

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON
FITORREMEDIACIÓN Y SU INFLUENCIA EN LAS AGUAS
CONTAMINADAS CON CARBONO PROCEDENTES DE LA
FÁBRICA MACHUPICCHU FOODS, EN LA PROVINCIA DE
PISCO” 2018**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

UCULMANA MOQUILLAZA ROBERTO CARLOS

ASESOR: Mg. Ing. CONDEÑA CHUQUIHUACCHA MARCIAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**ICA – PERÚ
2018**

DEDICATORIA

La presente Tesis lo dedico a Dios
y a mis queridos padres Gilberto y
Martha por su gran amor
incondicional

ROBERTO

AGRADECIMIENTO

MI RECONOCIMIENTO A MI ALMA MÁTER UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS POR FORMAR A LOS ESTUDIANTES ACADÉMICAMENTE Y REALIZARLOS PROFESIONALES.

MI SINCERO AGRADECIMIENTO A LOS DOCENTES DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL, POR SUS VALIOSAS ENSEÑANZAS Y SUS SABIOS CONSEJOS QUE HAN PERMITIDO ALCANZAR MIS METAS.

A MIS PROGENITORES QUIENES ME ENSEÑARON A TRIUNFAR EN LA VIDA.

A MI ESPOSA KATHERINE CUENCA Y A MI HIJO STEPHANO POR HABER LLENADO EL INMENSO AMOR DE MI VIDA.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE IMÁGENES	x
ÍNDICE DE TABLA	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.1.1 Descripción de la Realidad Problemática	21
A- Enfoque Mundial	22
B- Enfoque Latinoamericano	22
C- Enfoque Nacional	23
D- Enfoque Local	23
1.2 DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1 Delimitaciones	24
A. Delimitación Espacial	24
B. Delimitación Temporal	24
C. Delimitación Social	24
1.2.1 Definición del Problema	24
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.3.1 Problema principal	25
1.3.2 Problemas específicos	25
1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.4.1 Objetivo general	25
1.4.2 Objetivos específicos	26

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.5.1 Justificación Teórica	26
1.5.2 Justificación Metodológica	26
1.5.3 Justificación Practica	31
1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	31
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	32
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.1 MARCO REFERENCIAL	34
2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.2.1 Internacional	34
2.2.2 Nacional	40
2.3 MARCO TEÓRICO	40
2.3.1 Acidificación del ambiente.	40
2.3.2 Acidificación de los ríos por afluentes con carbono.	41
2.3.3 Disminución de ecosistemas por efecto de aguas acidificadas.	42
2.3.4 Contaminación de los suelos por aguas acidificadas.	44
2.3.5 Biorremediación alternativa de descontaminación actual.	45
2.3.6 Fitorremediación.	45
2.3.7 Tipos de Fitorremediación.	48
2.3.8 Fases de la Fitorremediación en suelos.	49
2.3.9 Fases de la Fitorremediación en aguas.	51
2.3.10 Aplicaciones de la Fitorremediación.	52
2.3.11 Sistema de humedades para tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales.	53
2.3.12 Contención de la Ribera.	53
2.3.13 Sistemas hidropónicos.	54
2.3.14 Ventajas, desventajas y limitaciones de la Fitorremediación.	55
2.3.15 Plantas estudiadas para usarlas en la Fitorremediación.	56
2.3.16 Exceso de CO ₂ acidificadas, lo que océanos lo que causa daño a los arrecifes, fitoplactón y animales.	57
2.3.17 Mares 30% más ácidos.	58
2.3.18 Impactos ambientales: acidificación.	60

2.4 MARCO HISTÓRICO	62
2.4.1 Historia del origen de la contaminación ambiental.	62
2.4.2 Historia del origen de la Fitorremediación.	64
2.4.3 Mecanismos para la fitorremediación de hidrocarburos.	64
2.5 MARCO LEGAL	67
2.5.1 Constitución Política Del Perú.	67
2.5.2 Ley General Del Ambiente – Ley N° 28611	67
2.5.3 Ley Marco Del Sistema Nacional De Gestión Ambiental – Ley N°28245	67
2.5.4 Reglamento De La Ley Del Sistema Nacional De Gestión Ambiental	67
2.5.5 Decreto Supremo N° 008 – 2005 – Pcm.	67
2.5.6 Decreto Supremo N° 002- 2008 – Minam : Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua.	67
2.5.7 Decreto Supremo n° 002-2013-Minam	67
2.6 MARCO CONCEPTUAL	70
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	75
3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	76
3.1.1. Hipótesis general	76
3.1.2. Hipótesis específicas	76
3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	76
3.2.1. Variable independiente	76
A. Dimensiones	76
B. Indicadores	77
C. Índices	77
3.2.2. Variable dependiente	77
A. Dimensiones	77
B. Indicadores	77
C. Índices	77
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	78
4.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	79
4.1.1 Tipo de la investigación	79
4.1.2 Nivel de la investigación	79

4.1.3	Diseño de la investigación	80
4.2	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	80
4.3	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	80
4.3.1	Universo	80
4.3.2	Población	80
4.3.3	Muestra	80
4.4	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	80
4.4.1	Técnicas de la investigación	80
4.4.2	Instrumentos de la investigación	81
4.4.3	Fuentes de la recolección de datos	81
4.5	METODOLOGÍA	81
4.6	PROPUESTA DE PROYECTO	85
	CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	93
5.1	ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	94
5.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	94
5.3	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	94
5.4	CONCLUSIONES	101
5.5	RECOMENDACIONES	101
	FUENTES DE INFORMACIÓN	103
	BIBLIOGRAFIA	103
	LINCOGRAFIA	105
	ANEXOS	106
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO # 1: Nivel de tolerancia al pH en animales	43
GRÁFICO # 2: La fitorremediación	49
GRÁFICO #3 Captación de lluvias	52
GRÁFICO #4 Sistema de humedales	53
GRÁFICO #5 Contención de riberas	54
GRÁFICO #6 Sistema hidropónico	54

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO #1 Monitoreo mensual del agua	29
CUADRO#2 Monitoreo mensual del suelo	30
CUADRO #3 Monitoreo mensual del agua	82
CUADRO#4 Monitoreo mensual del suelo	83
CUADRO#5 Presupuesto de implementación de la planta de tratamiento	91

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMÁGEN #1 Muestra analizada antes del tratamiento.	81
IMÁGEN #2 Pesado de la muestra del suelo.	85
IMÁGEN #3 Dimensiones de laguna de tratamiento.	88
IMÁGEN #4 Diseño final de la laguna de tratamiento.	89
IMÁGEN #5 Muestra analizada después del tratamiento.	96
IMÁGEN #6: Croquis del posicionamiento de la planta de tratamiento.	98
IMÁGEN#7: Comparación del estado del ecosistema.	98
IMÁGEN #8 Pesado de la muestra del suelo.	100

ÍNDICE DE TABLA

TABLA # 1 Tipos de fitorremediacion	48
TABLA #2 Propiedades de las plantas	56
TABLA #3 Valores de Eca's para agua categoría 3	95

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA #1 Piedras Maifanshi.	86
FOTOGRAFÍA #2 Creación de pozas del prototipo.	86
FOTOGRAFÍA #3 Muestra de agua contaminada.	87
FOTOGRAFÍA #4 Plantación de plantas en el prototipo.	87
FOTOGRAFÍA #5 Creación de filtro con piedras Maifanshi.	88

RESUMEN

Esta investigación está basada en la problemática actual que ocurre en la fábrica Machu Picchu Foods S.A.C. en la provincia de Pisco. La contaminación ambiental, tanto en las aguas, suelo y aire se debe al exceso de CO₂ que contiene las aguas residuales de dicha fábrica, si bien es cierto las aguas son primordialmente de los distintos procesos de la fábrica, encontramos un grave problema en el sistema de lavado de gases, ya que es aquí donde se encontró un alto concentrado de CO₂.

Este trabajo tiene como propósito realizar el diseño de una planta de tratamiento usando la fitorremediación en donde se utilizaran 2 tipos de plantas que actúan como captadoras de carbono, el objetivo es mejorar las condiciones normales del agua y del suelo para que no se afecte a los ecosistemas presentes a su alrededor. El compromiso para que todo este trabajo funcione al 100% es de seguir punto a punto las recomendaciones del trabajo de investigación.

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicado, debido a que se trata de aplicar los conocimientos recibidos durante el largo proceso de nuestros estudios, es experimental por que estudia relaciones de casualidad utilizando experimentos con la finalidad de poder controlar el mecanismo de los fenómenos de estudio y es correlacional por que busca conocer el comportamiento de una variable conociendo el comportamiento de la otra variable relacionada.

En cuanto al nivel de la investigación el presente trabajo es descriptivo, ya que se trata de un estudio inicial y nos limitaremos a planificar las actividades, metas y a identificar las consecuencias y problemas que ocurren en la actualidad en la fábrica Machu Picchu Foods S.A.C., es aplicativo por que se plantea resolver y controlar el problema y es explicativo por que explica el comportamiento de las variables, hay causa y efecto.

El diseño de la investigación es pre experimental porque hay un solo grupo al que se le aplicara el test.

En esta investigación se usan tres métodos importantes: Método Deductivo, Método por Observación porque se aplica mediante la percepción y es cuasi experimental porque no se asigna al azar el grupo de investigación.

ABSTRACT

This investigation is based on the problematic current that occurs in the factory Machu Picchu Foods STo C. In the province of Pisco. The environmental pollution, so much in the waters, floor and air has to the excess of CO₂ that contains the residual waters of said factory, although it is true the waters are primordialmente of the distinct proces It manufactures it, we find a grave problem in the system of wash of gases, since it is here where found a height concentrated of CO₂.

This work has like purpose make the design of a plant of treatment using the fitorremediacion in where they used 2 types of plants that act like captadoras of carbon, the aim is to improve the normal conditions of the water and of the floor so that it do not affect to the present ecosystems to his around. The commitment so that all this work to 100% is to follow point ready the recommendations of the work of investigation.

The present work of investigation is of type applied, due to the fact that it treats to apply the knowledges received during the long process of our studies, it is experimental by that studies relations of casualidad using experiments with the purpose to be able to control the mechanism of the phenomena of study and is correlacional by that looks for to know the behaviour of a variable knowing the behaviour of the another variable related.

Regarding the level of the investigation the present work is descriptive, since it treats of an initial study and will limit us to schedule the activities, put and to identify the consequences and problems that occur in the actuality in manufactures it

Machupicchu Foods S.A.C. , it is aplicativo by that poses resolve and control the problem and is explanatory by that explains the behaviour of the variables, there is cause and effect.

The design of the investigation is preexperimental because there is an alone group to the that applied him the test.

In this investigation use three important methods: Method Deductivo, Method by Observation because it applies by means of the perception and is cuasi experimental because it does not assign at random the group of investigation.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se pretendió reflejar de la forma más clara posible sobre un problema que afecta a la sociedad iqueña en general, que es la Contaminación Ambiental y a su vez en la medida posible darle soluciones que disminuyan su influencia en la generación de efectos a la salud y alteración del ambiente. La contaminación ambiental se ha revelado como una de las principales causas de degradación medioambiental en el mundo. Es un agente que poco a poco está generando graves fenómenos como el cambio climático y el calentamiento global.

El problema de la contaminación ambiental por el CO₂ en la fábrica Machupicchu Foods es un problema preocupante. La empresa que tiene sus inicios de funcionamiento desde el 2002 viene mejorando su compromiso de una política ambiental ya que con el tiempo ha mejorado sus procesos usando energía menos contaminante, pero en una etapa de su proceso contamina evidencialmente las aguas del río aledaño. La empresa realiza el reciclado de las cascarillas de cacao, para darles un segundo uso como combustible para uno de sus secadores de grano, lo cual implemento un lavador de gases para no contaminar la atmosfera, sin haber tomados las medidas que dicho vertimiento del lavador de gases afectase a la alteración de las propiedades del agua del río aledaño, y por consiguiente afecta a los ecosistemas y el suelo de dicho río.

Si bien es cierto últimamente se está prefiriendo el uso del GNV o GLP, aún existe gente que realiza actividades desastrosas como quemar basura en vez de reciclar, usan excesivamente aerosoles que perjudican a la capa de ozono y de tal forma perjudican al ambiente.

En nuestra ciudad existen muchas fábricas, que por tal de ganar dinero no les da un tratamiento a sus aguas residuales y solamente los vierten al desagüe o los vierten a los ríos cercanos, perjudicando de tal forma a los ecosistemas que existen en ellos que a la larga perjudicará al hombre. A su vez existen empresas que no tienen un control en sus emisiones y no previenen sus acciones hacia el ambiente, no usan filtros en sus chimeneas; que en la cual emiten a la atmósfera una excesiva carga de gases de efecto invernadero y algunos otros que descomponen la capa de ozono.

Si bien es cierto son pocas las personas que tienen consideración con el ambiente, y son esas personas las que estamos tratando de mejorar nuestro mundo, tratando de buscarles soluciones a nuestros problemas ambientales, pocas empresas les dan un buen tratamiento a sus aguas residuales para darle un recirculamiento o posteriormente solo verterlas al drenaje o ríos cercanos.

La falta de conciencia hace que mucha gente no ponga fin a sus actos contaminantes hacia el ambiente, hospitales, talleres, tiendas comerciales, mercados de abarrotes, fábricas de todas las índoles; son las que contribuyen a este grave problema, solo queda en nosotros poder contribuir a solucionar y dar fe que estamos en este mundo para poder hacer cosas buenas y que nuestra existencia sirva de algo, y no sea simplemente pasajera nuestra visita, por lo que se debe tener un pensamiento sustentable y sostenible para dejar un mejor mundo para nuestros hijos y demás generaciones.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el método deductivo, la observación porque se aplicó mediante la percepción y es cuasi experimental porque no se asigna al azar el grupo de investigación.

El Capítulo I trata del Planteamiento del problema que trata sobre las delimitaciones, formulación del problema, los objetivos, la justificación, la importancia y las limitaciones, el Capítulo II trata sobre Los fundamentos teóricos de la investi-

gación conceptual, el Capítulo III habla sobre las hipótesis y las variables, el Capítulo IV trata sobre el diseño metodológico de la investigación y el Capítulo V habla sobre el Análisis e interpretación de los resultados.

EL AUTOR

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Descripción de la realidad problemática

Como sabemos; el agua hoy en día está en una etapa de escasez por el mal uso que le da el hombre y por su influencia del mismo al contaminarla, nos estamos quedando sin fuentes del líquido elemento y los humanos no hacemos nada por evitar esto.

En la provincia de Pisco pudimos apreciar que la fábrica Machu Picchu Foods S.A.C. Está vertiendo sus efluentes al río que está cercano a sus límites territoriales, dichas aguas provienen de un lavador de gases y estas contienen una cantidad excesiva de carbono (según informes de la calidad del agua de dicha empresa), lo cual altera sus propiedades físicas y químicas de las aguas del río, afectando de tal modo las especies que habitan en dicho río, disminuyendo la cantidad de plancton y de tal modo alterando la calidad del agua. No solo el agua o sus especies son afectadas por dicho problema, sino también el suelo, ya que dicha agua se utiliza para el riego de los cultivos en todo el curso del río hasta su desembocadura en el mar. En nuestra región los suelos fértiles son cada vez más escasos por la excesiva aplicación de fertilizantes o por otras prácticas donde las propiedades del suelo son alteradas.

Por ello se propone la aplicación de este trabajo de investigación y la implementación de una planta de tratamiento con fitorremediación usando plantas que absorban el carbono y purifiquen el agua de dicho río para que no afecte a los factores ya mencionados.

A- Enfoque mundial

MÉXICO

Según un informe entregado por la UNAM/DICYT, Las altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en el planeta no solamente afectan a la atmósfera y generan el calentamiento global. También producen graves daños en los océanos, cuyas aguas se vuelven ácidas por el exceso de ese contaminante. Ese cambio en el nivel de acidez (o pH) del agua marina produce una menor disponibilidad de calcita, aragonita y otros carbonatos con los que se forman los arrecifes, los esqueletos y las conchas de muchas especies marinas. Rosa María Prol Ledesma (2011).

Después de este informe lanzado por la Universidad Nacional Autónoma de México, el gobierno decidió tratar de mejorar los valores de CO₂ en los océanos implantando artificialmente un tipo de micro algas que capturan el CO₂ y procurar preservar los corales los cuales también ayudan en ese proceso de recuperación para el océano. M. P. Amelia Vidales Olivo (2011).

B- Enfoque latinoamericano

COLOMBIA

Como se sabe Colombia es uno de los países ricos en petróleo, pero a la vez tiene suelos contaminados por derrames de dicho hidrocarburo, lo que ha traído consigo problemas de contaminación de suelos agrícolas y cada vez más una explotación irracional de petróleo.

En Colombia, la reglamentación existente sobre los vertimientos de hidrocarburos y sus derivados se basa en el decreto 4741 del año 2005 y la Ley 253 de 1996, en los cuales clasifican las emisiones de aceites e hidrocarburos mezclados con agua como residuos peligrosos, según el anexo I y II Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2005).

Por lo que han tomado como medida de emergencia la utilización de humedales naturales para la aplicación de la fitorremediación la

cual se basa en el uso de plantas y su interacción con los microorganismos que se ubican en la rizósfera, con el fin de remover, transformar, secuestrar o degradar sustancias contaminantes contenidas en el suelos, sedimentos, aguas superficiales y subterráneas. Janneth Cubilos (2011).

C- Enfoque nacional

En el Perú, en los últimos años uno de los problemas que afecta directamente a la salud pública de los pobladores del Valle del Mantaro, son las consecuencias que tienen el vertimiento de diversas sustancias químicas al río Mantaro, estos generados por los diversos centros minero metalúrgicos de esta parte del país y también por los residuos domésticos que han sido generados por la falta de responsabilidad ambiental que tenemos todos. La Fitorremediación es una alternativa que se viene utilizando desde los años ochenta en Europa y Norteamérica, es una técnica con la que se trabaja para que regiones que han sufrido una contaminación sean recuperadas mediante el empleo de plantas, a las que se les refuerza mediante muy diversos instrumentos su actividad biológica. Q.F. Julio Miguel Oscanoa Lagunas (2012).

En Huancavelica, los escolares de la institución educativa "Nuestra Señora del Carmen de la ciudad de Huancavelica participaron en la Feria de Ciencia e Ingeniería Intel Isef 2012, Proyecto: "La fitorremediación del relave de la unidad minera recuperada y la reducción de la contaminación ambiental" Mariana Fernández (2012).

D- Enfoque local

En la fábrica Machu Picchu Foods S.A.C. sede Pisco; se dedica al desarrollo de insumos derivados del cacao para uso industrial, lo cual dicha empresa adquiere la materia prima(cacao) desde sus propios cultivos en la zona selva del país. En dicho desarrollo del proceso tiene en funcionamiento; secadores de granos de cacao que usan gas licuado de petróleo, pero a su vez tienen un secador del cual su combustible fósil es la misma cascara de cacao por ello existe un problema de contaminación ambiental, ya que se ha notado una excesiva carga de CO₂ en sus aguas residuales por lo cual se ven

vulnerables las fuente de vida que se encuentran a su alrededor. Por lo que he tomado como conveniente diseñar una planta de tratamiento usando fitorremediación para lo que he usado 2 tipos de plantas que absorben el CO₂, (geranio y girasol) si bien es cierto para la aplicación de esta planta durara un tiempo prudente pero sus beneficios y costos son favorables para la empresa.

1.2 DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitaciones

A. Delimitación espacial

El trabajo de investigación se realizó en la provincia de Pisco departamento de Ica.

B. Delimitación temporal

El trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2018.

C. Delimitación social

En el trabajo de investigación se involucró a los pobladores del entorno de la fábrica Machu Picchu Foods SAC.

1.2.2. Definición del problema

Actualmente en la provincia de Pisco, la empresa procesadora de cacao Machupicchu Foods S.A.C. hay un grave problema de contaminación por causa del proceso de secado de grano porque se utiliza como combustible las cascarillas de cacao restantes del descascarillado, lo cual por efecto de su combustión en el sistema de lavado de gases se vierten al ríos aguas con exceso de CO₂.

El problema afecta directamente al río y posteriormente a las aguas del océano donde son vertidas. Así mismo afecta a las propiedades del agua (acidificación; por la disminución del pH) también altera a los ecosistemas que habitan en las mismas, de tal modo alteran la propiedad del suelo donde usan estas aguas para el riego de cultivos.

Dichas aguas contaminadas con CO₂ podrán afectar a la población cercana en su salud y en la calidad de su ambiente violando su derecho de tener una mejor calidad de vida.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema principal

¿De qué manera el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en las aguas de los ríos contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica MACHUPICCHU FOODS provincia de Pisco?

1.3.2. Problemas específicos

PE1 ¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos en la provincia de Pisco, 2108?

PE2 ¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en los ecosistemas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018?

PE3 ¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efecto de las aguas contaminadas de carbono en la provincia de Pisco, 2018?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en las aguas de los ríos contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica Machupicchu fofos en la provincia Pisco, 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1 Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

OE2 Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en los ecosistemas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

OE3 Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono en la provincia de Pisco, 2018.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

El presente trabajo de investigación se realizó porque se busca dar a conocer a la población pisqueña que en la actualidad este problema ambiental está afectando a la ciudad ya que las fuentes que causan la contaminación han ido aumentando y al contrario la preocupación por mitigar las fuentes emisoras han disminuido cada vez más, produciendo los problemas medioambientales. Para lo cual la aplicación de la fitorremediación como alternativa nueva, es muy recomendable, ya que es fácil y económica.

La aplicación de esta nueva alternativa minimizará la alteración de las fuentes de aguas que existen alrededor de la empresa, y evitará que en un futuro surjan efectos secundarios ante esta contaminación ambiental.

1.5.2. Justificación metodológica

Para que las empresas que están contaminando el ambiente sepan por medio de este trabajo de investigación una alternativa más para poder mitigar sus efluentes a fuentes de agua que alteran la salud de las personas y del ambiente y los ecosistemas que este contiene. Este trabajo será de mucha utilidad para demostrar que los

efluentes que contienen CO₂ contaminan y acidifican las aguas cada día, es preocupante y las soluciones de estas están al alcance de todos. La toma de conciencia de las personas a cargo de estas industrias será muy importante ya que de ellos dependen seguir en lo mismo o tratar de ponerle fin a este problema.

A. Las Aguas residuales que vierte la fábrica Machupicchu Foods S.A.C. conteniendo Co₂ provenientes del sistema de lavado de gases ocasionan impactos negativos a las aguas del río donde son vertidas; ya que hace que el pH de estas aguas descienda y se vuelvan ácidas, el cual altera su propiedad física y química sin ningún tipo de control y a la vez incumpliendo con los estándares de calidad ambiental para aguas ya sean desde la categoría I (aguas poblacional y recreacional), categoría II (actividades marino costeras), categoría III (riego de vegetales y bebidas de animales), hasta la categoría IV (conservación del ambiente acuático) los cuales supera el valor de pH ya que estas disminuyen desde 4.5 -5.5 por lo que lo establecido es de 6.5 – 8.5.

- Se tomó una muestra para ser analizada y ver que componentes contiene el agua residual.
- Se buscó plantas alternativas que cumplan con el requerimiento según el tipo de contaminante principal del agua residual.
- Se realizó un prototipo a escala menor para observar y dar evidencia de que la propuesta cumple con los objetivos.
- Se tomó muestras cada tres o cuatro semanas desde el inicio de funcionamiento del prototipo, para analizar si el agua residual está recuperando sus propiedades adecuadas según Eca's.

B. Los ecosistemas que existen en el río que se encuentra en la zona aledaña a la empresa Machupicchu Foods S.A.C. están siendo afectados por motivo de la acidificación de las aguas alterando su medio donde viven (medio acuático), volviendo las aguas ácidas y

no aptas para consumo animal ni vegetal como ya lo demostrado anteriormente en los cuadros de valores de los Eca's. La recuperación de las aguas dependerá de la solución inmediata del impacto ambiental negativo generado por los vertidos conteniendo CO_2 , es por ello que mediante el tratamiento de las aguas residuales mediante la planta de fitorremediación, permitirá la recuperación, restauración de los ecosistemas degradados. El diseño de la planta de fitorremediación actuara como captador y/o eliminador del exceso de CO_2 que contienen las aguas residuales procedentes del sistema de lavado de gases, lo cual esta planta se instalara afueras de la fábrica para darle un tratamiento a dichas aguas antes de su vertimiento al rio.

- Se determinó mediante fotos y un análisis cuantitativo, la cantidad de especies de flora y fauna existentes en el rio aledaño a la fábrica, antes, durante y después del funcionamiento de la planta de tratamiento.

C. Los suelos son también los afectados mediante la contaminación ambiental, esto depende que cuan acumulativo sea el contaminante. El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono.

- Se tomó una muestra de suelo la cual esta esté en contacto con las aguas contaminadas.
- Se pesó la muestra al momento de sacarla del punto de origen.
- La muestra se llevó a un horno, aplicándole una elevada temperatura, (80°C a 100°C) por un tiempo de 35 a 60 minutos.
- Después de ponerla en el horno se pesó la muestra y se determinó por diferencia de pesos la cantidad de carbono que poseía el suelo contaminado, de tal forma se confirmó una excesiva cantidad de CO_2 .
- Esta muestra se tomó cada 3 a 4 semanas para ver una similitud con la muestra de agua.

CUADRO #1: MONITOREO MENSUAL DEL AGUA

MUESTRO MENSUAL DEL AGUA		
DÍA	NIVEL DE pH	OBSERVACIÓN
24/01/14	6.5 – 6.9	INFORME BRINDADO POR LA EMPRESA.
15/04/14	4.5 - 5.0	INFORME BRINDADO POR LA EMPRESA.
15/12/17	4.5 – 5.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
15/01/18	5.5 – 6.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
01/02/18	4.0 – 4.5	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
15/02/18	6.5 – 7.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO.
15/03/18	7.5 – 8.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO.
07/04/18	6.5 – 7.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO.

FUENTE: PROPIA

CUADRO # 2: MONITOREO MENSUAL DEL SUELO

MUESTRA MENSUAL DEL SUELO			
DÍA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	OBSERVACIÓN
15/01/18	250	175	LA VARIACIÓN DE PESO EXPLICA LA EXISTENCIA DE CARBONO, LO CUAL SE DEDUCIRÍA COMO UN SUELO CONTAMINADO POR CARBONO.
01/02/18	250	120	LA VARIACIÓN DE PESO ES MUY ALTA, LO CUAL EXISTE UNA SIMILITUD CON EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE PH EN EL AGUA.
15/02/18	250	211	LA VARIACIÓN DE PESO ES CASI MÍNIMA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO.
15/03/18	250	235	LA VARIACIÓN DE PESO ES CASI MINIMA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO.
07/04/18	250	231	LA VARIACIÓN DE PESO ES CASI MINIMA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO.

FUENTE: PROPIA

1.5.3. Justificación practica

Si no se desarrollaría esta investigación el problema ambiental será grave tanto para la población como para el ambiente, ya que afectaría a toda la vida presente y cercana a esta fuente. Como se sabe los ríos van hacia el mar, lo cual afectara a toda vida humana y silvestre hasta su llegada final.

Al aplicar esta investigación resolveremos la acidificación de las aguas y del suelo y que esto no afecte a los ecosistemas presentes y cercanos a esta fuente.

1.6. IMPORTANCIA

Es de suma importancia que las personas sepan que dichos vertidos de CO₂ por las industrias no solo contaminan al ambiente, también perjudican directa e indirectamente a la salud de las personas lo que trae consigo problemas en cadena.

Si hablamos de la utilización de la fitorremediación en las aguas que contienen CO₂ es para poder eliminar y mitigar el contenido de CO₂ en las aguas, para que de tal modo no provoquen acidificación en las aguas ni alteren alguna forma de vida directamente o indirectamente.

Una de las ideas nuevas en esta investigación es el uso de unas piedras chinas lo cual purifican por completo las aguas contaminadas por metales y/o componentes dañinos para el consumo humano, esta piedra se llaman maifanshi,

Este tratamiento beneficiaría a toda la población y a las especies que se abastecen de este río, lo cual no causara daños a la salud ni al ambiente.

1.7. LIMITACIONES

1.7.1. Bibliográficas

No se contó con información bibliográfica impresa, pero si se puede acceder a textos virtuales en el Internet.

1.7.2. Financieras

No se contó con un financiamiento externo para la investigación, por lo que el investigador asume los gastos que demande la investigación.

1.7.3. Tiempo

No se contó con tiempo suficiente para el desarrollo de esta investigación, lo cual causo muchas limitaciones para un buen resultado.

1.7.4. Tecnológicas

El investigador no contó con materiales o equipos de tecnología actual, lo cual no permitió que los resultados sean muy precisos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 Internacional

Título: "Fitorremediación: otro regalo del reino vegetal",

Autor: Ing. Mónica Lumelli D.N.I: 12.453.326. Publicado: 20/2/2006.

País: Argentina.

"En este artículo menciona:" que la fitorremediación es una técnica muy rentable para la descontaminación de suelos y agua, lo cual consiste en la utilización de dichas planta que tienen la capacidad fisiológica y bio química de absorber, degradar, transformar los contaminante existente en el ambiente." menciona también que:" se pueden obtenerse plantas con estas capacidades por medio de técnicas propias de la Ingeniería Genética."¹

Título: "Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamientos de aguas contaminadas con hidrocarburos"

Autor: Ing. Janeth Cubillos Vargas. Publicado: 12/08/2011.

País: Colombia.

"Se ha convertido en una problemática ambiental debido a los grandes vertimientos de combustibles que se generan.

¹ <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1187>

Las complejas características que presentan estos compuestos los ha clasificado como contaminantes primarios , ya que por su solubilidad en el agua pueden ser fácilmente movilizados, incrementando la posibilidad de ser incorporados en otros ambientes, ingeridos por el hombre y dar origen a enfermedades .Ante esta situación, diferentes alternativas convencionales y biológicas se han aplicado con el fin de reducir el efecto que dichos vertimientos ocasionan y para ello, investigadores a nivel mundial se han enfocado en evaluar la fitorremediación como una solución que por su costo–efectividad y aporte paisajístico pueden ser usados para biorremediar estas aguas mezcladas con combustibles, reduciendo el riesgo de contaminación de los ríos y quebradas”.²

Título: “Desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia”

Autor: Ing. Agr. Jorge Luis Luque

Año de publicación: Mayo 2009

País: Argentina

“La contaminación de los suelos por HC tiene un pronunciado efecto sobre las propiedades de los suelos, con procesos de salinización, de toxicidad sobre los microorganismos y mortandad de la vegetación por efectos fitotóxicos. Esto se ve agravado en la Patagonia extra-andina porque es un ecosistema sumamente frágil ya que tiene condiciones que limitan naturalmente el crecimiento de las plantas.

En los últimos años ha cobrado una gran importancia la utilización de métodos biológicos para la limpieza de sitios contaminados, dentro de ellos incluimos la fitorremediación. Es el uso de plantas y sus microorganismos asociados para extraer, secuestrar, detoxificar, degradar, contener o tornar inocuos a los contaminantes en suelos o aguas subterráneas,

²<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2782/1/6281683C962.pdf>

por alteración de las condiciones químicas y físicas del suelo. Para el análisis estadístico se realizó ANOVA, utilizando como variables de clasificación las especies vegetales y la fertilización y sus interacciones en los diferentes momentos de muestreo, según correspondiera ($p \leq 0.05$); se utilizó el test de Tukey para comparar las medias. La concentración inicial de HC (40.100 mg/kg) disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) en todos los tratamientos al cabo de 350 días de ensayo, produciéndose una degradación sostenida. Las diferencias fueron mayores en los primeros 180 días de ensayo, luego el ritmo de degradación disminuyó. Las gramíneas fueron más eficientes que las especies autóctonas para disminuir el contenido de HC en el suelo ya que *Elymus* y *Agropiro* fertilizados, disminuyeron entre 36 y 43 % a los 180 días y entre 45 y 49 % al final del ensayo.”³

Título: fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lema Minor (lenteja de agua), y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera.

Autor: martiuxi del cisne Jaramillo jumbo

Año de publicación: Enero - 2012

País: Ecuador

“La utilización de las macrofitas acuáticas *Eichornia crassipes* y *Lemna minor* ofrece una alternativa a los métodos convencionales de desintoxicación de metales pesados como el mercurio, por lo que se las puede utilizar como una herramienta efectiva y económica. De acuerdo al proceso investigativo se pudo determinar que la *Eichornia crassipes* es la especie que presenta una mayor resistencia a la concentración de mercurio colocado en la experimentación durante 7 días. Por lo que se recomienda usar esta técnica con plantas macrofitas acuáticas para la descontaminación de metales pesados.”⁴

³ inta.gob.ar/...desempeno-de-cuatro-especies-vegetales-para-fitorremediar

⁴ <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2939>

Título: “Evaluación de sistemas de fitorremediación de aguas residuales dentro de una biorrefinería”

Autor: Mariana Robles Pliego

Año de publicación: 2013

País: México

“La utilización de la especie *P. stratiotes* para la descontaminación de fosfatos y nitratos amoniacales en aguas de ríos es una opción viable para implementarse en un sistema de doble propósito para tratar agua de ríos contaminado y para producir biomasa potencialmente aprovechable.”⁵

Título: “Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación”

Autor (es): Angélica Delgadillo, Cesar Gonzales, Francisco Prieto, José Villagómez y Otilio Acevedo.

Año de publicación: 2011

País: México

“Los problemas de contaminación que existen actualmente requieren de tecnologías costo-efectivas, ambientalmente amigables y que puedan aplicarse a gran escala, tal es el caso de la fitorremediación. La capacidad de las plantas para absorber, adsorber, metabolizar, acumular, estabilizar o volatilizar contaminantes orgánicos y/o inorgánicos; aunada a las complejas interacciones que establecen con la rizósfera”⁶

⁵ https://inacol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576_2013-10400.pdf

⁶ <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Título: “fitorredediacion en aguas dulces contaminadas”

Autor (es): Siria Gómez, Josefa García, Jesús M. Torres y Elisa González

Año de publicación: 2015

País: España

“La microalga *Chlorella vulgaris*, cuyo nombre común es clorela, es un alga verde que se encuentra en la mayoría de los cuerpos de agua dulce.

Después del seguimiento de varios parámetros relevantes, que indican la calidad del agua a lo largo del tiempo, en muestras con diferentes características, se ha comprobado que las diferencias más significativas están, como cabría esperar, entre las aguas de mar y las aguas dulces, siendo la causa principal la elevada concentración de sales disueltas que contiene el agua de mar.

En el estudio de los cultivos con microalgas, se ha observado la importancia del crecimiento en las mismas y como afecta éste a los parámetros indicadores de la calidad del agua.”⁷

Título: “Fitorremediacion en aguas y suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo”

Autor(es): Janneth Cubillos, Pilar Pulgarin, Johnatan y Diego Paredes.

Año de publicación: 2013

País: Colombia

“Este documento confirma el potencial del sistema de humedal en la eliminación del petróleo. Esta alternativa de tratamiento se convierte una solución prometedora para reducir los efectos causado por la contaminación a través de estos compuestos con la clara ventaja de la aplicación que puede usarse in situ o ex situ.

⁷ https://www.researchgate.net/publication/280099713_Fitorremediacion_en_aguas_dulces_contaminadas

Es importante conocer lo fisiológico y características morfológicas de las plantas a ser utilizado para eliminar los hidrocarburos de los humedales.

Esto conducirá al empleo de macrofitas con una respuesta positiva hacia la tolerancia de los compuestos para comprender los procesos de eliminación e interacción involucrados entre las plantas-medio ambiente-microorganismos, que permiten transformar y / o reducir el hidrocarburo en concentración. También es importante hablar sobre la actividad microbiana que tiene lugar en el interior de los humedales a través de bioquímica y pruebas moleculares que permiten la identificación de los microorganismos asociados al proceso de la remoción de hidrocarburos”.⁸

Título: “Biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz usados mediante sistema de biopilas”

Autor: Héctor Anza Cruz

Año de publicación:

País: México

“Se comprobó que se puede utilizar la Biorremediación para el tratamiento de residuos característicos aceitosos de los hidrocarburos pesados ya que redujeron las concentraciones de hidrocarburos, en sus fracciones alifáticas y aromáticas. La degradación de la fracción aromática fue notoria en los tratamientos a los que se les inoculó las bacterias. Es recomendable usar microorganismos nativos y bacterias externas para permitir la adaptación de bacterias nativas y lograr reducir los niveles de hidrocarburos. En conjunto las bacterias nativas y externas fueron capaces de utilizar el aceite usado de motor como fuente de carbono y energía.”⁹

⁸ <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n1/v16n1a12.pdf>

⁹ http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num12/Biorremediacion_de_suelos_contaminados.php

2.2.2 Nacional

Título: “optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes*(Jacinto de agua)”

Autor: José Luis Paredes Salazar

Año de publicación: 2015

País: Perú

“La especie *Eichhornia crassipes*, macrofito flotante tropical y subtropical es de uso particular en la reducción de carga de nutrientes y metales pesados como el Cd, el Pb y el Hg, constituye una herramienta complementaria de muy bajo costo y apropiada bajo el enfoque de recuperación de sistemas de humedales artificiales por su alta tolerancia fisiológica en el tratamiento de aguas residuales, obteniendo en estudios anteriores un 95% de eficiencia en la remoción de lodos, y el costo de operación es muy bajo.”¹⁰

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Acidificación del ambiente

Uno de los efectos que tiene la contaminación ambiental es la acidificación del ambiente, esta podría definirse como "la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera, al agua o suelo".

Las emisiones de dióxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, que se emiten a la atmósfera mediante fuentes naturales y antropogénica, reaccionan con radicales hidroxilos y vapor de agua de la atmósfera para convertirse en ácido sulfúrico y nítrico respectivamente, los cuales disueltos en las gotas de agua existentes en la atmósfera pueden volver a la superficie terrestre mediante precipitaciones, originando la lluvia ácida.

¹⁰ <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/927/T.EPG-54.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

También existe una fracción de dichos óxidos que retornan a la superficie terrestre en forma de gases o aerosoles, fenómeno denominado deposición seca. Este fenómeno es predominante cerca de las fuentes de deposición, llegando a darse a algunos cientos de kilómetros del foco, en función de las condiciones de dispersión.

El término lluvia ácida tiene su origen en unos estudios atmosféricos realizados en Inglaterra en el siglo XIX, pero actualmente cabría denominarla deposición ácida, ya que la precipitación de dichos ácidos disueltos puede presentarse en forma líquida (agua), sólida (nieve), o incluso como niebla, ésta última tan efectiva en su capacidad de destrucción como lo es la deposición líquida.

La lluvia que presenta en disolución los iones provenientes de los ácidos tendrá un pH inferior a 5,6 y allí donde se deposite dará lugar a una serie de cambios que alterarán las características químicas del medio, rebajando el pH de suelos y aguas superficiales con diversas consecuencias para los ecosistemas.

El proceso de acidificación se ve influido por un gran número de factores, que hacen que los efectos sean variables de unas zonas a otras; entre ellos cabe destacar la sensibilidad de los suelos y de las aguas a la acidez, así como el grado de concentración de moléculas contaminantes.

La acidificación del ambiente es un claro ejemplo de cómo se interrelacionan los distintos factores ambientales como son la atmósfera, suelo, agua y seres vivos, y de cómo la contaminación ambiental afecta de manera directa e indirecta a los ecosistemas en general.

2.3.2 Acidificación de los ríos por efluentes con carbono

La acidificación de las aguas continentales tiene efectos muy graves sobre los ecosistemas acuáticos. Se ha demostrado que la mayor parte de organismos integrantes de ecosistemas de agua

dulce son sensibles a la acidificación, produciéndose alteraciones en todos los niveles tróficos.

Otro efecto importante que tiene la acidificación de ríos y lagos es el incremento del contenido de iones metálicos, como el ión Aluminio, disueltos en el agua. Ciertas especies de peces y anfibios presentan una elevada sensibilidad a esta acidificación.

La disminución del pH en las aguas varía la composición química de estas, ya que se liberan al agua iones de metales pesados que a pH superior se encontraban inmovilizados en formas insolubles. El ión aluminio es muy tóxico para la mayor parte de los organismos, y a elevadas concentraciones puede causar la muerte de gran parte de los organismos existentes en lagos acidificado.

Otros metales pesados tales como el cadmio, zinc y plomo tienen igualmente una mayor facilidad para disolverse, por lo que son más accesibles para los animales y plantas acuáticas, causando de igual manera efectos nocivos en los ecosistemas.

El grado de sensibilidad a la acidificación puede variar muy ampliamente de unas zonas a otras dependiendo. La acidificación de aguas superficiales por escorrentía y de suelos dependerá de diferentes factores como el espesor de la capa de humus, de la consistencia del sustrato, así como del tipo de rocas y suelo.

2.3.3 Disminución de ecosistemas por efecto de aguas acidificadas

En conjunto, los organismos biológicos y el ambiente en que viven constituyen lo que se conoce como un ecosistema. Las plantas y los animales que viven dentro de un ecosistema son muy interdependientes. Las ranas, por ejemplo, pueden tolerar niveles de acidez relativamente altos, pero si comen insectos tales como las efímeras, podrían verse afectadas porque parte de lo que constituye su alimentación podría desaparecer. Dadas las conexiones que existen entre los múltiples peces, plantas y otros organismos que viven en un ecosistema acuático, los cambios en los niveles de

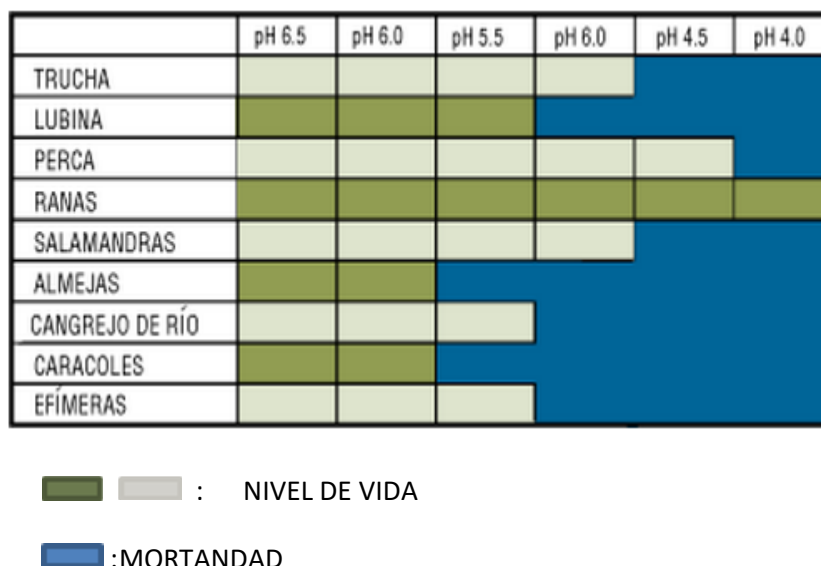
también afectan a la biodiversidad. A consecuencia de esto y a medida que los lagos y ríos se tornan más ácidos, van disminuyendo la cantidad y clases de peces y otros animales y plantas acuáticas que viven en esas aguas.

El agua ácida en los ríos causa una cascada de efectos que dañan a los peces o les causan la muerte, reducen su población, eliminan por completo especies de peces de una masa de agua y disminuyen la biodiversidad. Al fluir esta agua a través de los terrenos de una cuenca vertiente, se escapa el aluminio de esos terrenos hacia los ríos, lagos y arroyos situados en esa cuenca vertiente.

De modo que, al disminuir el pH de un río, lago o arroyo, aumentan los niveles de aluminio. Tanto el pH bajo como los altos niveles de aluminio son directamente tóxicos para los peces. Además, los niveles bajos de pH y el aumento de aluminio producen tensiones crónicas en los peces que podrían no causarles la muerte individualmente, pero que sí conducen a una reducción en su peso y tamaño, lo cual los hace menos capaces de competir por su alimento y su hábitat.

Algunas clases de plantas y animales pueden tolerar aguas ácidas. Otras, en cambio, son sensibles a la acidez y desaparecerán a medida que disminuya el pH. Las crías y retoños de la mayoría de las especies son, generalmente, más sensibles que los adultos a las condiciones ambientales. Con un pH de 5, la mayoría de los huevos de pez no llegan al punto en el que nacen las crías. A niveles más bajos de pH, algunos peces adultos mueren. En algunos lagos ácidos no hay peces. El cuadro que figura a continuación muestra que no todos los peces y crustáceos, así como los insectos de que los se alimentan, pueden tolerar el mismo nivel de ácido. Las ranas, por ejemplo, pueden subsistir en agua mucho más ácida (con un pH más bajo) que las truchas.

GRÁFICO # 1: NIVEL DE TOLERANCIA DE PH EN ANIMALES



FUENTE: PAGINA WEB¹¹

2.3.4 Contaminación de los suelos por aguas acidificadas

Otro de los efectos importantes de la acidificación de los ríos, es la acidificación de los suelos; que es la pérdida por lixiviación de ciertos cationes metálicos de carácter básico, tales como el calcio, magnesio y potasio. Dicha pérdida afecta a la vegetación y a la composición de los acuíferos de la zona, los cuales pueden recibir dichos cationes a través de los procesos de lixiviación.

En el Perú, las altas deposiciones de compuestos de azufre y nitrógeno han producido graves daños sobre amplias áreas de suelo y bosques.

El daño a los bosques probablemente ha sido causado por la acción combinada de ácidos y metales en el suelo y por las altas concentraciones de CO₂ y SO₂ presentes en el aire de estas zonas.

La combinación de un bajo pH en el agua del suelo unido a la presencia de metales, principalmente aluminio, produce una serie de

¹¹ <http://www.aquafeed.co>

consecuencias en la vegetación como son los indicados a continuación.

- Daños en las raíces de los árboles, las micorrizas simbiotes existentes en las raíces son sensibles a esta acidificación.
- Disminución del crecimiento.
- Debilitamiento de la planta, cada vez más sensible a las enfermedades, a la deficiencia hídrica y al ataque de insectos.
- En casos de concentración muy alta de contaminantes se produce decoloración en hojas y defoliación

2.3.5 Biorremediación alternativa de descontaminación actual.¹²

El término Biorremediación fue acuñado a principios de la década de los '80. Los científicos observaron que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen Biológicas, basadas en la capacidad de los microorganismos de realizar procesos degradativos.

Las primeras observaciones de Biorremediación fueron con el petróleo, después de algunos organoclorados y organofosforados; “se advirtió que los microorganismos no sólo eran patógenos, sino que además eran capaces de absorber compuestos orgánicos, algunos naturales, otros sintéticos, y degradarlos, lo que constituye el objetivo de la Biorremediación”.

Dentro de esta técnica existe también la fitorremediación; cuya aplicación es la misma, solo varía en que esta técnica aplica exclusivamente plantas para la descomposición, degradación y eliminación de contaminantes.

2.3.6 Fitorremediación

La fitorremediación es un proceso que tiene por objeto descontaminar los suelos valiéndose de especies vegetales capaces de extraer, metabolizar y acumular las sustancias tóxicas presentes en el ambiente edáfico. Para ello, suelen emplearse diferentes especies, con probada capacidad para sanear aguas y suelos contaminados,

¹² http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

modalidad que gradualmente está consolidándose en forma creciente.

Hasta ahora, se han identificado unas 400 plantas con distintos grados de eficiencia en la acumulación de sustancias tóxicas, las cuales han tenido éxito en la remoción de metales pesados provenientes de la actividad minera.

Asimismo, los hidrocarburos policíclicos aromáticos (derivados en su mayoría del petróleo) son contaminantes ambientales que se encuentran por doquier en las aguas y suelos debido a causas como derrames, degradación de fósiles y descargas de desechos domésticos e industriales.

Es importante reconocer que la fitorremediación ofrece ventajas adicionales a la limpieza de suelos y mantos freáticos al emplear alguno de los siguientes mecanismos:

- Incremento de la actividad y población microbiana en el subsuelo, que eleva la cantidad de carbón orgánico.
- Mejoras en la aeración del suelo por la liberación de oxígeno por las raíces.
- Retardación del movimiento e intercepción de compuestos orgánicos y algunos metales.
- Estimulación de las transformaciones de compuestos tóxicos a compuestos de menor toxicidad.
- Captación de hidrocarburos volátiles por las hojas, que sirven de “tapadera” a los lugares contaminados.

En la década pasada la fitorremediación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, fue ampliamente estudiada. En muchas investigaciones se encontró que el limitante en la efectividad de esta tecnología es el transporte de los contaminantes desde la superficie externa hacia el interior de la planta.

Investigaciones sobre el tema han encontrado que tres factores son los que controlan la cantidad de contaminante (orgánicos) que la raíz puede tomar:

- Propiedades del compuesto.
- Condiciones ambientales.
- Características de la especie de planta.

Sobre éste último punto, los avances biotecnológicos posibilitan mejorar genéticamente a las plantas fitorremediadoras para que sean capaces de crecer en ambientes contaminados con uno o varios metales y sustancias peligrosas para la subsistencia de la vida.

A posteriori, las sucesivas cosechas de las partes aéreas de dichas plantas con altas concentraciones de metales, pueden ser convenientemente tratadas como residuos o como fuente de metales.

Esta técnica está despertando actualmente en el mundo mucho interés debido a su bajo costo, relativa efectividad así como su bajo impacto ambiental. Concretamente, una planta bioconcentradora limpia a través de diversos mecanismos, algunos no del todo conocidos, por los cuales determinados vegetales pueden sustraer del medio e incorporar cationes pesados o hidrocarburos de medios contaminados. La mayoría de ellos involucran complejos enzimáticos como los de metalotioneínas, que se combinan químicamente con los tóxicos y eventualmente los degradan. Por ejemplo, pueden cambiar el estado de oxidación de un catión, llevándolo a una forma menos tóxica.

En general las plantas fitoconcentradoras captan especies tóxicas a través de las raíces, y en cooperación con microorganismos del suelo (microflora). Una vez en el interior del vegetal, el tóxico o xenobiótico ingresado es metabolizado, siendo transportado a depósitos situados en el tallo y las hojas. Este proceso es guiado por genes de transporte específicos, y tiene lugar sin alterar el ciclo vital del vegetal.

Por supuesto, una vez concluido el tratamiento de limpieza de un suelo, se deben tener previstos sistemas de disposición final de los residuos de las plantas tratadas. Éstos suelen incluir, para

volúmenes reducidos de vegetales, la combustión, y el reciclado/ recuperación de metales de las cenizas.

2.3.7 Tipos de fitorremediación

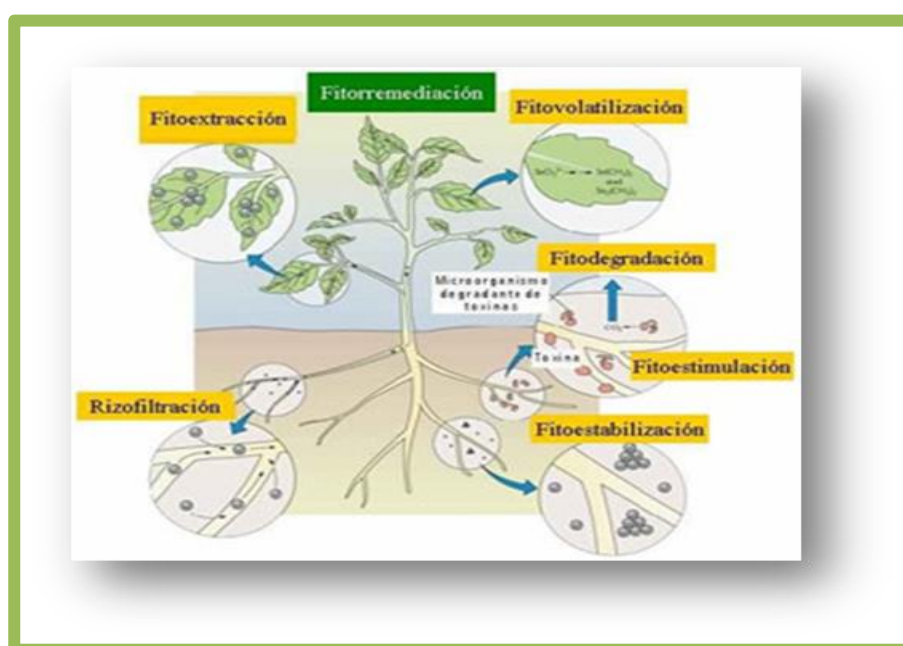
TABLA #1 TIPOS DE FITORREMEDIACION

TIPO	Proceso Involucrado	Contaminación Tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (principalmente, la parte aérea)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fito estimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)

Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.
------------------------	--	--

FUENTE: PAGINA WEB¹³

GRÁFICO #2: LA FITORREMEDIACION



FUENTE: PAGINA WEB¹⁴

2.3.8 Fases de la fitorremediación en suelos¹⁵

La Fitoextracción utiliza la biomasa vegetal extractiva para remediar suelos contaminados. Una gran cantidad de contaminantes pueden ser captados del suelo, entre ellos metales pesados y algunos compuestos radiactivos. Existe cierta evidencia en favor a la idea que transportadores específicos estarían dispuestos en las raíces de las plantas e inclusive la alta inespecificidad en la absorción

¹³ <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1892/T10.Y3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹⁴ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitorremediacion.html>

¹⁵ ¹⁵ http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

de oligoelementos la simbiosis microbiana en la rizósfera jugaría un rol importante en algunos casos.

El producto de los procesos que acompañan a la Fitoextracción en suelos y aguas contaminados son una eliminación de tóxicos, cualidad que permanece en el tiempo. Las plantas contaminadas con estos tóxicos pueden ser luego cortadas, con un control evidente en su disposición, es decir que cosechando el material vegetal se puede compactar para posterior almacenamiento apropiado, o se puede incinerar, incluso con recuperación de algunos metales.

A- Fitoestabilización

Las plantas en general previenen la migración de los contaminantes al reducir la erosión y también minimizando los movimientos del agua en el suelo (lixiviación o movimientos horizontales).

B- Fitodegradación

Algunos contaminantes, particularmente orgánicos, al ser absorbidos por las plantas, son posteriormente metabolizados por estas, degradándose a moléculas inocuas.

C- Fitoestimulación

Las raíces secretan exudados (enzimas y ácidos orgánicos, entre otros) que estimulan el crecimiento de diversas bacterias y hongos en la rizósfera. Estos microorganismos pueden tener diversas características biorremediadoras.

D- Fitovolatilización

Al tomar agua por sus raíces, las plantas absorben también ciertos contaminantes que son luego liberados como gases inocuos dentro de los procesos de respiración de las plantas.

2.3.9 Fases de la fitorremediación en aguas:¹⁶

A- Rizofiltración

Las raíces, ya sea acuáticas o terrestres, pueden precipitar y concentrar contaminantes tóxicos de efluentes, es en este punto donde se manejan las hipótesis sobre la importancia simbiótica entre un tipo de microorganismo y la raíz de la planta, en investigaciones recientes la modificación genética de cepas bacterianas, por ejemplo para la reducción de metales pesados o bien para la eliminación de aceites u otros ha evidenciado que no solamente la planta es capaz de retener o degradar un tipo de contaminante sino que además esta acción puede ser mejorada insertando microorganismos simbióticos específicos en la rizósfera de la planta.

La técnica en sí implica la extracción de los contaminantes de soluciones acuosas a través de las raíces de las plantas, e implica hacer recircular el agua contaminada en piletones o un circuito en donde estuvieren ubicadas las plantas, las cuales una vez saturadas se irían cambiando.

B- Barreras hidráulicas

(In Situ). Series de árboles con alta capacidad de consumo de agua, sembrados en zonas de napas o acuíferos contaminados. Los árboles son capaces de extraer grandes cantidades de agua contaminada, inmovilizando los contaminantes.

C- Biosorción

(Ex Situ). Se utiliza material vegetal desecado y molido de manera que presenta una gran superficie de absorción. Se hace recircular el agua contaminada por columnas rellenas con este material que adsorbe los contaminantes. Una vez saturado, se recambia el adsorbente.

¹⁶ ¹⁶ http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

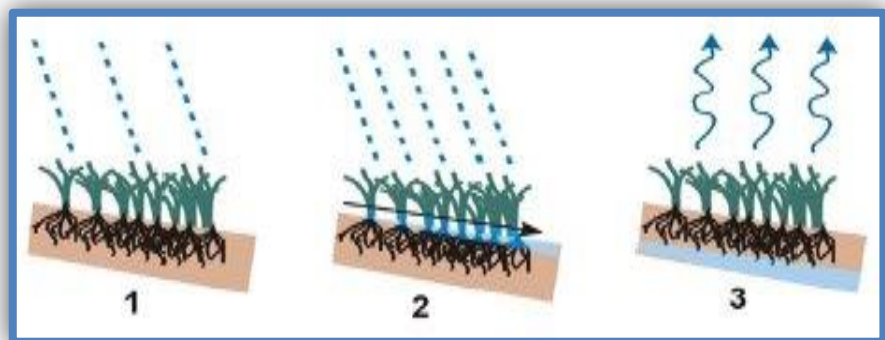
2.3.10 Aplicaciones De La Fitorremediación¹⁷

A- Coberturas vegetales para:

La disposición de coberturas vegetales en zonas problemáticas apunta fundamentalmente para:

- Control de infiltración del agua
- Saneamiento de suelos
- Barreras hidráulicas en aguas subterráneas

GRÁFICO # 3: CAPTACIÓN DE LAS LLUVIAS



FUENTE: PAGINA WEB¹⁸

1. Cuando se inicia la lluvia el agua es interceptada por las plantas.
2. Pero a medida que aumenta la intensidad de lluvia se excede la capacidad de interceptación de la misma por las plantas.
3. Y el agua se almacena en el subsuelo. Cuando cesa la lluvia y sale el sol las plantas regulan el exceso de agua por evapotranspiración.

¹⁷ ¹⁷ http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

¹⁸ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

2.3.11 Sistemas de humedales para tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales:¹⁹

Este sistema sería promisorio para las costas metropolitana y bonaerense, donde los niveles de contaminación son verdaderamente alarmantes.

GRÁFICO #4 SISTEMA DE HUMEDALES



F

UENTE: PAGINA WEB ²⁰

1. El efluente contaminado se vierte sobre el terreno acondicionado con las plantas “saneadoras”. Los contaminantes son eliminados por transpiración
2. Por degradación en las raíces.
3. O por acumulación en los tejidos de las plantas.

2.3.12 Contención de riberas²¹

Un exceso de lluvias provoca el arrastre de abonos y pesticidas hacia las capas freáticas y hacia el río. El sistema de contención de riberas extrae de las capas freáticas los contaminantes, a la vez que sirve de sujeción del terreno y protege los caudales.

¹⁹ ¹⁹ http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

²⁰ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

²¹ ²¹ http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf

GRÁFICO # 5: CONTENCIÓN DE RIBERAS



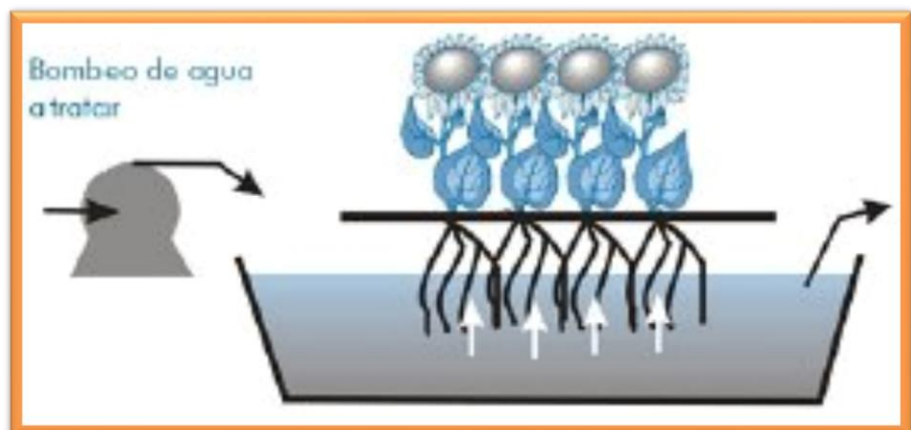
U

FUENTE: PAGINA WEB²²

2.3.13 Sistemas Hidropónicos

Para tratamiento de aguas; el agua bombeada permanece en el tanque el tiempo necesario para que las plantas absorban los contaminantes por las raíces y los degraden, permitiendo que el agua salga clarificada.

GRÁFICO Nº 6: SISTEMA HIDROPÓNICO



FUENTE: PAGINA WEB²³

²² <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

²³ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

2.3.14 Ventajas, desventajas y limitaciones de la fitorremediación:²⁴

A- Ventajas de la fitorremediación:

- Se puede realizar in situ y ex situ.
- Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.
- Es una tecnología sustentable.
- Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.
- Es de bajo costo.
- No requiere personal especializado para su manejo.
- No requiere consumo de energía.
- Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.
- Es poco perjudicial para el ambiente.
- Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.
- Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.
- Evita la excavación y el tráfico pesado.
- Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos.
- Permite el reciclado de recursos (agua, biomasa, metales).

B- Desventajas de la fitorremediación:

- En especies como los árboles o arbustos, la fitorremediación.
- Es un proceso relativamente lento.
- Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta.
- El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones tóxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes.

²⁴ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

- En el caso de la Fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.
- Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.
- No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras.
- La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.

C. Limitaciones de la fitorremediación

- El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.
- Los tiempos del proceso pueden ser muy prolongados.
- La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante de la captación.

2.3.15 Plantas estudiadas para usarlas en la fitorremediación:²⁵

TABLA # 2 PROPIEDADES DE LAS PLANTAS

PLANTA	NOMBRE CIENTÍFICO	ACTIVIDAD
GERANEO	Geranium phaeum	Asimilador de contaminantes de metales pesados y del CO ₂
GIRASOL	Heliantus annuus	Excelente purificador del agua
ALAMO	Populus sp.	Absorben selectivamente níquel, cadmio y zinc.
BERRO	Arabidopsis thaliana	Capaz de hiperacumular cobre y zinc.
ALFALFA	Medicago sativa	Pesticidas organoclorados.

²⁵ <http://comunicacion-aguas-residuales.blogspot.com/2010/04/fitoremediacion.html>

MOSTAZA	Brassica juncea (L.) Cosson	Hidrocarburos poliaromáticos.
TOMATE	Lycopersicum esculentum L.	Tricloroetilenos.
CALABAZA	Cucurbitu pepo L.	Pesticidas organoclorados, selectivamente níquel y cobre.
COL	Thlaspi caerulescens	Hiperacumulador conocido para el cadmio, zinc, plomo y cobre.
BLEDO	Amaranthus retroflexus	Absorber cesio-137 reactivo(contaminante de las centrales nucleares)
HELECHO	Pteris vittata	Absorbe el arsénico

FUENTE: PAGINA WEB²⁶

2.3.16 El exceso de CO₂ acidifica los océanos, lo que causa daño a los arrecifes, fitoplancton y animales²⁷

Las altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en el planeta no solamente afectan a la atmósfera y generan el calentamiento global. También producen graves daños en los océanos, cuyas aguas se vuelven ácidas por el exceso de ese contaminante.

Ese cambio en el nivel de acidez (o pH) del agua marina produce una menor disponibilidad de calcita, aragonita y otros carbonatos con los que se forman los arrecifes, los esqueletos y las conchas de muchas especies marinas, afirmó Rosa María Prol Ledesma, investigadora del Instituto de Geofísica (IGf) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

²⁶ http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002

²⁷ http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2185:el-exceso-de-co2-acidifica-los-océanos-lo-que-cause-danos-en-arrecifes-fitoplancton-y-animales&catid=114:contaminacion-del-agua&Itemid=576

En la conferencia La acidificación del océano, celebrada en el auditorio Tlayotli del IGf, la doctora en física de la Tierra señaló que los mares absorben en promedio 22 millones de toneladas de CO₂ producido por el ser humano. Al disolverse el CO₂ en los océanos, éstos se vuelven ácidos, ocasionando un cambio químico que disminuye la cantidad de carbonato de calcio, con el que se forma el fitoplancton calcáreo, fundamental en la cadena alimentaria”, destacó.

La especialista del Departamento de Recursos Naturales del IGf, añadió que la acidificación oceánica produce que especies como los pterópodos una familia de moluscos pequeños que forman extensiones laminares y pequeñas conchas-- tengan deficiencias en sus defensas y disminución de la función metabólica.

Las aguas ácidas también afectan gravemente a los arrecifes de coral, que padecen el blanqueamiento por estrés, derivado del aumento de la temperatura o de la acidez oceánica. “En México se ubica la segunda zona de arrecifes de coral más grande del mundo, detrás de la de Australia, así que el daño a nuestra biodiversidad es especialmente notable”, abundó Prol. Otros afectados son los peces y mariscos de diversas especies, muchos de ellos de valor comercial, y fundamentales en pesquerías.

2.3.17 Mares 30 por ciento más ácidos²⁸

De acuerdo con datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los océanos absorben el 25 por ciento del CO₂ que se emite cada año en el planeta, y producen la mitad del oxígeno que se respira.

Según la Guía de acidificación de los océanos, realizada por ese organismo, la acidez de las aguas marinas se ha incrementado un 30 por ciento desde el inicio de la industrialización, hace 250 años. La

²⁸ <http://www.dicyt.com/noticias/el-exceso-de-co2-acidifica-los-oceanos-lo-que-cause-danos-en-arrecifes-fitoplancton-y-animales>

predicción de la UICN indica que si los niveles de CO₂ en la atmósfera siguen subiendo, la acidez del agua del mar puede aumentar 120 por ciento de aquí a 2060, lo que significa un incremento mayor al experimentado en los últimos 21 millones de años.

En 2100, el 70 por ciento de los corales de agua fría pueden verse expuestos a aguas corrosivas. La UICN destacó que, dado el desfase entre las emisiones de CO₂ y una situación de equilibrio, podrían pasar decenas de miles de años antes de que se restablezcan las propiedades del océano, y aún más tiempo para alcanzar una recuperación biológica completa.

Para ello, los expertos exigen reducciones inmediatas y sustantivas de las emisiones y la aplicación de tecnologías capaces de eliminar activamente el CO₂. “La única forma de detener la acidificación oceánica es suspendiendo las emisiones de contaminantes, causados fundamentalmente por los automóviles y las industrias”, advirtió Rosa María Prol.

La investigadora universitaria, que en agosto próximo realizará una campaña de investigación en aguas de la parte norte del Golfo de California, tomará muestras de varias especies marinas que han sobrevivido a la acidificación oceánica.

“Existe un tipo de acidificación natural, que ocurre cerca de las ventilas hidrotermales, de donde sale CO₂. Pero es un fenómeno natural que ha ocurrido gradualmente durante miles de años, que algunos corales han podido resistir”, señaló. Con su estudio, Rosa María Prol comparará la sobrevivencia de esas especies con la situación que se vive por la contaminación antropogénica.

2.3.18 Impactos ambientales: Acidificación.²⁹

Después de tratar el calentamiento global y el agotamiento de la capa de ozono vamos a continuar con lo que se denomina acidificación.

Uno de los efectos que tiene la contaminación atmosférica es la acidificación del medio ambiente. La podemos definir como la pérdida de la **capacidad** neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera.

De una manera más *teórica* la acidificación de un medio es un proceso mediante el cual se reduce el pH del mismo por absorción de cationes de Hidrógeno H⁺. Este proceso se produce por acción de contaminantes como el SO₂, NO_x, HCl, y NH₃ al disolverse en agua.

Aunque la vegetación en descomposición o los volcanes en erupción liberan sustancias que pueden provocar la lluvia ácida, el mayor responsable de este fenómeno medioambiental es el ser humano. La industria, los vehículos o las calderas de calefacción emiten a la atmósfera gases, los cuales en combinación con el oxígeno del aire y el vapor de agua se transforman principalmente en ácido sulfúrico y ácido nítrico que se depositan finalmente en la superficie terrestre por medio de las precipitaciones.

La lluvia ácida produce los siguientes efectos perniciosos:

- Efectos sobre edificaciones: Los químicos de la lluvia ácida son corrosivos, dañando la superficie de los objetos. Además, al disolver el carbonato de calcio, deteriora rápidamente todos los monumentos y edificaciones construidos con mármol o piedra caliza
- Efectos en lagos, ríos y océanos: La lluvia ácida cambia la composición del suelo y desplaza los metales pesados hacia las

²⁹ <https://www.ecointeligencia.com/2015/12/acidificacion/>

aguas subterráneas, aumentando su toxicidad e imposibilitando su consumo. Además, los ácidos disminuyen el PH de los acuíferos dulces lo que afecta al desarrollo de la fauna acuática.

- Efectos sobre la vegetación: El movimiento de aluminio y metales pesados del suelo, impide que la vegetación absorba el agua y los nutrientes correctamente. Esto hace que los árboles y plantas se debiliten.
- Efectos en los seres humanos: Al afectar la lluvia ácida a los diferentes agentes medioambientales (aire, agua, tierra, animales) esto provoca que el ser humano sufra afecciones en su salud.

En el mundo desarrollado, el principal origen de este problema reside en el uso de productos químicos en la agricultura, y en la combustión de combustibles fósiles por los motores de explosión. proviene de los vehículos de motor.

No podemos olvidarnos de la acidificación de los océanos, es decir, la disminución del nivel de pH de los mismos. El pH de las aguas en general, y del océano en particular se encuentra en un equilibrio dinámico. Algunas de esas variables son la temperatura del agua y la concentración de CO₂ atmosférico. La acidez del océano está por tanto relacionada con el ciclo del carbono, uno de los subsistemas más importantes de la Biosfera.

La actual acidificación que se está observando en los océanos del mundo se debe a las actividades humanas llevadas a cabo desde la Revolución Industrial y relacionadas directamente con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) concluyó que para estabilizar los niveles de CO₂ en la atmósfera en 350 ppm, las emisiones mundiales deberían reducirse en un 85% con respecto a los niveles del 2000 antes del 2050, y para ello los países industrializados y aquellos con economías en transición, deberían reducir sus emisiones de carbono entre un 25% y 40% con respecto

a los niveles de 1990 antes del 2020, y entre un 80 y 95% antes del 2050.

Estos objetivos no son fáciles de alcanzar y por ello la comunidad internacional ha de comprometerse de inmediato a su consecución. Nuestra capacidad para establecer y alcanzar metas a corto plazo en los próximos años determinará nuestro éxito para estabilizar el clima.

2.4 MARCO HISTÓRICO

2.4.1 Historia del origen de la contaminación ambiental.³⁰

Svante Arrhenius (1859-1927) fue un científico Sueco y primero en proclamar en 1896 que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento de la tierra. Estableció una relación entre concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y temperatura. También determinó que la media de la temperatura superficial de la tierra es de 15°C debido a la capacidad de absorción de la radiación Infrarroja del vapor de agua y el Dióxido de Carbono. Esto se denomina el efecto invernadero natural. Arrhenius sugirió que una concentración doble de gases de CO₂ provocaría un aumento de temperatura de 5°C.

El junto con Thomas Chamberlin calculó que las actividades humanas podrían provocar el aumento de la temperatura mediante la adición de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta investigación se llevó a cabo en la línea de una investigación principal sobre si el dióxido de carbono podría explicar los procesos de hielo y deshielo (grandes glaciaciones) en la tierra. Esto no se verificó hasta 1987.

El conjunto de los océanos absorbe un tercio de las emisiones humanas de CO₂. Así se convirtieron en parte del ambiente marino 9x10⁹ de toneladas de CO₂ en 2004, y desde el comienzo de la era industrial, un total de 120x10⁹ de toneladas de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles.

³⁰<http://www.lennotech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#ixzz2mQhcdCef>

El aporte masivo de CO_2 en los océanos provoca una disminución del pH del agua haciéndola más ácida, disminuyendo la concentración de carbonatos, y afectando al ecosistema marino, ya que es uno de los componentes esenciales en la fabricación del carbonato de calcio utilizado por crustáceos y moluscos para fabricar su exoesqueleto calcáreo.

La acidificación del mar tiene un efecto inmediato en diversas especies. La decoloración de los corales está vinculada a una disminución de la calcificación, pero también en el Atlántico Norte la explosión de los cocolitóforos bajo el efecto de la luz primaveral debida a una mayor presión de CO_2 . Peor aún, la acidificación tiene un efecto mayor en el agua fría que en los mares cálidos; en la peor situación, a finales del siglo la calcificación llegaría a ser imposible en el Océano Austral y en la costa de la Antártida, haciendo imposible la fabricación de aragonita, una forma de piedra caliza encontrada en la concha de los terópodos, que constituyen la dieta básica del zooplancton, él mismo un alimento básico de muchos peces y mamíferos marinos.

Una de las consecuencias del calentamiento global *podría* bloquear (o ralentizar) la circulación oceánica. Si las corrientes oceánicas se paran, las capas superficiales de agua se saturarán de CO_2 y no podrán capturarlo como en la actualidad. Peor aún, la cantidad de CO_2 que puede absorber un litro de agua disminuye, a medida que se calienta el agua. Por lo tanto, el CO_2 atmosférico podría acumularse más rápidamente si el agua de los océanos no circulara según las pautas actuales. Sin embargo, la hipótesis de una interrupción de determinadas corrientes oceánicas se considera como «muy improbable» en el informe de 2007 de los expertos del IPCC.

2.4.2 Historia del origen de la fitorremediación:³¹

En el siglo XVIII Joseph Priestley, Karl Scheele y Antoine Lavoisier demostraron que en presencia de luz las plantas son capaces de descontaminar la atmósfera. Más tarde en 1885, Baumann, un botánico alemán, encontró altas concentraciones de Zinc en las hojas de algunas plantas que crecían en lugares conteniendo cantidades elevadas de este metal. Sin embargo no fue sí, no hasta los años 70 que se reconoció la habilidad de las plantas para limpiar aguas y suelos contaminados. Y así, en los años 90 surgió el concepto de fitorremediación.

Podemos distinguir dos tipos de diferentes fitorremediación. "In Planta" y "ex planta", según se realice la degradación del contaminante dentro de la propia planta o fuera de ella. En el primer caso (in planta), la planta absorbe el contaminante y lo incluye dentro de ella, mientras que cuando es "ex planta", dicha degradación se realiza en la zona de la rizósfera, debido a los exudados radicales y a la mayor actividad que existe en la zona.

2.4.3 Mecanismos para la fitorremediación de hidrocarburos

Diferentes alternativas de tratamiento de aguas y suelos contaminados han sido investigadas y empleadas con el fin de reducir el contenido de los contaminantes orgánicos e inorgánicos que son descargados directa o indirectamente a las fuentes superficiales y subterráneas de agua. El uso de tratamientos fisicoquímicos donde se emplea carbón activado, microorganismos, sustancias químicas, aire y otros, incurren en relativos altos costos de inversión y operación que dificultan su aplicación (Sursula et al., 2002).

La fitorremediación es una alternativa emergente, que representa un menor costoefectivo, posee ventajas estéticas, captura gases efecto invernadero, no requiere de una fuente de energía diferente a la solar y tiene una gran aplicabilidad bajo diferentes rangos de concentración de contaminantes (Schnoor, 1997; Guendy, 2008).

³¹ http://prezi.com/m7td_n9izquu/fitorremediacion/

La limitación de su empleo se basa en la disponibilidad del contaminante (baja profundidad) y la generación de condiciones tóxicas para las plantas y microorganismos, la posibilidad de incorporar los contaminantes a la cadena alimenticia, además de los largos tiempos de adaptación de las plantas y degradación de los compuestos. En los últimos años, la fitorremediación ha sido ampliamente investigada con el fin de entender los procesos de toma y metabolismo de los compuestos orgánicos e inorgánicos por parte de las plantas (Bock et al., 2002), ya que la complejidad del sistema implica una serie de procesos que dependen de los mecanismos que ocurren en su interior, puesto que durante la fotosíntesis, las plantas llevan a cabo la incorporación de la biomasa, la producción de energía en tanto que, se realiza la respiración celular, y la generación de exudados.

Según Kamath (n.d.), las investigaciones y aplicaciones de la fitorremediación para el tratamiento de la contaminación con hidrocarburos se han llevado a cabo desde hace más de 15 años, generando información útil que ha sido empleada para el mejoramiento de los diseños de sistemas de remediación. El término fitorremediación como tal, surgió en los años 90's a partir de las investigaciones realizadas con humedales construidos para la remediación de ambientes contaminados con hidrocarburos y la acumulación de metales pesados en plantas usada en la agricultura (EPA, 2000), y es definida como una opción tecnológica que ha sido desarrollada y usada para remediar medios impactados con diferentes tipos de contaminantes. Se basa en el uso de plantas y su interacción con los microorganismos que se ubican en la rizósfera, con el fin de remover, transformar, secuestrar o degradar sustancias contaminantes contenidas en el suelos, sedimentos, aguas superficiales y subterráneas (Susarla et al., 2002); puede ser empleada para remover metales, pesticidas, solventes, explosivos, aceites derivados del petróleo, hidrocarburos derivados del petróleo, compuestos clorinados, lixiviados y compuestos volátiles en el aire (EPA, 1999; Interstate Technology and Regulatory Cooperation, 2001; Newman and Reynolds, 2004).

Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos 2011 pág. 12 La aplicabilidad de la fitorremediación depende del tipo de medio impactado y de los objetivos de remediación (tipo de contaminante) o tipo de proceso que es preferible que ocurra. Según la cooperación interestatal de tecnología y regulación (2001) estos procesos incluyen: estabilización, secuestro, asimilación, reducción, degradación, metabolización y/o mineralización. Dietz and Schnoor (2001) dicen que los procesos en la fitorremediación inician cuando el contaminante se pone en contacto con la raíz de la planta, ya que éste es absorbido o mezclado con la estructura de la raíz y su pared celular; después de esto pueden ocurrir tres pasos, por una parte los contaminantes son tomados vía difusión e incorporados en la pared y membrana celular; por otro lado los contaminantes son tomados y transformados inmediatamente dando paso a la transpiración del mismo, llevándolo desde la raíz hasta las hojas y, finalmente el compuesto es tomado, metabolizado y localizado en las partes de la planta mediante las fases de conversión, conjugación y compartimentación.

Dentro de los procesos de fitorremediación, la transpiración de las plantas han sido usados como una medida indirecta para inferir la eficiencia en la toma del contaminante por parte de la misma; siendo esta eficiencia dependiente de la especie de la planta, la edad, estado de salud y propiedades fisicoquímicas de la zona de raíces. Así mismo, la tasa de transpiración de las macrófitas varía con el tipo de planta, área foliar, nutrientes, humedad del suelo, temperatura, condiciones de viento y humedad relativa.

Existen diferencias entre los procesos ocurridos por parte de los microorganismos y las plantas en un sistema de fitorremediación, ya que en las plantas los contaminantes son localizados al interior de sus partes, utilizando mecanismos de desintoxicación del compuesto xenobiótico y transformándolo en metabolitos no tóxicos, lo cual es descrito como el efecto del hígado verde; contrario a esto, los microorganismos metabolizan el contaminante pasándolo a dióxido de carbono y agua (Kamath, n.d.). Sin embargo, en la fitorremediación se

presenta una simbiosis entre las plantas y los microorganismos de la rizósfera (Fig. 1), mediante la pérdida de carbono ocurrida por las raíces (rizodeposición), permitiendo la proliferación de microorganismos en la endorizósfera y ectorizósfera (Jones et al., 2004). Del mismo modo, los microorganismos pueden disminuir la toxicidad para las plantas de algunos compuestos, mediante el uso de enzimas hasta transformarlos en ácidos, alcoholes, CO₂ y agua.

La zona de raíces juega un papel importante en la remediación de hidrocarburos, ya que la generación de exudados proporciona una conexión entre los microorganismos y las plantas generando el efecto rizósfera, sin embargo el tipo de exudado generado depende de planta y otros factores como tipo de suelo, cantidad de nutrientes, pH, disponibilidad de agua, oxígeno, temperatura y otros. Así mismo, la liberación de enzimas por parte de las raíces, permite la transformación orgánica de los compuestos mediante reacciones químicas catalizadas (Frick et al., 1999).

Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos 2011 pág. 13 La fitorremediación puede ser empleada in situ o ex situ y, según el mecanismo ocurrido en el interior del sistema, suelo, plantas o microorganismos, pueden prevalecer los siguientes procesos: Figura 1. Simbiosis plantas-microorganismos en sistema de fitorremediación (Fuente: Elaboración propia).

2.5 MARCO LEGAL

- 2.5.1 Constitución Política Del Perú.
- 2.5.2 Ley General Del Ambiente – Ley N° 28611
- 2.5.3 Ley Marco Del Sistema Nacional De Gestión Ambiental – Ley N°28245
- 2.5.4 Reglamento De La Ley Del Sistema Nacional De Gestión Ambiental
- 2.5.5 Decreto Supremo N° 008 – 2005 – Pcm
- 2.5.6 Decreto Supremo N° 002- 2008 – Minam : Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua
- 2.5.7 Decreto Supremo n° 002-2013-Minam

➤ **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1993**

Artículo 2º Toda persona tiene derecho:... 22. A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 3º La enumeración de los derechos establecidos en este capítulo no excluye los demás que la Constitución garantiza, ni otros de naturaleza análoga o que se fundan en la dignidad del hombre, o en los principios de soberanía del pueblo, del Estado democrático de derecho y de la forma republicana de gobierno.

Artículo 67º El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 68º El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

➤ **LEY GENERAL DEL AMBIENTE**

EL AMBIENTE Y GESTIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 1 ASPECTOS GENERALES

Artículo 1.- Del objetivo La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y 23 adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

La presente Ley Marco del Sistema Nacional de Gestion Ambiental SNGA tiene por objeto asegurar el más eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestion ambiental, el rol que le

corresponde al Ministerio del Ambiente, y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.

➤ **Reglamento De La Ley Del Sistema Nacional De Gestión Ambiental Decreto Supremo N° 008 – 2005 – Pcm.**

SECCIÓN II DEL NIVEL REGIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL
Artículo 37.- Del Sistema Regional de Gestión Ambiental.- El Sistema Regional de Gestión Ambiental tiene como finalidad desarrollar, implementar, revisar y corregir la política ambiental regional y las normas que regulan su organización y funciones en el marco político e institucional nacional; para guiar la gestión de la calidad ambiental, el aprovechamiento sostenible y conservación de los recursos naturales, y el bienestar de su población. Está integrado por un conjunto organizado de entidades públicas, privadas y de la sociedad civil que asumen diversas responsabilidades y niveles de participación, entre otros, en los siguientes aspectos: a. La conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; b. La reducción, mitigación y prevención de los impactos ambientales negativos generados por las múltiples actividades humanas; c. La obtención de niveles ambientalmente apropiados de gestión productiva y ocupación del territorio; d. El logro de una calidad de vida adecuada para el pleno desarrollo humano.

➤ **Decreto Supremo N° 002- 2008 – Minam : Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua**

ANEXO I ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

➤ **DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA CONSIDERANDO:** Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho

a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país; Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

2.6 MARCO CONCEPTUAL

- **AMBIENTE**

Conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.}

- **CONTAMINACIÓN**

Es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del ambiente, y por tanto, se genera como consecuencia de la actividad humana.

- **FITORREMEDIACION**

Es la descontaminación de los suelos, la depuración de las aguas residuales o la limpieza del aire interior, usando plantas vasculares, algas (ficorremediación) u hongos (micorremediación), y por extensión ecosistemas que contienen estas plantas. Así pues, se trata de eliminar o controlar las diversas contaminaciones. La degradación de compuestos dañinos se acelera mediante la actividad de algunos microorganismos.

- **SUELOS**

Esta técnica se utiliza para descontaminar biológicamente las tierras contaminada por metales y metaloides, plaguicidas, disolventes, explosivos, petróleo y sus derivados, radioisótopos y contaminantes diversos.

- **LAS AGUAS RESIDUALES**

La fitorremediación también se utiliza para la descontaminación de las aguas cargadas de materia orgánica o contaminante diversos (metales, hidrocarburos, plaguicidas).

- **FITORREMEDIACION EN EL AIRE**

También se puede limpiar el aire de zonas cerradas a través de plantas que lo descontaminan (basado en la investigación Proyecto de Ley Wolverton para la NASA en los años 1980-90). Esta investigación se ha desarrollado significativamente en los últimos años. Difusión: es un proceso físico irreversible, en el que partículas materiales se introducen en un medio que inicialmente estaba ausente, aumentando la entropía del sistema conjunto formado por las partículas difundidas o soluto y el medio donde se difunden o disolvente.

- **FITOEXTRACCIÓN**

El uso de plantas que absorben y concentran en sus partes recolectables (hojas, tallos) los contaminantes contenidos en el suelo (a menudo metales pesados). Se utilizan plantas acumuladoras y / o hiperacumuladoras que sean capaces de tolerar y acumular los metales pesados. Es posible mejorar la extracción mediante la adición de quelatos en el suelo.

- **FITOFILTRACIÓN O RIZOFILTRACIÓN**

Utilizados para la descontaminación y restauración de las aguas superficiales y subterráneas. Los contaminantes son absorbidos o adsorbidos por las raíces de las plantas en ambientes húmedos.

- **FITOVOLATILIZACIÓN**

Las plantas absorben el agua de la litosfera que contiene los contaminantes y otras toxinas orgánicas, transformándolos en elementos volátiles, y que luego liberan a la atmósfera a través de sus hojas. Ellas pueden, en algunos casos transformar los contaminantes orgánicos en elementos volátiles antes de transferirlos a la atmósfera - siempre a través de las hojas.

- **LA FITOVOLATILIZACIÓN**

No es siempre satisfactoria, porque si bien se descontamina el suelo, se liberan sustancias tóxicas a la atmósfera. En algunos casos es más satisfactoria, los contaminantes son degradados en componentes menos contaminantes o no-tóxicos antes de ser liberados.

- **FITOESTABILIZACIÓN**

Implemente reduce la movilidad de los contaminantes. La técnica más utilizada es el uso de plantas para reducir la escorrentía superficial y subsuperficial, lo que limita la erosión y reduce la escorrentía hacia el acuífero subterráneo. Esta práctica integra el control de lo que comúnmente se llama control hidráulico, o Fito-hidrorregulación.² El bombeo hidráulico, (literalmente traducido del inglés) podrá efectuarse cuando las raíces llegan a las aguas subterráneas, eliminando grandes volúmenes de agua y controlando el gradiente hidráulico y la migración lateral de los contaminantes en el acuífero.

- **FITORRESTAURACIÓN**

Esta técnica consiste en la completa restauración de suelos contaminados a un estado cercano al funcionamiento de un suelo natural (Brad Shaw, 1997). Esta subdivisión de la fitorremediación utiliza plantas nativas de la zona expuesta a la labor de fitorremediación. Se intenta lograr el pleno restablecimiento de los ecosistemas naturales originales.

- **FITORRESTAURACIÓN**

Pone de relieve la cuestión del nivel de descontaminación necesario y suficiente. Hay una gran diferencia entre un suelo descontaminado para lograr su adaptación satisfactoria a una ley y restaurar el espacio para

hacerlo plenamente utilizable de manera que regrese a las condiciones pre-contaminación. Usado en este sentido, se convierte en sinónimo de fitopurificación.

- **ORGANOCOLORADOS**

Son hidrocarburos con alto contenido de átomos de cloro y fueron los insecticidas más criticados por los grupos ecologistas.

- **FITOEXTRACCIÓN O FITOACUMULACIÓN**

Se refiere a la toma del contaminante por parte de la planta específicamente por sus raíces, debido a la capacidad que algunas especies tienen para acumular compuestos incorporándolos a sus tejidos. En este proceso la planta absorbe y/o concentra el compuesto contaminante en sus partes cosechables, tejidos de hojas y tallos (Carpena y Bernal, 2007), principalmente cuando éste no es degradado rápida o completamente.

- **LA FITOACUMULACIÓN**

Generalmente es usada para remediar agua o suelos contaminados con metales, por lo tanto se usan plantas hiperacumuladoras, con altas tasas de crecimiento y gran producción de biomasa, donde la cosecha de las plantas permite la remoción del contaminante del medio afectado.

- **RIZODEGRADACIÓN**

Según la cooperación interestatal de tecnología y regulación (2001), la rizodegradación es también conocida como fitoestimulación, y corresponde a la Exudados Toma por raíces Transpiración O₂ Asimilación por plantas Contaminantes O₂, NO₃⁻, Fe³⁺, SO₄²⁻ Corg. Microorganismos Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos

- **FITOESTABILIZACIÓN**

Se refiere al uso de plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, inmovilizándolos en el suelo y agua a través de las raíces. Este mecanismo es principalmente aplicable a contaminantes metálicos, ya que en ocasiones es recomendable inmovilizar el

compuesto, debido a su incompleta o difícil biodegradación. Según Van Deeps (2006), la fitoestabilización toma ventaja de los cambios físico-químicos inducidos por las plantas en el suelo, los cuales pueden promover la precipitación de los metales en la zona de raíces, principalmente mediante los cambios de pH propiciados por ellas mismas.

- **FITODEGRADACIÓN**

Este mecanismo también es conocido como fitotransformación, en este, los compuestos contaminantes son transformados a moléculas más simples, para después ser incorporados a los tejidos y ayudar al crecimiento de la planta. En este proceso las enzimas y proteínas de las plantas dan paso a reacciones químicas que generan un rompimiento de las moléculas de los contaminantes, según Dietz and Schnoor (2001),

- **FITOVOLATILIZACIÓN**

Para el crecimiento de las plantas, estas necesitan de compuestos orgánicos y agua, por lo tanto estas toman el contaminante, lo llevan a los tallos y hojas, lo evaporan y volatilizan mediante los estomas abiertos de las hojas, liberando el compuesto en una forma modificada a la atmosfera (USEPA, 1998).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTOS METODOLÓGICOS

3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Hipótesis General

El Diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en las aguas residuales contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica Machupicchu Foods en la provincia Pisco, 2018.

3.1.2 Hipótesis Específicas

HE1 El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

HE2 El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la disminución de ecosistemas en los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

HE3 El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono en la provincia de Pisco, 2018.

3.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Variable independiente (X)

Planta de tratamiento con fitorremediación.

A. Dimensiones

- Contribución al cuidado del ambiente.
- Ecosistemas sostenibles y menos vulnerables.
- Fertilidad de los suelos.

B. Indicadores

X1: recuperación de las propiedades naturales del agua.

X2: disminución de efectos dañinos a las especies.

X3: incremento de materia orgánica en los suelos.

C. Índices

X1: 10 – 25 ppmv de CO₂ en el agua.

X2: aumento de ecosistemas.

X3: presencia de especies de flora y fauna.

3.2.2 Variable dependiente (Y)

Aguas residuales contaminadas con carbono

A. Dimensiones

- Incumplimiento de los estándares de calidad del agua.
- Mortalidad de especies intolerantes a la variación de pH
- vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres.

B. Indicadores

Y1: acidificación de las aguas de río.

Y2: efecto negativo en la flora y fauna.

Y3: alteración de las propiedades naturales del suelo.

C. Índices

Y1: pH del agua < 6.5

Y2: desaparición de fauna y decoloración de plantas.

Y3: cambio de coloración y aumento de pH del suelo.

CAPÍTULO IV
DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de la investigación

Aplicada Experimental

Este trabajo de investigación se basó en identificar las consecuencias del problema para saber en qué puntos nos vamos a tratar primordialmente, teniendo todos los detalles del enlace de las variables que fue de total importancia para el desarrollo de este trabajo.

El trabajo de investigación se basó en analizar el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

4.1.2 Nivel de la investigación

Descriptivo Explicativo

Este trabajo se basó en controlar la presencia de CO₂ en las aguas residuales de la fábrica Machupicchu Foods S.A.C., diseñando un tratamiento con fitorremediación para las aguas que contienen CO₂ para que no se produzca daños al ambiente ni a las personas.

Es explicativo por que explica el comportamiento de las variables presencia de causa y efecto.

4.1.3 Diseño de la investigación

De campo, Descriptivo Experimental

Este trabajo se basó en utilizar métodos para recolectar datos de forma directa antes de analizarlo y ejecutar el proyecto.

4.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se utilizó el método deductivo. Por Observación porque se aplica mediante la percepción.

4.3 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1 Universo

El universo de este trabajo de investigación es la la fábrica Machupicchu Foods S.A.C.

4.3.2 Población

La población de este trabajo de investigación es el rio aledaño a la fábrica.

4.3.3 Muestra

La muestra de este trabajo de investigación será las aguas del río aledaño a la empresa.

4.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.4.1 Técnicas

A. Medición del pH de las aguas del rio

Se hizo una medición del PH del agua del rio, usando cintas de pH.

B. Marco muestral

El marco muestral que se utilizó para identificar a los elementos de la muestra será el cuadro de los estándares nacional de calidad ambiental para agua.

C. Observación

Se observó que las mediciones resultantes exceden y sobrepasan los niveles estándares de la calidad del agua según la categoría 3(riego de plantaciones y agua de consumo de animales)

4.4.2 Instrumentos

Cuadros de los Eca's para agua
Son cuadros donde indican los niveles estándares que se deben tomar en cuenta para controlar la calidad del agua.

4.4.3 Fuentes de Recolección de Datos

- Información del lugar de análisis.
- Internet
- Otras Tesis.
- Resultados del experimento.
- Experiencia personal.

4.5 METODOLOGÍA (incluye tipo de análisis, cronograma, resultados)

Tipo de análisis:

IMAGEN# 1 MUESTRA ANALIZADA ANTES DEL TRATAMIENTO



FUENTE: PROPIA

CUADRO #3: MONITOREO MENSUAL DEL AGUA

MUESTRA MENSUAL DEL AGUA		
DÍA	NIVEL DE pH	OBSERVACIÓN
24/01/14	6.5 – 6.9	1° INFORME BRINDADO POR LA EMPRESA.
14/06/17	4.3 - 6.3	2° INFORME BRINDADO POR LA EMPRESA.
15/12/17	4.5 – 5.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
15/01/18	5.5 – 6.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
01/02/18	4.0 – 4.5	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH.
15/02/18	6.5 – 7.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO.
15/03/18	7.5 – 8.0	SEGÚN MEDICIÓN CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO.
07/04/18	6.5 – 7.0	SEGÚN MEDICION CON CINTAS DE PH CON LA APLICACIÓN DEL PROTOTIPO

FUENTE: PROPIA

El cuidado de estas aguas y el mejor control de sus propiedades normales dependen del adecuado tratamiento de las aguas residuales de dicha fábrica, para asegurar el bienestar de dichos ecosistemas y seres vivos que se abastezcan de ella.

La aplicación de dicha planta de fitorremediación no solo tener únicamente el recurso hídrico, si no incidir cuidando la calidad de las aguas que son desembocadas al mar a su vez para cuidar la salud de las poblaciones que se encuentran aguas abajo del curso del río, ofreciendo un enfoque holístico de gestión integral de los ecosistemas y su interrelación con la población.

Como se puede apreciar en la imagen anterior, los resultados son eficientes y favorables en cuanto a las propiedades normales del agua. Por tal motivo la hipótesis alterna referida a “El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos de la provincia de Pisco”. Se da por aceptada y descartando la hipótesis nula de la investigación.

La implementación de la planta de fitorremediación influirá en el tratamiento de las aguas residuales conteniendo CO₂ generadas en sistema de lavado de gases, de esta manera tener como resultado los valores que concuerden con los Eca's _agua tal cual lo observamos en el prototipo diseñado por el autor.

CUADRO # 4: MONITOREO MENSUAL DEL SUELO

MUESTRA MENSUAL DEL SUELO			
DIA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL(gr)	OBSERVACION
15/01/18	250	231	LA POCA VARIACIÓN DE PESO EXPLICA LA EXISTENCIA DE

			CARBONO, LO CUAL SE DEDUCIRÍA COMO UN SUELO CONTAMINADO POR CARBONO.
01/02/18	250	235	LA VARIACIÓN DE PESO ES MUY BAJA, LO CUAL EXISTE UNA SIMILITUD CON EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE PH EN EL AGUA.
15/02/18	250	211	LA VARIACION DE PESO ES CASI ALTA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO, YA QUE LA M.O. SE A CARBONIZADO.
15/03/18	250	120	LA VARIACION DE PESO ES MUY ALTA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO Y MAS PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA.
07/04/18	250	175	LA VARIACION DE PESO ES ALTA, POR LO QUE SE DETERMINA QUE HAY MENOS PRESENCIA DE CARBONO EN EL SUELO Y MAYOR PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA.

FUENTE: PROPIA

La aplicación de la fitorremediación para el tratamiento de las aguas residuales que contienen CO₂, contribuye a que los suelos afectados por dichas aguas contaminadas recuperen sus propiedades normales y regeneren su fertilidad, como vemos en el cuadro anterior, el exceso de CO₂ en el suelo disminuye después de aplicarse el prototipo; por tal motivo la hipótesis alterna referida a:” El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las

aguas contaminadas de carbono”. Queda por aceptada, descartando la hipótesis nula de la investigación, ya que la aplicación permite que no se viertan estas aguas residuales altamente contaminantes en los suelos que contiene este río en todo su curso.

IMAGEN #2 PESADO DE LA MUESTRA DE SUELO



FUENTE: PROPIA

4.6 PROPUESTA DE PROYECTO (diseño, análisis, prototipo, según metodología sugerida)

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS CONTAMINADAS CON CARBONO.

1º) SE REALIZÓ POZAS (2 POZAS)



2º) SE CONSIGUIO LAS PIEDRAS PARA EL FILTRO:³²

FOTOGRAFIA #1: PIEDRAS MAIFANSHI



FUENTE: PROPIA

- Descripción de la piedra MAIFANSHI:
 - Estructura compleja, estructura compleja, actividad biológica, rendimiento estable disuelto, buena adsorción y descomposición.
 - Con una fuerte capacidad para acoplar iones metálicos pesados en agua, para PB, CA, Hg, como la tasa de adsorción del 40-90%, hay cierto grado de inhibición de las bacterias. La calificación de toxicidad de maifanshi es de nivel no tóxico. Es La industria farmacéutica, química, alimentaria y otros sectores de los medios ambientales son ideales para la potabilización del agua.

3º) SE CUBRIÓ LAS POZAS CON PLASTICO PARA QUE NO FILTRASE AL SUELO

FOTOGRAFÍA #2: CREACION DE POZAS DEL PROTOTIPO



³² https://spanish.alibaba.com/Popular/CN_maifanshi-stone-trade.html

FUENTE: PROPIA

- 4º) SE OBTUVO UNA GRAN CANTIDAD DE AGUA CONTAMINADA CON CARBONO DE LA MISMA EMPRESA

FOTOGRAFÍA #3: MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA



FUENTE: PROPIA

- 5º) SE PLANTO LAS PLANTAS Y SE VERTIO LAS AGUAS

FOTOGRAFIA #4: PLANTACION DE PLANTAS EN EL PROTOTIPO

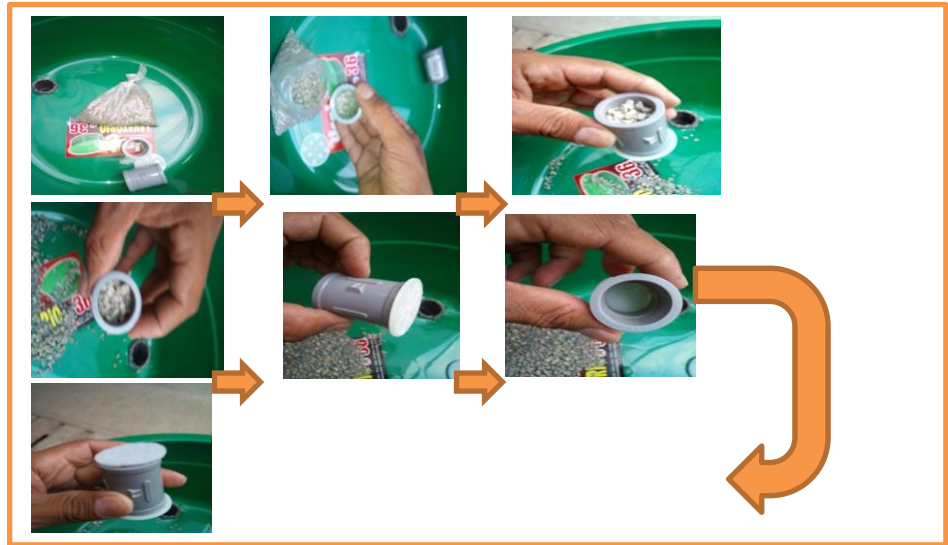


FUENTE: PROPIA

- Se utilizaron plantas con características peculiares de absorción de metales pesados y CO₂.(geranio)

- Se utilizó el girasol por su excelente acción purificadora de aguas.
- 6º) SE PREPARO UN FILTRO ESPECIAL PARA COLOCARLO EN LA INTERSECCION DE AMBAS POZAS

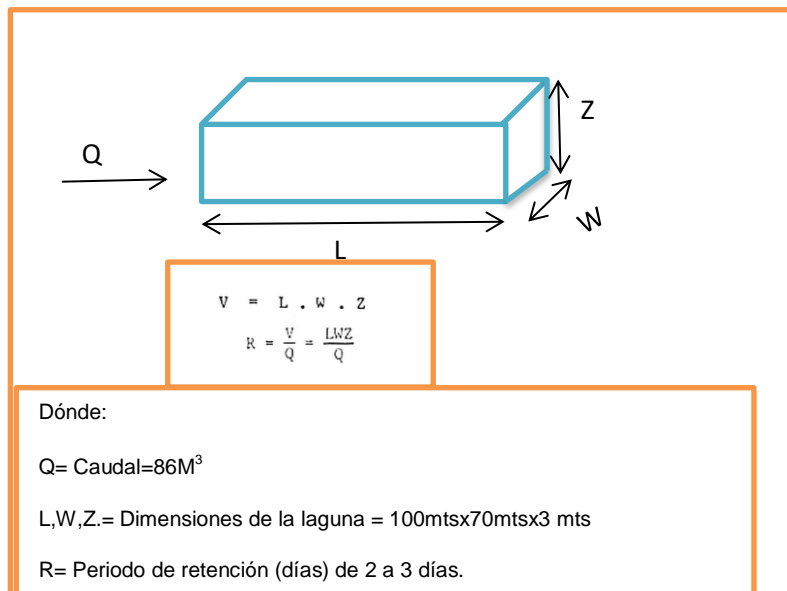
FOTOGRAFIA #5: CREACION DE FILTR CON PIEDRAS MAIFANSHI



FUENTE: PROPIA

- Se recolecto piedras maifanshi de unos filtros de purificación de agua potable.
 - Se fabrica un filtro usando una unión de ½” PVC, para adecuarlo al trasvase de la primera y segunda laguna; para de tal forma dichas piedras actúen purificando y potabilizando el agua.
- 7º) DIMESIONES PROBABLES DE LA LAGUNA DE TRATAMIENTO

IMAGEN #3 DIMENSIONES DE LA LAGUNA DE TRATAMIENTO

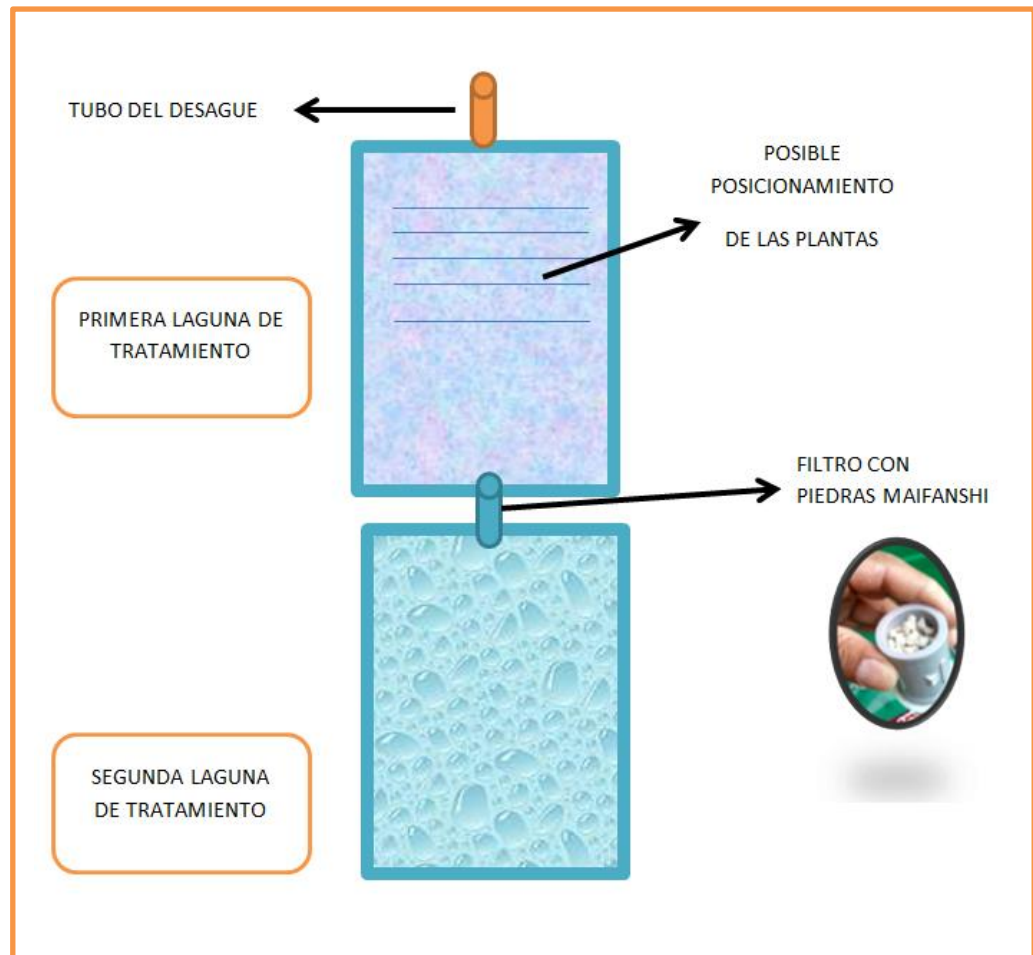


FUENTE PROPIA

- Las dimensiones de la laguna de tratamiento pueden variar según la cantidad de caudal evacuado diariamente; sabiéndose que dicho caudal aproximado es de 86 m³/día.

8º) DISEÑO FINAL DE LA LAGUNA DE TRATAMIENTO

IMAGEN #4: DISEÑO FINAL DE LA LAGUNA DE TRATAMIENTO



FUENTE: PROPIA

- En la primera laguna de tratamiento solo actuarían las plantas designadas para la descontaminación del agua.
- Posteriormente el filtro con piedras maifanshi actuara como pase del agua ya tratada y a su vez purificara el agua.
- La segunda laguna es una laguna facultativa o de paso, en la cual solo reposaría y posteriormente será evacuado al río.

9º) EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Si bien es cierto, para que una planta de tratamiento sea confiable tiene que abarcar una eficiencia estadística de 95% aproximadamente.

Se determina el porcentaje de eficiencia mediante la siguiente formula estadística, para lo cual se dejará en manos del representante de la empresa ejecutarla:

$$n = 1/N * \sum_{1}^V * n_w$$

Dónde: n= grado de eficiencia

N= cantidad de eficiencia diaria

n_w= grado de eficiencia diaria promedio

V= coeficiente de variación en %

En la realidad se ha comprobado que los coeficientes de variación pueden ser entre 2 y 20%.

De esta manera, para un numero de grados de eficiencia de 7, basados en mediciones de 7 días, la mitad del intervalo de confianza para un coeficiente de variación del 2% es igual a 1.4% y para un coeficiente de 20% es igual a 13.9%.

Esto es, para un grado de eficiencia promedio, calculando con base en los grados de eficiencia diaria de por ejemplo 75%, el valor real del grado de eficiencia promedio, para un nivel de confianza estadístico del 95% oscila entre 73.6% y 76.4% para un V=2%, y entre 61.1% y 88.9% para un V= 20%.

Si se consideran 30 mediciones y el resto de los valores se mantienen igual, la mitad del intervalo de confianza disminuye a 0.6% y 5.6% respectivamente y el valor real del grado de eficiencia promedio puede esperarse que oscile entre 74.4% y 75.6%, y entre 69.4% y 80.6% respectivamente.³³

³³ <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/026935/026935.pdf>

10º) MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El mantenimiento de esta planta de tratamiento es sumamente sencillo y económico, ya que no se aplica etapa química y el origen de las aguas residuales no con lleva a tener residuos peligrosos (lodos químicos) como lo es en dichas plantas de aguas residuales domésticas.

Dicho mantenimiento consta del cambio periódico (8 a 12 meses) del filtro que contiene las piedras maifanshi, los cuales pueden obstruirse y perder sus propiedades originales.

La vida media de la planta de tratamiento es de aproximadamente 8 años en ejecución, ya que la geomembrana tiene una vida útil de 7 a 10 años, dependiendo a factores climatológicos y/o antropogénica que influyan a su deterioro.

11º) COSTO PROMEDIO PARA LA EJECUCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

CUADRO #5: PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PROCESO	ACTIVIDAD	COSTO EN \$
INVERSION	ESTUDIOS PRELIMINARES DE SUELO	2,000.00
	DISEÑO E INGENIERIA	5,000.00
	TERRENO	5,000.00
	GASTOS ADMINISTRATIVOS, LEGALES Y FINANCIEROS	3,000.00
FUNCIONAMIENTO	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA	1,000.00
	MANO DE OBRA DE MANTTO Y OPERACION	3,000.00
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	800.00

NOTA: Considérese que en el funcionamiento: el mantenimiento de las lagunas se realizaran cada 6 a 12 meses, y de igual forma se adquirirá un equipo multiparametros para realizar los monitoreos lo cual su mantenimiento y calibración se realizaran cada 12 meses.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La contrastación es la comparación entre la hipótesis nula y la hipótesis alterna mediante el resultado del procesador.

La hipótesis nula es la negación de la hipótesis alterna. Por lo tanto sabiendo que las hipótesis alternas han sido aceptadas se le ha dado valor, siendo validada la hipótesis general.

De esta manera ha sido demostrado el objetivo general y solucionado el problema principal.

Es así que al solucionar el problema ha tenido éxito la intención del trabajo de investigación.

5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.3.1 Primera Hipótesis Específica

1H.E: El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

1H.E₀: El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación no influirá en la acidificación de las aguas de los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

VALIDACION:

Las Aguas residuales que vierte la fábrica Machupicchu Foods S.A.C. conteniendo CO2 provenientes del sistema de lavado de gases ocasionan impactos negativos a las aguas del rio donde son vertidas; ya que hace que el pH de estas aguas descienda y se vuelvan acidas, el cual altera su propiedad física y química sin ningún tipo de control y a la vez incumpliendo con los estándares de calidad ambiental para aguas ya sean desde la categoría I (aguas poblacional y recreacional), categoría II (actividades marino costeras), categoría III(riego de vegetales y bebidas de animales), hasta la categoría IV(conservación del ambiente acuático) los cuales supera el valor de pH ya que estas disminuyen desde 4.5 -5.5 por lo que lo establecido es de 6.5 – 8.5.

TABLA# 3 VALORES DE ECA'S PARA AGUA CATEGORÍA III

ANEXO I
ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA
CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES
PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fierros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	6,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cadmio Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
Orgánicos		
Acetes y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.M. (detergentes)	mg/L	1
Pesticidas		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Ciordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004
Endosulfan	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropoxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5

6 de 10



FUENTE: MINAM

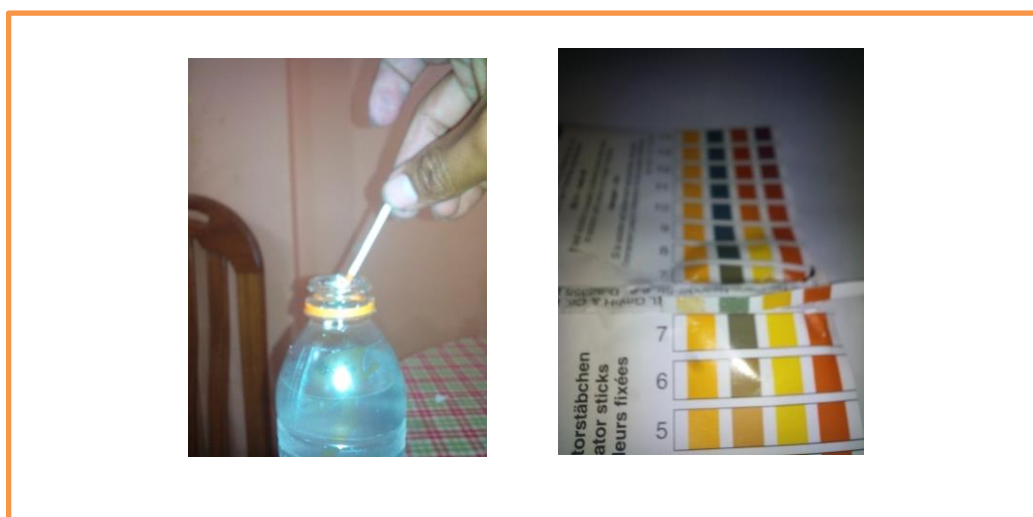
El cuidado de estas aguas y el mejor control de sus propiedades normales dependen del adecuado tratamiento de las aguas residuales de dicha fábrica, para asegurar el bienestar de dichos ecosistemas y seres vivos que se abastezcan de ella.

La aplicación de dicha planta de fitorremediación no solo tener únicamente el recurso hídrico, si no incidir cuidando la calidad de las aguas que son desembocadas al mar a su vez para cuidar la salud de las poblaciones que se encuentran aguas abajo del curso del río, ofreciendo un enfoque holístico de gestión integral de los ecosistemas y su interrelación con la población.

Por tal motivo la hipótesis alterna referida a “El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la acidificación de las aguas de los ríos de la provincia de Pisco”. Se da por aceptada y descartando la hipótesis nula de la investigación.

La implementación de la planta de fitorremediación influir en el tratamiento de las aguas residuales conteniendo CO_2 generadas en sistema de lavado de gases, de esta manera tener como resultado los valores que concuerden con los ECA_agua,

IMAGEN# 5 MUESTRA ANALIZADA DESPUES DEL TRATAMIENTO



FUENTE: PROPIA

NOTA: Se confirma la normalidad del pH del agua, posterior al uso del prototipo diseñado,

5.3.2. Segunda Hipótesis

2H.E: El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la disminución de ecosistemas en los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

2H.E₀: El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación no influirá en la disminución de ecosistemas en los ríos en la provincia de Pisco, 2018.

Validación

Los ecosistemas que existen en el río que se encuentra en la zona aledaña a la empresa Machupicchu Foods S.A.C. están siendo afectados por motivo de la acidificación de las aguas alterando su medio donde viven (medio acuático), volviendo las aguas ácidas y no aptas para consumo animal ni vegetal como ya lo demostrado anteriormente en los cuadros de valores de los Eca's.

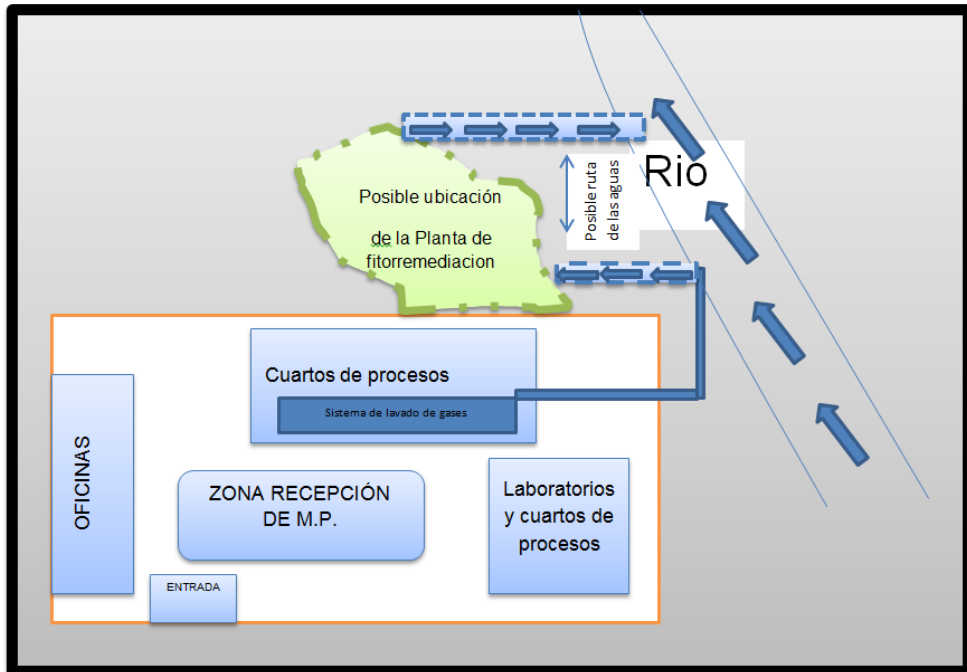
La recuperación de las aguas dependerá de la solución inmediata del impacto ambiental negativo generado por los vertidos conteniendo CO₂, es por ello que mediante el tratamiento de las aguas residuales mediante la planta de fitorremediación, permitirá la recuperación, restauración de los ecosistemas degradados.

El diseño de la planta de fitorremediación actúa como captador y/o eliminador del exceso de CO₂ que contienen las aguas residuales procedentes del sistema de lavado de gases, lo cual esta planta se instalara afueras de la fábrica para darle un tratamiento a dichas aguas antes de su vertimiento al río.

La aplicación de la fitorremediación para el tratamiento de las aguas residuales que contienen CO₂, contribuye a que los ecosistema no se vean afectados, por tal motivo la hipótesis alterna referida a:” El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la

disminución de ecosistemas en los ríos de la provincia de pisco”. Queda por aceptada descartando la hipótesis nula de la investigación, ya que la aplicación permite que no se viertan estas aguas residuales altamente contaminante a los ecosistemas existentes.

IMAGEN #6 CROQUIS DEL POSICIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



FUENTE: PROPIA

IMAGEN #7 COMPARACION DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS



FUENTE: PROPIA

Nota: Se observa un mejoramiento de la vegetación usada para la fitorremediación, conforme va aumentando el tiempo de la aplicación.

5.3.3 Tercera hipótesis

3H.E El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono.

3H.E₀ El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación no influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono.

Validación

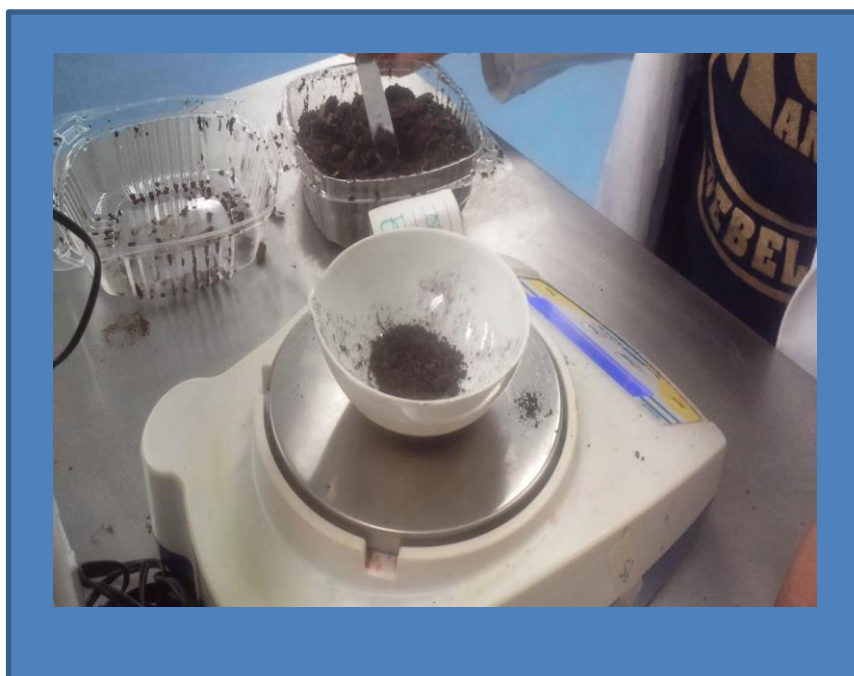
Los suelos son también los afectados mediante la contaminación ambiental, esto depende de cuán acumulativo sea el contaminante. El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de carbono.

Como se sabe; al verter estas aguas y estar en contacto con el suelo estas aguas alteran las propiedades físicas del suelo, aumentando su nivel de pH, el cual ocasiona que disminuya su fertilidad y su nivel de resiliencia disminuya a su vez. En la región de Ica, se está notando que quedan pocos suelos fértiles, ya sea por el excesivo uso de químicos en la agroindustria, como también por acciones antrópicas contaminantes que realizamos a diario.

La aplicación de la fitorremediación para el tratamiento de las aguas residuales que contienen CO_2 , contribuye a que los suelos afectados por dichas aguas contaminadas recuperen sus propiedades normales y regeneren su fertilidad, como vemos en el cuadro anterior, el exceso de CO_2 en el suelo disminuye después de aplicarse el prototipo; por tal motivo la hipótesis alterna referida a: " El diseño de una planta de tratamiento con fitorremediación influirá en la contaminación de suelos por efectos de las aguas contaminadas de

carbono". Queda por aceptada, descartando la hipótesis nula de la investigación, ya que la aplicación permite que no se viertan estas aguas residuales altamente contaminantes en los suelos que contiene este río en todo su curso.

IMAGEN #8 PESADO DE LA MUESTRA DE SUELO



FUENTE: PROPIA

Nota

Se determinó por diferencia de pesos que dicho suelo usado como muestra contenía una cantidad de carbono y no de materia orgánica. Como bien se sabe al exponer una muestra al calor lo primero que se elimina es la humedad, luego la materia orgánica; pero dicha muestra no varió en su peso.

Por ello se confirma que dicho suelo no contiene un porcentaje favorable de material orgánico, lo que lo vuelve infértil y no podrá contener ecosistemas.

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✚ Debido a la disposición inadecuada de las aguas contaminadas con carbono, se ha podido determinar que existe contaminación en las aguas del río donde desembocan los vertidos.
- ✚ La calidad del agua de dicho río está alterada, ya que su nivel de pH está por debajo del estándar de calidad ambiental, según nos lo indica la norma ambiental (categoría 3: riego de plantas y consumo de animales).
- ✚ Se determinó que por la falta de tratamiento de dichas aguas se está afectando directamente con los ecosistemas que habitan en dicho tramo del río. Se pudo ver a simple vista que la cantidad de especies disminuía por los vertimientos de las aguas contaminadas.
- ✚ Se pudo concluir que por efecto de los vertimientos de agua contaminada con carbono existe una contaminación a los suelos que se riegan con estas aguas, ya que altera su pH y afecta a su fertilidad, debido al alto porcentaje de carbono.



RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda a la Empresa que tenga consideración con las consecuencias que origina este problema, haciendo o implementando medidas de acción para contrarrestar la contaminación ambiental surgida en las aguas del río aledaño.
- ✚ Se recomienda que la Empresa tome en consideración este estudio de investigación, para recuperar la calidad del agua de río, ya que se usaron plantas purificadoras y catalizadoras de carbono, por otro lado el uso de la piedra Maifanshi; el cual purifica y potabiliza el agua contaminada.
- ✚ Ya visto los resultados obtenidos en el prototipo diseñado; se recomienda a la empresa y a los interesados por el ambiente aplicar dicho trabajo de investigación, para recuperar los ecosistemas contenidos en el río.
- ✚ Se recomienda aplicar dicho trabajo de investigación para poder recuperar las propiedades normales del suelo, de tal manera que eliminen el exceso de pH (acidez), para que de tal forma puedan crecer plantas sin dificultad alguna.

- ✚ Se recomienda tener en cuenta que dicho trabajo corresponde a un prospecto aplicando un prototipo en escala menor, el cual se recomienda seguir la investigación para obtener datos mas convincentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUBILLOS VARGAS, Janeth (2011) "Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamientos de aguas contaminadas con hidrocarburos" Colombia.
- JARAMILLO JUMBO, Martiuxi del cisne (2012) "Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lema Minor (lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Ecuador.
- LUQUE, Jorge Luis (2009) "Desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia", Argentina.
- LUMELLI, Mónica (2006) "Fitorremediación: otro regalo del reino vegetal", Argentina.
- PAREDES SALAZAR, José Luis (2015) "optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes(Jacinto de agua)" Perú.
- ROBLES PLIEGO, Mariana (2013) "Evaluación de sistemas de fitorremediación de aguas residuales dentro de una biorrefinería" México.
- DELGADILLO, Angélica, Gonzales, César, PRIETO Francisco, Villagómez, José y ACEVEDO, Otilio (2011) "Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación" México.
- GÓMEZ, Siria, GARCÍA, Josefa, TORRES, Jesús M. y Elisa GONZÁLEZ (2015) "fitorremediación en aguas dulces contaminadas" España.

CUBILLOS, Janneth, PULGARIN, Pilar PAREDES, Johnatan y Diego (2013)
“Fitorremediación en aguas y suelos contaminados con hidrocarburos del
petróleo” Colombia.

ANZA CRUZ, Héctor (2013) “Biorremediación de suelos contaminados con aceite
automatizados mediante sistema de biopilas” México.

LINCOGRAFÍA

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2782/1/6281683C962.pdf>

<https://docs.google.com/document/d/1YrntTzjEoq7AEcpeL8YfxstXiN0ZCExz3CQgHlsvvw4/edit?hl=es&pli=1>

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4557/1/7078.pdf>

<http://es.slideshare.net/NELSHON/tratamiento-de-aguas-residuales-fitorremediacion>

<http://proexpansion.com/es/articles?tag=acidificaci%C3%B3n>

<http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/DC22es.pdf>

<https://www.pinterest.com/pin/537687642988595569/>

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4568/ARCE_LUIS_AGUAS_RESIDUALES_RESIDENCIALES_ANEXOS.pdf?sequence=2

www.chortitzer.com.py/medio_ambiente.php

<http://www.bvsde.ops->

oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt33/hdt33.html

https://spanish.alibaba.com/Popular/CN_maifanshi-stone-Trade.html

ANEXOS

ANEXOS: 1 **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TITULO: "DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON FITORREMEDIACION Y SU INFLUENCIA EN LAS AGUAS CONTAMINADAS CON CARBONO PROCEDENTES DE LA FÁBRICA MACHUPICCHU FOODS EN LA PROVINCIA DE PISCO - 2018"

NIVEL: DESCRIPTIVO EXPLICATIVO TIPO: APLICADO, EXPERIMENTAL METODO: DEDUCTIVO, POR OBSERVACION, EXPERIMENTAL DISEÑO: DE CAMPO, DESCRIPTIVO, EXPERIMENTAL

APELLIDOS Y NOMBRES: UCULMANA MOQUILLAZA, ROBERTO

PROBLEMA		OBJETIVO		HIPOTESIS		VARIABLES	INDICADORES	RECOLECCION DE DATOS		
P R I N C I P A L	¿De qué manera el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en las aguas de rio contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica Machupicchu Foods provincia de pisco?	G E N E R A L	Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en las aguas de rio contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica Machupicchu Foods en la provincia de pisco	G E N E R A L	Diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en las aguas de rio contaminadas con carbono procedentes del sistema de lavado de gases en el proceso de secado de grano de cacao en la fábrica Machupicchu Foods en la provincia de pisco	INDEPENDIENTE (X) planta de tratamiento con fitorremediacion <u>DIMENSIONES:</u> • contribución al cuidado del ambiente. • Ecosistemas sostenibles y menos vulnerables. • Fertilidad de los suelos.	X1: Recuperación de Las propiedades naturales del agua X2: disminución de efectos dañinos las especies X3: incremento de materia orgánica en los suelos Y1: acidificación de las aguas de rio Y2: efecto negativo a la flora y fauna Y3: alteración de las propiedades naturales del suelo	Tesis referenciales Internet Bibliografías Especializadas Cuestionarios y Glosarios		
	¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la acidificación de las aguas de los ríos de la provincia de pisco?		E S P E C I F I C O		Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la acidificación de las aguas de los ríos de la provincia de pisco				E S P E C I F I C O	Diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la acidificación de las aguas de los ríos de la provincia de pisco
	¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en equilibrio de los ecosistemas en los ríos de la provincia de pisco?		F I C O		Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en el equilibrio de los ecosistemas en los Ríos de la provincia de pisco.				F I C O	Diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en el equilibrio de los ecosistemas de los ríos de la provincia de pisco
	¿De qué forma el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la contaminación de suelos por efecto de las aguas contaminadas de carbono?	S	Demostrar que el diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la contaminación de suelos por efecto de las aguas contaminadas de carbono.	S	Diseño de una planta de tratamiento con fitorremediacion influirá en la contaminación de suelos por efecto de las aguas contaminadas de carbono	DEPENDIENTE (Y) aguas residuales contaminadas con carbono <u>DIMENSIONES:</u> • Incumplimiento de los ECAs. • Mortalidad de especies intolerables a la variación de pH. • Vulnerabilidad de ecosistemas terrestres	INDICES: X1: 10 – 25 ppmv de CO ₂ en el agua X2: aumento de los ecosistemas X3: presencia de flora y fauna Y1 : pH del agua < 6.5 Y2: desaparición de fauna y decoloración de las plantas Y3: cambio de coloración y aumento del pH del suelo			

FOTOS:

FOTOGRAFIA N°1:



PROTOTIPO

FOTOGRAFIA N° 2:



PIEDRAS MAIFANSHI

FOTOGRAFIA N° 3:



**DESEMBOQUE DEL DESAGUE CON AGUAS
CONTAMINADAS**

FOTOGRAFIA N°4:



ANALISIS DE LA MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA

FOTOGRAFIA N° 5



PESADO DE MUESTRA DE SUELO

FOTOGRAFIA N° 6



FABRICACION DE FILTRO

FOTOGRAFIA N° 7



ANALISIS DE AGUA DESPUES DEL

MACHUPICCHU FOODS S.A.C.

PLANTA PISCO 1

PRIMER SEMESTRE

2017

Elaborado por:



FUENTE: EMPRESA MACHUPICCHU FOODS S.A.C.

4.3 MONITOREO DE EFLUENTES LIQUIDOS

El monitoreo de efluentes líquidos se llevó a cabo el 14 de junio del 2017, la toma de muestras se realizó en la salida de la descarga a la acequia, obteniéndose una muestra compuesta la cual fue analizada por el laboratorio.

4.3.1 RESULTADOS

PARAMETROS	ESTACION	UNIDAD	ECA*
	EF-01		
Aceites y Grasas	86	mg/L	1
DBO ₅	306.1	mg/L	15
DQO	2100	mg/L	40
Solidos Totales Suspendidos	350	mg/L	N.A.
Solidos Sedimentables	<0.1	ml/l/h	N.A.

* D.S. N° 002-2008-MINAM: Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (riego de vegetales)

N.A.: No Aplica

FUENTE: EMPRESA MACHUPICCHU FOODS S.A.C.

FECHA	HORA	pH Salida	ECA* (unidades de pH)		TEMPERATURA(°C) Salida	ECA* (C°)	CAUDAL(l/s) Salida
			MÍNIMO	MÁXIMO			
17.06.14	13:55	4.2	6.5	8.5	22.0	N.A.	1.9
17.06.14	14:55	4.7	6.5	8.5	22.1	N.A.	1.6
17.06.14	15:55	5.2	6.5	8.5	22.8	N.A.	1.8
17.06.14	16:55	5.3	6.5	8.5	22.8	N.A.	2.2
17.06.14	17:55	4.9	6.5	8.5	21.4	N.A.	1.7
17.06.14	18:55	4.8	6.5	8.5	23.4	N.A.	2.1
17.06.14	19:55	6.3	6.5	8.5	23.8	N.A.	2.0
17.06.14	20:55	4.3	6.5	8.5	23.4	N.A.	1.8

* D.S. N° 002-2008-MINAM: Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (riego de vegetales)

N.A.: No Aplica

FUENTE: EMPRESA MACHUPICCHU FOODS S.A.C.

4.3.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los parámetros evaluados a la salida de la descarga a la acequia, fueron comparados con los Eca's establecidos en el D.S. N° 002-2008-MINAM: Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (riego de vegetales), donde se encontró que el valor del pH, EXCEDIO los límites de la norma en mención. Y el valor de DBO₅, DQO, Aceites y Grasas, excedieron los límites establecidos en la norma.

FUENTE: EMPRESA MACHUPICCHU FOODS S.A.C.

PODER EJECUTIVO

Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación

DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

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

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

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

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente

Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:



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

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

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

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

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

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

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

Artículo 7.- Refrendo

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

DISPOSICIONES

COMPLEMENTARIAS FINALES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DISPOSICION

COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

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

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

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

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



Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

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

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

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

(...)

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

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

(...)

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

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

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

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

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

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.

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

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...).

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

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

Sub Categoría E2: Ríos

(...).

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

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

(...)

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

OLLANTA HUMALA TASSO

Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS

Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA

Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS

Ministra de Energía y Minas

ANIÑAL VELÁSQUEZ VALDIVIA

Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

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

FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoniacio- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromodlorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodlorometano	mg/L	0,06	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados:				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptaclo + Heptaclo Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamatos:				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Policloruros Bifenilos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

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



Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

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

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

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

CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	E.coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad

- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml

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

CATEGORIA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
FÍSICOS - QUÍMICOS					
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Niquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	≤14 (área Aprobada)(c)	≤30	1 000	200
	NMP/100 mL	*≤88 (área restringida)(c)			

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

(b) Después de la filtración simple.

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

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

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

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

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

(1) Nitrógeno Amoniacal para Aguas Dulce :

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

		pH							
		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
Temp (°C)	0	231	73.0	23.1	7.32	2.33	0.749	0.25	0.042
	5	153	48.3	15.3	4.84	1.54	0.502	0.172	0.034
	10	102	32.4	10.3	3.26	1.04	0.343	0.121	0.029
	15	69.7	22.0	6.98	2.22	0.715	0.239	0.089	0.026
	20	48.0	15.2	4.82	1.54	0.499	0.171	0.067	0.024
	25	33.5	10.6	3.37	1.08	0.354	0.125	0.053	0.022
	30	23.7	7.50	2.39	0.767	0.256	0.094	0.043	0.021

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

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos	mg/l	100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (v alor	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Niquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
Zinc	mg/l	2	24
PLAGUICIDAS			
Parathión	ug/l	35	35
Organoclorados			
Aldrin	ug/l	0,004	0,7
Clordano	ug/l	0,006	7
DDT	ug/l	0,001	30
Dieldrin	ug/l	0,5	0,5
Endosulfan	ug/l	0,01	0,01
Endrin	ug/l	0,004	0,2
Heptacoloro y heptacoloro	ug/l	0,01	0,03
Lindano	ug/l	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/l	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

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

(b) Después de Filtración Simple.

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

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

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

CATEGORIA 4

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Sumado 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacoloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Heptacoloro epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

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

(b) Después de la filtración simple

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

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

NOTA GENERAL:

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

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

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