebradas y río existen terreno de cultivo que utilizan las aguas provenientes de los desagües para la irrigación de la producción agrícola, cuyo excedente se vende en el mercado local.

Los antecedentes que sustentan la investigación son el estudio hecho por **Forsi (2017)**, señala que los agricultores que utilizan aguas residuales no tratadas en los cultivos trae efectos negativos para la salud, el reuso de las aguas residuales favorece al desarrollo socioeconómico, debido que al ser tratadas se incrementa las áreas de cultivo, generando trabajo y beneficio económico. **Guadarrama & Galván (2015)** resalta que con el crecimiento de la población y el desarrollo industrial se sobreexplota el agua y el suelo propiciando su contaminación a través de la proliferación de aguas residuales y residuos sólidos que lamentablemente contaminan el campo agrícola, habiendo entre unas 20 a 25

millones de hectáreas de terrenos que son irrigados con aguas residuales, las cosechas van entre 18 a 22 millones de hectáreas al año, esta producción consumida de diversas maneras, no tiene el control sanitario. **Peña, Ducci, & Zamora (2013)**, asegura que las aguas residuales producidas en las zonas urbanas y rurales, se conduzcan sin ningún problema a las plantas de tratamiento, para ello los diversos hogares deben tener acceso a redes de desagüe para evitar la contaminación de la producción agrícola. **Mendoza (2018)**, en la Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el Centro Poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, encuentra que los fosfatos presentan 1.51 ppm, el arsénico 0.13 ppm, demuestra que hay una importante concentración de arsénico en el río Caracha, y significa una alerta para las autoridades porque el parámetro es un indicador de eutrofización y contaminación de aguas. **Tarrillo (2017)**, señala que resulta importante conocer la cantidad componentes físicos y químicos, la microbiología que se desplaza por las redes de desagüe y los ríos a fin de evitar el uso en la agricultura. **Reyes (2012)**, destaca que los parámetros fisicoquímicos que se investigaron in situ del caudal de agua del río Chillón, proviene de aguas superficiales no reguladas, agua superficial regulada, agua subterránea y agua de recuperación, pueden generar un peligro físico natural en la zona agrícola que se utilice.

El estudio de la contaminación de la producción agrícola por efecto del uso de las aguas residuales, permitirá que las autoridades reflexionen y emprendan una gestión presupuestal para construir una planta de tratamiento de aguas residuales, canalizarlo y tratarlo para evitar que vayan a las quebradas y ríos, contaminen las aguas naturales, degraden los suelos y afecten el ambiente, propiciando una producción sana de sostenibilidad a la calidad de vida de la población consumidora.

La investigación tuvo como objetivo general: demostrar el índice de contaminación de la producción agrícola por el uso de las aguas residuales, y como objetivos específicos: identificar los parámetros físicos y de agregación; parámetros inorgánicos no metálicos, agentes contaminantes de las aguas residuales y determinar la acumulación de agentes contaminantes en la producción agrícola por el uso de las aguas residuales.

Las bases teóricas utilizadas en la fundamentación de la investigación son los aportes de investigadores de amplia trayectoria, resultados están publicados en revistas internacionales indexadas y sobre todo para el análisis e interpretación de los resultados se utilizaron las normas de calidad de alimentos y de agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), La Dirección General de la Función Pública y Calidad de los Servicios (s. f.) de la región de Murcia – España, los indicadores de calidad del país y de

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2013), la Resolución Ministerial N° 323 – 2015-MINAN, los indicadores proporcionados por la Dirección General de Salud (DIGESA, 2017), DIGESA (s. f) y D. S. N° 015-2015- MINAM.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en los valles de las quebradas, San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, ubicados en los alrededores de la ciudad de Chota, departamento de Cajamarca, el área de estudio partió del primer punto muestral a 2388 m.s.n.m. en la quebrada Colpa Mayo, hasta los 2302 m.s.n.m., en la unión con el Río Chotano, siguiendo el curso de 3 Km., hasta los 2257 m.s.n.m. en la desembocadura de la quebrada San Mateo, siguiendo el recorrido aguas arriba hasta los 2412 m.s.n.m., en el punto de encuentro con las aguas de la quebrada San Juan a 2360 m.s.n.m. recorriendo hasta los 2289 m.s.n.m.; la distancia total es de 10.03 Km.

Los materiales utilizados fueron: 01 estación total, 02 prismas, 01 GPS satelital, 01 wincha de 5 metros, una brújula, 01 corrector, movilidad, esmalte y brochas para marcar los puntos de muestra de la producción de repollo, papa, racacha, lechuga, acelga, cebolla y berenjena. Para las muestras incitas del agua residual se utilizó un pH-METRO (/pe achimetro / 0 / pe ache metro/), para recolección de muestras de las aguas residuales frascos con tapa graduados. El levantamiento topográfico se hizo ubicando los puntos de muestreo de las aguas residuales, se estableció un radio de 50 por 30 metros de los terrenos de cultivo.

El desarrollo del trabajo fue de tipo experimental, consistió en hacer el análisis físico, de agregación, parámetros inorgánicos no metálicos y agentes contaminantes de las aguas residuales y el análisis microbiológico la producción agrícola para determinar el índice de contaminación en los valles de las quebradas, San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, los resultados de las muestras se compararon con los estándares nacionales e internacionales que plantea la OMS (2017), para determinar la contaminación de la producción agrícola se optó por hacer el análisis microbiológico de hortalizas, los resultados se compararon con la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano Dirección General de Salud (DIGESA, 2017), la Resolución Ministerial N° 323 – 2015-MINAN y la OMS (2017).

La población estuvo constituida por colectores de aguas residuales que desembocan en las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y río Chotano, los productos agrícolas (hortalizas) que se produce en las parcelas irrigadas con las aguas residuales en un área

de 50 por 30 metros por cada punto crítico a fin de conocer la calidad toxológica en la producción agrícola.

La muestra fue seleccionada intencionalmente y estuvo representada por los 17 puntos críticos de desemboque de aguas residuales en las quebradas y ríos indicados, las muestras de productos agrícolas (hortalizas) se tomaron en función de los 9 puntos cuyas aguas están más contaminadas y se utilizan para irrigar sembríos de tubérculos y verduras en una malla de 50 por 30 metros.

La técnica de recolección de datos fue la observación para la identificación de los puntos críticos, la recolección de muestras, hacer el análisis y registro de resultados.

Como instrumento se utilizó la ficha de registro donde se anotaron los resultados, se analizaron y compararon con las normas emitidas por la Resolución Ministerial N° 323 – 2015-MINAN y DIGESA, la FAO, 2013, Andrades y Martínez, 2014, la OMS (2017), DIGESA (2017).

RESULTADOS

Cuadro 1. Parámetros físicos y de agregación de las aguas residuales

San Juan M13 7.22 17.41 1239 2.01 826.0
p13
Fuente: Informe de ensayos 335 – 352

Los datos de los ensayos de las muestras 1 a la 17 concentran potencial de Hidrógeno (pH) de 7.00 a 7.89 demostrando que se puede utilizar en el riego de vegetales.

La temperatura de las aguas residuales de las muestras 1 a la 17 tiene de 17.23°C a 17.99°C valores que superan el límite normal de los parámetros indicados por La R. M. N° 323 – 2015 (Ministerio del Ambiente (2015)).

Quebrada/ Ríos	Muestra	ROS FÍSICOS				
		pH	T° ()	Turbidez	Oxígeno disuelto	Conductividad eléctrica
Colpa	M1 p1	7.84	17.3	1122	1.65	748.0
Mayo	M2 p2	7.89	17.5	930	1.70	620.0
	M3 p3	7.12	17.99	1506	1,77	1005.0
	M4 p4	7.87	17.72	897	1.87	598.0
	M5 p5	7,71	17.31	1062	1.95	708.0
	Río	M6 p6	7.57	17.51	1179	1.96
Chotano	M7 p7	7.00	17.62	1134	1.85	765.0
	M8 p8	7.88	17.92	951	1.95	634.0
	M9 p9	7.88	17.23	591	1.96	394.0
	M10 p10	7.82	17.28	702	1.84	389.0
	M11 p11	7.81	17.32	795	1.82	435.0
	M12 p12	7.84	17,53	732	2.02	488.0

La Turbidez de las muestras 1 a la 17 concentran una alta turbidez con valores de 591 UNT a 1506 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez), los valores superan los límites permitidos por el Ministerio del Ambiente (2015).

	M14 p14	7.35	17.97	1161	2.07	774.0
San Mateo	M15 p15	7.26	17.8	1026	2.07	684.0
	M16 p16	7.35	1899	1404	1.98	937.0
	M17 p17	7.42	17.85	1311	1.93	879.0

La acumulación de Oxígeno Disuelto (OD) en el agua de las muestras 1 a la 17 tiene parámetros de 1.65 a 2.02 mg/L, indica que es muy baja, no concentra los límites permitidos para que el agua sea utilizada en riego de plantas.

La conectividad eléctrica de las muestra se distribuye de 389 a 1005 μ S/cm determinando un bajo índice de concentración al comparar los resultados con los parámetros dados por el Ministerio del Ambiente (2015).

Los sólidos disueltos totales de las muestras 1 a la 18 concentran parámetros de 236.4 – 664.4 mg/L demostrando que existe un bajo índice de sólidos disueltos al compararlo con la norma nacional.

Los sólidos suspendidos totales (SST) de las muestras 1 a la 17 tienen de 0.134 a 1.774 mg/L, demuestran que están dentro de los límites permitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2013).

Cuadro 2. Parámetros inorgánicos no metálicos de las aguas residuales

Quebrada/río	Muestra	Alcalinidad	Cloruros	Dureza	Nitratos	Nitritos	Sulfatos	Fosfatos	Amonios	BBOQ	DQO																			
		CM 45	7.29	33.0	4.1	1.3	1.1	< 0.1	1.3	2.4	3.1	4.0	5.3	8.4	10.4	9.5	5.5	M 0.2	0.3	0.5	0.7									
	M 30	9	11	8,	0,	<	<	0	6	<							2 p2	7,	,	5,	97	0	1	0	,	5				0

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METÁLICOS

Eduardo Vargas Luna, César Loo Gil

23	9	02	3	6	,	,	5	,	,	
			08	0	1	0	0	5	1	7
4	0									
M	27	1	16	<0	0,	1	0	0	5	5
	3 p3	7,	4	6,	.1	5	0	,	,	1
97	,	86	5	2	4	,	3			
			02	0	6	2	4	3	1	
										5 0
M	24	1	15	<0	0,	1	1	0	9	5
	4 p4	8,	0	8,	.1	6	,	,	8	,
71	,	76	7	1	7	,	2			
			04	0	7	3	0	4	2	
										5 7
										0
M	36	3	19	39	0,	2	1	2	9	<
	5 p5	5,	9	4,	.5	1	2	,	,	7
75	,	40	20	8	8	9	,	,		
			09	0	8	3	5	5	7	
0	3	0								

Rí M 29 3 20 43 0, 1 2 3 1 < o 6 2, 6 2, ,8 2 0 , , 6 0 C p6 60 , 50 20 1 1 3 9 , ho 0 1 0 1
9 9 , 7

ta 0 8 5 no 0

M 38 3 21 16 0, 3 1 1 1 < 7 0, 9 7, ,6 0 1 , , 2 0 p7 38 , 08 10 9 7 6 0 ,

0	9	0	8	2	6	,	7
0	7	4					

0

M 24 1 19 <0 0, 9 0 0 1 5 8 8, 5 7, ,1 5 , , 6 , p8 71 , 64 1 7 3 4 5

0	2	0	7	3	5	,	4
0	8	0					

0

M 24 8 13 9, 0, 6 0 < 9 7 9 8, , 2, 45 1, 0 9, , p9 71 5 84 0 7 2, , 6

0 5 0 6 7 0 2 3

7 2 0

M 23 1 22 1, 0, 2 1 0 1 6 10 4, 2 5, 33 6 4, , 6, , p1 08 . 18 6 9 0 1 4 0

0 0 3 0 0 8 , 1

5 3 3

0

M 40 6 21 51 0, 2 1 2 1 < 11 9, 3 5, , 9 2 7, , 6 0 p1 64, 46 30 2 8 1 1, ,

1 0 0 6 8 . 7

6 2 6

5 7 0

M 33 4 21 44 0, 2 1 2 1 < 12 6, 1 7, , 7 2 5, , 9 0 p1 49, 05 70 1 8 0 6, 2 0 8 0 1 5 5, 7

0

6

3 0

Sa n Ju an	M	36	6	21	10	0.	3 1	1	3	2	0
	13 p1	5.	5	3.	0.	3		.	.	1	.
	3	75	.	84	10	6		9	0	1	7
		0	5	0	0	7		8	1	.	
			5					5		4	
										0	
	M	38	3	24	1,	0,	3 7	0	0	1	2
	14 p1	0,	0	4,	33	3		.	,	8	,
	4	38	,	62	6	0		4	5	0	9
		0	4	0		2		7	4	,	9
			0					9		2	
										0	
Sa n	M	46	5	26	4,	0,	4 7	0	0	2	2
M	15 p1	8,	4	0,	20	7		,	,	4	,
at eo	5	16	,	82	0	2		3	5	4	7
		0	1	0		8		4	5	.	6
			5					7		8	
										0	

Eduardo Vargas Luna, César Loo Gil

M	42	6	26	32	0,	53	1	1	2	2
16 p1	4,	6	4.	,3	1	,	,	5	,	
6	27	.	06	60	3	0	0	9	9	
	0	5	0		5	9	4	,	2	
		0				6		4		
									0	

<

M 45 3 26 32 0, 5 1 1 2 2 17 3, 7 5, ,5 1 3 , , 3 , p1 53 , 68 59 3 , 1 0 6 6

7	0	0	0	5	3	0	4	,	7
5	5	2	3	6					
2	5	0							
8	1								
2	5								
2	3								
1	3								

7

Fuente: Informe de ensayos 335 - 352

Las muestras M1 a la M17 tienen alcalinidad de 234 a 468 mg/L, valores que según DIGESA (2017) no representa riesgos para el riego de plantas.

Los cloruros acumulados en las aguas residuales que se desplazan por las quebradas y río tienen valores de 9.98 mg/L a 72.20 mg/L demostrando que es inferior a los límites permitido por la norma nacional.

La dureza que presentan las aguas de las muestras 1 a la 17 es de 115.020 mg/L y 294.840 mg/L, los valores son menores a los parámetros establecidos por el MINAM (2015) o DIGESA (2017) para utilizarlo en el riego de plantas y bebida de animales.

Los nitratos concentrados en las muestras 1 a la 17 concentran valores de <0.1 mg/L N a 51.930 mg/L N, los resultados indican que el agua puede utilizarse en el riego por estar en los límites permitidos por el MINAM (2015).

Las aguas residuales de las muestras 1 a la 17 concentran nitritos comprendidos entre 0.061 mg/L N y 0.728 mg/L N, valores inferiores al límite establecido por el MINAM (2015).

El análisis de las muestras 1 a la 17 concentran sulfatos <1 mg/L y 53 mg/L, los resultados son menores a los establecido por el MINAM (2015).

Los fosfatos albergados en las muestras 1 a la 17 tienen valores <0.04 mg/L y 2.198 mg/L, superan el limite permitido por el MINAM (2015), siendo no aptas para la bebida de animales e irrigar plantas de tallo bajo y alto.

El amonio que concentra las aguas de las muestras 1 a la 17 tienen valores >0.18 mg/L y 3.55 mg/L, parámetros que superan el limite permitido por la norma nacional.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las muestras 1 a la 17, tienen de 51.30 mg/L a 259 mg/L, los resultados demuestran que hay una alta concentración de DBO, es un riesgo para la salud de animales y plantas.

La acumulación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las muestras 1 a la 17 tienen concentraciones <0.7 mg/L y 6.01 mg/L, demuestran que los valores están por debajo del límite permitido por el MINAM (2015).

Cuadro 3. Análisis microbiológico de las aguas residuales

Muestra	GRUPOS COLIFORMES	GRUPOS	SA	V.
Q		ESTREPTOCO	LM	C
u e b r a d		COS	ON	O
			EL	H
			LA	O
				L
				E
a				R
/	A R E			

Ítem	Dilución	Coliformes totales	Coliformes fecales	E. coli	Dióxido de carbono	Estreptococos fecales	Enterococos	Presencia	Ausencia
------	----------	--------------------	--------------------	---------	--------------------	-----------------------	-------------	-----------	----------

C	M	1600	1600	160	10	170	14	Presencia	Ausencia	
l	1	350x	x105	0x1	.5	0	00	Presencia	Ausencia	
p	p1	105	350x	0 ⁵	10	110	11	Presencia	Ausencia	
a	M	1600	x105	105	350	x10.5	0	00	Presencia	Ausencia
M	2	1600	x105	1600	5	10	940	94	Presencia	Ausencia
a	p2	1600	x105	x105	160	.5	170	0	Presencia	Ausencia
y	M		1600	0x1	10	0	17	Presencia	Ausencia	
o	3		x105	0 ⁵	.5	630	00	Presencia	Ausencia	
	p3		1600	160	10		63	Presencia	Ausencia	
	M		x105	0x1	.5		0	Presencia	Ausencia	
	4			0 ⁵				Presencia	Ausencia	
	p4			160				Presencia	Ausencia	
	M			0x1				Presencia	Ausencia	
	5			0 ⁵				Presencia	Ausencia	
	p5							Presencia	Ausencia	

R M 1600 1600 160 10 790 79 Presencia Ausencia 6 x10⁵ x10⁵ 0x1 .5 0 presencia ausencia p6 0⁵ presencia ausencia

o M 920x 920x 920 10 460 46 Ause Au t 7 105
 10₅ x10₅ .5 0 ncia sen a p7 5 cia n

o M 1600 1600 160 10 160 16 Pres Au
 8 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 00 encia sen p8 0⁵ cia
 M 1600 1600 160 10 490 49 Ause Au 9 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 ncia sen p9 0⁵ cia
 M 1600 1600 160 10 940 94 Ause Au 10 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 ncia sen p1 0⁵ cia
 0

M 1600 1600 160 10 140 14 Pres Au
 11 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 00 encia sen p1 0⁵ cia

1
 M 1600 1600 160 10 940 94 Ause Au 12 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 ncia sen p1 0⁵ cia
 2

S M 1600 1600 160 10 160 16 Ause Au a 13 x10⁵ x10⁵ 0x1 .5 0 00 ncia sen n p1
 0⁵

cia
 J 3
 u M 1600 1600 160 10 130 13 Ause Au a 14 x10⁵ x10⁵ 0x1 .5 0 00 ncia sen n p1 0⁵ cia
 4

S M 1600 1600 160 10 170 17 Pres Au a 15 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 00 encia sen n p1 0⁵
 cia

M 5
 a M 1600 1600 160 10 700 70 Pres Au t 16 x10₅
 x10₅ 0x1 .5 0 encia sen e p1 0⁵ cia o 6

M 1600 1600 160 10 160 16 Ause Au 17 x10₅ x10₅ 0x1 .5 0 00 ncia sen p1 0⁵ cia
 7

Fuente: Informe de ensayos 335 - 352

El análisis microbiológico de las muestras presenta dilución de 10.5 ml, el Número más Probable (NMP) de coliformes totales en las aguas residuales es de 350x10⁵ a 1600x10⁵, que indican que los coliformes totales se acumulan entre 35000000 NMP/100 ml y 160000000 NMP/100 ml, parámetros sumamente altos que superan los estándares permitidas del MINAM (2015).

Los coliformes fecales de las muestras presentan valores de 350×10^5 a 1600×10^5 , representa de 35000000 NMP/100 ml a 160000000 NMP/100 ml, demuestran que existe una alta concentración de coliformes fecales, las aguas residuales no pueden utilizarse en el riego de la producción agrícola.

La concentración de Escherichia Coli, de las muestra tienen de 350×10^5 a 1600×10^5 , representa 35000000 NMP/100 ml a 160000000 NMP/100 ml, los resultados demuestran que hay una alta concentración y que no se puede utilizar en las actividades agrícolas. (MINAM, 2015).

En una dilucion de 10.5 ml de agua las muestras tienen acumulaciones de 460 estreptococos fecales/100 ml a 2100/100 ml, demuestran que existe alta concentración de esta bacteria y que las aguas están contaminadas.

La concentración de enterococos fecales en las muestras es de 460 NMP/100 ml a 2100 NMP/100 ml, implica un riesgo para la salud.

El analisis micro biológico de las aguas residuales indica que en las muestras 1, 3, 6, 8, 11, 15 y 16 existe presencia de salmonella, mientras que en el resto de muestra esta ausente.

El análisis microbiológico de las aguas residuales indican que hay ausencia del Vibrio Cholerae en las muestras.

Cuadro 4. Análisis microbiológico de la producción agrícola

Muestras	Unidad de Medida	Nº de Coliformes totales NMP/g	Nº de Coliformes fecales NMP/g	Detección de Enterobacterias	Detección de Salmonella sp	Nº de Aerobios mesófilos UFC/g
M1		>110	>110	Presencia	Presencia	Incontaminable

Repollo	M2	>110 0	>110 0	Presencia	Ausencia Incon- table
	M7	>110 0	>110 0	Presencia	Ausencia Incon- table
Papa	M1	1100	1100	Presencia	Ausencia 25x1 05
	M2	>110 0	>110 0	Presencia	Ausencia Incon- table
	M3	>110 0	>110 0	Presencia	Ausencia Incon- table
	M4	1100	1100	Presencia	Ausencia 36x1 05
Rachacha	M1	>110 0	>110 0	Presencia	Presencia Incon- table
	M2	1100	500	Presencia	Presencia 11x1 04
Lechuga	M4	>110	>110	Presencia	Ausencia Incon-
	P7	0	0		table

A ce l g a	M1	>110	>110	Presencia	Prese ncia	Incon
	M2	0	0	Presencia	Ause ncia	table
		>110	>110			Incon
		0	0			table
Ce bo	M1	>110	>110	Presencia	Prese ncia	Incon
	lla	0	0			table
Be M1	150 21	Ausencia	Ause 8x10	re Pulpa	ncia ⁴	
nj	M2	>110	>110 en Casc	0 0 ncia 0 ⁴ a	Presencia	Ause 11x1
	ara					

Fuente: Informe de Ensayos de Muestras

El análisis microbiológico de las muestras de repollo indica que acumula coliformes totales y fecales >1000, implica que es un alimento inaceptable para el consumo humano. En las tres muestras hay detección de Enterobacterias, la muestra 1 tiene presencia de salmonella y las otras 2 ausencia, el número de Aerobios mesófilos son incontables.

El análisis microbiológico de la papa según el método de Número Más Probable (NMP) de las muestras concentran presencia de coliformes totales y fecales entre 1100 y >1100, la presencia de enterobacterias en la papa, cascara y almidón, ausencia de salmonella y el número de aerobios mesófilos 25×10^5 en la muestra 1 y 36×10^5 en la muestra 4, siendo incontable en las muestras 2 y 3.

El análisis microbiológico de racacha, indica que hay presencia de coliformes totales entre 1100 NMP/g y >1100 NMP/g, coliformes fecales entre 500 NMP/g y >1100 NMP/g, presencia de enterobacterias y el número de aerobio mesófilos es incontable en la primera muestra y 11×10^4 en la segunda muestra, los resultados están lejos de los parámetros de la norma plantea por DIGESA (2017).

El análisis microbiológico de la lechuga acumula coliformes totales >1100 y la misma cantidad de coliformes fecales, tiene presencia de enterobacterias y número incontable de aerobios mesófilos, los resultados demuestran que la lechuga que se produce en el valle del río Chotano no se puede consumir en ensaladas.

El análisis microbiológico de la acelga acumula presencia de coliformes totales y fecales >1100, presencia de enterobacterias en las 2 muestras, presencia de salmonella en la M1 y aerobios mesófilos incontables.

El análisis microbiológico de la muestra de cebolla tiene presencia de coliformes totales y fecales >1100 NMP/g, presencia de enterobacterias y salmonella, número incontable de aerobios mesófilos, los resultados demuestran que la cebolla está contaminada.

El análisis microbiológico de la pulpa y cascara de berenjena concentra presencia de coliformes totales de 150NMP/g y >1100NMP/g, coliformes fecales de 21 NMP/g y >1100 NMP/g, en la cascara hay presencia de enterobacteria y aerobios mesófilos de 8×10^4 y 11×10^4 , los resultados demuestran que afectaría la salud de sus consumidores.

DISCUSIÓN

El pH de las muestras 1 a la 17 tiene rangos de 7.00 a 7.89 unidades demostrando que se puede utilizar en el riego de productos agropecuarios, tal como lo señala el Ministerio del Ambiente (2015) al establecer que los estándares nacionales del pH de las aguas para el riego de vegetales y bebidas de animales debe tener parámetros entre 6.5 – 8.5 unidades. Esta aseveración es respaldada por DIGESA (2017) que establece los parámetros del pH de aguas residuales para riego, los límites permitidos está entre 6.5 y 8.4 unidades. FAO (2013)

Los valores de temperatura distribuidos entre los 17.23°C - 17.99°C en cada muestra superan el límite normal de los parámetros establecidos en La R. M. N° 323 – 2015 (MINAM, 2015) que establece los estándares de temperatura de $\Delta 3^\circ\text{C}$ tanto para el riego de plantas de tallo bajo y alto y el consumo de animales.

Los resultados del análisis de Turbidez de las muestras 1 a la 17 es alta debido que concentran valores de 591 UNT – 1506 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez), los valores contradicen los límites permitidos por el Ministerio del Ambiente (2015) que establece como valor mínimo de Turbidez a 10 UNT y 40 UNT como máximo para las aguas utilizadas en la irrigación de plantas, tal como también lo establece la OMS.

La acumulación de Oxígeno Disuelto (OD) presenta parámetros de 1.65 a 2.02 mg/L, los resultados demuestra que es muy baja en contraste con los parámetros establecidos por el MINAM (2015) que es ≥ 4 mg/L para que el agua sea utilizado en el riego de plantas de tallo bajo y alto y ≤ 5 mg/L para la bebida de animales.

La concentración de conectividad eléctrica de las muestras se distribuyen de 389 a

1005 $\mu\text{S}/\text{cm}$ resaltando que hay un bajo índice, los parámetros establecidos por el MINAM (2015) para que el agua se utilice en riego de vegetales es $<2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica y para bebidas de animales $<5000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Los sólidos disueltos totales de las muestras 1 a la 17 concentran parámetros de 236.4 a 664.4 mg/L, demuestran que existe un bajo índice de sólidos disueltos, los resultados contradicen a los valores del MINAM (2015) que establece parámetros de 450 a 2000 mg/L para que el agua se utilice como riego de vegetales y bebida de animales, al igual que sugiere DIGESA (2017).

La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) de las muestras 1 a la 17 oscila entre 0.134 a 1.774 mg/L, demostrando que están en los límites permitidos por la FAO (2013) que es $<50 \text{ mg}/\text{L}$. En el caso de Perú DIGESA (2017) establece como límite $<150 \text{ mg}/\text{L}$ de concentración SST para el caso de las aguas destinadas al riego utilizando el método Gravimétrico.

La alcalinidad de las aguas de las muestras M1 y la M17 tiene alcalinidad de 234 a 468 mg/L, los valores no presentan riesgos para el riego de plantas, tal como lo establece DIGESA (2017) al señalar que cuando la Alcanidad del agua tiene valores de 200mg/L a 500 mg/L no representa riesgos, su reacción es solo en el mal sabor para las aguas tipo A1 y A2, sin embargo no es aplicable para el caso de bebidas de animales.

Los cloruros acumulados en las muestra de las aguas residuales que se desplazan por las quebradas y río en estudio tienen valores de 9.98 mg/L y 72.20 mg/L datos inferiores a los límites permitidos el D. S. N° 015 MINAM (2015), establece que para el caso de riego de vegetales y bebidas de animales el valor debe estar comprendido entre 100 mg/L y 500mg/L.

La dureza del agua de las muestras 1 a la 17 indican que tiene valores de 115.020 mg/L a 294.840 mg/L demostrando que son inferiores a los establecidos por el MINAM (2015) que establece como límites de 75mg/L a 150 mg/L para las aguas moderadamente duras; de 150 mg/L a 300 mg/L para las aguas duras. DIGESA (2017) indica que para utilizarlo el agua en el riego de plantas y bebida de animales debe concentrar hasta 500 mg/L de $\text{CaCO}_3\text{mg}/\text{l}$.

Las muestras 1 a la 17 concentran nitratos entre $<0.1 \text{ mg}/\text{L N}$ a 51.930 mg/L N, los resultados indican que puede utilizarse en el riego, al compararlo con los parámetros de la norma nacional publicada por MINAM (2015) que establece un valor de 100 mg/L N para que el agua pueda utilizarse para el rigo de vegetales o como bebida de animales.

La acumulación de nitritos de las aguas residuales de las muestras 1 a la 17 tienen valores de 0.061 mg/L N a 0.728 mg/L N, demostrando que son inferiores al límite establecido por el MINAM (2015) que establece límites de 10 mg/L N para el caso de aguas utilizadas para riego de vegetales y bebida de animales.

Los sulfatos concentrados en las muestras 1 a la 17 tienen valores <1 mg/L a 53 mg/L, los resultados tienen límites menores a los establecidos por el MINAM (2015) que considera un parámetro de 1000 mg/L para el caso de riego de vegetales y bebida de animales.

Los fosfatos concentrados en las aguas residuales de las muestras 1 a la 17 presentan valores <0,04 mg/L y 2,198 mg/L, los parámetros superan el límite permitido por el MINAM (2015) que establece como valor admisible retirado, no siendo apta para la bebida de animales e irrigar plantas de tallo bajo y alto.

El amonio que se concentra entre las muestras 1 a la 17 tienen valores >0.18 mg/L y 3.55 mg/L, parámetros superiores a los permitidos por la norma nacional. DIGESA (2017) cita a la Academia nacional de ciencias de Ingeniería (E. U.) que recomienda que no se permitan concentraciones más de 0.02 mg/L de amonio.

La concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las muestras 1 a la 17, tienen valores de 51.30 mg/L a 259 mg/L, demuestran que hay una alta concentración de DBO, es un riesgo para la salud de animales y plantas. El MINAM (2015) establece que el valor límite para el utilizar el agua residual en el riego de vegetales y bebidas de animales es 15 mg/L.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas residuales de las muestras 1 a la 17 tienen concentraciones <0.7 mg/L y 6.01 mg/L, los resultados demuestran que los valores obtenidos están por debajo del límite permitido por el MINAM (2015) que establece como estándar para el riego de vegetales y bebida de animales el límite de 40 mg/L.

El análisis microbiológico de las aguas residuales según muestras, en una dilución de 10.5 ml, presenta Número más Probable (NMP) de coliformes totales entre los rangos de 350×10^5 a 1600×10^5 , demostrando que se acumulan entre 35000000 NMP/100 ml a 160000000 NMP/100 ml, los parámetros son sumamente altos, superan los estándares permitidos por el MINAM (2015) que establece para riego de vegetales de tallo bajo y alto la concentración de coliformes totales no debe exceder de 1000 NMP/ml, al igual que para la bebida de animales.

Los coliformes fecales concentrados en las muestras presentan valores de 350×10^5 a 1600×10^5 , representa de 35000000 NMP/100 ml a 160000000 NMP/100 ml, los resultados demuestran que existe alta concentración de coliformes fecales, las aguas residuales no pueden utilizarse en el riego de la producción agrícola, DIGESA (2017) establece que el límite permitido es el mismo que para los coliformes totales, es decir de 1000 NMP/100 ml.

La concentración de *Escherichia Coli* es de 350×10^5 a 1600×10^5 en las muestra, representa 35000000 NMP/100 ml a 160000000 NMP/100 ml, indican que hay una alta concentración y que según el MINAM (2015) para que las aguas residuales sean utilizadas en el riego de vegetales de tallo alto y bajo el límite permitido es retirado, al igual que para la bebida de animales.

En una dilución de 10.5 ml las aguas residuales de las muestras acumulan entre 460 estreptococos fecales/100 ml a 2100 estreptococos fecales/100 ml demostrando alta concentración de la bacteria, las aguas están contaminadas, no sirven para el riego de plantas. DIGESA (2017) establece como límite 100 estreptococos/100 ml.

La concentración de enterococos fecales en las muestras de aguas residuales es de 460 NMP/100 ml a 2100 NMP/100 ml, implica un riesgo para la salud, para utilizarse en el riego de vegetales de tallo alto y bajo el límite permitido por el MINAM (2015) es de 20 NMP/100 ml, al igual que para la bebida de animales.

El análisis micro biológico determina que hay presencia de salmonella en las aguas residuales de las muestras 1, 3, 6, 8, 11, 15 y 16, mientras que en el resto de muestra esta ausente. El Ministerio del Medio Ambiente (2015) establece que para utilizarlo el agua en el riego de vegetales de tallo bajo y alto debe haber ausente de esta bacteria.

El análisis microbiológico de las aguas residuales indican que el *Vibrio Cholerae* es ausente en cada una de las muestras, por los datos están de acorde con los parámetros establecidos por el MINAM (2015).

El análisis microbiológico de las 3 muestras de repollo presentan acumulación de coliformes totales y fecales >1000 , es un alimento inaceptable por ser riesgoso para la salud. En las tres muestras hay presencia de Enterobacterias; 1 muestra tiene presencia de salmonella y 2 ausencia; el número de Aerobios mesófilos son incontables; los resultados demuestran que no cumplen los parámetros establecido en la noma nacional, DIGESA (2017) indica que las hortalizas para ser consumidas en ensaladas tienen que tener 0 presencia de bacterias.

El análisis microbiológico de las muestras de papa según el método de Número Más Probable (NMP) indican que tienen la presencia de coliformes totales y fecales entre 1100 y >1100 , hay presencia de enterobacterias tanto en la papa, cascara y almidón, ausencia de salmonella y el número de aerobios mesófilos de 25×10^5 en la muestra 1 y 36×10^5 en la muestra 4, mientras que en la muestra 2 y 3 son incontables, los resultados demuestran que la producción de papa irrigado con aguas residuales constituyen riesgo para la salud, ya que los parámetros establecidos para el consumo es de ausencia de bacterias. DIGESA (2017) que resalta que los alimentos para consumo humano no deben tener microorganismos microbianos, por constituir un riesgo para la salud.

Los resultados microbiológicos de la muestra de producción de racacha, tiene presencia de coliformes totales de 1100 NMP/g y >1100 NMP/g, coliformes fecales de 500 NMP/g y >1100 NMP/g, hay presencia de enterobacterias y el número de aerobio mesófilos es incontable en la primera muestra y 11×10^4 en la segunda muestra, los resultados contradicen los parámetros de la norma plantea por DIGESA (2017), destaca que para ser consumida la racacha tiene que tener ausencia de bacterias.

El análisis microbiológico de la lechuga que se produce en el valle del río Chotano tiene parámetros >1100 de coliformes totales y la misma cantidad de coliformes fecales, hay presencia de enterobacterias e incontables aerobios mesófilos, los resultados no están de acorde a los parámetros expuestos por DIGESA (2017) que establece como límite mínimo 10 NMP/g y límite máximo 10^2 NMP/g, en consecuencia la lechuga que se produce en el valle del río Chotano no es apta para el consumo humano.

El análisis microbiológico de la acelga concentra presencia de coliformes totales y fecales >1100 , presencia de enterobacterias, salmonella en una muestra y un número de aerobios mesófilos incontables. Los resultados son contradictorios a los establecidos por DIGESA (2017) que establece la ausencia de cada una de las bacterias estudiadas para que pueda ser consumida.

El análisis microbiológico de la muestra de cebolla indica que hay presencia de coliformes totales y fecales >1100 NMP/g, presencia de enterobacterias y salmonella, e incontable número de aerobios mesófilos, los resultados contradicen los parámetros que establece DIGESA (2017) que establece que para ser consumida las bacterias tendrían que estar ausentes, por lo tanto la cebolla está contaminada.

El análisis microbiológico de la pulpa y cascara de berenjena resalta la presencia de coliformes totales de 150NMP/g y >1100 NMP/g, coliformes fecales de 21 NMP/g y >1100 NMP/g, la presencia de enterobacteria en la cascara y número de aerobios

mesófilos de 8×10^4 y 11×10^4 , los resultados vulneran los parámetros establecidos por DIGESA (2017) donde señala que debe haber ausencia de bacterias para ser consumida de manera directa.

CONCLUSIONES

Se identificó que los parámetros físicos y de agregación que incumplen los estándares de calidad ambiental del agua son la turbidez, el oxígeno disuelto (OD), la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales.

Se precisa que los parámetros inorgánicos no metálicos que no cumplen la calidad ambiental del agua son los nitratos, nitritos, los sulfatos, fosfatos, amonio, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los agentes contaminantes de las aguas residuales que transportan las quebradas y río en estudio son grupos coliformes (coliformes totales, coliformes fecales, la Escherichia Coli, grupo de estreptococos y enterococos, y salmonella en algunas muestras.

Existe acumulación de agentes contaminantes de coliformes totales, fecales, enterobacterias, aerobios mesófilos en la producción agrícola de los valles por el uso de las aguas residuales, en la producción agrícola al superar el límite permitido por DIGESA (2017)

Con los resultados se demuestra que existe un alta la contaminación de la producción agrícola en las cuencas de las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano por el uso de las aguas residuales provenientes de la zona urbana de Chota.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dirección General de Salud Ambiental. (2017). *Decreto Supremo que Aprueba el Reglamento de la Leche y Productos Lácteos*. Obtenido de digesa.minsa.gob.pe:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/DS_7_2017_MINAGRI.pdf

Dirección General de Salud Ambiental. (s. f.). *Estándares de Calidad Ambiental de Agua*.

Recuperado el 16 de Enero de 2019, de digesa.minsa.gob.pe:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf

Dirección General de Salud Ambiental. (s. f.). *Parámetros Organolépticos*. Recuperado

el 15 de Enero de 2019, de digesa.minsa.gob.pe:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

- Forsi, C. H. (2017). El uso de las aguas residuales tratadas en Mendoza - Argentina. En H. Hettiarachchi, & R. Ardakanian, *Uso seguro de aguas residuales en la agricultura: ejemplo de buenas prácticas* (págs. 261 - 277). Mendoza: Reprogress GmbH. Obtenido de https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5957/SafeUseOfWastewaterInAgriculture_E SP.pdf
- Guadarrama, M., & Galván, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. *Iberoamericana de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 1-23. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5076403.pdf>
- La República. (17 de Octubre de 2016). Cajamarca: Minera Yanacocha vertió 40 millones de metros cúbicos de agua residual al ambiente. Obtenido de <http://larepublica.pe/turismo/rumbos-al-dia/812777-cajamarca-minerayanacochavertio-40-millones-de-metros-cubicos-de-agua-residual-al-ambiente>
- Mendoza, M. A. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el Centro Poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/12256/MENDOZA_FUENTES_MIGUEL_AGUA_SUPERFICIAL.pdf?sequence=1
- Ministerio de Agricultura. (2015). *Autoridad Nacional del Agua. Autoridad Administrativa del agua Cañete - Fortaleza. Administración Local de Agua Chillón - Rímac - Lurin*. Obtenido de [ana.gob.pe: repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/2456/ANA0001215.pdf](http://ana.gob.pe/repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/2456/ANA0001215.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (19 de Diciembre de 2015). Decreto Supremo N° 015 - 2015 MINAM. *El Peruano*, págs. 569076-569082.
- Noticias Ser. (04 de Junio de 2015). Cajamarca: La otra contaminación. *Andina*. Obtenido de <http://prevencionar.com.pe/2015/06/04/cajamarca-laotracontaminacion/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *El Manejo del Suelo en la Producción de Hortalizas con Buenas Prácticas Agrícolas*. Recuperado el 18 de Enero de 2019, de [fao.org: http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf)
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Inocuidad de los alimentos*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Peña, M. E., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). *Tratamiento de aguas residuales en México*. México: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de

http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/tratamiento_de_aguas_residuales_en_mexico.pdf

Reyes, C. M. (2012). *Estudio de contaminación de las aguas del río Chillón*. Lima:

Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1082/1/reyes_cc.pdf

Tarrillo, C. P. (2017). *Rehabilitación, ampliación y unificación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del sector noroeste de Piura*. Lima: Universidad

Nacional de Ingeniería. Obtenido de

cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9298/1/tarrillo_dc.pdf