



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**IMPACTO DEL USO DE ZEOLITAS EN EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA
URBANIZACIÓN LA PALMA GRANDE – ICA, 2018.**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

EGOCHEAGA QUISPE LEYLA ASTREED LIBIA

DOCENTE ASESOR

MAG. SOTO VELÁSQUEZ TANIA

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

**ICA – PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en la misión encomendada por él en mi vida.

A mi abuelita por su gran amor, devoción y por su apoyo ilimitado.

A mi abuelito por ser un ejemplo incuestionable de fortaleza, sabiduría, mi ángel guardián mi protector incondicional que toda la vida me apoyó y me dio su amor y cariño.

LEYLA

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar mi vida.

A mi padre por el valor y coraje que ha tenido para levantarse ante cualquier adversidad, por las enseñanzas que me ha dado, por darme ánimos siempre, por haber formado una mujer de bien y por ser el hombre que me dio la vida y me enseñó a vivirla, no hay palabras en este mundo para poder agradecerte Papá.

A mi familia, por su amor y paciencia quienes junto a mis amigos siempre están a mi lado dando ánimos, fuerza y sabiduría.

A mi asesora Tania Soto Velásquez, por su paciencia de oírme y transmitirme sus conocimientos para realizar y culminar la Tesis, no solo en lo académico, sino también en lo moral y ético que han hecho de mí una mejor persona, con conocimientos y con valores, que jamás olvidaré y siempre tendré presente en mi vida futura.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FOTOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	20
1.1.1. A NIVEL MUNDIAL	20
1.1.2. A NIVEL LATINOAMERICANO	25
1.1.3. A NIVEL NACIONAL	29
1.1.4. A NIVEL LOCAL	32
1.2. DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	34
1.2.1. Delimitaciones	34
A. Delimitación Espacial	34
B. Delimitación Temporal	34
C. Delimitación Social	34
1.2.2. Definición del problema	34

1.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	35
1.3.1.	Problema principal	35
1.3.2.	Problemas Específicos	35
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
1.4.1.	Objetivo General	35
1.4.2.	Objetivos Específicos	35
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	36
1.5.1.	Justificación Teórica	36
1.5.2.	Justificación Metodológica	38
1.5.3.	Justificación Práctica	39
1.6.	IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	40
1.7.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	41
1.7.1.	Limitación Económico	41
1.7.2.	Limitación Temporal	41
	CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	42
2.	MARCO REFERENCIAL	43
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	43
2.1.1.	Internacional	43
2.1.2.	Nacional	45
2.1.3.	Local	46
2.2.	MARCO TEÓRICO	48
2.2.1.	Aguas residuales	48
2.2.2.	Zeolitas	72
2.3.	MARCO HISTÓRICO	87

2.4. MARCO LEGAL	90
2.5. MARCO CONCEPTUAL	92
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTOS METODOLÓGICOS	99
3. METODOLOGÍA	100
3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	100
3.1.1. Hipótesis general	100
3.1.2. Hipótesis específicas	100
3.2. VARIABLES	100
3.2.1. Variable independiente	100
A. Dimensión	101
B. Indicadores	101
C. Índices	101
3.2.2. Variable dependiente	101
A. Dimensión	101
B. Indicadores	101
C. Índices	101
3.2.3. Operacionalización de las variables	102
3.3. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	103
3.3.1. Tipo de investigación	103
3.3.2. Nivel de investigación	103
3.3.3. Diseño de la investigación	104
3.4. MÉTODO	
3.5. COBERTURA DE L ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	104
3.5.1. Universo de la investigación.	105

3.5.2. Población de la investigación	105
3.5.3. Muestra de la investigación.	105
3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS	105
3.6.1. Técnicas de investigación	105
3.6.2. Instrumentos de la investigación	105
3.6.3. Fuentes de recolección de datos	106
CAPÍTULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	107
4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	108
4.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	121
4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	122
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	130

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	102
CUADRO 4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL	108
CUADRO 4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZEOLITA	109
CUADRO 4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ZEOLITA	110
CUADRO 4.4 RESISTENCIA DE LA ZEOLITA A COMPUESTOS QUÍMICOS	110
CUADRO 4.5 RESULTADO DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DE LA ZEOLITA CON AGUA POTABLE	111
CUADRO 4.6 RESULTADO DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DE LA ZEOLITA CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	112
CUADRO 4.7 EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES	113
CUADRO 4.8 EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	114
CUADRO 4.9 EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS	115
CUADRO 4.10 EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES	116
CUADRO 4.11 RESULTADOS DE LA DBQO5	117
CUADRO 4.12 RESULTADOS DE LA DQO	117
CUADRO 4.13. RESULTADOS DEL NITRÓGENO ORGÁNICO	118
CUADRO 4.14 EVALUACIÓN DEL PH.	119
CUADRO 4.15 RESULTADOS DE LA GRASA	120
CUADRO 4.16 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	120
CUADRO A1.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	131
CUADRO A4.1 CONCENTRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PARA SODIO	140
CUADRO A4.2 CONCENTRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PARA POTASIO	141

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO N°1 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES	144
FOTO N°2 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	144
FOTO N°3 DETERMINACIÓN DE GRASAS	145
FOTO N°4 DETERMINACIÓN DEL ÓXIDO DE CALCIO POR TITULACIÓN	145
FOTO N°5 DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE LA ZEOLITA.	146
FOTO N°6 RESISTENCIA DE LA ZEOLITA A DIFERENTES MEDIOS	146
FOTO N°7 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL AGUA	147

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 CLASIFICACIÓN DE ALGUNAS ZEOLITAS

75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	131
ANEXO 2 MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	132
ANEXO 3 MÉTODOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	136
ANEXO 4 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZEOLITA	137
ANEXO 5 RESISTENCIA QUÍMICA Y MECÁNICA DE LA ZEOLITA UTILIZA- DA	141
ANEXO 6 FOTOS DEL DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL DE LA TESIS	144
ANEXO 7 REPORTE DEL LABORATORIO N°213-18	148
ANEXO 8 REPORTE DEL LABORATORIO N°218-18	149
ANEXO 9 REPORTE DEL LABORATORIO N°240-18	150

RESUMEN

La presente tesis se encuentra bajo el estudio del uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización la Palma Grande, cuyo objetivo principal fue determinar que las pruebas experimentales de las aguas tratadas con zeolita tienen validez en las hipótesis planteadas, ya que empleando la zeolita como lecho filtrante permitió la reducción de los sólidos totales (de 1645 mg/L a 25 mg/L), lo mismo ha sucedido con los sólidos en suspensión (de 720 a 11 mg/L), los sólidos disueltos (de 536 a 6 mg/L) y los sólidos sedimentables (de 310 a 10 mg/L); las concentraciones de DBQO5 (de 290 a 14 mg/L) y DQO (de 860 a 60 mg/L); el PH (de 9.4 a 7.8), grasas (de 38mg/l a 0 mg/l), nitrógeno orgánico (de 54mg/l a 3mg/l), así mismo se redujo la carga microbiana del agua después del tratamiento para coliformes totales (desde >10 000 NMP/100ml a 8 NMP/100ml), escherichia coli (desde 8500 NMP/100ml a 15 NMP/100ml) y salmonella (desde 5000NMP/100ml a 3 NMP/100ml).

El método de investigación es experimental, porque sigue un conjunto de pasos ordenados que se emplea para hallar nuevos conocimientos en las ciencias.

El tipo es aplicada ya que relaciona dos variables buscando comprobarlas.

El nivel es experimental, ya que aplica un nuevo modelo para corregir un paradigma.

El diseño es experimental, por su procedimiento de planeación y conducción de experimentos.

PALABRAS CLAVES: zeolitas y aguas residuales.

ABSTRACT

The present thesis is under the study of the use of zeolites in the treatment of domestic wastewater in the La Palma Grande urbanization, whose main objective is to demonstrate that the experimental tests of the treated waters demonstrated the validity of the hypotheses proposed, since using the zeolite as a filter bed allowed the reduction of the total solids (from 1645 mg / L to 25 mg / L), the same has happened with the solids in suspension (from 720 to 11 mg / L), the dissolved solids (from 536 at 6 mg / L) and the settling solids (310 to 10 mg / L); the concentrations of DBQO5 (from 290 to 14 mg / L) and COD (from 860 to 60 mg / L); the PH (from 9.4 to 7.8), fats (from 38mg / l to 0 mg / l), organic nitrogen (from 54mg / l to 3mg / l), likewise the microbial load of the water after the treatment of total coliforms (from > 10 000 NMP / 100ml to 8 NMP / 100ml), escherichia coli (from 8500 NMP / 100ml to 15 NMP / 100ml) and salmonella (from 5000NMP / 100ml to 3 NMP / 100ml).

The research method is experimental, because it follows a set of ordered steps that is used to find new knowledge in the sciences.

The type is applied, since it relates two variables looking to prove them.

The level is experimental, since it applies a new model to correct a paradigm.

The design is experimental, for its procedure of planning and conducting experiments.

KEYWORDS: zeolites and wastewater.

INTRODUCCIÓN

La región Ica, es por naturaleza una región árida, con escasas fuentes de agua debida a lo cual carece de agua dulce no solo para uso doméstico, sino además para uso agrícola y uso industrial.

Actualmente los científicos dedicados al estudio del tratamiento de las aguas residuales, se plantean el tratamiento del agua residual doméstica mediante procedimientos ecológicos como el uso de arcillas activadas (bentonita), que tienen ciertas ventajas para el tratamiento del agua ya que permite eliminar los sólidos suspendidos en el agua y reducir la carga microbiana por adsorción.

Dentro de los minerales no metálicos que existen en la zona, específicamente en Ocucaje, están las zeolitas, material que convenientemente procesado y dosificado, convierte al agua tratada en un fluido apto para ser usado en el riego de plantas de tallo alto, que actualmente se

viene cultivando en el valle de Ica reduciendo de esta manera el uso de agua potable para tal actividad y permitiendo el cuidado de las reservas acuíferas para el uso doméstico.

La investigación se realizó por dos razones fundamentales, en primer lugar defender la salud pública y el ambiente, y en segundo lugar reutilizar el agua tratada para otros fines.

Mi interés con el presente tema de investigación tiene que ver con hacer uso de la zeolita en el tratamiento del agua residual doméstica ya que tiene un impacto positivo que permite reducir los sólidos suspendidos en el agua, reducir la carga microbiana y reutilizar el agua tratada para el riego de plantas de tallo alto, sin adicionar a estas sustancias químicas que la degraden.

El presente estudio tiene como objetivo tratar el agua residual doméstica para emplearla en el riego agrícola reduciendo de esta manera la contaminación y el uso de aguas frescas que deben de ser conservadas para el uso doméstico en la localidad de la Palma Grande. El estudio propuesto estableció los parámetros adecuados para el uso de zeolitas y los resultados de la calidad del agua tratada con este mineral.

CONSTA DE CUATRO CAPÍTULOS:

El CAPÍTULO I, presenta la descripción de la realidad del problema, donde también nos da a conocer el impacto del uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el ámbito local, Nacional y Mundial. Se basa en la formulación del problema: ¿Qué impacto tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018?

Además enlaza con un objetivo de investigación en Determinar el impacto que tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

EL CAPÍTULO II, presenta los fundamentos teóricos de la investigación en donde habla importantes puntos como el marco teórico, histórico, legal y conceptual.

EL CAPÍTULO III, se realiza el planteamiento metodológico de la investigación para poner en descubierto las nociones que determinan la temática que se investiga, su descripción y el modo de formular variables para demostrar el tipo, nivel y diseño de la investigación, además de la obtención de la muestra y utilización de instrumentos y fuentes para la recolección de datos.

EL CAPÍTULO IV, trata la aplicación de los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojó es la que se indica en las conclusiones a las cuales llega la investigación. Esta es la parte final del trabajo de investigación donde se incluye las conclusiones y las recomendaciones. El respiro profundo que abre las puertas a la parte final del estudio donde se presenta en forma resumida los resultados del análisis que se ha obtenido en torno al tema, derivado del tratamiento de los datos y las interrogantes planteadas.

LA AUTORA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1. A NIVEL MUNDIAL

Alrededor de 4.0 mil millones de personas no cuentan con disposición aceptable de las aguas residuales y alrededor de 3.0 millones de niños mueren cada año en el mundo, con enfermedades conducidas por agua Del Castillo, L y Jeroen, V, (2009). El agua es y debe ser fuente de vida y no la causante de enfermedades. El agua es el agente de máxima actividad en la formación del escenario natural que nos rodea, por lo tanto la interferencia con la calidad o cantidad de agua tendrá consecuencias importantes para la población. Precisamente debido a esa interferencia que afecta la cantidad y calidad del recurso agua, la población a nivel mundial está sufriendo las consecuencias de las mismas, es decir tenemos un recurso escaso y contaminado.

En cuanto a la escasez, según un informe emitido y elaborado por la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2015) se indica que la escasez se

multiplicará en los próximos 25 años. Allí se ofrecen las siguientes estadísticas: el 18 por ciento de la población mundial es decir, unos mil cien millones de personas, no tienen acceso al agua potable, mientras que para el 2025 los países con problemas relacionados con ese recurso concentrarán las dos terceras partes de los habitantes del planeta. Con esta información es posible llevar a cabo predicciones futuras, donde los conflictos internacionales se acentuarán por la apropiación del recurso, así como también todos los niveles de la sociedad, lo cual posiblemente desencadenará en violencia. Si la escasez del agua es preocupante para la población mundial, más debería serlo la contaminación; es obvio que si un recurso es escaso se debe proteger. La relación agua - salud es quizás lo más preocupante del tema: más de dos millones de personas, en su mayoría niños, mueren cada año a causa de enfermedades relacionadas a la falta de acceso al agua potable, a instalaciones sanitarias inapropiadas o a pésimas condiciones de higiene. (Documento en línea alerta mundial por el agua, un recurso en vías de agotarse, 2002) El agua es utilizada como medio para la eliminación de: materiales residuales, tóxicos, desechos humanos y de animales etc., ocasionando con ello la alteración del equilibrio en el ecosistema, afectando gravemente la vida de los organismos presentes en él; y, sobre todo, la propagación de enfermedades transmisibles por este recurso.

Ya se trate de sequía o falta de acceso, más de mil millones de personas en todo el mundo no tienen suficiente agua limpia. Las condiciones agudas de sequía y la disminución de recursos de agua naturales se centran más en lo que sigue siendo un problema mundial: la falta de acceso al agua potable dulce. La escasez de agua se puede definir como una falta de agua suficiente,

o no tener acceso a suministros de agua seguros. El agua es una necesidad urgente en muchas áreas del mundo. Esa escasez se está extendiendo a medida que se necesita el agua para crecer y procesar alimentos, crear energía y satisfacer a la industria para una población en constante crecimiento. El cambio climático es un factor clave Embid, (2010).

La escasez de agua física ocurre cuando no hay suficiente agua para satisfacer la demanda. Aproximadamente el 20% de la población mundial vive ahora con escasez de agua física, otros 500 millones viven en áreas que se acercan a la escasez física. Esto podría ser el resultado de condiciones locales secas o áridas, pero la distribución también juega un rol.

Doornbos, B (2009) respecto a la escasez de agua sostiene que:

“En los países en desarrollo, encontrar una fuente fiable de agua segura a menudo requiere mucho tiempo y es costosa. Esto se conoce como escasez económica. Se puede encontrar agua, simplemente requiere más recursos para hacerlo. La escasez económica de agua es, sin lugar a dudas, la forma más inquietante de escasez de agua, ya que implica casi por completo falta de compasión y falta de buena administración que permite que la condición persista. La escasez de agua económica existe cuando una población no tiene los medios monetarios necesarios para utilizar una fuente adecuada de agua” (p. 35).

La escasez económica de agua es predominante en todo África, particularmente en el África subsahariana.

Se estima que 1.600 millones de personas en todo el mundo viven en zonas de escasez económica de agua, con 780 millones de personas viviendo en zonas sin servicios básicos de abastecimiento de agua. Lo que agrava la falta de inversión en infraestructura son los conflictos políticos y étnicos, que continúan aumentando e intensificándose a nivel mundial a medida que el agua se hace cada vez más escasa.

Más de 1.200 millones viven básicamente en zonas de escasez física de agua. Casi 1.600 millones enfrentan escasez económica de agua. Estos son números realmente extremos. Y, mientras nuestra población continúe creciendo, sólo van a existir más problemas, y vamos a tener que enfrentar medidas drásticas para asegurarnos que la gente tenga acceso al agua PNUD, (2006).

La escasez de agua dulce se ha convertido en uno de los problemas más acuciantes cada vez en más zonas del mundo. El agua dulce es fuente de vida. Sin acceso al agua de calidad para el consumo, la industria o la agricultura, no sería posible que pudiéramos garantizar el desarrollo económico y social. El agua es un recurso estratégico y los gobiernos desarrollan políticas comunes para gestionarla de la manera más eficiente. Y es que una política equivocada en materia de agua puede provocar conflictos entre regiones o países.

Pese a que desde los gobiernos de los países más avanzados se están llevando a cabo campañas informativas y de sensibilidad social y medioambiental sobre la escasez de agua dulce, vemos que en algunas potencias

emergentes el gasto de agua por persona y día no sólo no se reduce sino que va en aumento. Los países con mayor capacidad tecnológica han demostrado que es posible mantener el bienestar sin necesidad de derrochar agua. Actualmente disponemos de los conocimientos y de la sensibilidad medioambiental necesarios para superar el reto de la escasez del agua, ya sea mediante la reducción del consumo, el mejor aprovechamiento de los recursos, o alternativas como la construcción de plantas desalinizadoras que aseguren el suministro.

Por otro lado, la escasez de agua se suele dar en zonas del planeta donde las lluvias son escasas. Estas zonas geográficas son más propensas a sufrir episodios de sequía, que pueden traer consigo restricciones en el consumo. En el mundo existen algunas capitales de países emergentes que están creciendo a un ritmo vertiginoso. Estamos hablando de ciudades de Asia, África o América Latina que aún no han resuelto la asignatura pendiente del acceso al agua potable. Se estima que para el año 2025, 1.800 millones de personas estarán viviendo en lugares con escasez absoluta de agua Oré, M (2015).

La agricultura es la actividad económica que más agua precisa. Cuando hay sequía y restricciones, este es el sector de la economía que más sufre. Y también sufre el ser humano, ya que sin agua no hay alimento. El reto para los próximos años es conseguir que los agricultores puedan disponer de sistemas de riego mucho más eficientes, en los que no se malgaste ni una gota de agua.

Cuando hablamos de escasez de agua dulce no podemos dejar de hablar del cambio climático y los efectos que éste puede tener en los recursos hídricos. Si continúan derritiéndose los glaciares en las regiones polares, la disponibilidad de agua podría disminuir. El aumento del volumen de los océanos haría que los niveles del mar se elevaran, contaminando con agua de mar las fuentes de agua dulce a lo largo de las regiones costeras Comisión Multisectorial (2012).

1.1.2. A NIVEL LATINOAMERICANO

Con el 33% de los recursos hídricos renovables del mundo, Latinoamérica es el continente con la disponibilidad más alta del mundo. Sus 3100 m³ de agua per cápita por año, duplican el promedio per cápita mundial. La gran mayoría de los países de la región cuentan con disponibilidades catalogadas entre altas y muy altas en razón de su superficie y población.

La disponibilidad del recurso no significa que éste sea accesible a la totalidad de la población. Esto implica que la mayoría de los países que cuentan con niveles de disponibilidad altos, experimenten disminuciones en los niveles de cobertura de agua potable para sus poblaciones Aboites, (2015).

Aunque la región ha experimentado un aumento en la cobertura de agua potable de un 33% en 1960 a un 85% en el 2000; 77 millones de personas aún no cuentan con acceso al agua. Cobertura de Servicios Sanitarios La cobertura de saneamiento presenta niveles aún más bajos. Aunque la región ha experimentado mejoras considerables, tan sólo el 49% de la población cuenta con servicios sanitarios.

Esto significa que la población sin acceso al saneamiento sea superior a los 100 millones de habitantes CAN / IRD / PNUMA / AEIC, (2007)

Los niveles de cobertura de servicios de agua potable y saneamiento reflejan las asimetrías imperantes entre las zonas rurales y urbanas en la región.

De los 77 millones de habitantes que no cuentan con servicios de agua potable; 51 millones habitan en zonas rurales mientras que los restantes 26 millones se encuentran en zonas urbanas. En lo que a saneamiento se refiere, se mencionó que más de 100 millones de personas no cuentan con servicio alguno.

A esta población deben sumarse los 256 millones de habitantes que en la región evacuan sus desechos a través de letrinas y fosas sépticas Martín, F, (2008).

Aproximadamente el 86% de las aguas residuales son evacuadas en los distintos cuerpos de agua de la región sin tratamiento alguno. Aunque amplios sectores de la población se encuentran desabastecidos de servicios de agua potable y saneamiento, es preciso enfatizar que el rubro de abastecimiento de agua para necesidades básicas no es el principal usuario del recurso hídrico. La agroindustria, con un 70% y la industria, con un 20; son los principales rubros socioeconómicos que hacen un mayor aprovechamiento del agua, totalizando un 90% de las aguas extraídas y utilizadas para tales fines.

La región experimenta una creciente dependencia en el uso de sus fuentes hídricas subterráneas: América del Sur utiliza entre el 40 y el 60% del agua que consume de los acuíferos, mientras que América Central y México dependen en un 65% de estas fuentes. En México por ejemplo, 102 de los 653 acuíferos se encuentran sobreexplotados Autoridad Nacional del Agua y Comisión Técnica Multisectorial, (2009).

Aunado a esto, existe una deficiente gestión en el manejo y conservación del agua, ya que en promedio, 40% del agua se pierde en fugas y sistemas de alcantarillados deficientes.

Con una población en aumento con crecientes demandas de servicios básicos y un modelo de desarrollo sustentado en la explotación de materias primas, América Latina se encamina hacia una agudización en la explotación de sus fuentes de agua.

Ser el continente más rico en términos de disponibilidad de agua per cápita, no implica que no hayan poblaciones que no padezcan de una seria escasez de agua. Países como Perú, El Salvador y México desde ya experimentan el denominado “estrés hídrico”. Cada uno de estos países merecen un análisis diferenciado: El Perú, como se ilustró con anterioridad, es un país rico en disponibilidad de agua, pero dado que sus principales asentamientos urbanos y actividades económicas se encuentran en la costa en zonas desérticas, la accesibilidad del recurso se torna difícil y costosa.

El caso de México radica en la creciente migración campo/ciudad, en especial, hacia México D.F., uno de las principales conglomeraciones del mundo. En dicho centro urbano se encuentra la quinta parte de la población y las principales actividades socioeconómicas de dicho país (más 20 millones de habitantes). Como se mencionó anteriormente, cerca de una sexta parte de los acuíferos mexicanos ya se encuentra sobreexplotados, y la creciente demanda de los centros urbanos implica la importación de aguas de otras regiones. P. e. México D.F. ya importa el 45% del agua que consume del interior del país UNESCO, (2006).

El Salvador, con 21,040 km², es uno de los países más deforestados y densamente poblados de América Latina, con 333 habitantes/km². Cuenta con una cobertura boscosa original de tan sólo el 3% de todo el territorio y con una población estimada de 6,9 millones de habitantes.

Este pequeño país depende de una gran cuenca que abarca el 50% de su territorio. Se trata de la deteriorada cuenca trinacional del río Lempa (compartida con Honduras y Guatemala). El elevado nivel de erosión de las laderas existentes en la cuenca de este río como resultado de la elevada deforestación y conversión de los usos del suelo, ha incidido decididamente en el estrés hídrico que este país padece. San Salvador, donde se concentra la tercera parte de la población del país, debe importar el 25% del agua que consume del río Lempa, ya que su principal acuífero se encuentra sobreexplotado.

Mención aparte merece la crisis hídrica que padece Haití. Este país caribeño ya se encuentra en una situación catalogada como “catastrófica”, similar a la existente en los países del África Subsahariana. De acuerdo con Rothfeder (2001) en su libro: “Every Drop for Sale”, las poblaciones en este país subsisten con 3 o 4 litros diarios de agua en promedio.

1.1.3. A NIVEL NACIONAL

La situación del agua en el Perú, lamentablemente, no escapa a esta tendencia. Aunque paradójicamente tiene una oferta hídrica privilegiada, que lo ubica dentro de los veinte países más ricos del mundo, todo indica que hacia el 2025 los peruanos experimentaremos un severo estrés hídrico junto a países tan diferentes como Eritrea, Irán, Somalia o Sudáfrica. Más allá de la notable descompensación demográfica, que se grafica en tener al 65 % de la población en la costa, la que solo dispone del 2 % de los recursos hídricos, la propia gestión del recurso es inadecuada e ineficiente. Por ejemplo, «en la costa se arroja al mar el 53 % del agua; mientras que el 47 % restante se utiliza con una eficiencia de apenas entre 25 y 40 %» (CM 2012: 21). Este desgobierno nos ha conducido a la sobreexplotación insostenible de algunos acuíferos y a poner en riesgo la sostenibilidad de valles enteros (por ejemplo, Ica, Tacna y Lambayeque); a la contaminación creciente de cuencas enteras (por ejemplo, Mantaro, Rímac y Santa); y a la conflictividad abierta por usos incompatibles, trátase de conflictos interregionales (por ejemplo, Arequipa-Cusco, Ica-Huancavelica, Áncash-La Libertad) o intersectoriales (por ejemplo, agricultura-minería). Además, si bien el 83 % de hogares se abastece de agua mediante una red pública, en las zonas rurales este porcentaje se reduce al 58 %.

Así como disminuye la cobertura, también lo hace la calidad del servicio de agua y saneamiento, razón por la cual las ciudades se han convertido en focos de contaminación de las cuencas que las anidan Comisión Multisectorial (2012).

Más de 5 millones de ciudadanos no cuentan con agua potable y, en la propia capital de la República, más de 1 millón y medio de personas no tienen acceso a la red pública, por lo cual deben pagar por metro cúbico hasta diez veces más de los que sí tenemos conexión domiciliaria. El resultado es desastroso, como el propio Estado lo reconoce: solo las enfermedades transmitidas por el agua le cuestan al país 2300 millones de soles cada año CM (2012: 4). Así, la crisis del agua en nuestro país no es una proyección pesimista, sino una realidad cotidiana. Desde hace algunos años, el Estado se encuentra desarrollando un enorme esfuerzo normativo e institucional para afrontar esta situación. Prueba de ello son la creación y fortalecimiento de la Autoridad Nacional del Agua, su despliegue territorial y la promulgación y reglamentación de la nueva Ley de Recursos Hídricos (2009).

Es más, junto con los profesionales, organizaciones y usuarios más comprometidos con el buen manejo del recurso, el Estado plantea que la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) debe ser la piedra de toque de toda la nueva arquitectura técnica, institucional, normativa y social que necesitamos para manejar el agua.

Así, el Perú se ha sumado a la tendencia internacional (1990-) que procura superar los paradigmas de la «misión hidráulica» (1960-1970) y el de la gestión «racional» (1980-1990), los que caducaron, precisamente, por haber originado la situación que la aplicación de la GIRH debe revertir Van der Zaag (2008: 23-26).

El objetivo es lograr el balance entre equidad, eficiencia y sostenibilidad para conservar, usar y gestionar adecuadamente el agua. De ahí que la meta, al 2025, sea evitar el escenario de «Agua para Pocos» y alcanzar el de «Agua para Todos». Esto implica, bajo el nuevo paradigma, desterrar las visiones sectoriales. De ahí que se postule que «el agua es un recurso finito, vulnerable y esencial que debe ser manejado de manera integrada» y participativa debido a su valor multidimensional (sociocultural, económico y ambiental). En la actualidad, los discursos sobre la gestión integrada de los recursos hídricos están sólidamente asentados en el imaginario de usuarios, profesionales, académicos y funcionarios preocupados por la dramática situación de nuestras cuencas. Es más, se asume como una receta tecnocientífica que nos permitirá mejorar el manejo de los recursos hídricos, superar la fragmentación institucional, fomentar la participación de los usuarios en la gestión y, finalmente, espantar al fantasma del estrés hídrico.

Según Naciones Unidas (2005), el área metropolitana de Lima y Callao, es la zona desértica más grande después del Cairo.

Las reservas de agua son escasas, sin embargo, la gestión de este recurso es poco responsable.

La escasez se refleja en la poca capacidad de almacenamiento. Lima apenas llega a los 280 millones de metros cúbicos de reserva lo que representa un per cápita de 35 metros cúbicos. Esta cantidad permite dar servicio de agua en los meses en que no llueve. Según SEDAPAL:

“Los volúmenes del agua en los glaciares de las cuencas en el Perú según el inventario realizado por GTZ se ha reducido en 11 303 MMC (20.3%). De 55 641 MMC en 1962 a 44 337 MMC en 1997” (p.56).

Según la OGA:

“Existe un significativo crecimiento de la población urbana: 77% de 551 millones de su población total en América Latina (UNFPA, 2004). 75% de 28 millones en Perú (INEI, 2004) y 97.7 % de 7.6 millones de habitantes en Lima (INEI, 2007). Este fenómeno urbano se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes del nuevo siglo, después de la conservación de los bosques y su biodiversidad, y se considera el segundo gran desafío de la política y gestión del ambiente en América Latina y el Caribe” (p.27).

1.1.4. A NIVEL LOCAL

Según los reportes presentados por EMAPICA, la empresa del agua de Ica, en Noviembre del 2010, las reservas de agua subterránea con que cuenta Ica, durarán hasta el año 2020, ya que la napa freática, cada año baja un promedio de 10 m, motivo por el cual, en los últimos 10 años la napa freática ha descendido de 30 m hasta los 120 m y en el sector de Ocucaje hasta los 150 m.

Esto debido al uso indiscriminado que hacen del agua subterránea las compañías agroindustriales y el sector industrial, sobre todo la minería que diariamente consumen y contaminan aproximadamente medio millón de metros cúbicos.

Por otro lado y según la misma fuente, durante el uso doméstico del agua, diariamente se descarga a las alcantarillas municipales aproximadamente el 90 % del agua usada, es decir 2 000 m³ hora. Esta agua es la llamada agua residual de uso doméstico, la misma que se elimina a través de los ductos del desagua hacia el mar y en parte hacia las lagunas de oxidación, donde según EMAPICA.

“El proceso de recuperación es lenta y causa serios problemas ambientales en los alrededores, no solo por los olores que emana, sino por la proliferación de plagas y roedores, que no solo afectan a la población, sino también a los cultivos, los que llegan a los mercados sumamente contaminado”.

La urbanización la palma grande es una de las principales del consumo de agua dulce que luego de ser utilizada es descargada hacia la red del alcantarillado. Se considera que todos los domicilios consumen agua del subsuelo las 24 horas del día a diferencia de otras urbanizaciones o distritos que solo se abastecen por algunas horas. Últimamente frente al beneficio que se tiene del acceso al agua potable cada vez es más evidente el desperdicio del líquido elemento que luego de descargarlas al desagüe no se puede dar otra aplicación. Esto ha creado ciertos problemas de orden técnico para EMAPICA.

Es en este punto donde se propone el tratamiento con zeolita de estos efluentes para descontaminarlos y poder reutilizarlos, ahorrando de esta manera agua para otros usos.

1.2. DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitaciones

A. Espacial

Este trabajo se realizó en la Urbanización la Palma Grande, localizada en el distrito de Ica, Provincia de Ica, Departamento de Ica.

B. Temporal

La investigación se desarrolló en los meses de Abril a Agosto del año 2018.

C. Social

La presente investigación involucró a la población de la Urbanización La Palma Grande del Distrito de Ica.

1.2.2. Definición del problema

Una de las formas de solucionar el problema de las aguas residuales de manera masiva para las grandes ciudades es separar las aguas residuales domésticas de las aguas residuales industriales, a fin de darles por separado un tratamiento adecuado, en nuestro caso se empleó la zeolita para eliminar los contaminantes, como consecuencia de ello se obtuvieron aguas tratadas con menor cantidad de contaminantes químicos y microbiológicos y su implementación es posible ya que se cuenta con los medios adecuados.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema Principal

¿Qué impacto tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018?

1.3.2. Problemas Específicos

PE1 ¿Cómo las zeolitas reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018?

PE2 ¿De qué manera las zeolitas permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018?

PE3 ¿Qué características fisicoquímicas y microbiológicas tendrá el agua residual doméstica tratada con zeolitas en la urbanización la palma grande – Ica 2018?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar el impacto que tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

1.4.2. Objetivo Específicos

OE1 Determinar de qué manera las zeolitas reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

OE2 Establecer de qué manera las zeolitas permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

OE3 Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas en la urbanización la palma grande – Ica 2018.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico el presente estudio aportó nuevos conocimientos en el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que se empleó la zeolita como un medio filtrante, soportado en arena y grava en un tipo de filtro similar a los filtros lentos de arena, pero con características mucho más ventajosas para el filtrado de aguas que poseen una alta carga microbiana y propiedades fisicoquímicas totalmente diferentes a las aguas potables, con el fin de restablecer su calidad y hacerla apta para el uso agrícola, superando de esta manera las limitaciones que poseen otros métodos de tratamiento de aguas servidas que en nuestra región no cumplen con los estándares ambientales, tales como las lagunas de oxidación.

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos (especialmente Na, K, Mg y Ca), estructurado en redes cristalinas tridimensionales, tetraedros compuestos de SiO_4 y AlO_4 tipo nos unió vértices a través de átomos de oxígeno. Absorbente natural por su alto grado de hidratación. Excelente estabilidad en su estructura cristalina al deshidratarse. Su densidad es baja y conserva un gran volumen de vacíos al deshidratarse. Captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras. Sus propiedades de intercambio del catión neutralizan ciertos elementos.

Los canales moleculares uniformes se clasifican en orden al deshidratarse. Gran capacidad de absorción de gases y vapores Fungaro, (2012).

La zeolita reduce un poco la acidez del agua. Se requiere una menor cantidad de producto respecto a la arena silica por la porosidad y densidad. Posee una mayor superficie y porosidad. Produce una mayor claridad en el agua filtrada.

La zeolita es el medio filtrante más durable (más de 5 años) solo requiere de un simple retro lavado periódico para mantener su eficiencia y su desempeño, tiene una capacidad de flujo 4 veces superior a la de los medios filtrantes convencionales.

La zeolita incrementa el flujo en equipos con multimedia y sistemas de gravedad y presión comparado con los filtros de arena Lieven, (2006).

Las zeolitas permiten llevar a cabo el tratamiento de aguas de una forma más eficiente y económica que otros materiales conocidos para estos efectos.

Adicionando adecuadamente zeolitas naturales en sus diversas modificaciones catiónicas en los sistemas de filtración se puede alcanzar niveles de purificación de aguas bastante notables y lograr no solo la remoción de fosfatos, sulfatos y cloruros, sino también la eliminación de metales pesados. Al mismo tiempo se tiene incrementos en la actividad biológica (se reduce el número de bacterias coliformes y mesofilicas) mejora la eficiencia hidráulica (disminuye en dos veces la caída de la presión) se aumenta la remoción de materia orgánica.

Reducen la concentración de fósforo hasta niveles deseados, retienen la mayoría de sólidos suspendidos y de esta manera la DQO disminuye reduciendo la cantidad de coliformes, reduce considerablemente los olores sabores desagradables que provoca el agua contaminada Bekkum, (1991).

1.5.2. Justificación metodológica

Metodológicamente la investigación se basa en la filtración lenta, la cual es aplicada en un lecho poroso que para nuestro caso es la zeolita, que actúa con mayor eficiencia pero de la misma manera que la arena. En el filtro lento el agua percola a través del lecho poroso de zeolita, mejorando considerablemente sus calidades físico-químicas y biológicas. La remoción de impurezas es consecuencia de una combinación de procesos de naturaleza física, química y biológica.

Poco después de iniciarse la filtración, sobre la superficie libre del lecho de zeolita se forma una fina capa, que comúnmente se denomina membrana biológica. Esta membrana se convierte en un elemento importante del filtro.

Consiste básicamente de una cubierta gelatinosa con una gran variedad de microorganismos biológicamente activos que se alimentan de materia orgánica.

Ella reduce el tamaño de los poros de la parte superior del lecho filtrante mejorando la eficiencia del cernido de los sólidos suspendidos del agua. Con el transcurso del tiempo, la membrana crece por la retención de partículas y por la multiplicación biológica, aumentando, como consecuencia, la resistencia al paso del agua. Después de varias semanas o meses, esta resistencia llega a ser tan grande que reduce el flujo. Lo anterior hace necesario la remoción periódica de zeolita de la parte superior del lecho filtrante raspando unos dos centímetros cada vez.

Esta operación conlleva la remoción de gran parte de la membrana biológica. Esto implica que para asegurar la producción de agua de buena calidad microbiológica en forma continua se requiera de un número mínimo de dos (2) unidades de filtración, operando en paralelo.

El suficiente desarrollo de la membrana biológica, componente importante para el comportamiento de la unidad de Filtración Lenta toma algún tiempo. Por eso la remoción de bacterias en la etapa inicial es insuficiente y de débil espesor para su adecuada conformación. Para un filtro completamente nuevo este período de desarrollo o maduración puede requerir del orden de 5 a 30 días dependiendo de la temperatura, calidad del agua y condiciones de operación. El período de maduración después de una operación de raspado, es mucho más corto, siempre y cuando la unidad dure pocas horas fuera de servicio. En estas condiciones la unidad recuperará su eficiencia normalmente en menos de un día. En caso contrario, cuando el raspado toma mucho tiempo, la recuperación de la unidad será más lenta, limitando una adecuada operación del sistema de abastecimiento.

1.5.2. Justificación práctica

El presente trabajo se justifica desde el punto de vista práctico ya que propone el uso de una tecnología barata y que puede ser implementada en la región sin ningún problema ya que los implementos e insumos se producen y venden en la región.

Además, la implementación de este proyecto permitirá, disminuir la contaminación que generan las aguas residuales y el tratamiento inadecuado que resulta

de las técnicas usadas en las lagunas de oxidación, lo cual constituye una ventaja ecológica de suma importancia para Ica.

Por otro lado la aplicación de este proyecto permitirá ampliar la frontera agrícola de la zona y mejorar los ingresos de los campesinos, los mismos que actualmente ven reducidos sus ingresos debido a la falta de agua que no les permite cultivar sus parcelas. Por otro lado el ahorrar agua en los procesos industriales va a permitir ir recomponiendo paulatinamente la capacidad acuífera de la napa freática, con lo que se podrá en un mediano plazo recuperar en parte las reservas de este líquido elemento, lo que redundará a favor de la población y del agro de la región, ya que se podrá mantener en forma sustentable el agro aumentando la productividad de los campos y de las empresas agroexportadoras que actualmente cumplen una labor fundamental en el desarrollo de Ica.

1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es importante porque permite solucionar en parte el problema del abastecimiento del agua, en la medida que las aguas residuales tratadas deben ser destinadas al agro, disminuyendo el uso del agua subterránea en este sector, lo que aliviaría la situación actual de falta de abastecimiento en algunos sectores.

Las zeolitas, son minerales no metálico que abunda en la zona sur de la Región Ica, siendo su calidad muy buena y los métodos para su activación no significan gastos excesivos, sino más bien gastos muy reducidos, lo que le da una ventaja enorme sobre otros productos con similares propiedades que se encuentran en el mercado.

El empleo de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales generaría nuevos centros de trabajo donde se puede utilizar mano de obra calificada y no calificada, dándole a la población la oportunidad de tener un sueldo que les permita elevar su estándar de vida.

1.7. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Limitación Económica

Una de las limitaciones de mayor preocupación en el desarrollo de la investigación fue el costo de los análisis de las aguas residuales y las aguas tratadas, a nivel fisicoquímico. El costo de estos es elevado por lo que en lo posible se trató de hacer uno de cada uno de los parámetros.

1.7.2. Limitación Temporal

El tiempo para llevar a cabo el desarrollo de la investigación fue otro de los problemas que se tuvo que afrontar ya que las ocupaciones y las obligaciones diarias, limitaron un tanto el tiempo para dedicarse al trabajo de campo en la recolección de datos y muestras para los análisis.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DE LA INVESTIGACIÓN

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. INTERNACIONAL

Otero, N (2008) presentó su tesis de Grado: *Filtración de aguas residuales para reutilización*, al Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Química de la Universidad de La Laguna. España, en la que se llevó a cabo un estudio sobre la coagulación-filtración en lecho granular, como parte del tratamiento terciario del agua residual depurada, procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife, para ser reutilizada en riego agrícola mediante una compleja infraestructura encargada de transportar, almacenar y distribuir el agua depurada a explotaciones agrícolas del sur de la isla. En un primer término, se han optimizado diferentes condiciones de operación y tipo de coagulantes, mediante pruebas de Jar Test, para luego ser utilizados en el proceso de filtración.

En segundo lugar, se han seleccionado los mejores coagulantes para su aplicación a un filtro piloto utilizar, para poder determinar las mejores condiciones de filtración y mejorar la calidad del efluente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

En tercer lugar, se han realizado experimentos de filtración con “Pumita”, como material filtrante autóctono, dadas sus características porosas y la abundancia del mismo.

Franco, M. (2006) presentó su tesis: *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación*, Chile. Cuyo objetivo principal es aportar una herramienta para mejorar la eficiencia del uso del agua potable en Chile, introduciendo el tema de reutilización de aguas residuales, como un medio para disminuir la demanda de agua potable. Durante la elaboración de este trabajo se efectuó investigación de estudios internacionales en: caracterización de las aguas, tratamientos, usos posibles, riesgos entre otros. El proyecto de tratamiento propuesto en base a filtros de arena y zeolita, se insertó en un proyecto hotelero en Calama, se procuró que éste fuese aplicable a diversos casos. Durante el diseño del sistema de tratamiento se efectuó una simulación de éste en laboratorio, a fin de comprobar su efectividad de purificación. Los resultados del análisis de calidad de agua, obtenida de la simulación, fueron positivos en relación a normas internacionales y la norma NCh 1333, a excepción del sodio, esto debido a la alta concentración en el agua potable de Calama.

2.1.2. NACIONAL

Baca, M. (2012) presentó su tesis: *Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes*, en el distrito de San Juan de Marcona, a la Universidad Nacional del Callao, la cual tuvo como objetivo demostrar la capacidad remocional de los Humedales Artificiales con lecho de bentonitas, frente a los efluentes domésticos, generados en el distrito de San Juan de Marcona, (SJM), y su reutilización para el riego de áreas verdes.

Para demostrar la hipótesis de investigación, hubo la necesidad de construir un Humedal piloto, el mismo que previamente fue validado para utilizarse en las pruebas experimentales, esta unidad se construyó y operó en las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao, utilizándose los efluentes generados en la ciudad universitaria, en razón, de que por sus características estos son similares a los domésticos. Durante las pruebas de evaluación, para el caso de la DBO5 se obtuvo una remoción del orden de 90.71%, (salida 13 mg/L), los SST removidos alcanzaron una remoción de 90.90%, (salida 10.7mg/L), los Nitratos removidos alcanzaron el 50.06%, (salida 8.0 mg/L), mientras los Fosfatos removidos fueron del orden de 94.50%, (salida 0.50 mg/L), para el caso del Hierro se removió 90.30%, logrando un residual en el efluente de 0.6 mg/L, la remoción de los organismos patógenos, caso de los Coliformes Fecales alcanzó una remoción del orden de 99.99%, en todos los casos se cumplió con las exigencias de los Límites Máximos Permisibles de la Clase III, de agua para su reutilización en el riego de áreas verdes.

Lovera, D y et al (2010) presentaron su tesis: *Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales*, en la comunidad urbana de Lacabamba, Región Ancash, Perú; Usando tecnologías de humedales artificiales, en la que buscan implementar y evaluar un sistema integral de manejo de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba mediante el uso de sistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas servidas y su reutilización en un biohuerto comunal, como una tecnología innovadora y limpia para reducir la contaminación de las fuentes superficiales de agua, proteger la salud de los habitantes y así poder evitar el deterioro del medio ambiente.

Como resultados se obtuvo que el humedal artificial demostró tener una buena capacidad para eliminar sólidos en suspensión por filtración por parte del suelo. Con respecto a la remoción de la DBO₅, a pesar que se obtuvo una remoción del 48% al inicio de la operación de sistema y se espera que con el tiempo esto mejore.

2.1.3 LOCAL

EMAPICA S.A (2006) *Informe Final Version 2 “Plan Maestro Optimizado.”* Ica, Perú.

Se desarrolló con el objetivo de formular, ejecutar y evaluar los planes y programas a largo y mediano plazo elaborados por la empresa. Garantizando las fuentes y la calidad de abastecimiento de agua potable y alcantarillado acorde con el crecimiento demográfico de las zonas urbanas y peri-urbanas de la ciudades de ICA, PALPA, PARCONA Y LOS

AQUIJES, acorde con los lineamientos de política del PLAN NACIONAL DE SANEAMIENTO 2006-2015, tanto en el aspecto técnico, económico, ambiental, y social, para cada una de las localidades correspondientes.

Debido a la antigüedad del tipo de tuberías, la poca pendiente que trae como consecuencias tener velocidades de sedimentación se acumularon sólidos que hizo que las tuberías de CSN solo trabajen en muchos casos a una cuarta parte de su capacidad, lo cual promueve la formación de ácido sulfhídrico (H₂S) que causa la corrosión de las tuberías, así como constantes atoros en las redes y el colapsamiento de estas en muchos tramos de la red de desagüe como son los colectores secundarios de las zonas de La Palma. EMAPICA S.A cuenta con un sistema de tratamiento final a los desagües, lagunas de estabilización facultativa y anaerobia, las cuales tratan el desagüe producidos en la ciudad.

Para alcanzar esta meta se realizó la ejecución de una serie de obras, con las cuales se consiguió reforzar el sistema de alcantarillado, de tal manera que se pudo cubrir las necesidades que se presentó durante el período de estudio. Es por esto que el sistema propuesto planteó principalmente obras de rehabilitación y ampliación de las redes primarias y secundarias y la implementación de una cámara de bombeo de desagües.

De La Cruz, A (2017) presentó su tesis *Diseño de un filtro de zeolita y carbón activo para eliminar sólidos suspendidos y carga orgánica en*

las aguas residuales a reutilizarse en el proceso de producción de espárrago, investigación que se basa en el empleo de nuevas tecnologías que permitan minimizar el daño al medio ambiente y la recuperación de los recursos hídricos para reutilizarlos en el proceso, lo que justifica desde el punto de vista de la tecnología química y la ingeniería ambiental al presente estudio.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1. Aguas residuales

A. Definición

Según Parra:

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias”.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

B. Clasificación de las aguas residuales

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

DOMÉSTICAS

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

INDUSTRIALES

Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

INFILTRACIÓN Y CAUDAL ADICIONALES

Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

PLUVIALES

son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

C. Contaminación de las aguas residuales

Según la Carta Europea del Agua, en su artículo quinto, dice: "La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciendo impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural".

D. Tipos de contaminación

En términos generales, al hablar de la contaminación se puede decir que existen dos grandes grupos:

La contaminación provocada por causas naturales o geoquímica.

La Contaminación provocada como consecuencia de la actividad del hombre, ya sea de origen industrial o de origen urbano.

En ambos grupos, tanto una como otra dan lugar a alteraciones físicas, químicas o biológicas del agua, haciéndola en muchos casos inservible para determinados usos. Según el tipo de alteración producida, se clasifican los contaminantes en: físicos, químicos y biológicos.

✓ **Contaminantes que alteran los caracteres organolépticos del agua.**

COLOR

El color de un agua puede ser de origen natural o por contaminación. Todas las aguas presentan una tonalidad variable dependiendo de muy diversas circunstancias. Esta tonalidad más o menos acusada es el color del agua, que tiene su origen en

causas internas o en causas externas. Las primeras, son debidas a los materiales disueltos y a los suspendidos en el mismo agua, y las segundas, tienen su origen en la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda.

Las aguas residuales urbanas cuando son frescas son grisáceas, oscureciéndose a medida que pasa el tiempo hasta convertirse en negras. Las industriales dependerán del tipo de fabricación, materias primas, procesos, etc.

OLOR

El olor presente en el agua puede ser debido a la presencia en la misma de compuestos químicos (fenoles, cloro), materias orgánicas en descomposición (desprendimiento de gases) o bien a ciertos organismos vivos (algas, hongos, etc). Como dice Parra:

“Una característica del olor es que cantidades muy pequeñas pueden originar grandes olores” (P.36)

Las aguas residuales urbanas cuando son frescas no presentan olores, sólo a medida que transcurre el tiempo aumenta el olor por desprendimientos de gases tales como el sulfhídrico o metano originados por descomposición anaerobia. En las aguas industriales el olor dependerá de los compuestos presentes en los procesos. En las aguas naturales, si existe olor es debido a la presencia de descomposiciones de productos naturales (el desove de peces).

SABOR

Para aguas residuales urbanas e industriales, este contaminante no se tiene en cuenta, dado que estas aguas no son aptas para el consumo. Su efecto sobre el medio receptor es la transmisión de sabor a la fauna acuática o al agua utilizada aguas abajo.

GRASAS Y ACEITES

Se consideran sólo aquellas que están en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral. Mención especial dentro de estos últimos, son los derivados del petróleo (su presencia en colectores y por evaporaciones dan lugar a atmósferas explosivas y/o tóxicas).

Al ser compuestos que no son solubles en el agua y con menor densidad que ella (tensión superficial), originan casi siempre emulsiones, interfases o una capa superficial de gran extensión a pesar de estar en pequeñas cantidades. Su efecto sobre el medio receptor es además de perjudicial, estético; impregnando vegetales y animales (peces, aves, etc.) e impidiendo la fotosíntesis, respiración y transpiración. Es decir, se interfiere la actividad biológica formándose una barrera que impide la transferencia de oxígeno desde la atmósfera a la masa de líquido.

ESPUMAS

La aparición de espumas en un cauce receptor es un efecto producido por la presencia de otros contaminantes, que originan una

disminución de la tensión superficial. En las aguas residuales urbanas, las espumas son debidas a la presencia de proteínas y detergentes. En las industriales, por tensoactivos, salinidad y alcalinidad elevada, partículas sólidas finas, etc. El efecto de las espumas sobre el medio receptor es además de dificultar la transferencia de oxígeno y provocar una reducción de la fotosíntesis, el hecho de que inhibe la autodepuración natural al actuar sobre los microorganismos.

TEMPERATURA

Tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se desarrollan en el seno del agua como, por ejemplo, en la solubilidad de los gases y de las sales, así como en las reacciones biológicas, que tienen una temperatura óptima para poder realizarse. Una temperatura elevada implica la aceleración de la putrefacción, y por tanto, un aumento de la demanda de oxígeno; paralelamente, disminuye la solubilidad de éste. Las aguas residuales presentan mayor temperatura que las naturales. Las urbanas están en torno a 15 °C y las industriales dependerán del tipo de proceso utilizado y del volumen de agua. Su efecto principal sobre el medio receptor como consecuencia de elevar la temperatura del agua es la disminución de la solubilidad del oxígeno en la misma, provocando alteraciones tanto químicas como biológicas que originan la desaparición de unas especies (salmónidos) en favor de otras (hongos).

RADIATIVIDAD

Todas las aguas presentan una determinada radiactividad natural, como consecuencia de la presencia de los isótopos de los elementos. Este tipo de contaminación tiene su origen en aguas procedentes de hospitales, centros de investigación farmacéuticos, centrales nucleares, etc.

SÓLIDOS

Se puede definir como SÓLIDO todo aquel elemento o compuesto presente en el agua y que no es el agua. Se clasifican en sólidos filtrables y sólidos en suspensión según pasen o no a través de un filtro; los términos de fijos y volátiles se asocian con inorgánicos y orgánicos respectivamente. Los sólidos en suspensión y/o coloides (partículas cargadas eléctricamente) incrementan la turbiedad del agua, y la de los sólidos disueltos, la salinidad del medio.

PH

El valor de este parámetro es importante para determinar la calidad de un agua residual, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos biológicos corresponde a un intervalo estrecho y crítico no existiendo vida fuera del mismo por desnaturalización de las proteínas de los seres vivos. Es de señalar que por variación del pH, el agua puede convertirse en corrosiva respecto a los metales, o bien compuestos estables presentes en la misma pueden convertirse en tóxicos.

Las aguas residuales urbanas son ligeramente alcalinas. En las industriales, dependerá de los productos fabricados, materias primas, etc.

NITRÓGENO Y FÓSFORO

Ambos elementos en forma de sales son esenciales para la vida, ya que entran a formar parte en la estructura de las proteínas. Su presencia en los procesos biológicos es de 45 gramos de Nitrógeno y 5 gramos de Fósforo por cada Kilogramo de DBO eliminada. En las aguas residuales urbanas ambos elementos son muy abundantes, proceden de las heces humanas y de los detergentes. Si estas aguas urbanas son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de NITROGENO ORGANICO (urea y compuestos proteínicos), pasando posteriormente a forma AMONIACAL por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza, por oxidación se obtendrán primero NITRITOS, y a continuación, éstos pasarán a NITRATOS.

Su efecto principal sobre el medio receptor es lo que se conoce con el término de “EUTROFIZACIÓN” del cauce, o lo que es lo mismo, un crecimiento desmesurado de las algas.

TÓXICOS

Determinados elementos o compuestos químicos presentan un cierto grado de toxicidad, de gran importancia por las implicaciones que su presencia en el vertido ocasionan,

produciendo distintos grados de efectos: inmediatos, crónicos, subcrónicos, latentes, etc.

Dentro de los cationes destacan por su toxicidad, los metales pesados: Cobre, Mercurio, Cromo, Cadmio, Zinc, Níquel, Hierro, Manganeseo, Plomo, Arsénico, debido a sus problemas de bioacumulación a lo largo de la cadena alimentaria.

Entre los aniones, se encuentran: cianuros, cromatos, fluoruros, etc. Igualmente, existen otros compuestos que habría que considerar porque poseen una toxicidad elevada como son los plaguicidas, fungicidas, bactericidas.

✓ **Contaminantes que alteran la calidad microbiológica del agua.**

VIRUS

Hay una gran variedad de virus que pueden estar presentes como organismos patógenos en las aguas residuales urbanas. Los virus procedentes del intestino suelen pasar a las heces humanas.

Estos virus excretados pueden sobrevivir durante varias semanas en el medio ambiente, especialmente si las temperaturas son frías (menores de 10 ° C). Se sabe que algunos virus pueden vivir hasta 41 días en el agua o agua residual a 20 ° C y hasta 6 días en un río.

Los grupos de virus más importantes a tener en cuenta son:

- ENTEROVIRUS (Poliomelitis)
- ADENOVIRUS
- HEPATITIS A

- REOVIRUS
- ROTAVIRUS (Diarrea)

BACTERIAS

Las heces de las personas sanas contienen gran cantidad de bacterias de una enorme variedad de especies. Las bacterias penetran en el ser humano fundamentalmente a través de la ingestión, pero otras lo hacen a través de las vías respiratorias por inhalación de aerosoles o a través de los ojos.

Cada persona evacua por día de cien mil a cuatrocientos mil millones de estos organismos, destacando por su elevado número las bacterias en forma de bastoncillo -conocidas como Coliformes. Éstas al ser tan numerosas- son fáciles de determinar en aguas contaminadas y sirven como indicador. Su presencia en el agua se considera como una indicación de la presencia de posibles organismos patógenos, y su ausencia indica un agua libre de microorganismo causantes de enfermedades. Se utilizan como indicadores de contaminación fecal. Los más utilizados son:

- El coliforme fecal "ESCHERICHIA COLI" y
- Las bacterias anaerobias "CLOSTRIDIUM", "BACTEROIDES" y "BIFIDOBACTERIUM".

E. Efectos de la contaminación

Los efectos nocivos que la contaminación de aguas produce son numerosos y variados, destacando entre otros por la importancia que tiene para la vida y el hombre:

- Propagación de ENFERMEDADES.
- Acción TOXICA y CARCINOGENICA.
- Incidencia sobre la producción de PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
- Reducción de las posibilidades de su EMPLEO INDUSTRIAL y AGROPECUARIO.
- Limitación sobre el uso del agua con FINES RECREATIVOS.

Las aguas residuales, tanto las de origen industrial como las de origen urbano, al verterlas al cauce de un río provocan una alteración en los equilibrios físico-químico y biológico del agua. Ahora bien, si éste agua que se vierte ha sido previamente tratada o depurada, el daño que producirá será menor que la que se vierte cruda y tanto menor cuanto más completo haya sido el tratamiento. El grado de tratamiento debe estar de acuerdo con las características reológicas del cauce receptor, y teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Relación de caudales entre el cauce receptor y el vertido.
- Estado de las aguas del río antes de recibir el vertido.
- Características del cauce receptor en los kilómetros posteriores al vertido (pendiente del río, presencia de cascadas que facilitarán la aireación natural).
- Posibilidad de otros vertidos aguas abajo.
- Posibilidad de tomas de agua cerca del punto de vertido.

Flores y otros sostienen que:

“En relación con todo esto, es muy importante el conocimiento de las Constantes de Des-oxigenación y Re-oxigenación, para poder saber en todo momento la carga contaminante que el río puede admitir sin llegar a sufrir un desequilibrio biológico irreversible” (p.89)

La contaminación de las aguas provoca una sucesión de acontecimientos indeseables fáciles de observar en un río, donde cada conjunto de estos tiene lugar en una zona determinada - variable de unos días a otros- pero bien definida en el tiempo, que se puede controlar y medir desde el punto donde se realizó el vertido del agua residual que originó la contaminación.

- A niveles altos de concentración el contenido en SS es del orden de 350 ppm y el contenido en DBO5 de 300 ppm.
- A niveles medios de concentración el contenido en SS y en DBO5 es de 200 ppm.
- A niveles bajos de concentración el contenido en SS y en DBO5 es de 100 ppm.

F. Tratamiento de aguas residuales

✓ Proceso primario

TAMIZAJE

El agua de desecho que entra a la planta de tratamiento, contiene madera, rocas, y aún animales muertos. A menos que todo esto sea removido, pueden llegar a causar problemas posteriores en el

proceso del tratamiento. La mayor parte de estos materiales son usados como rellenos de vacíos en superficies de la tierra.

BOMBEO

El sistema de las aguas de desecho se apoya en la fuerza de la gravedad para llevar fuera de las casas el drenaje hasta la planta de tratamiento de aguas. Por lo tanto, las instalaciones de tratamiento de aguas de desecho se localizan en áreas que tienen niveles más bajos, frecuentemente cerca de ríos en donde el agua ya tratada, es devuelta al ambiente. Si la planta se construye más alta del nivel de la tierra, el agua de desecho tiene que ser bombeada hacia los tanques de aeración. Desde aquí, la gravedad empieza su trabajo y lleva el agua de desecho a través de todo el proceso de tratamiento.

AERACIÓN

Uno de los primeros pasos que la planta de tratamiento de aguas hace, es agitar el drenaje y exponerlo al aire. Esto causa que algunos de los gases disueltos (tales como sulfuro de hidrógeno, el cual huele como huevos podridos) que tiene un sabor y olor nauseabundo, se desprendan del agua. Posteriormente, el agua de desecho entra a una serie de largos y paralelos tanques de concreto. Cada tanque se divide en dos secciones. En la primera sección, se bombea aire a través del agua.

REMOCIÓN DEL LODO

Posteriormente, el agua de desecho entra a la segunda sección, que son los tanques de sedimentación. Aquí, el lodo (la porción orgánica del drenaje) se asienta y es bombeada afuera de los tanques. de esta agua es removida en un proceso llamado "espesar" y el lodo se deposita en tanques llamados que flores y colaboradores llaman: "*digestores*". Flores E García F, Flores E, Núñez M, Gonzáles R, Bello- Pérez L, 82004)

REMOCIÓN DE LA ESCORIA

Cuando el lodo se asienta en el fondo de los tanques de sedimentación, materiales más ligeros flotan en la superficie. Esta "escoria" incluye grasa, aceites, plásticos y jabón. Rastrillos que van pasando lentamente sobre la superficie de estos tanques, quitan la escoria de las aguas de desecho. Esta escoria se "espesa" y se bombea dentro de los "digestores" junto con el lodo.

Muchas ciudades usan también filtración en el tratamiento del drenaje. Después de que los sólidos se remueven, el líquido se filtra a través de una sustancia, usualmente arena, movido por a la acción de la gravedad. Este método expele casi todo tipo de bacteria, reduce lo turbio y color del agua, quita los olores, reduce la cantidad de hierro y remueve la mayor parte de partículas sólidas que permanecen en el agua. Algunas veces el agua se filtra a través de partículas de carbón, que remueven las partículas orgánicas. Este método también se usa en algunos hogares.

DESINFECCIÓN

Finalmente, el agua de desecho fluye hacia un tanque de "contacto con cloro," en donde se agrega cloro para matar la bacteria, la cual puede presentar un riesgo para la salud, igual como se hace en las albercas. El cloro se elimina casi totalmente después de que la bacteria es destruida, pero algunas veces es necesario neutralizar el cloro agregando otros químicos. Esto protege a los peces y otros organismos marinos, los cuales pueden ser dañados aún con cantidades pequeñas de cloro. El agua tratada (llamada efluente) se descarga posteriormente a un río cercano o al océano.

TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

Otra parte del método del tratamiento de aguas de desecho, la integra el manejo del material de desecho sólido que queda al final.

Estos sólidos se guardan entre 20 y 30 días en grandes tanques de calentamiento llamados "digestores". Aquí, el desecho sólido es "digerido" por la bacteria reduciendo su volumen, olores y removiendo los organismos que pueden ser portadores de enfermedades. Este producto terminado se envía finalmente a las áreas de superficies vacías para ser usado como relleno, aunque algunas veces se usa como fertilizante.

✓ Coagulación y floculación

GENERALIDADES

El tratamiento de agua puede subdividirse en cuatro etapas: clarificación, desinfección, acondicionamientos químico y organoléptico. En este trabajo se pretende explicar la etapa de clarificación, la cual consiste en la eliminación de partículas finas. Se subdivide en coagulación, floculación y sedimentación y/o filtración.

Para Gonzalez S, Valdivia C

“El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas. Desde el punto de vista físico se puede hablar que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides. En general los coloides no tienen un límite fijo de tamaño y se suelen estudiar bajo un enfoque fisico-químico desde el punto de vista de sus propiedades. Un material coloidal puede tardar 755 días en sedimentar por tanto es importante cambiar esta condición”.

Para comprender mejor el estudio del proceso de clarificación del agua se introduce el concepto de turbiedad. Se entiende por turbiedad a la propiedad óptica de una muestra de diseminar y absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta. Existen dos tipos de equipos para medir turbiedad. En la primera clase de equipos están el turbidímetro de aguja de platino y la bujía de Jackson, los cuales son aptos para medir turbiedades altas.

En la segunda clase de equipos está el turbidímetro Hach, que se utiliza para medir turbiedades bajas (nefelometría). Además de turbiedad es posible también definir color. Se habla de color aparente si no se ha removido la turbiedad y de color verdadero del agua en caso contrario. En general el color se determina con tubos Nessler.

El color del agua se debe principalmente a materia orgánica o minerales en suspensión o en estado coloidal. En general las sustancias liofílicas son responsables de la coloración del agua.

En cuanto a los coloides, se pueden clasificar en el rango de tamaño entre 1 μ a 1000 μ mediante un microscopio electrónico.

Los coloides se pueden clasificar según varios aspectos. Pueden considerarse liofílicos si se estabilizan con capas de hidratación o bien liofóbicos si presentan repulsión por el solvente y por tanto son más inestables. También pueden clasificarse según sea su duración en Caduco (cambian rápidamente) o Diuturno (larga duración). Del punto de vista de la química hay dos clases: orgánicos o inorgánicos. Según sea el tipo de aglomerado que conforman se clasifican en moleculares (polímeros) y en miscelares.

Por último bajo un punto de vista de su forma, se puede decir que los cilíndricos son más propensos a aglutinarse que los esféricos o poliédricos.

COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

La Coagulación y Floculación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua.

Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar.

La coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas.

La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto. Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.

Para la EPA:

“El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico (coagulante) en agua, originando productos insolubles. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundo” (p.42)

✓ **Desinfección de aguas residuales**

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades.

MEDIOS DE DESINFECCIÓN

La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua.

Compuestos químicos para la desinfección del agua:

- Cloro (Cl_2)
- Dióxido de Cloro (ClO_2)
- Hipoclorito (OCl^-)
- Ozono (O_3)
- Halógenos: Bromo (Br_2), Iodo (I)
- Cloruro de Bromo (BrCl)
- Metales: cobre (Cu^{2+}), plata (Ag^+)
- Permanganato potásico (KMnO_4)
- Fenoles
- Alcoholes
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de Hidrogeno
- Distintos ácidos y bases

✓ **Medios físicos para la desinfección del agua:**

- Luz Ultravioleta (UV)

- Radiación electrónica
- Rayos Gamma
- Sonido
- Calor

MECANISMO DE LA DESINFECCIÓN

La inactivación química de los contaminantes microbiológicos en agua natural o no tratada es normalmente uno de los pasos finales de la purificación para la reducción de microorganismos patógenos en el agua. La combinación de diferentes pasos para la purificación del agua (oxidación, coagulación, sedimentación, desinfección, filtración) se utiliza para la producción de agua potable y segura para la salud. Como medida adicional en muchas plantas de tratamiento utilizan un método secundario de desinfección del agua, para evitar y proteger las aguas de la contaminación biológica que se pudiera producir en la red de distribución. Normalmente se utilizan un tipo de desinfectante diferente al que se utilizó en el proceso de purificación durante etapas previas.

Según González S, Valdivia C:

“El tratamiento secundario de desinfección asegura que las bacterias no se multiplican en el sistema de distribución del agua. Esto es necesario porque las bacterias pueden permanecer en el sistema y en el agua a pesar de un tratamiento primario de desinfección, o pueden aparecer posteriormente durante procesos de retrolavado o por mezcla de aguas contaminadas (ej. por inclusión de bacterias en las procedentes de aguas subterráneas

que se introducen debido a grietas en el sistema de tuberías o distribución)” (p.103)

La desinfección normalmente provoca la corrosión de la pared celular de los microorganismos, o cambios en la permeabilidad de la célula, cambios en la actividad de protoplasma celular o actividad enzimática (debido al cambio estructural de las enzimas). Estos problemas en la célula evitan la multiplicación de los microorganismos. Los desinfectantes también provocan la oxidación y destrucción de la materia orgánica que son generalmente nutrientes y fuente de alimentación de los microorganismos.

✓ **Coagulantes no metálicos**

POLIELECTROLITOS

Al inicio de la década de los 70 de este siglo, en varios países latinoamericanos se adoptó la tecnología de tratamiento de agua potable para países en vías de desarrollo. Estos nuevos procedimientos han eliminado casi en su totalidad la utilización de sistemas electromecánicos, en los procesos unitarios para dar paso exclusivamente a los sistemas hidráulicos dentro de esta nueva concepción, también se propuso la utilización de coagulantes naturales de cada región que pudieran en parte o en su totalidad, disminuir el consumo de los reactivos químicos importados.

Cabe señalar que tanto en los Estados Unidos como en América Latina se está utilizando polímeros sintéticos en la clarificación del agua.

Sin embargo la toxicidad de los polielectrolitos sintéticos debe investigarse y someterse a un exigente control de calidad, pues a veces los monómeros utilizados en la producción de polímeros son tóxicos. En cambio la toxicidad de los polímeros naturales es por lo general mínima o nula; pues se les usa en muchos casos como comestibles. De lo anterior se desprende la importancia del desarrollo de esta línea de investigación, obteniéndose resultados satisfactorios en esta primera etapa.

La revisión de los aspectos teóricos de las sustancias naturales que se plantea en la investigación del coagulante natural alternativo, específicamente la obtención, preservación y aplicación de los polisacáridos de la Tuna *Opuntia ficus* como coagulante y/o ayudante de coagulación en agua superficial de alta turbiedad y alta alcalinidad. Miembros importantes de los carbohidratos son los azúcares, las dextrinas, los almidones, las celulosas, las hemicelulosas, las pectinas y ciertas gomas. Químicamente, los carbohidratos contienen sólo los elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno. A manera de ejemplo, la glucosa y otros azúcares más sencillos con 6 átomos de carbono, 12 átomos de hidrógeno y 6 átomos de oxígeno y de estructura anular.

La diferencia radica en la disposición del oxígeno y del hidrógeno alrededor del anillo la cual basta para originar diferencias en la solubilidad, dulzura y otras propiedades de los azúcares. No obstante los carbohidratos han sido preparados en el laboratorio, pero el costo es elevado y por lo tanto el hombre recurre a la naturaleza para obtenerlos.

Los polisacáridos se pueden considerar como polímeros de condensación en los que los monosacáridos o sus derivados se unen glicosídicamente con eliminación de agua. Así, la hidrólisis completa de los polisacáridos sólo da monosacáridos o sus derivados. La mayoría de estos compuestos se encuentran en la naturaleza con peso molecular elevado y generalmente contienen de cientos a miles de unidades de monosacárido. El término de polisacárido se aplica a los compuestos que contengan 10 o más unidades de monosacárido. Cuando las cadenas que forman el polímero poseen gran cantidad de grupos funcionales iónicos, se le llama polielectrolito. En su estado natural los polisacáridos se suelen depositar en los tejidos junto con otras muchas sustancias, y por ello se presentan en formas de mezclas. En algunos, la pureza es muy alta; en la fibra del algodón, la celulosa constituye 98% de la sustancia seca. Algunas gomas vegetales son carbohidratos casi puros. La presencia de los polisacáridos en forma de mezclas íntimas con otros polisacáridos y productos biológicos hace difícil la separación y purificación de un polisacárido determinado. Las moléculas no sólo están entrelazadas o cubiertas por las de la otra especie, sino que a veces están ligadas por enlaces secundarios fuertes.

✓ **Desinfectantes naturales**

DEFINICIÓN

Según Jahn SAA, Dirar H:

“Se denomina en este trabajo desinfectante natural a la sustancia compuesta por la combinación sinérgica de principios activos extraídos de productos vegetales así como metabolitos ácidos de microorganismos benéficos. Los principios activos de la composición incluyen ácidos orgánicos naturales, alcaloides asociados a agentes estabilizantes y tensioactivos, reguladores de pH para lograr una mayor penetración y efecto residual”

MECANISMO DE ACCIÓN

Los desinfectantes naturales actúan a nivel de membrana celular, enzimas y ácidos nucleicos de los microorganismos, a su vez reacciona con grupos carboxilo, sulfidrilo y amino de las proteínas y ácidos nucleicos que son desnaturalizados. La presencia de un tensoactivo como la saponina, actúa sobre la materia orgánica y membrana celular microbiana, facilitando la penetración de los demás componentes microbicidas, alterando la arquitectura celular y provocando la muerte del microorganismo patógeno.

PROPIEDADES

Desinfectante natural tienen las siguientes propiedades:

- Es cien por ciento natural
- No corrosivo
- Es biodegradable
- Actúa como un antioxidante natural No deja residuos ni se acumula en el organismo animal
- No deja residuos tóxicos en el medio ambiente

- No pose efecto teratogénico ni mutagénico.
- No se descompone en condiciones normales de almacenamiento.

VENTAJAS

- Amplio espectro de acción: bacterias gram positivas, gram negativas, bacterias esporógenas, hongos, levaduras y virus.
- Rápida acción y prolongado efecto residual
- Alto grado de estabilidad.
- Usado a dosis adecuada, elimina la formación de concreciones calcáreas en las tuberías (caliche)
- Excelente solubilidad, no forma precipitados en la solución final ni en su forma concentrada.
- Actúa eficazmente en presencia de materia orgánica

2.2.2. Zeolitas

La palabra "zeolita" palabra deriva del griego "zeo" hiervo y "litos" piedra por la propiedad de estos minerales a fundir con marcada intumescencia. Las zeolitas son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 3 a 10 angstrom. Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. Existen varios tipos de zeolita, nueve principales, y que surgen en las rocas sedimentarias: *Chabasita, Pentasil, Mordenita, Natrolita, Filipsita, Huelandita, Laumantita, Faujasita, Laumontitas* Breck, D.W. (2014).

Las zeolitas, debido a sus poros altamente cristalinos, se consideran un tamiz molecular, pues sus cavidades son de dimensiones moleculares, de

modo que al pasar las aguas duras, las moléculas más pequeñas se quedan y las más grandes siguen su curso, lo cual permite que salga un líquido más limpio, blando y cristalino.

Su estructura cristalina está formada por tetraedros que se reúnen dando lugar a una red tridimensional, en la que cada oxígeno es compartido por dos átomos de silicio, formando así parte de los minerales tectosilicatos.

La zeolita tiene poros de dimensiones moleculares, por las cuales, pasa agua Chutia, Kato, Kojima, Satokawa, (2009).

Las *zeolitas* son minerales secundarios originados por la acción lixiviante de aguas termales sobre feldespatos o feldespatoides. Es un mineral índice de zonas metamórficas de grado muy bajo, definiendo la llamada "*facies zeolítica*" Hurburt, (2012).

Las zeolitas son tectosilicatos y constituyen el mayor grupo de esta categoría; constan de un andamiaje de tetraedros SiO_4 , que es el esqueleto de la estructura cristalina. Esta estructura es menos compacta que la de los feldespatos por ejemplo. En los huecos abiertos de la estructura se introducen las moléculas de agua sin participar en la cohesión de la red; se trata del "agua zeolítica", y por eso las zeolitas forman espuma al calentarse. A esta propiedad se debe su nombre: "piedra que hierve"; del griego, *zeo*: hiervo, y *lithos*: piedra.

En M.G. Friedel (2006) en un artículo del boletín de la sociedad francesa de mineralogía y cristalografía titulado "Sobre algunas propiedades nuevas de las zeolitas", comentaba:

“Además, y ése es el hecho importante, esta agua no tiene ningún papel en la estabilidad de la red (cristalina) y se puede eliminar sin que [la red] se destruya. Su papel químico en la molécula es nulo. Parece impregnar a la red como a una "esponja". Esto es lo que los experimentos siguientes me parecen establecer claramente.

Si se deshidrata un cristal grande de chabasita y] se rocía con unas cuantas gotas de agua, dicho cristal frío rechina y cruje violentamente, se vuelve polvo por el efecto de la súbita dilatación y la reacción se acompaña de una emisión de calor considerable, muy notable aun al tacto, y que se puede poner en evidencia con el termómetro más rudimentario. No creo que este hecho, muy curioso y fácil de comprobar, se haya señalado anteriormente. Por otro lado, si el cristal se expone al aire húmedo, recupera su estado inicial” (p.71).

Sabemos que las zeolitas son porosas, verdaderas esponjas, como dice Friedel, y por lo tanto se impregnan de agua. Es esta porosidad, usualmente ocupada por moléculas de agua, la que les confiere a las zeolitas las propiedades notables que iremos descubriendo. Por ahora digamos que las zeolitas son cristales tectosilicatos porosos en los cuales la relación entre el número de átomos de oxígeno (**z**) y los átomos de aluminio (**x**) y de silicio (**y**) es dos, o sea:

$$z/(x+y)=2$$

FIGURA 1
CLASIFICACIÓN DE ALGUNAS ZEOLITAS

		Volumen de poro*
<i>Grupo de las analcimas</i>		
Analcimas	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Wairakita	$\text{Ca}_8 (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.18
Leucita	$\text{K}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96})$	0
<i>Grupo de las natrolitas</i>		
Natrolita	$\text{Na}_{16} (\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.21
Edingtonita	$\text{Ba}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) 6\text{H}_2\text{O}$	0.35
Thomsonita	$\text{Na}_4\text{Ca}_8 (\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.32
<i>Grupo de las filipsitas</i>		
Filipsita	$(\text{K},\text{Na})_5 (\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{52}) 10\text{H}_2\text{O}$	0.30
Garronita	$\text{NaCa}_{2.5} (\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}) 14\text{H}_2\text{O}$	0.41
Gismondina	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.47
<i>Grupo de las heulanditas</i>		
Heulandita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.35
Clinoptilolita	$\text{Na}_6 (\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.34
Estilbita	$\text{Na}_2\text{Ca}_4 (\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) 32\text{H}_2\text{O}$	0.38
<i>Grupo de las mordenitas</i>		
Mordenita	$\text{Na}_8 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) 24\text{H}_2\text{O}$	0.26
Ferrierita	$\text{Na}_{1.5}\text{Mg}_2 (\text{Al}_{5.5}\text{Si}_{30.5}\text{O}_{72}) 18\text{H}_2\text{O}$	0.24
Epistilbita	$\text{Ca}_3 (\text{Al}_6\text{Si}_{18}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.34
<i>Grupo de las chabasitas</i>		
Chabasita	$\text{Ca}_2 (\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}) 13\text{H}_2\text{O}$	0.48
Erionita	$(\text{Ca},\text{Mg},\text{Na},\text{K})_{4.5} (\text{Al},\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 27\text{H}_2\text{O}$	0.36
Zeolita L	$\text{K}_6\text{Na}_5 (\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) 21\text{H}_2\text{O}$	0.28
<i>Grupo de las faujasitas</i>		
Faujasitas (X, Y)	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11} (\text{Al}_{59}\text{Si}_{153}\text{O}_{384}) 26\text{H}_2\text{O}$	0.53
Zeolita A	$\text{Na}_{12} (\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}) 27\text{H}_2\text{O}$	0.47
Zeolita ZK-5	$\text{Na}_{30} (\text{Al}_{30}\text{Si}_{66}\text{O}_{192}) 98\text{H}_2\text{O}$	0.45
<i>Grupo de las laumontitas</i>		
Laumontita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.35
Yugawaralita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8\text{Si}_{20}\text{O}_{56}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.30
<i>Grupo de las pentasil</i>		
Zeolita ZSM-5	$\text{Na}_n (\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}) 16\text{H}_2\text{O}$	0.32
Zeolita ZSM-11		

* cm^3 de agua/ cm^3 de cristal.

Fuente: Friedel, M (2006)

Las zeolitas, debido a sus poros altamente cristalinos, se consideran un tamiz molecular, pues sus cavidades son de dimensiones moleculares, de modo que al pasar las aguas duras, las moléculas más pequeñas se quedan y las más grandes siguen su curso, lo cual permite que salga un líquido más limpio, blando y cristalino.

Su estructura cristalina está formada por tetraedros que se reúnen dando lugar a una red tridimensional, en la que cada oxígeno es compartido por dos átomos de silicio, formando así parte de los minerales tectosilicatos. La zeolita tiene poros de dimensiones moleculares, por las cuales, pasa agua.

Las *zeolitas* son minerales secundarios originados por la acción lixivante de aguas termales sobre feldespatos o feldespatoides. Es un mineral índice de zonas metamórficas de grado muy bajo, definiendo la llamada "facies zeolítica".

La clinoptilolita que es una zeolita natural formada por la desvitrificación de ceniza en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad Leyva, Sánchez, Hernández Guerrero, (2001).

A. APLICACIONES DE LAS ZEOLITAS

Las aplicaciones de las zeolitas son extremadamente diversas, entre otras:

USO DE ZEOLITA NATURAL EN TRATAMIENTO DE AGUAS

✓ Tratamiento de aguas residuales y de efluentes

La zeolita natural es el mejor sistema de filtración natural que existe para tratamiento de agua. Ofrece un efecto superior al de la arena o al de los filtros de carbón, resultando en agua más pura con mejor productividad y requiriendo menos mantenimiento. La estructura altamente porosa de las zeolitas puede capturar partí-

culas contaminantes de hasta 4 micras. Las zeolitas están cargadas negativamente de forma natural, por lo que pueden adsorber cationes, como metales pesados y amoníaco. También pueden absorber algunos contaminantes orgánicos y olores no deseados Ríos, Vargas, & Cuchimaque, (2013).

Investigaciones en este campo, han llegado a las siguientes conclusiones:

Sustituyendo 20 cm superiores de una cama de arena de origen silicio de un metro de espesor se obtienen las siguientes ventajas:

- Rendimiento más alto hasta $0.75\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$ comparado con $0.15\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$ mientras se mantiene la calidad del agua (se mide la turbidez).
- De 3 a 5 veces más agua procesada entre ciclos de mantenimiento de residuos.
- Series de tratamiento hasta 50% más largas, hasta con carga máxima.
- La altura de la capa de un filtro de zeolita es un 35% del de un filtro de cuarzo.
- La zeolita reduce en un 30% la turbidez y la carga orgánica (segundo ciclo de filtración) respecto al 10% de la arena.

✓ **Potabilización de agua**

Las zeolitas naturales tienen una excelente capacidad de intercambio iónico y de recuperación de cationes de metales pesados

(Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn y Fe; Pb, Cu tan alta como 97%) del agua potable y agua residual.

B. USO DE ZEOLITA NATURAL EN FILTROS PARA PISCINAS

La zeolita natural se considera un medio ideal de filtración de piscinas, y está empezando a sustituir la arena como mejor alternativa para esta aplicación. Debido a su estructura extremadamente porosa, la zeolita natural es mucho más densa que la arena y por lo tanto necesita menos cantidad de zeolita para obtener el mismo efecto. Dada la capacidad de intercambio iónico, la zeolita tiene una ventaja añadida que es la eliminación de contaminantes que los filtros de tierras de diatomeas no pueden eliminar, como el amoníaco en disolución.

✓ Ventajas de la zeolita natural

- Los filtros de arena eliminan partículas de un tamaño de hasta 40 micras. Los filtros de zeolita eliminan partículas de hasta 4 micras que equivalen a la capacidad de filtración de la tierra de diatomeas.
- Las zeolitas eliminan iones de amoníaco en disolución por intercambio iónico, cosa que no es posible con la arena ni con la tierra de diatomeas. El amoníaco en disolución reacciona con el cloro para formar cloraminas que causan irritación ocular y malos olores en agua de la piscina.
- Las zeolitas necesitan menos ciclos de lavado que los filtros de arena y los ciclos son más cortos, lo que puede reducir en un 30% la cantidad de agua necesaria para el mantenimiento de la piscina.

- Las zeolitas tienen una gran durabilidad y su vida útil es mucho más larga que la de la arena.

Resumiendo, las zeolitas naturales ofrecen una mejor calidad del agua, un mantenimiento más fácil y la reducción de la cantidad de agua necesaria.

Las zeolitas ofrecen la utilidad de los filtros de tierras de diatomeas con la simplicidad de los filtros de arena, con la ventaja añadida de la eliminación del amoníaco.

C. APLICACIONES DE LA ZEOLITA NATURAL EN AGRICULTURA Y HORTICULTURA

✓ Aditivo para piensos

Estudios han demostrado que la adición de Clinoptilolita al pienso para ganado bovino, porcino y aves de corral acelera el crecimiento de los animales, incrementa los ratios de conversión del pienso y reduce el contenido en amoníaco de los excrementos de los animales.

La Clinoptilolita actúa como punto de anclaje para las micotoxinas, absorbiendo toxinas que pueden ser nocivas para los animales.

También ayudan a controlar las aflatoxinas en el pienso por lo que se reduce la mortalidad por estrés digestivo y reduce el uso de antibióticos.

Como resultado, se ha visto un incremento en la productividad en gallinas ponedoras y en vacas lecheras debido a que los animales están más sanos. Se recomienda la adición entre un 3% y 6% en peso de zeolita de granulometría $<0.5\text{mm}$ ó $<0.9\text{mm}$.

✓ **Tratamiento de purinos**

Las zeolitas naturales pueden utilizarse en el control de malos olores generados en granjas de cultivo intensivo.

Si se utiliza como aditivo en el pienso, disminuye notablemente el contenido en amoníaco en los purinos, también puede utilizarse directamente en el pozo de los purinos. Tienen una gran capacidad de absorción de amoníaco y del H_2S que provocan malos olores, y ayudan en el proceso de digestión anaeróbica de los purinos.

El producto resultante es un fertilizante natural de liberación lenta.

El nivel óptimo de zeolita para minimizar la emisión de malos olores es independiente del nivel de humedad y del contenido en nitrógeno de los residuos a tratar, aunque estudios han demostrado que niveles entre 2 y 4 gramos de zeolita/litro de residuo resultan en la reducción del tiempo de digestión anaeróbica más eficaz.

El produce recomendado es el de granulometría $<0.9\text{mm}$.

Las zeolitas naturales también se utilizan en planta de tratamiento de residuos para prevenir las emisiones de malos olores en la atmósfera.

✓ **Eliminación de amoníaco en piscifactorías**

La capacidad de absorción de amoníaco de las zeolitas naturales, hace que sean una forma natural muy efectiva de controlar los altos niveles de amoníaco generados en las piscifactorías.

Las zeolitas, pueden utilizarse en el sistema de filtración de agua o bien vertidas directamente en el agua ya que son completamente inofensivas para el medio acuático.

✓ **Fabricación de fertilizantes de liberación lento**

Las zeolitas son los fertilizantes de liberación lenta que existen de forma natural. Tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como son el potasio y el nitrógeno. Las zeolitas pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento. Esto prevendrá la pérdida de los alimentos en el agua, reducirá los niveles de contaminación del acuífero y reducirá también la cantidad de fertilizante necesaria.

✓ **Corrección del suelo**

La adición de zeolita en el suelo reduce significativamente la cantidad de agua y el coste en fertilizantes mediante la retención de

nutrientes en la zona de las raíces. Las zeolitas forman un depósito permanente de agua, asegurando un efecto de humedad prolongada hasta en épocas de sequedad. Durante la irrigación favorecen la difusión lateral del agua por el sistema de raíces. La estructura porosa de las zeolitas ayuda a mantener el suelo aireado. Una única aplicación de zeolita ofrece beneficios durante mucho tiempo debido a la estabilidad y la resistencia de esta sustancia. Las zeolitas se utilizan en el cultivo de cereales, diversas verduras y frutas, entre las más importantes la vid y las aceitunas. Se recomienda el uso en la construcción de campos de golf y estadios deportivos donde los costes de irrigación son substanciales.

✓ **Medio de crecimiento de plantas**

Las zeolitas naturales pueden utilizarse como medio inerte de crecimiento de plantas destinadas a la exportación. Utilizando zeolita como único medio de cultivo se consiguen todos los beneficios destacados; reducción de la cantidad de fertilizante y consumo de agua, también se ha comprobado que se mejora la salud de las plantas, se incrementa la productividad y se reduce el tiempo de producción.

D. APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA ZEOLITA

✓ **Purificación y separación de gases**

Las zeolitas sintéticas se han utilizado desde hace mucho tiempo en la industria del petróleo, pero las zeolitas naturales se están utilizando cada vez más en ciertas aplicaciones como alternativa

más económica siempre y cuando no haya una desventaja técnica. Las zeolitas naturales son particularmente efectivas en las siguientes aplicaciones; eliminación de agua y dióxido de carbono de hidrocarburos gaseosos, eliminación de ácido hidroclicórico de un flujo gaseoso, eliminación de sulfito de hidrógeno de un flujo gaseoso, catálisis y separación de gas natural.

✓ **Manipulación y destrucción de residuos nucleares**

La zeolita natural tiene una gran capacidad de intercambio iónico y una particular afinidad para los cationes de metales pesados. Puede absorber elementos como el Estroncio 90, Cesio 137 y otros isótopo radioactivos de una solución y mantenerlos atrapados en la estructura cristalina. Las zeolitas reaccionan fácilmente con sistemas de vidrio y cemento por lo que facilita que los residuos radioactivos queden atrapados de forma segura e inocua. Las zeolitas son físicamente muy robustas y son resistentes a la degradación nuclear y además son más baratas que las resinas de intercambio iónico.

✓ **Materiales ligeros de construcción**

Las zeolitas naturales pueden utilizarse en la preparación de hormigón ligero para la construcción.

Su estructura de silicato poroso hace que sean mucho más ligeros que la arena y dan más volumen por tonelada de producto con una

dureza y resistencia similares. La zeolita no contiene barro que disminuye la resistencia del hormigón y su estructura porosa retiene la humedad lo que facilita que el hormigón cure más rápidamente.

✓ **Control de la contaminación ambiental**

Las propiedades únicas de las zeolitas permiten que puedan utilizarse potencialmente para prevenir o eliminar contaminación medioambiental. Pueden utilizarse para filtrar flujos de gases o líquidos de instalaciones industriales y son muy efectivas para limpiar terrenos contaminados. Sus propiedades absorbentes las hace ideales para limpiar vertimientos de productos peligrosos.

Las zeolitas tienen varios usos:

Agricultura: se utiliza como fertilizante; permiten que las plantas crezcan más rápido, pues les facilita la fotosíntesis y las hace más frondosas. Reduce la cantidad y época de irrigación. Además:

- Mantiene la humedad en la zona de crecimiento.
- Mantiene el nitrógeno en la zona de crecimiento. En virtud su alta CIC, retiene el nitrógeno de modo que sea accesible a las plantas.

Acuicultura: se utiliza como un ablandador de aguas, debido a su capacidad de intercambiar iones, y también se utiliza para hacer engordar más rápido a algunos peces, aunque el exceso puede ser mortal, por lo cual sólo se puede utilizar como un suplemento alimenticio.

Alimentación de ganados: en la actualidad se utiliza como suplemento alimenticio para los ganados, pues los hace aprovechar más la comida.

La zeolita actualmente se utiliza como un suplemento alimenticio para las aves, pues engordan de una 25% a un 29% más con respecto a las que no se les adiciona zeolita; la zeolita que permite esto es la clinoptilolita. La causa de que los animales engorden más es que la zeolita hace que los nutrimentos ingeridos queden retenidos por ella: se quedan un tiempo debido a los poros con los que cuenta la zeolita. Esto permite que la zeolita les haga aprovechar mucho más los alimentos.

Como **intercambio iónico:** La mayor parte de los intercambios iónicos se lleva a cabo a través de la solución acuosa, por lo cual se utiliza para ablandar aguas pesadas residuales.

Como **catalizador en la industria química:** muy importante para muchos procesos de la petroquímica.

La zeolita además de estas utilidades tiene otras como las siguientes:

- Limpieza ambiental.
- Limpieza de alfombras.
- Cama de animales.
- Filtración de agua.
- Filtración de agua residual.
- Filtración de aire.
- Puzolana para el cemento.
- Materiales de construcción.

- Control del olor.
- Agentes del flujo.
- Desecativos.
- Portador de pesticida/herbicida.
- Piedras sanitarias.
- Charcas, tanques.
- Aplicaciones en el hogar.
- Limpieza de pisos.

Acerca de la Zeolita

Su capacidad de intercambiar un catión por otro se conoce como su capacidad de intercambio del catión - o CIC. La capacidad de intercambio catiónico es una medida del número de cationes por el peso de unidad disponible para dicho intercambio, expresado generalmente como miliequivalentes por 100 gramos de material.

Las zeolitas también se refieren como tamices moleculares, porque las cavidades del canal dentro de la estructura cristalina son extremadamente pequeñas y pueden ser utilizadas para separar las moléculas grandes de moléculas más pequeñas.

Para poder identificar el tipo y clase de zeolita que estamos tratando deberemos realizar el siguiente proceso correspondiente, por lo tanto necesitamos:

- Un análisis elemental para determinar qué átomos componen la muestra.

- Un estudio radiocristalográfico para saber cómo se distribuyen los átomos en el espacio, o sea de qué compuestos se trata, y
- Un estudio por microscopía electrónica para conocer la homogeneidad del polvo.

2.3. MARCO HISTÓRICO

Los métodos de depuración de aguas residuales se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era el drenaje, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las calles significaba que junto con el agua viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa excavaciones subterráneas privadas primero y, más tarde, letrinas. Cuando éstas estaban llenas, unos obreros vaciaban el lugar en nombre del propietario.

El contenido de los pozos negros se empleaba como fertilizante en las granjas cercanas o era vertido en los cursos de agua o en tierras no explotadas.

Unos siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres.

Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. A pesar de que existían reservas respecto a estos por el desperdicio de recursos que suponían, los riesgos para la salud que planteaban y su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración.

Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más dentro del tratamiento químico, con el objetivo de desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

La cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases (sólida, líquida y gaseosa) siempre se ha mantenido constante. Esto ha sido posible gracias a un ciclo cerrado (evaporación, precipitaciones, infiltraciones, salida al mar) conocido como ciclo hidrológico del agua.

Se puede definir este ciclo como un seguido de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre a la atmósfera en forma de vapor (evaporación directa y transpiración de las plantas y animales) y más tarde regresar en estado líquido o sólido.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y más tarde se condensa, formando así, nieblas y nubes. El agua contenida en las nubes regresará a la superficie terrestre en forma de nieve, granizo o lluvias. Las aguas que precipitan en tierra pueden tener varios destinos: una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación, otra parte se infiltra en el suelo y la parte que queda se desliza formando ríos hasta ir a desembocar a lagos y océanos.

El uso del agua para nuestro consumo diario y como elemento para el desarrollo de muchas actividades industriales, agrícolas y también urbanas hace que las aguas limpias se conviertan en aguas residuales, es decir, aguas contaminadas. Como hemos visto, el agua no es un bien ilimitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos perjudicando a nosotros mismos. Por esta razón controlar la contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes para la continuidad del equilibrio entre el hombre y el medio en el cual vive y la prevención, reducción y eliminación de los contaminantes de esta agua es una necesidad prioritaria en la actualidad. Para mantener este control se construyen las estaciones depuradoras, que se encargan de reducir la contaminación hasta niveles asumibles por la naturaleza.

Debido al ciclo hidrológico del agua, estas aguas contaminadas nos vuelven en forma de lluvias, por lo que antes de ser consumida la debemos tratar, y esta es la función básica de las potabilizadoras, conseguir un agua desinfectada y limpia de contaminación, evitando así el riesgo de salud, epidemias, etc.

Por contaminación de las aguas se entiende el aporte de materias o formas de energía de una manera directa o indirecta que impliquen una alteración o modificación de su calidad en relación a sus usos posteriores o a su función ecológica. Del mismo modo que todos pedimos una red de abastecimiento, también es necesaria una de saneamiento para depurar las aguas. Hasta hace bien poco no se le daba importancia al tratamiento del agua, pero en vista de los grandes problemas que aporta la contaminación, la construcción de plantas depuradoras y potabilizadoras va en aumento. Gracias a programas de saneamiento y de depuración de aguas residuales que permiten la vuelta del agua a su estado natural, eliminando los elementos contaminantes y protegiéndola, se está consiguiendo una mejor calidad en el agua de los ríos.

2.4. MARCO LEGAL.

El marco que regula los recursos hídricos es la Ley de Recursos Hídricos N°29338 cuyos principios son: principios de valoración del agua y de gestión integrada, de prioridad de acceso al agua, de participación de la población y cultura, seguridad jurídica, respeto del agua de las comunidades, principio sostenible, de descentralización de la gestión pública del agua, de carácter precautorio, de eficiencia, de gestión de cuencas y de tutela jurídica. La ley establece la existencia del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, cuyo ente rector es la Autoridad Nacional del Agua. Establece los usos que se le puede dar a los recursos hídricos, los derechos y licencias de uso, la protección del agua, los regímenes económicos, la planificación del uso, la infraestructura hidráulica, normatividad sobre el agua subterránea, las aguas amazónicas, los fenómenos naturales, finalmente, las infracciones y sanciones.

El reglamento de la ley se puede encontrar aquí: Reglamento de la Ley 29338 Bajo Decreto Supremo N 002-2008-MINAM se especifican los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

La Ley General de Aguas 17752, del año 1969, estableció el marco legal e institucional para el manejo de los recursos hídricos en el Perú. Hoy resulta obsoleto y presenta considerables obstáculos para llevar adelante un manejo integrado, sostenible y efectivo de recursos ya que no reconoce la naturaleza multisectorial del agua, las cuencas como unidad geográfica para el manejo de los recursos hídricos ni al agua como un bien económico. La Ley General de Aguas establece lo siguiente: (i) el gobierno nacional es el único propietario y responsable de la gestión de los recursos hídricos; (ii) la Autoridad Nacional del Agua es el Ministerio de Agricultura (MINAG); órgano al que la recientemente creada Autoridad Nacional del Agua (ANA) rinde cuentas; (iii) el Administrador Técnico de Distrito de Riego (ATDR) es la autoridad a nivel de distrito, y las Autoridades de Cuenca Hidrográfica, a nivel de cuencas y (iv) el Ministerio de Salud es el responsable de la calidad del agua.

Desde 1993 hasta 2003, el gobierno peruano aprobó una serie de leyes sectoriales para regular el uso del agua a través de diferentes acciones, como la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (Decreto Legislativo 653), Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Pesquero (DL 750), Ley General de Hidrocarburos (DL 26221), Ley General de Minería (DS 014-92-EM), Ley de Concesiones Eléctricas (DL 25844) y Ley General de Turismo (Ley N° 24027).

En los últimos cinco años, ha habido un profundo cambio en el marco institucional peruano con la aprobación de la Ley de Descentralización, la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales y la Ley Orgánica de Municipalidades. En 2003, con la creación oficial de gobiernos regionales, el gobierno nacional comenzó a transferir poder a los departamentos, lo que no incluye competencias en gestión del agua, sólo participación.

Un borrador de la Estrategia Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos reconocerá la naturaleza multisectorial del agua e implementará el marco institucional y legal adecuado para realizar un manejo integrado de los recursos hídricos. Esta legislación se encuentra actualmente a la espera de aprobación por la Comisión Agraria del Congreso peruano.

2.5. MARCO CONCEPTUAL

✓ AGUA RESIDUAL

Es el residuo líquido transportado por una alcantarilla, el cual puede incluir descargas domésticas industriales, así como también aguas lluvias, infiltraciones y flujos de entrada. / Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido degradada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial.

✓ AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por las excretas humanas y las actividades domésticas.

✓ **AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL**

Todas las aguas residuales generadas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad industrial o comercial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

✓ **AGUA RESIDUAL URBANA**

Son las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.

✓ **AGUA SUBTERRÁNEA**

Agua situada bajo la superficie del terreno rellenando el espacio vacío entre las rocas, o el material poroso, y que se extiende por toda la zona considerada como saturada.

✓ **ARCILLA**

Desde el punto de vista mineral, filosilicato hidratado que se presenta en cristales muy pequeños (del orden de micrómetros) en forma de láminas hexagonales o fibras. Desde el punto de vista del tamaño de partícula se clasifican como arcillas los materiales cuyo tamaño es menor de 2 μm .

✓ **ARENA**

Sedimento detrítico no consolidado cuyo tamaño está comprendido entre 20 μm y 2 mm.

✓ **BACTERIA**

Microorganismo procariota unicelular, caracterizado por carecer de órganos propios de las células eucariotas.

Muchas son saprófitas jugando un importante papel en la descomposición de la materia orgánica.

✓ **CAPACIDAD DE CAMBIO IÓNICO**

En el suelo existen materiales, fundamentalmente las arcillas y la materia orgánica, que tienen la propiedad de acumular cationes de forma reversible en su superficie liberando a cambio otros cationes, por lo general calcio o magnesio. Esta propiedad recibe el nombre de Capacidad de Cambio y expresa químicamente el número de moles de iones adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación masa/solución dada (un mol de carga adsorbida equivale a $6,02 \cdot 10^{23}$ cargas de iones adsorbidos). En el Sistema Internacional la capacidad de cambio se expresa como centimoles por kilogramo, cmol kg^{-1} . La capacidad de cambio es una propiedad fundamental del suelo, de ella depende muchas de sus propiedades como agente depurador.

✓ **CONTAMINACIÓN**

Acción y efecto de contaminar. es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso.

✓ **CONTAMINANTE**

Cualquier forma de materia o energía ajena a la composición natural del agua.

✓ **DBO5**

Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo largo de cinco días de incubación. Se trata de una reacción fuertemente dependiente de la temperatura por lo que siempre que el ensayo no se haya hecho a 20° que es la estándar habrá que indicarlo. Se trata del parámetro indicador de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aunque tiene serias limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de su interpretación, entre estas pueden destacarse: en los cinco días que dura el ensayo normalmente no se oxida más del 60 o 70% de la materia orgánica realmente presente en la muestra, los resultados obtenidos dependen del inóculo bacteriano y la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede falsear los resultados. Demanda de cloro: cantidad de cloro que es necesario añadir a un agua para que después de haber producido su desinfección queden aún vestigios de cloro libre tras un tiempo de estabilización que suele ser de dos horas.

✓ **DENSIDAD**

Masa de un cuerpo por unidad de volumen.

✓ **DENSIDAD APARENTE**

Masa de suelo seco por unidad de volumen incluyendo los poros.

✓ **DENSIDAD REAL**

Densidad de los constituyentes del suelo sin tener en consideración los poros entre ellos.

✓ **DQO**

Demanda química de oxígeno. Se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura.

✓ **DUREZA DEL AGUA**

Suma de las concentraciones de cationes metálicos con la excepción de los metales alcalinos y del hidrógeno, en la mayoría de las ocasiones es debida al calcio y magnesio a los que se añaden con frecuencia el hierro, aluminio, manganeso y estroncio. Se suele expresar en miliequivalentes de CaCO_3 o en grados franceses (1 grado francés = 10 mg/L de CaCO_3).

✓ **DESINFECCIÓN**

Destrucción por medio de un agente químico o físico de las bacterias y virus patógenos que se encuentran en el material a desinfectar (sustancia, objeto, etc.). Se diferencia de la esterilización en que esta última destruye todos los microorganismos, patógenos o no, incluidas las formas de resistencia.

✓ **DETERGENTE**

Sustancia empleada en la limpieza, por sus propiedades emulsionantes de las grasas. Sustancia que posee una porción no polar (hidrofóbica) y una parte polar (hidrofílica) que tiene la capacidad de disolver las grasas y aceites.

✓ **SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**

Sólidos insolubles, de naturaleza orgánica o inorgánica, suspendidos en el seno de la solución acuosa que pueden ser separados mediante técnicas físicas como la centrifugación, decantación o filtrado. Las aguas subterráneas generalmente tienen un contenido muy bajo de sólidos en suspensión.

✓ **TRATAMIENTO PRIMARIO**

El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico y/o químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas de entrada se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión se reduzca al menos en un 50%.

✓ **TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Proceso que incluye un tratamiento biológico con sedimentación secundaria, en el que se alcanzan determinados parámetros mínimos de calidad: La DBO5 a 20°C (sin nitrificación) debe reducirse, al menos, entre un 70 y un 90 %. La DQO debe aminorarse más del 75%. Los sólidos en suspensión deben reducirse entre el 70 y el 90%.

✓ **ZEOLITAS**

Aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos o sea de 3 a 10 angstroms.

Una zeolita es un aluminosilicato cuya estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el intercambio iónico y la deshidratación reversible.

Las zeolitas están compuestas por tetraedros formados por un catión y cuatro átomos de oxígenos, es decir TO_4 . El catión, T, puede ser silicio (Si), aluminio (Al) o incluso germanio (Ge), aunque el silicio predomina. Al estar interconectados los tetraedros su fórmula es TO_2 ya que tetraedros adyacentes comparten oxígenos. Debido a que el aluminio tiene cargas más bajas que el silicio, la inclusión de aluminio es compensada químicamente por la inclusión de K, Na y Ca o menos frecuentemente por Li, Mg, Sr y Ba.

Estos siete cationes, si bien forman parte de las zeolitas, no llegan a formar parte del armazón TO_2 . Las zeolitas se asemejan en estructura y química a los feldespatos con la diferencia de que las zeolitas tienen cavidades más grandes y que albergan agua generalmente.

CAPÍTULO III
PLANTEAMIENTOS METODOLÓGICOS

3. METODOLOGÍA

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Hipótesis General

El uso de zeolitas tendría un impacto positivo en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

3.1.2. Hipótesis Específicas:

HE1 Las zeolitas mediante la floculación y la filtración reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

HE2 Las zeolitas mediante adsorción permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

HE3 Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas serían adecuadas para uso agrícola de la urbanización la palma grande – Ica 2018.

3.2. VARIABLES

3.2.1. Variable independiente (X)

Uso de zeolitas.

A) **Dimensión:** Tecnología Ambiental

B) **Indicadores:**

IX1: Disminución de los sólidos contenidos en las aguas residuales.

IX2: Disminución de restos fecales (escherichia coli)

IX3: Disminución de materia orgánica.

C) **Índices:**

ix1: Sólidos suspendidos por debajo de los LMP para agua.

ix2: Olor normal del agua.

ix3: Color normal del agua.

3.2.2. Variable dependiente (Y)

Aguas residuales domésticas.

A) **Dimensión:** Aguas residuales

B) **Indicadores:**

IY1: Sólidos contenidos en las aguas residuales.

IY2: Presencia de restos fecales (escherichia coli)

IY3: Presencia de materia orgánica

C) **Índices:**

iy1: Sólidos suspendidos por encima de los LMP para agua.

iy2: Olor anormal del agua.

iy3: Color anormal del agua.

3.2.3. Operacionalización de las variables

CUADRO 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICES
Variable Independiente (X) Uso de zeolitas	Tecnología ambiental	<p>IX1: Disminución de los sólidos contenidos en las aguas residuales.</p> <p>IX2: Disminución de restos fecales (escherichia coli)</p> <p>IX3: Disminución de materia orgánica.</p>	<p>ix1: Sólidos suspendidos por debajo de los LMP para agua.</p> <p>ix2: Olor normal del agua.</p> <p>ix3: Color normal del agua.</p>
Variable Dependiente (Y) Aguas residuales domésticas	Aguas residuales	<p>IY1: Sólidos contenidos en las aguas residuales.</p> <p>IY2: Presencia de restos fecales (escherichia coli)</p> <p>IY3: Presencia de materia orgánica</p>	<p>iy1: Sólidos suspendidos por encima de los LMP para agua.</p> <p>iy2: Olor anormal del agua.</p> <p>iy3: Color anormal del agua.</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de investigación

Según los propósitos de la investigación, el presente estudio es una investigación aplicada porque utilizó los conocimientos de ingeniería ambiental en un caso práctico y porque relaciona dos variables buscando comprobar que el uso de las zeolitas en la reducción de sólidos suspendidos y carga microbiana de aguas residuales.

Según el tipo de ciencia constituye una investigación de ciencia fáctica porque describe y explica cómo se comportan las variables de estudio reducción de sólidos suspendidos y carga microbiana en aguas residuales domésticas.

Según la naturaleza del problema, la investigación es de tipo correlacional porque determina la relación entre las dos variables de estudio.

3.3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es experimental, ya que aplica un nuevo modelo para corregir un paradigma.

Es la investigación que se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que han determinado que tenga tales y cuales características, es decir, conociendo los factores que han dado origen al problema, entonces así se le puede dar un tratamiento metodológico.

En este nivel se aplica un nuevo sistema, modelo, tratamiento programa, método o técnicas para mejorar y corregir la situación problemática, que ha dado origen al estudio de investigación.

3.3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental.

El diseño experimental es el procedimiento de planeación y conducción de experimentos, así como la definición del análisis estadístico para evaluar los resultados, con el objetivo de tener conclusiones válidas y objetivas.

El procedimiento incluye la definición de factores a modificar, la manera de su aplicación y el número de pruebas a realizar.

3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó el método científico. El método científico es un conjunto de pasos ordenados que se emplea principalmente para hallar nuevos conocimientos en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, sujeto a los principios de las pruebas de razonamiento.

El método científico es una forma estructurada y sistemática de abordar la investigación en el ámbito de las ciencias. En este sentido, se vale de la observación, la experimentación, la demostración de hipótesis y el razonamiento lógico para verificar los resultados obtenidos y ampliar el conocimiento que, en esa materia, se tenía. Sus hallazgos pueden dar lugar a leyes y teorías.

3.5. COBERTURA DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. Universo de la investigación

El universo de la presente investigación estuvo conformado por las aguas residuales de todas las ciudades del país.

3.5.2. Población de la investigación

La población del presente estudio estuvo conformada por las aguas residuales domésticas de la región Ica.

3.5.3. Muestra de la investigación

La muestra estuvo conformada por muestras de aguas residuales de la Urbanización La Palma Grande del distrito de Ica.

3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas de la investigación

La técnica de muestreo empleadas fue el muestreo compuesto, que se toma de la entrada y salida del agua del sistema (del reservorio de recepción de aguas residuales domésticas y del reservorio final de agua tratada)

Las técnicas aplicadas para la recopilación de datos de las aguas grises sin procesar y procesadas en el sistema piloto, fueron las técnicas cualitativas y cuantitativas del análisis químico y microbiológico, la observación de campo.

3.6.2. Instrumentos de la investigación

Los instrumentos empleados fueron las pruebas experimentales fisicoquímicas para establecer los valores de los parámetros del agua y las pruebas experimentales microbiológicas, que se realizaron para determinar las

cantidades de microorganismos patógenos que posee el agua residual doméstica sin tratar y tratada. Ficha de reporte de laboratorio y las guías de observación de campo.

3.6.3. Fuentes de recolección de datos

Las fuentes de recolección de datos fueron los resultados experimentales de las pruebas analíticas y datos obtenidos de libros e INTERNET (Bibliografía clasificada).

CAPÍTULO IV
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE
LOS RESULTADOS

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.5.1.1 Resultados del análisis del agua residual

CUADRO 4.1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA RESIDUAL
DE LA URBANIZACIÓN LA PALMA GRANDE – ICA

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	LMP*
Sólidos totales	mg/L	1645	1 000
Sólidos en suspensión	mg/L	720	500
Sólidos disueltos	mg/L	536	500
Sólidos sedimentables	mg/L	310	250
DBQO5	mg/L	290	400
DQO	mg/L	860	1 000
Nitrógeno orgánico	mg/L	54	35
pH	-	9,4	6 – 9
Grasas	mg/L	38	150
Coliformes fecales	NMP/100 mL	>10 000	10 000
Scherichia Coli	NMP/100 mL	8500	10 000
Salmonella	NMP/100 mL	5000	10 000

FUENTE: Datos experimentales.

* D.S.N°003-2010 MINAN.

El cuadro 4.1 muestra los resultados del análisis del agua residual doméstica de la Urbanización La Palma Grande de Ica, en la que se puede observar, una elevada concentración de sólidos totales 1 645mg/L, así como sólidos en suspensión (720 mg/L), sólidos disueltos (536 mg/L) y sedimentables (310 mg/L), la concentración de DBQO5 es de 290 mg/L y del DQO 860 mg/L. También podemos observar que la carga microbiana del agua residual es elevada en lo que concierne a coliformes fecales, la cantidad es mayor de 10000 (NMP/100 mL), Scherichia coli (8500 NMP/100 mL) y salmonella (5000 NMP/100 mL).

2.5.1.2 Resultados del análisis de la zeolita

CUADRO 4.2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZEOLITA EMPLEADA

COMPONENTE	% EN PESO
SiO ₂	64,67
Al ₂ O ₃	11,58
Fe ₂ O ₃	2,09
CaO	3,46
MgO	0,80
Na ₂ O	1,25
K ₂ O	1,37
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	5,47

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.2 muestra la composición química de la zeolita natural empleada en las pruebas experimentales para el tratamiento de las aguas residuales, como se observa posee un alto contenido de dióxido de sílice (64,67%) y de óxido de aluminio (11,58%), lo que constituye una relación de SiO₂/Al₂O₃ de 5,47, propia de las zeolitas con alto contenido de sílice, llamadas Clinoptilolita.

CUADRO 4.3
PROPIEDADES FISICAS DE LA ZEOLITA

PROPIEDAD	MAGNITUD
Dureza, %	2,1
Friabilidad para 15 min, %	11
Friabilidad para 30 min, %	21
Tracción, %	1,8
Trituración, %	3,2
Densidad de partículas	2,1
Densidad Aparente	1,03
Porosidad	0,51

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.3 muestra los resultados de la determinación de las propiedades físicas de la zeolita, en la que se observa una dureza igual a 2,1%, de la misma manera se observa una tracción de 1,8% y trituración de 3,2%; su densidad es de 2,1 g/mL y la densidad aparente de 1,03 g/mL, además de una porosidad de 0,51.

CUADRO 4.4
RESISTENCIA DE LA ZEOLITA A LOS COMPUESTOS QUÍMICOS

PROPIEDAD	MAGNITUD
Ácido clorhídrico en Solución	1,9
Cloruro de sodio en solución	1,6
Hidróxido de sodio en solución	2,2
Agua	2,9
HCl concentrado	3,8

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.4 muestra la resistencia de las zeolitas al contacto con las sustancias químicas, los valores dados indican la cantidad en porcentaje que se pierde de zeolita

al interactuar químicamente con el ácido clorhídrico en solución (1,9%), con el cloruro de sodio en solución (1,6%) y el hidróxido de sodio en solución (2,2%), frente al agua la cantidad de zeolita que se disgrega es de 2,9% y con el ácido clorhídrico concentrado es de 3,8% lo que corresponde al más alto porcentaje.

CUADRO 4.5
RESULTADO DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE
DE LA ZEOLITA CON AGUA POTABLE

CONDICIÓN	A	B	C
Peso del vaso de precipitados, g	304	312	307
Peso del agua, g	500	500	500
Peso del vaso más el agua, g	804	812	807
pH inicial	7,5	7,5	7,4
Peso de la zeolita, g	20	30	40
Peso del agua filtrada, g	465	452	443
Peso del agua adsorbida, g	35	48	57
Porcentaje de adsorción, %	7	9,6	11,4
pH final	7,9	8,1	8,3

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.5 muestra la capacidad adsorbente de la zeolita empleando el agua potable, en ella se puede observar que esta capacidad aumenta conforme se aumenta la cantidad de zeolita, así con 20 g hay una adsorción del 7%, con 30 g hay una adsorción de 9,6% y con 40 g de 11,4%; otro dato importante es que el pH del agua se vuelve alcalino con un pH máximo de 8,3 al agregar 40 g de material zeolítico.

CUADRO 4.6
RESULTADO DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE
DE LA ZEOLITA CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

CONDICIÓN	A	B	C
Peso del vaso de precipitados, g	304	312	307
Peso del agua, g	500	500	500
Peso del vaso más el agua, g	804	812	807
pH inicial	9,4	9,4	9,4
Peso de la zeolita, g	20	30	40
Peso del agua filtrada, g	458	445	437
Peso del agua adsorbida, g	42	55	63
Porcentaje de agua adsorbida, %	8,4	11,0	12,6
pH final	8,3	8,3	8,1

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.6 muestra la capacidad adsorbente de la zeolita empleando el agua residual doméstica, en ella se puede observar que esta capacidad aumenta conforme se aumenta la cantidad de zeolita, así con 20 g hay una adsorción del 8,4%, con 30 g hay una adsorción de 11% y con 40 g de 12,6%; otro dato importante es que el pH del agua disminuye hasta un pH mínimo de 8,1 al agregar material zeolítico.

CUADRO 4.7
EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES

Nº	FECHA	ST, mg/L
2	02-05-18	1645
3	03-05-18	1234
4	04-05-18	1043
5	05-05-18	931
6	06-05-18	728
7	07-05-18	504
8	08-05-18	420
9	09-05-18	247
10	10-05-18	211
11	11-05-18	178
12	12-05-18	163
13	13-05-18	152
14	14-05-18	146
15	15-05-18	142
16	16-05-18	137
17	17-05-18	127
18	18-05-18	122
19	19-05-18	118
20	20-05-18	113
21	21-05-18	109
22	22-05-18	102
23	23-05-18	94
24	24-05-18	85
25	25-05-18	70
26	26-05-18	55
27	27-05-18	41
28	28-05-18	33
29	29-05-18	27
30	30-05-18	25

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.7 muestra los resultados de los análisis diarios hechos al agua tratada en el filtro de zeolita, como se observa, el descenso de los sólidos totales en los primeros días de la filtración desciende progresivamente y conforme pasan los días, la capacidad filtrante se ve aumentada, reteniéndose una mayor cantidad de sólidos totales, los cuales en treinta días varía desde 1645 mg/L hasta 25 mg/L.

CUADRO 4.8
EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Nº	FECHA	SS, mg/L
2	02-05-18	720
3	03-05-18	683
4	04-05-18	647
5	05-05-18	625
6	06-05-18	614
7	07-05-18	601
8	08-05-18	586
9	09-05-18	573
10	10-05-18	565
11	11-05-18	553
12	12-05-18	548
13	13-05-18	529
14	14-05-18	512
15	15-05-18	496
16	16-05-18	472
17	17-05-18	456
18	18-05-18	428
19	19-05-18	413
20	20-05-18	397
21	21-05-18	356
22	22-05-18	311
23	23-05-18	267
24	24-05-18	216
25	25-05-18	182
26	26-05-18	158
27	27-05-18	131
28	28-05-18	94
29	29-05-18	47
30	30-05-18	11

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.8 muestra los resultados de los análisis diarios hechos a los sólidos en suspensión, en la que se puede ver que estos descienden progresivamente desde 720 mg/L hasta 11 mg/L en treinta días.

CUADRO 4.9
EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS

Nº	FECHA	SD, mg/L
2	02-05-18	536
3	03-05-18	530
4	04-05-18	511
5	05-05-18	502
6	06-05-18	486
7	07-05-18	473
8	08-05-18	461
9	09-05-18	452
10	10-05-18	439
11	11-05-18	426
12	12-05-18	390
13	13-05-18	368
14	14-05-18	345
15	15-05-18	329
16	16-05-18	312
17	17-05-18	286
18	18-05-18	265
19	19-05-18	247
20	20-05-18	224
21	21-05-18	201
22	22-05-18	178
23	23-05-18	154
24	24-05-18	138
25	25-05-18	114
26	26-05-18	90
27	27-05-18	64
28	28-05-18	31
29	29-05-18	19
30	30-05-18	6

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.9 muestra los resultados de los análisis diarios hechos a los sólidos disueltos, en la que se puede ver que estos descienden progresivamente desde 536 mg/L hasta 6 mg/L en treinta días.

CUADRO 4.10**EVALUACIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES**

Nº	FECHA	SSED, mg/L
2	02-05-18	310
3	03-05-18	302
4	04-05-18	294
5	05-05-18	282
6	06-05-18	267
7	07-05-18	258
8	08-05-18	250
9	09-05-18	239
10	10-05-18	225
11	11-05-18	218
12	12-05-18	206
13	13-05-18	195
14	14-05-18	172
15	15-05-18	164
16	16-05-18	153
17	17-05-18	142
18	18-05-18	134
19	19-05-18	121
20	20-05-18	107
21	21-05-18	96
22	22-05-18	80
23	23-05-18	58
24	24-05-18	41
25	25-05-18	27
26	26-05-18	21
27	27-05-18	15
28	28-05-18	12
29	29-05-18	11
30	30-05-18	10

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.10 muestra los resultados de los análisis diarios hechos a los sólidos en suspensión, en la que se puede ver que estos descienden progresivamente desde 310 mg/L hasta 10 mg/L en treinta días.

CUADRO 4.11
RESULTADOS DEL DBQO₅

Nº	FECHA	DBQO₅, mg/L
1	02-05-18	290
2	08-05-18	140
3	15-05-18	93
4	23-05-18	51
5	30-05-18	14

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.11 muestra los resultados de la variación del DBQO₅ en el agua filtrada a través de la zeolita, en la que se puede observar que este desciende conforme pasan los días desde 290 mg/L hasta 14 mg/L.

CUADRO 4.12
RESULTADOS DEL DQO

Nº	FECHA	DQO, mg/L
1	02-05-18	860
2	08-05-18	724
3	15-05-18	518
4	23-05-18	253
5	30-05-18	60

FUENTE: Datos experimentales

El cuadro 4.12 muestra los resultados de la variación del DQO en el agua filtrada a través de la zeolita, en la que se puede observar que este desciende conforme pasan los días desde 860 mg/L hasta 60 mg/L.

CUADRO 4.13
RESULTADOS DEL NITROGENO ORGÁNICO

Nº	FECHA	N₂ Org, mg/L
1	02-05-18	54
2	08-05-18	39
3	15-05-18	25
4	23-05-18	10
5	30-05-18	3

FUENTE: Datos experimentales

El cuadro 4.13 muestra los resultados de la variación del nitrógeno orgánico en el agua filtrada a través de la zeolita, en la que se puede observar que este desciende conforme pasan los días desde 54 mg/L hasta 3 mg/L.

CUADRO 4.14
EVALUACIÓN DEL pH

Nº	FECHA	pH, mg/L
2	02-05-18	9,4
3	03-05-18	9,3
4	04-05-18	9,1
5	05-05-18	9,1
6	06-05-18	9,1
7	07-05-18	9,1
8	08-05-18	9,0
9	09-05-18	9,0
10	10-05-18	8,8
11	11-05-18	8,8
12	12-05-18	8,6
13	13-05-18	8,6
14	14-05-18	8,6
15	15-05-18	8,6
16	16-05-18	8,6
17	17-05-18	8,2
18	18-05-18	8,2
19	19-05-18	8,2
20	20-05-18	8,2
21	21-05-18	8,1
22	22-05-18	8,1
23	23-05-18	8,0
24	24-05-18	8,0
25	25-05-18	8,0
26	26-05-18	7,9
27	27-05-18	7,9
28	28-05-18	7,9
29	29-05-18	7,8
30	30-05-18	7,8

FUENTE: Datos experimentales.

El cuadro 4.14 muestra la variación del pH en el agua tratada durante treinta días, como se observa el descenso de este parámetro es lento pero progresivo, desde un 9,4 hasta 7,8.

CUADRO 4.15
RESULTADOS DE LA GRASA

N°	FECHA	GRASA, mg/L
1	02-05-18	38
2	08-05-18	17
3	15-05-18	10
4	23-05-18	2
5	30-05-18	0

FUENTE: Datos experimentales

El cuadro 4.15 muestra los resultados de la variación de la cantidad de grasa en el agua filtrada a través de la zeolita, en la que se puede observar que este desciende conforme pasan los días desde 38 mg/L hasta 0 mg/L.

CUADRO 4.16
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS
(Muestra tomada el 30-05-18)

Microorganismo	Unidades	Reporte
Coliformes fecales	NMP/100 mL	8
Escherichia coli	NMP/100 mL	15
Salmonella	NMP/100 mL	3

FUENTE: Datos experimentales.

En el cuadro 4.16 se observan los resultados hechos al agua tratada en el filtro de zeolita, de una muestra tomada el día 30 de Mayo, en la que se puede ver que desciende conforme pasan los días desde >10 000 NMP/100 mL hasta 8 NMP/100 mL, desde 8500 NMP/100 mL hasta 15 NMP/100 mL y desde 5000 NMP/100 mL hasta 3 NMP/100 mL respectivamente en el agua resultante.

4.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

A) Validación de la Hipótesis Específica N° 1

HE1:

Las zeolitas mediante la floculación y la filtración reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018

Ho1:

Las zeolitas mediante la floculación y la filtración no reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018

En el estado inicial hubo presencia de sólidos contenidos en las aguas residuales y los sólidos suspendidos estuvieron por encima de los LMP para agua.

En el estado final hubo disminución de los sólidos contenidos en las aguas residuales y los sólidos suspendidos estuvieron por debajo de los LMP para agua.

Por lo tanto se acepta la hipótesis específica N°1 y se rechaza la hipótesis nula N°1.

B) Validación de las Hipótesis específica N° 2

HE2:

Las zeolitas mediante adsorción permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018

Ho2:

Las zeolitas mediante adsorción no permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018

En el estado inicial se pudo percibir presencia de restos fecales (escherichia coli) y Olor anormal del agua.

En el estado final se pudo percibir que hubo disminución de restos fecales (escherichia coli) y Olor normal del agua.

Por lo tanto se acepta la hipótesis específica N°2 y se rechaza la hipótesis nula N°2.

C) Validación de las Hipótesis específica N° 3

HE3:

Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas de la urbanización la palma grande – Ica 2018, serían adecuadas para uso agrícola.

Ho3:

Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas de la urbanización la palma grande – Ica 2018, no serían adecuadas para uso agrícola.

En el estado inicial se pudo percibir presencia de materia orgánica y color anormal del agua.

En el estado final se pudo percibir que hubo disminución de materia orgánica y color normal del agua.

Por lo tanto se acepta la hipótesis específica N°3 y se rechaza la hipótesis nula N°3.

4.2. Discusión de resultados

Los ensayos realizados para establecer el impacto del uso de la zeolita en el tratamiento del agua residual doméstica, han demostrado que dicho método tiene un impacto positivo en las aguas tratadas ya que no se han empleado para su depuración insumos químicos, sino un mineral que existe en la zona de Ocucaje, al sur de la provincia de Ica y que muy bien puede ser empleado en la depuración de aguas, mediante el sistema de filtración lenta.

La zeolita tiene una gran capacidad de adsorción, lo que ayuda a retener los sólidos totales, y sólidos solubles presentes en las aguas residuales, así mismo, este mineral permite retener ciertos químicos y metales pesados, que se encuentran en el agua residual, debido a esto es que disminuye el pH del agua que contiene detergentes.

En las capas superiores del filtro durante el periodo de filtración se va formando una capa biológica, la cual cumple la función de recepcionar la carga microbiana que consume materia orgánica y en la que proliferan microorganismos que además destruyen los virus y bacterias como los coliformes fecales y las salmonellas.

Parte de estos microorganismos también van a quedar retenidos o adsorbidos en las primeras capas de zeolita, disminuyendo de esta manera drásticamente la cantidad de microorganismos.

Esta habilidad de la zeolita para retener sólidos suspendidos y solubles y microorganismos se ve reforzada al llevar a cabo una filtración lenta, permitiendo que el agua a tratar permanezca mucho más tiempo en contacto con la zeolita, la cual va a saturar sus microporos y macroporos con los contaminantes del agua residual.

Los resultados a los que se han llegado en la presente tesis son muy similares a los que llegó Franco, M. (2006) en su tesis *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación en Chile*, cuyo objetivo principal es aportar una herramienta para mejorar la eficiencia del uso del agua potable en Chile, introduciendo el tema de reutilización de aguas residuales, tratándolas con zeolitas, con lo que pudo reducir al mínimo las cantidades de contaminantes y microorganismos patógenos.

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que el impacto que tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018, sería positivo ya que no se requieren sustancias químicas para su tratamiento y la zeolita no causa ningún tipo de daño ecológico.
2. Se demostró que las zeolitas reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas, debido a un proceso de superficie denominado adsorción, la cual es física (cuando los sólidos se fijan en la superficie de la zeolita) y química (cuando las sustancias químicas interactúan con los centros activos de este mineral).
3. Las zeolitas permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018, debido a que en las capas superiores del filtro (acumulación de materia orgánica), se va formando una capa biológica donde proliferan microorganismos que consumen la materia orgánica y los virus y bacterias que se acumulan en ella.
4. Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas en la urbanización la palma grande – Ica 2018, después del tratamiento restablecen sus características fisicoquímicas, al eliminarse los sólidos y las sustancias químicas que la contaminan; así mismo se elimina la carga microbiana pero no puede ser considerada como agua potable, sino un agua apta para regadío, ya que requeriría de un tratamiento químico para asegurar la desinfección.
5. El presente estudio de investigación ha servido para encontrar los problemas presentes de la urbanización la Palma Grande.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las empresas agrícolas usar el mismo método ecológico en vez de sustancias químicas que dañen el ambiente.
2. Se recomienda un pre tratamiento al agua residual doméstica, para eliminar de ella los sólidos de tamaño que exceden a los 0,5 mm, ya que esta perjudica el proceso de filtración.
3. Se recomienda hacer ensayos con filtros en serie para aumentar el flujo de agua y de esta manera obtener un mayor rendimiento en la filtración y una disminución mucho más rápida de la carga microbiana.
4. Se recomienda utilizar la zeolita empleada en la investigación (Clinoptilolita) junto con otro tipo de zeolita para observar si existe un proceso más eficaz en restablecer sus características fisicoquímicas al eliminarse los sólidos y las sustancias químicas que la contaminan y se pueda lograr en menos tiempo.
5. Se recomienda extender este estudio a los metales pesados y sales que contienen las aguas residuales a fin de establecer los niveles de captación que puede tener la zeolita que se está empleando.

Los resultados obtenidos han sido proporcionados a la comunidad vecinal de la Palma Grande, y se recomendó a sus habitantes que lo tomen en consideración para un adecuado servicio del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, L (2015) Agenda pendiente del agua. México. Academia Mexicana de Ciencias.
- Acevedo, D., Builes, S., Ordóñez, C. & López, I. (2011). Evaluación de la eficiencia de una batería de filtrosempacados en zeolita en la remoción de metales pesados presentes en un licor mixto bajo condiciones de laboratorio. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 31-42.
- Alcamo, J. F. (2007). Future long-term changes in global water resources driven. In *Hydrological Sciences Journal* (Vol. 52, pp. 247-275). socio-economic and climatic changes.
- Alerta mundial del agua (2002) Informe de la ONU La escasez se multiplicará en los próximos 25 años. Buenos Aires . Barrameda. com. ar.
- APHA. AWWA. WEF (2000). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA. 20ª ed. Washington, D.C.
- Autoridad Nacional del Agua y Comisión Técnica Multisectorial (2009) Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Bates, B. C. y otros (2008) Cambio climático y el agua. Informe técnico sobre los peligros del cambio climático. Ginebra: IPCC Secretariat.
- Breck, D.W. (2014) Estructura de Tamiz molecular de la Zeolita. Chemistry and Use. John Wiley & sons. pag. 771.
- Causa, E, Pinto, C (2005) Investigación sobre procesos de coagulación. Floculación de aguas en plantas de tratamiento”, Santiago, Chile, Editorial Ciencias de la tierra.
- CAN / IRD / PNUMA / AECI (2007) ¿El fin de las cumbres nevadas? Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones.
- Chutia P., S Kato, Kojima T., Satokawa S. (2009) La adsorción de As (V) en zeolitas naturales modificados tensioactivos. *J Hazard Mater* 162 (1): 204-211
- Comisión Multisectorial (2012) Informe de la Comisión Multisectorial: ejes estratégicos de la gestión ambiental. Lima: Comisión Multisectorial.
- Covarrubias, C., García, R., Yáñez, J. & Arriagada, R. (2008, August). Preparation of CPB-modified FAU zeolite for the removal of tannery wastewater contaminants. *Journal of Porous Materials*, 15(4), 491-498.
- Del Castillo, L y Jeroen, V (2009) El agua en el mundo y los conceptos básicos de su gestión. España. Editorial Umbro.

- Delgado, J (2005) El agua y la seguridad nacional. Un recurso frente a las guerras futuras. México. Ediciones Universitarias.
- Doornbos, B (2009) Medidas probadas en el uso y la gestión del agua: una contribución a la adaptación al cambio climático en los Andes. Quito: ASOCAM / INTERCOOPERACIÓN.
- Drinking Water Standards and Health Advisories*. Oficina el Agua de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Washington, D. C. 2000.
- EMAPICA (2010) Ica. Reporte Anual.
- EPA (1993) Method 180.1. Determination of Turbidity by Nephelometry. Rev. 2.0. En Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. US Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH, EEUU. 10 pp.
- Embid, A (2010) Cambio climático y recursos hídricos. Aspectos jurídicos. Serie Derecho y Cambio Climático. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1995). Agua. Formulación de nuevas estrategias para su distribución y conservación. Banco Mundial. UNDP. FAO Land and Water Bulletin 3. Roma.
- Fernández-Jáuregui C. (2006). VANGUARDIA. Dossier. AGUA, El desafío del siglo XXI. Número 21. Barcelona.
- Flores E García F, Flores E, Núñez M, Gonzáles R, Bello- Pérez L (2004) Estudio analítico de las aguas domésticas reiduales. Acta Cient. Venez. 55:86-90
- Friedel, M (2006) Sobre algunas propiedades de las zeolitas. Paris. Sociedad Francesa de mineralogía y cristalografía.
- Gonzalez S, Valdivia C (2001) Tratamiento de los aguas residuales de un vertedero en un sistema de lodos activados. XXVII Cong. Interam. Eng. Sanit. Amb. Pp. 1-11-
- Jahn SA, Dirar, H (1979) Studies on natural wáter coagulants in the Sudan, with special reference to Moringa oleífera sedes. Water S.A. 5(2):90-97
- Kemmer, F & McCallion, J (2009) “Manual del Agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones”, USA, Mc Graw Hill.
- Matés, J (2009) La conquista del agua. Historia económica del abastecimiento urbano, España. Universidad de Jaén.
- Martín, F (2008) México sediento. México, Santillana Ediciones Generales.
- Moudgill, M (2006) Flocculation, Sedimentation & Consolidation, Madrid. editores Brij M. Moudgil.
- OEFA. (abril de 2014). *Organizacion de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*.

- OMS (2015) Agua. Hechos claves. Madrid. Boletín informativo.
- Oré, M (2015). El agua ante nuevos desafíos. Actores e iniciativas en Ecuador, Perú y Bolivia. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, OXFAM Internacional.
- ONU (2015) Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. España. Boletín informativo.
- OGA (Oficina de Gestión Ambiental para America Latina y el Caribe) (2007). Washington D.C. Informe Anual.
- Parra P (1999) Depuración de lixiviados con oxígeno en vertederos de RSU. Revista Residuos 48:38-40.
- PNUD. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2006). Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. New York.USA.
- Necrasov, G. (2000) Química Avanzada. Moscú. Editorial MIR.
- Pereira, L. C. (2009). Coping with Water Scarcity. In *Addressing the challenges*. Springer Science.
- Ríos, A., Vargas, F. & Cuchimaque, L. (2013, marzo). Remoción de Fe y Mn en aguas naturales por adsorción-oxidación sobre clinoptilolita. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, (66), 24-44.
- Roberto Leyva Ramos, Marco Antonia Sánchez Castillo, María Violeta Hernández Sánchez, Rosa María Guerrero Colorado. (2001) “Remoción de metales pesados en solución acuosa por medio de Clinoptilolitas naturales” *Int. Cont. Ambiental* 17 (3) 129-136.
- Schneider, C. F. (2011). The future of European floodplain wetlands under a changing climate. In *Journal of Water and Climate Change* (Vol. 2, pp. 106–122).
- SEDAPAL (1997) Lima. Anuario.
- SEMARNAP. (2000). *La gestión ambiental en México*. México: SEMARNAP.
- UNESCO (2006). El agua, una responsabilidad compartida. 2º informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Madrid.

LINCOGRAFÍA

UNESCO. (2009). *Water in a Changing World. 3rd United Nations World Water Development.*

Retrieved from United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris:

[Http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml)

Valdez, D. (18 de marzo de 2008). *Cuida el Agua: Estadísticas y Consejos*. Obtenido de Green-Peace Morelos:

<http://greenpeacemor.blogspot.pe/2008/03/cuida-el-agua-estadisticas-y-consejos.html>

Acevedo Cifuentes D. R., Builes Felizzola S.M., Ordonez Ante C. A., y López Sánchez, I. J.,

Remoción de microorganismos patógenos presentes en un licor mixto bajo condiciones de laboratorio empleando filtros empacados en zeolita natural. Rev. ing. Univ. Medellín [online]. 2012, vol.11, n.21, pp. 39-52. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000200004

Ecoworking. (04 de febrero de 2015). *Mala gestión de aguas residuales a nivel mundial*. Obtenido de Ecoworking:

<http://www.ecoworking.es/2015/02/04/mala-gesti%C3%B3n-de-aguas-residuales-a-nivel-mundial/>

Hernández, R. C. (2004). *Biblioteca CF+S*. Obtenido de Documentación gráfica sobre sostenibilidad-Agua:distribución y consumo:

http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html

Paulson, L. D. (5 de abril de 2013). *¿En Dónde Se Practica la Mayor Reutilización de Agua?*

Obtenido de RWL Water: <https://www.rwlwater.com/en-donde-se-practica-la-mayor-reutilizacion-de-agua/?lang=es>

ANEXOS

ANEXO 1: CUADRO A1.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: IMPACTO DEL USO DE ZEOLITAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA URBANIZACIÓN LA PALMA GRANDE – ICA, 2018

APELLIDOS Y NOMBRES: EGOICHEAGA QUISPE LEYLA ASTREED LIBIA

Método: Científico

Tipo de Investigación: Aplicada

Nivel de Investigación: Experimental

Diseño: Experimental

Problema		Objetivo		Hipótesis		Variables	Indicadores	Índices	Técnicas e Instrumentos
P R I N C I P A L	¿Qué impacto tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018?	P R I N C I P A L	Determinar el impacto que tendría el uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.	P R I N C I P A L	El uso de zeolitas tendría un impacto positivo en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.	X: Uso de zeolitas Dimensión: Tecnología ambiental	IX1: Disminución de los sólidos contenidos en las aguas residuales. IX2: Disminución de restos fecales (escherichia coli) IX3: Disminución de materia orgánica.	ix1: Sólidos suspendidos por debajo de los LMP para agua. ix2: Olor normal del agua. ix3: Color normal del agua.	Técnicas: Análisis de laboratorio. Observación de campo
	1°PE. ¿Cómo las zeolitas reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urb. La palma grande – Ica 2018?	E S P E C I F I C O S	1°OE. Determinar de qué manera las zeolitas reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.	E S P E C I F I C O S	1°HE. Las zeolitas mediante la floculación y la filtración reducen los sólidos suspendidos de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.	Y: Aguas residuales domésticas. Dimensión: Aguas residuales	IY1: Sólidos contenidos en las aguas residuales. IY2: Presencia de restos fecales (escherichia coli) IY3: Presencia de materia orgánica	iy1: Sólidos suspendidos por encima de los LMP para agua. iy2: Olor anormal del agua. iy3: Color anormal del agua.	Instrumento: Fichas recolección de datos para la aplicación de la zeolita. Guía de observación de campo
	2°PE. ¿De qué manera las zeolitas permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la Urb. La palma grande – Ica 2018.?	C I F I C O S	2°OE. Establecer de qué manera las zeolitas permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.	2°HE. Las zeolitas mediante adsorción permiten reducir la carga microbiana de las aguas residuales domésticas de la urbanización la palma grande – Ica 2018.					
3°PE. ¿Qué características fisicoquímicas y microbiológicas tendrá el agua residual doméstica tratada con zeolitas en la urb. La palma grande – Ica 2018?		3°OE. Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica tratada con zeolitas en la urbanización la palma grande – Ica 2018.	3°HE. Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica de la urbanización la palma grande – Ica 2018 tratada con zeolitas, sería adecuada para uso agrícola.						

ANEXO 2

MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

SÓLIDOS TOTALES.

Para realizar el método de análisis para el agua residual domestica primero se calienta la cápsula vacía en la mufla a 550 °C durante 1 hora, luego se enfría y pesa. Se transfiere 100 mL de la muestra a la cápsula pesada y evapora en una placa caliente, después se lleva la cápsula con la muestra evaporada a una estufa a 103-105°C durante 1 hora, se enfría la cápsula en el desecador y se pesa, se repite la operación hasta peso constante.

Cálculos:

Sólidos totales mg/L = [(A-B) x 1000] / mL de muestra

A: Peso de la cápsula vacía en mg.

B: Peso de la cápsula más el residuo en mg.

Sólidos totales volátiles y fijos a 550cc.

La cápsula que contiene el residuo de los sólidos totales se calcina en la mufla a 550°C + - 5°C, hasta obtener un peso constante, se enfria en un desecador y se pesa.

Cálculos

Sólidos volátiles totales (mg/L) = [(B – C) x 1000 / mL de muestra

Sólidos fijos totales (mg/L) = [(C – A) x 1000] / mL de muestra

A: Peso de la cápsula vacía en mg.

B: Peso de la cápsula más el residuo antes de la calcinación en mg.

C: Peso de la cápsula más el residuo después de la calcinación en mg.

Sólidos suspendidos totales a 103°C-105°

Método de filtración en disco de fibra de vidrio

Procedimiento

Se insertó el disco con la cara rugosa hacia arriba en el embudo de filtración, y al vacío se lavó el disco con 20 mL de agua destilada. Se secó el disco a 103°C durante una hora. Se calcinó la muestra en la mufla a 550°C±50°C durante 20 minutos, se enfrió en el desecador y se pesó.

Cálculos

Sólidos totales suspendidos (mg/L)= [(B – A) x 1000] /mL de muestra

A: Peso del filtro zeolita en mg.

B Peso del filtro más el residuo seco en mg.

Sólidos Suspendidos volátiles y fijos a 550°C

El residuo que queda en el filtro se calcinó a 550°C durante 15 minutos, se enfrió en el desecador y se pesó. Se repitió el ciclo de calcinación enfriado y pesada hasta peso constante.

Cálculos

Sólidos Suspendidos volátiles (mg/L) = $[(B - C) \times 1000] / \text{mL de muestra}$

Sólidos suspendidos fijos: (mg/L) = $[(C - A) \times 1000] / \text{mL de muestra}$

A: Peso del filtro zeolita en mg.

B: Peso de filtro más el residuo antes de la calcinación en mg.

C: Peso del filtro más el residuo después de la calcinación en mg.

Sólidos sedimentables

Se agitó la muestra y agregó un litro de esta en un cono de Imhoff. Se dejó sedimentar por 45 minutos. Registre la cantidad de sólidos sedimentables en mL/L, leyendo directamente en el cono.

Reporte:

Se expresan los resultados como: Sólidos sedimentables (mL /L / hora).

Nitrógeno orgánico método de Kjeldail

Procedimiento

Digestión

Se tomó el volumen de alícuota seleccionado, se determinó el amonio por destilación y luego se procedió a la digestión. La muestra digerida se destiló con NaOH y se recibió en ácido bórico para luego titular con H₂SO₄

Se corrió un blanco a través de todas las etapas para hacer corrección de los resultados si es necesario.

Cálculos

Cuando no se hace la destilación preliminar del amonio

$N_{\text{total}} (\text{mg/L}) = [(A - B) \times N \times 14000] / \text{mL de muestra}$

Dónde:

A: mL de H₂SO₄ utilizados en la titulación de la muestra

B: mL de H₂SO₄ utilizados en la titulación del blanco

N: Normalidad de la solución de H₂SO₄

Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales y residuales tratadas.

Procedimiento

Método del reflujo para DQO mayores de 50 mg/L

- a) Se colocó 50 mL de muestra en el matraz de destilación, se agregó 1 g de sulfato mercúrico y algunas perlas de vidrio, con 25 mL de la disolución estándar de dicromato de potasio 0.0417 M y se mezcló con movimientos circulares. Se adicionó 5 mL de la disolución $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$, se agitó para disolver el sulfato mercúrico.
- b) Se conectó el matraz de bola a reflujo con el condensador tipo Friedrich y se hizo circular el agua de enfriamiento.
- c) Por el extremo superior del condensador se agregó lentamente y con cuidado 70 mL de la disolución de $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$ y se agitó en forma circular para homogeneizar.
- d) Se calentó el matraz a reflujo durante 2 horas a partir de que comience la ebullición. Se dejó enfriar y se enjuagó el condensador desde la parte superior con 25 mL de agua destilada.
- e) Se desconectó el refrigerante y agregó agua destilada a la muestra al doble de su volumen. Se enfrió a temperatura ambiente y agregó tres gotas de indicador de 1,10-fenatrolina como indicador y se tituló con la disolución de sulfato ferroso amoniacal 0.25 M, se tomó como punto final el primer cambio de color de azul verdoso a café-rojizo; el color azul-verdoso puede reaparecer.
- f) De la misma manera, se determinó simultáneamente un blanco o testigo que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual al de la muestra.

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas residuales y residuales tratadas

Procedimiento

Se hicieron tres diluciones de la muestra en frascos de Winkler de acuerdo a la calidad del agua residual (OD). Al frasco lleno hasta la mitad con agua de dilución (previamente preparada) se agregó con una pipeta la cantidad de muestra deseada. Se preparó una botella adicional con agua de dilución (blanco).

Se llenó el frasco hasta el cuello con el agua de dilución, luego se midió el oxígeno disuelto del blanco. Los frascos con las diluciones de la muestra y un blanco se metieron a la estufa 20 °C durante cinco días, después del tiempo transcurrido se mide OD.

Se calculó la DBO determinando el OD inicial y el OD final sobre el factor.

Determinación de aceites y grasas (método extracción Soxhlet, SM 5520 D).

Se extrajo la grasa de una muestra por filtración al vacío en la zeolita luego se procedió a extraer el aceite con el equipo soxhlet y finalmente se llevaron a la estufa a 103 °C con el fin de eliminar el solvente residual. Por último se colocaron en un desecador durante una hora y se volvió a pesar para determinar el peso final.

MEDIDA DEL pH

Procedimiento

Se calibró el pH-meter con las soluciones tampón de referencia y se determinó el pH de la muestra de agua a temperatura ambiente.

ANEXO 3

MÉTODOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA **Determinación del número de bacterias aerobias mesófilas por el Método de recuento en placa**

Se sembró en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incubó durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se contó el número de colonias que se obtienen. El medio utilizado es agar nutritivo o agar Plate Count (aproximadamente 15 mL por placa). Se informa: 7.450 UFC/ ml

Determinación del Número Más Probable (NMP) / 100 mL de bacterias de coliformes totales (Método de Wilson)

Pasadas las 48 horas, de los tubos positivos de la prueba presuntiva se sembró con ansa, en tubos con caldo Mc Conckey o LBVB de simple concentración, y en tubos con caldo Triptonado (para realizar la prueba del Indol), que se incuban durante 48 horas en un baño de agua regulado a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. La formación en el agar EMB de colonias negras o con el centro negro, con la formación en el agar Endo de colonias rojas rodeadas de un halo rojo, confirma la presencia de coliformes.

Prueba de identificación de *Escherichia coli*

Se escogieron tubos gas positivos del caldo Mc Conckey o Lactosa bilis verde brillante (Brila) procedentes del recuento de bacterias coliformes (NMP/100mL).

Se Inoculó una ansada de caldo de los cultivos seleccionados positivos en tubos de:

Caldo Mc Conckey o Brila y una ansada a caldo de peptona. Se Incubaron los tubos de caldo Mc Conckey o Brila a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y se vió si son positivos de formación de gas a las 24 h y a las 48 h. Los tubos de caldo Mc Conckey o Brila que presentaron gas son positivos también de organismos coliformes fecales ya que a esta temperatura solo el bacilo coli fecal produce ácido y gas. Después de 24h de incubación de los tubos de agua de peptona se añadió 0,2 – 0,3 mL del reactivo del Indol. Se agitaron los tubos y se dejaron en reposo 10 minutos. La prueba positiva de producción de Indol se manifiesta por una coloración rojo oscura, en la prueba negativa se conserva el color original del reactivo. Los cultivos gas positivos en Mc Conckey o Brila a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, y que produzcan indol en agua de peptona, pueden considerarse como positivos de coliformes fecales.

ANEXO 4

MÉTODOS PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZEOLITA

Sílice.

PROCEDIMIENTO.

1. Pesar 1,0 gramos de muestra en un crisol de níquel, mezclar con 8-10 gramos de fundente Na_2O_2 - NaOH y cubrir con una pequeña capa del fundente.
2. Fundir en el horno al rojo oscuro (700 °C) cerca de 5 minutos.
3. Vaciar la masa fundida un molde de Hierro apropiado o en una cápsula de níquel o cápsula apropiada expresamente.
4. Lavar el crisol de níquel en una cacerola, con agua caliente o con HCl (1:1) alternando con agua caliente procurando sacar todas las partículas adheridas al crisol con una varilla de goma.
5. Pasar la masa del molde de fierro a la cacerola y disolverlo todo, agregando agua si es necesario. Cuando todo se ha disuelto, agregar HCl hasta que la solución se ponga clara.
6. Evaporar a sequedad. Después de seco dejar unos 10-15 minutos más en la plancha (para que oxide el hierro).
7. Enfriar agregar 5 mL de HCl 30 mL de agua caliente y calentar hasta disolver todas las sales solubles.
8. Filtrar la solución caliente a través de un papel filtro N° 40 junto con el filtro zeolita, lavando bien la cacerola y recibiendo el filtrado en vaso de 400 mL, lavar el precipitado 2 veces con HCl (1:1) caliente y 8 veces con agua caliente. RESERVAR EL FILTRADO.
9. Colocar el papel filtro que contiene el precipitado, en un crisol de arcilla y secar en la plancha. Calcinar en la mufla eléctrica al rojo brillante 1500 °C por 1 ó 2 horas.
10. Enfriar y pesar el residuo como sílice.
11. Hacer una prueba en blanco, usando los mismos reactivos.

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{\text{Peso residuo calcinado} \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Colocar el filtrado que se reservó en un frasco volumétrico de 200 mL y diluir a la marca con agua destilada, agitar bien y tomar 100 mL para Fe, Ca y Mg los otros 100 mL para la determinación del aluminio. Si se quiere evitar diluciones tomar otra muestra exclusivamente para Al y trabajar de idéntica manera, separando el SiO_2 y continuando para el Al.

Hierro.

PROCEDIMIENTO.

1. La solución que se pipetea de la dilución (100 mL) ó (la solución contenida en el vaso si el proceso es directo) agregar 3 gramos de cloruro de amonio y 30 mL de hidróxido de amonio y hervir durante 8 minutos.
2. Se filtró en caliente a través de papel filtro N °4 junto con la zeolita recibiendo el filtrado en vaso de 600 mL. Lavar el precipitado 5 veces con agua caliente. RESERVAR EL FILTRADO PARA EL ENSAYO DE Ca y Mg.
3. Se pasó el precipitado de Fe al vaso original extendiendo el papel en el filo del vaso y lavar con un chorro fino de agua y con solución caliente de HCl (1:1) 3 veces y lavar con agua 3 veces. Se disolvió todo el precipitado con HCl (no usar mucha agua para el lavado).
4. Se calentó a ebullición y agregó cloruro estañoso gota a gota hasta reducir todo el Fe. (hasta que la solución quede clara) agregar 2 gotas de exceso).
5. Se diluyó a 200 mL con agua fría y enfriar después agregar 15 mL de solución fosfo-sulfúrica, 10 mL de solución de cloruro mercuríco y 3 gotas de digenilamina como indicador.
6. Se tituló con solución valorada de bicromato de potasio. Hacer los cálculos para Fe₂O₃.
$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \% \text{Fe} \times 1.4298$$

Oxido de calcio.

PROCEDIMIENTO.

1. Se calentó a ebullición el filtrado que se reservó de la determinación del Fe y se agregó 25 mL de solución de oxalato de amonio al 5% y hervir durante 10 minutos y se dejó que el precipitado se sedimente.
2. Se filtró la solución caliente a través de papel filtro N° 5 junto con la zeolita recibiendo el filtrado en vaso de 600 mL. Lavar el precipitado 8 veces con agua caliente. RESERVAR EL FILTRADO PARA LA DETERMINACION DE MAGNESIO (lavar bien el precipitado de oxalato de calcio).
3. se pasó el precipitado a un vaso de 400 mL con el papel filtro, agregarle 200 mL de agua caliente y 20 mL de H₂SO₄ diluido (1:1) y calentar a ebullición durante cinco minutos.
4. Se tituló la solución caliente con solución valorada de KMnO₄ (1mL = 0.005 g de CaO). Descontar el valor de la prueba en blanco.
5. Se Calculó el % de CaO

$$\% \text{ CaO} = \frac{\text{mL de KMnO}_4 \text{ gastados} \times 0.005 \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Magnesio

PROCEDIMIENTO

1. La solución reservada de calcio, calentarla a ebullición unos 100 minutos, para eliminar el exceso de amonio y enfriar.
2. Agregarle 2 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína como indicador, 25 mL de solución de fosfato amónico sódico (al 10%), 30 mL de solución diluida de hidróxido de amonio (1:9) poco a poco hasta que la solución se ponga roja y agitando con una varilla, con esto se acelera la precipitación; después que ha precipitado agregar el resto de la solución y dejarlo en reposo toda la noche.
3. Filtrar en papel filtro N°4 junto con la zeolita y lavar 8 veces con solución fría de hidróxido de amonio diluido (1:10) recibiendo el filtrado en un vaso grande (vaso de 600 mL) descartar el filtrado y colocar el papel filtro que contiene el precipitado en un crisol de arcilla y secar sobre la plancha, después de seco calcinar en la mufla al rojo brillante por 2 – 3 horas, enfriar y pesar el residuo como $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ y hacer los cálculos para reportar como óxido de magnesio MgO ($\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times 0,36207 = \text{MgO}$) ó si se desea reportar como Mg será: ($\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times 0,21839 = \text{Mg}$)

Óxidos de sodio y potasio

PROCEDIMIENTO:

Preparación de la muestra.

- Pesar 1 g de muestra en un vaso de precipitación de 150 mL.
- Añadir 20 mL de agua desionizada y agitar fuertemente.
- Agregar 5 mL de ácido clorhídrico concentrado.
- Diluir inmediatamente a 50 mL de agua.
- Romper los terrones de zeolita no dispersados con una varilla de agitación.
- Colocar las soluciones en una placa de calentamiento durante 15 minutos. Enfriar y filtrar en un papel filtro de porosidad media, Lavar el papel tres veces con agua caliente y completar el volumen en un balón de aforo de 100 mL.
- Realizar las diluciones necesarias de acuerdo con las tablas siguientes y leer en el equipo de absorción atómica.

CUADRO A1.2

CONCENTRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE SODIO

Solución	C ₁ (mg/L)	V ₁ (mL)	C ₂ (mg/L)	V ₂ (mL)
Estándar	1000	5	100	100
1	50	0,10	0,050	100
2	50	0,20	0,100	100
3	50	0,25	0,125	100
4	50	0,50	0,250	100
5	50	1,00	0,500	100

Fuente: Elaborado por la autora.

CUADRO A1.3

CONCENTRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE POTASIO

Solución	C ₁ (mg/L)	V ₁ (mL)	C ₂ (mg/L)	V ₂ (mL)
Estándar	1000	10	100	100
1	100	0,125	0,125	100
2	100	0,250	0,250	100
3	100	0,500	0,500	100
4	100	0,750	0,750	100
5	100	1,000	1,000	100
6	100	1,125	1,125	100

Fuente: Elaborado por la autora.

Cálculos:

$$C = (r \times df \times 100) / m$$

Dónde:

C = concentración.

r = respuesta del equipo.

df = factor de dilución.

m = peso de la muestra.

ANEXO 5

RESISTENCIA QUÍMICA Y MECÁNICA DE LA ZEOLITA UTILIZADA.

Resistencia mecánica.

Para determinar la resistencia mecánica se realizaron los siguientes ensayos:

a) Dureza.

La dureza de la zeolita empleada se determinó por abrasión en el lavado, prueba que se realiza en un vaso de precipitado con un agitador de eje flexible, el cual se hace funcionar a 350 rpm durante 20 minutos cuando se coloca en él una muestra de 200 g de zeolita con 300 mL de agua destilada. Transcurrido el tiempo de agitación se deja en reposo durante 60 horas y se calcula el porcentaje de zeolita que se ha disgregado o pulverizado, después del filtrado, secado y tamizaje.

b) Friabilidad.

La friabilidad se determina mediante la trituration de 50 g del material zeolítico en un molino de bolas de 34 cm de diámetro, que gira a una velocidad de 25 r.p.m con 18 bolas de acero de diámetro 12 mm. Para valorar la friabilidad se efectúan, además, dos mediciones, una después de los quince minutos de funcionamiento (750 golpes, es decir, 375 vueltas) y otra a los 30 minutos (1500 golpes, que equivalen 750 vueltas). Se establece la curva granulométrica del material después de cada ensayo, evaluando el cambio de la talla efectiva del mismo.

c) Tracción y Trituración.

Este ensayo responde para la caracterización del material zeolítico desde el punto de vista mecánico. Se evalúa poniendo en contacto 100 g (m) del material con fracción (-1+ 0.5) mm con 150 mL de agua destilada en un equipo vibratorio que realiza 120 vibraciones por minuto por 24h., secando y luego tamizando el producto con un juego de tamices de 0.5 y 0.25 mm. Se pesan el rechazo (m_1) y el tamizado (m_2) del tamiz de 0.25 mm. Los % de tracción y trituración se determinan como sigue:

$$\% \text{Tracción} = (m_2/m) \times 100$$

$$\% \text{Trituración} = (m_1/m) \times 100$$

RESISTENCIA QUÍMICA

a) Ensayo de resistencia al ácido.

Este ensayo se realiza evalúa la pérdida de peso del material en contacto con HCl al 38% durante 24 horas.

Para llevar a cabo la prueba se toman 20 gramos de zeolita en un vaso de precipitados y se vierte 50 mL de HCl puro para análisis, se agita y se deja en reposo durante 24 horas, después de los cual se filtra, se enjuaga y seca y vuelve a pesar, el resultado se da en porcentaje.

b) Ensayo de resistencia en diferentes medios.

Este ensayo responde a la caracterización de la zeolita desde el punto de vista químico, y evalúa el aporte de sílice, oxidabilidad y residuo seco de 100 g del material zeolítico en contacto por dos ocasiones con 500 mL de diferentes medios, HCl 0.013mol/L, NaCl 0.0085 mol/L; NaOH 0.005 mol/L permaneciendo en contacto por 24 h. Posteriormente se filtra se enjuaga con agua destilada, se seca y pesa. Finalmente se calcula el porcentaje de pérdida.

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR.

a) Distribución granulométrica.

En la determinación de la composición granulométrica de los materiales, se utilizó la técnica del tamizado de acuerdo a métodos de clasificación usando tamices normalizados, según norma DIN 4188.

b) Determinación de la densidad de partículas.

La determinación de la densidad de partículas se realizó por el método picnométrico de acuerdo con estándar de ensayo del laboratorio propuesto por DANA. Según este, se pesa primeramente el picnómetro vacío, con su tapón (P1). La zeolita s introduce en el y se efectúa una nueva pesada (M). El picnómetro se llena parcialmente de agua destilada y se calienta durante unos minutos para eliminar las burbujas de aire que hubiese en la muestra. Una vez enfriado se llena el picnómetro completamente con agua destilada y se pesa (S), teniendo especial cuidado de que el agua llegue hasta la parte superior del capilar pero que no haya exceso de agua. La última pesada (W) se efectúa después de vaciar el picnómetro y volverlo a llenar solo con agua destilada, La densidad se calcula con la fórmula:

$$G = (M - P) / (W + M - P - S), \text{ g/mL}$$

c) Determinación de la densidad aparente.

La densidad aparente resulta de medir un volumen dado de material zeoítico en una probeta graduada de 100 mL y su masa correspondiente. Se toma un volumen de 50 ml.

d) Porosidad.

La porosidad del conglomerado para la zeolita se determinó a partir de la relación:

$$\varepsilon = (\rho_p - \rho_a) / \rho_p$$

Dónde:

ρ_p : densidad de partícula. (g/mL)

ρ_a : densidad aparente(g/mL)

ε : porosidad.

CAPACIDAD ADSORBENTE DE ZEOLITA ACTIVADA CON AGUA POTABLE.

- Se echó 600 g de agua cruda en tres vasos de precipitados y se etiquetó cada uno de ellos con las letras: A, B y C.
- Se agregó 20, 30 y 40 g de zeolita activada en cada uno de los vasos de precipitados previamente etiquetados.
- Se agitó para mezclar la zeolita y el agua potable en cada una de las muestras por 15 minutos a 40RPM.
- Se dejó reposar por 20 minutos luego de la mezcla y separar la fase líquida utilizando una malla 80 mesh.
- Se registró el peso neto obtenido del agua por diferencia con el peso utilizado del material adsorbente y el peso de la muestra de agua potable. Se realizó este procedimiento por triplicado.

CAPACIDAD ADSORBENTE DE ZEOLITA CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

- Se pesó en tres vasos de precipitados, 500 g de agua residual doméstica, a la cual previamente se le eliminó partículas en suspensión.
- Se midió el pH inicial
- Se realizó el acondicionamiento del pH al agua en los vasos de precipitados agregando 10g de solución de hipoclorito de calcio al 1% P/P en cada uno.
- Se agregó 20, 30 y 40 gramos de zeolita activada respectivamente a los vasos de precipitados que contienen el agua residual doméstica.
- Se mezcló la zeolita y el agua tratada en cada una de las muestras por 15 minutos a 40RPM. Se dejó reposar por 20 minutos luego de la mezcla y se separó la fase líquida utilizando una malla 80 mesh.

ANEXO 6

FOTOS DEL DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL DE LA TESIS



Foto N°1. Determinación de sólidos totales.



Foto N°2. Determinación de sólidos suspendidos totales

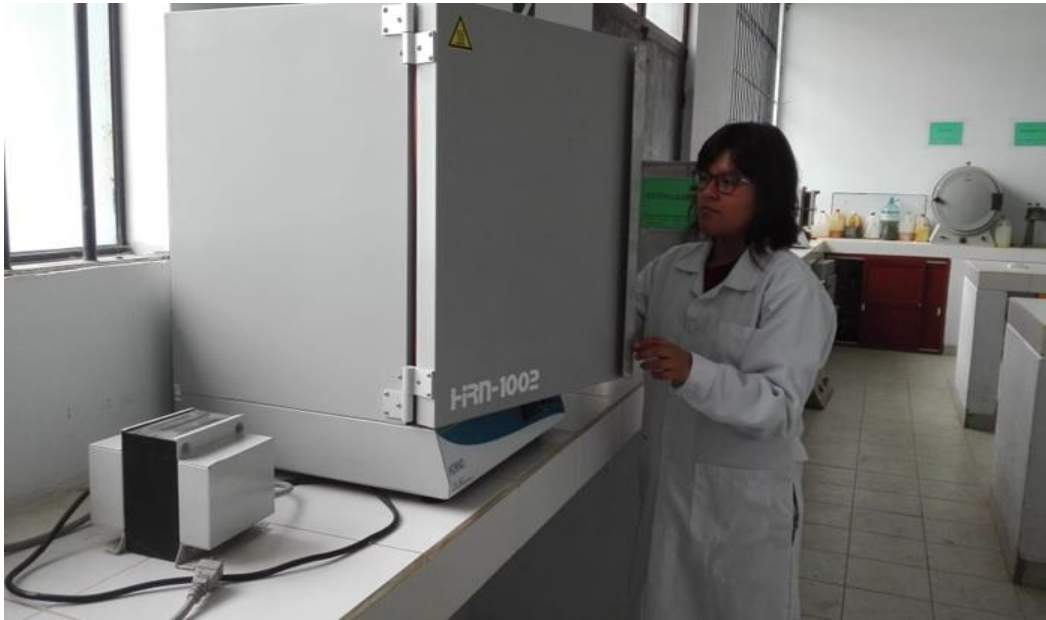


Foto N°3. Determinación de grasas (secado de la grasa obtenida)

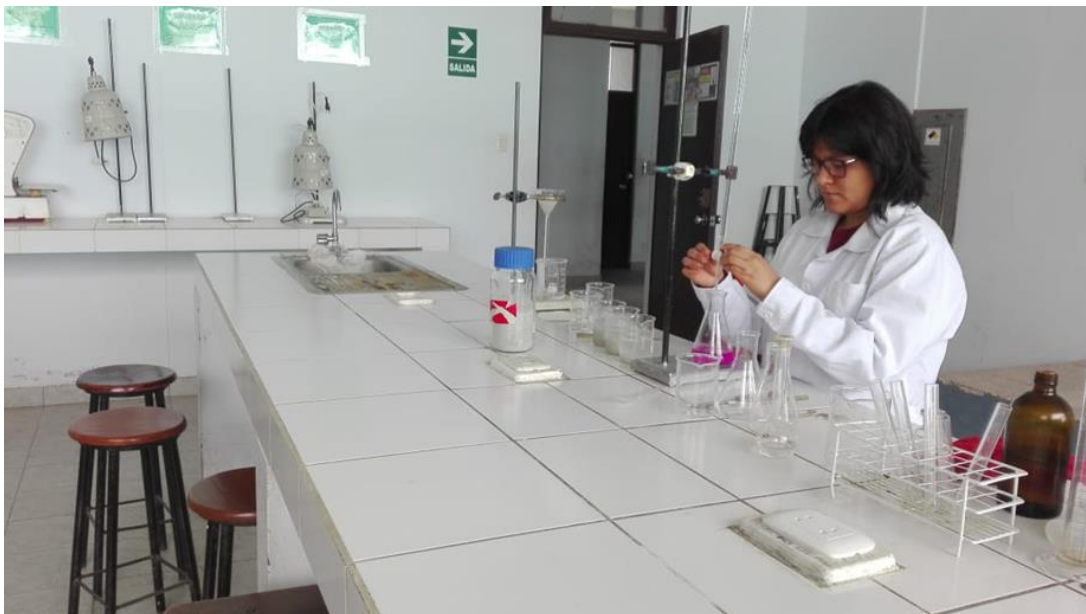


Foto N°4. Determinación del óxido de calcio por titulación



Foto N°5. Determinación de la dureza de la zeolita



Foto N°6. Resistencia de la zeolita a diferentes medios.



Foto N°7. Determinación de la capacidad adsorbente del agua.

ANEXO 7

REPORTE DE LABORATORIO N°213-18



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
Ciudad Universitaria - Panamericana Sur Km. 305
Telf. Fax (51) (034) 222645

REPORTE DE LABORATORIO N° 213 -18

Solicitante : EGOCHEAGA QUISPE, Leyla Astreed Libia.
Dirección : Urbanización La Palma Grande- Ica.
Muestra : Agua residual doméstica.
Cantidad : 2000 mL
Fecha de Recepción : 02 - 05 - 2018
Fecha de análisis : 02 - 05 - 2018
Análisis solicitado : Físicoquímico y microbiológico.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	RESULTADO
Sólidos totales	mg/L	1645
Sólidos en suspensión	mg/L	720
Sólidos disueltos	mg/L	536
Sólidos sedimentables	mg/L	310
DBQO5	mg/L	290
DQO	mg/L	860
Nitrógeno orgánico	mg/L	54
pH	-	9,4
Grasas	mg/L	38
Coliformes fecales	NMP/100 mL	>10 000
Scherichia Coli	NMP/100 mL	8500
Salmonella	NMP/100 mL	5000

* Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Pollution Control Federation (WPCF).

OBSERVACIONES:

El resultado del análisis indica que el agua analizada contiene una alta carga microbiana y parámetros físicoquímicos propios de las aguas residuales domésticas. No apta para el consumo humano, ni para la agricultura.

NOTA: El presente reporte de Laboratorio se refiere únicamente a la muestra analizada.

Ica, 08 de Mayo del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA



Armando Tataje Montalván
MAG. ARMANDO TATAJE MONTALVÁN
DIRECTOR DE LABORATORIO

Jorge Espinoza
Ing. Jorge Espinoza La Rosa
RESPONSABLE DEL ANÁLISIS

ANEXO 8

REPORTE DE LABORATORIO N°218-18



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
Ciudad Universitaria - Panamericana Sur Km. 305
Telf. Fax (51) (034) 222645

REPORTE DE LABORATORIO N° 218 -18

Solicitante : EGOICHEAGA QUISPE, Leyla Astreed Libia.
Dirección : Urbanización La Palma Grande- Ica.
Muestra : Zeolita.
Cantidad : 500 g
Fecha de Recepción : 02 - 05 - 2018
Fecha de análisis : 02 - 05 - 2018
Análisis solicitado : Composición química.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	RESULTADO
SiO ₂	%	64,67
Al ₂ O ₃	%	11,58
Fe ₂ O ₃	%	2,09
CaO	%	3,46
MgO	%	0,80
Na ₂ O	%	1,25
K ₂ O	%	1,37

* Métodos para análisis de minerales: AOAC.

OBSERVACIONES:

El resultado del análisis indica que la zeolita analizada contiene un alto porcentaje de óxidos de sílice y aluminio, por lo que se considera dentro de las zeolitas naturales denominadas Clinoptilolitas.

NOTA: El presente reporte de Laboratorio se refiere únicamente a la muestra analizada.

Ica, 08 de Mayo del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

MAG. ARMANDO TATAJE MONTALVAN
DIRECTOR DE LABORATORIO


Ing. Jorge Espinoza La Rosa
RESPONSABLE DEL ANÁLISIS

ANEXO 9

REPORTE DE LABORATORIO N°240-18



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ciudad Universitaria - Panamericana Sur Km. 305

Telf. Fax (51) (034) 222645

REPORTE DE LABORATORIO

N° 240 -18

Solicitante : EGOCHEAGA QUISPE, Leyla Astreed Libia.
Dirección : Urbanización La Palma Grande- Ica.
Muestra : Agua.
Cantidad : 2000 mL
Fecha de Recepción : 30 - 05 - 2018
Fecha de análisis : 30 - 05 - 2018
Análisis solicitado : Físicoquímico y microbiológico.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	RESULTADO
Sólidos totales	mg/L	25
Sólidos en suspensión	mg/L	11
Sólidos disueltos	mg/L	6
Sólidos sedimentables	mg/L	10
DBQO5	mg/L	14
DQO	mg/L	60
Nitrógeno orgánico	mg/L	3
pH	-	7,8
Grasas	mg/L	0
Coliformes fecales	NMP/100 mL	8
Scherichia Coli	NMP/100 mL	15
Salmonella	NMP/100 mL	3

* Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Pollution Control Federation (WPCF).

OBSERVACIONES:

El resultado del análisis indica que el agua analizada bajo nivel de sólidos totales, suspendidos, disueltos y sedimentables pero contiene carga microbiana, por lo que no puede ser considerada apta para el consumo humano. Según normas puede emplearse en el regadío de plantas de tallo alto.

NOTA: El presente reporte de Laboratorio se refiere únicamente a la muestra analizada.

Ica, 05 de Junio del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA



MAG. ARMANDO TATAJE MONTALVAN
DIRECTOR DE LABORATORIO

Ing. Jorge Espinoza La Rosa
RESPONSABLE DEL ANÁLISIS