

**DIPLOMA EN “CREACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN
AMBIENTAL”**

PERIODO ACADÉMICO 2015

Proyecto de Fin de Curso

**“CONSECUENCIAS DEL USO DE LAS AGUAS DEL RÍO CHOQUEYAPU
EN EL RIEGO DE LOS SEMBRADÍOS Y EFECTOS PARA LA SALUD LA
POBLACIÓN”**

Isaac Raúl Quispe Chávez

24 – Enero – 2016

Vº Bº y conformidad del Director/a

(fecha y firma)

AGRADECIMIENTO

A **DIOS**, por guiar mi vida y darme su bendición, A **Mí Esposa Edmy, Mis Hijas Sara y Camila**, por su amor, tolerancia, comprensión y apoyo; inspiración para superarme, Gratitud Plena A **FONDO VERDE** por haberme apoyado con la beca y poder realizar el presente trabajo. Agradecer al señor PhD. Juan Martín García, por impartir sus conocimientos, asesoramiento y sugerencias en el desarrollo del presente Diplomado y **DIOS** bendiga su vida.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que he redactado el trabajo ***"CONSECUENCIAS DEL USO DE LAS AGUAS DEL RÍO CHOQUEYAPU EN EL RIEGO DE LOS SEMBRADÍOS Y EFECTOS PARA LA SALUD LA POBLACIÓN"***, como Proyecto de Fin de Curso - PFC en el periodo académico 2015 de forma autónoma, con la ayuda de las fuentes y la literatura citadas en la bibliografía, y que he identificado como tales todas las partes tomadas de las fuentes y de la literatura indicada, textualmente o conforme a su sentido.

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal dashed line. The signature is cursive and appears to be the name of the author.

Firma

24 de enero de 2016

Fecha

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	7
II. ANTECEDENTES	8
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
IV. MARCO JURÍDICO	9
V. OBJETIVO	13
A. Objetivo General	13
B. Objetivo Especifico.....	13
VI. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	13
VII. MARCO TEÓRICO	13
A. Agricultura	13
B. Contaminación	14
C. Contaminación del Agua	14
D. Tipos de Contaminación del Agua.....	14
1. Compuestos minerales	14
2. Compuestos orgánicos	14
3. La contaminación microbiológica	14
4. La contaminación térmica	14
E. Tipos de Agua.....	14
1. Aguas residuales urbanas.....	14
2. Aguas residuales industriales	14
3. Aguas residuales ganaderas.....	14
4. Aguas residuales agrícolas	15
5. Mareas negras.....	15
F. Efluente.....	15
G. Drenaje Hídrico Agrícola Reutilizado	15
H. Criterios de Calidad del Agua.....	15

I.	Calidad del Agua.....	15
J.	Enfermedades Relacionadas con el Agua.....	15
K.	Acuicultura	16
L.	Seguridad Hídrica	16
M.	Tratamiento	16
	1. Tratamiento de aguas residuales	16
	2. Tratamiento primario.....	16
	3. Tratamiento secundario	16
	4. Tratamiento terciario	16
	5. Tratamiento de coagulación.....	16
	6. Tratamiento de floculación	16
	7. Tratamiento de decantación.....	17
	8. Tratamiento de filtración	17
	9. Tratamiento de desinfección	17
	10. Otros tratamientos	17
N.	Sistema Hidráulico Separativo	17
O.	Reciclado de Agua de Riego.....	17
P.	Lagunaje	17
Q.	Agua Reciclada.....	17
R.	Aeración.....	17
S.	Fuentes No Convencionales de Agua	18
T.	Sistema de Riego.....	18
	1. Procedimiento ordenado.....	18
	2. Conjunto organizado.....	18
	3. Riego por surcos.....	18
	4. Riego por inundación	18
VIII.	DIAGRAMA CAUSAL.....	19
IX.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	19
A.	Identificar las Causas	19
	1. Elementos químicos.....	21

2.	Residuos sólidos.....	21
3.	Desagüe sanitario.....	22
B.	Identificar las Consecuencias.....	22
1.	Enfermedades	22
2.	Contaminación del suelo.....	23
3.	Productos contaminados.....	23
C.	Medidas de Solución al Problema	23
1.	El tratamiento de las aguas residuales.....	23
2.	Multas	24
3.	Reglamentos preventivos.....	24
X.	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	24
A.	Variables de Nivel	24
B.	Variables de Flujo	24
C.	Variables Auxiliares.....	25
D.	Variables Constantes	25
XI.	CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA		

I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento de la población y la conformación de nuevas áreas residenciales y comerciales, la demanda de alimentos y agua se irá incrementando en la misma proporción que el crecimiento de la población, lo cual también incrementa en la generación de residuos sólidos y aguas servidas.

Por otro lado crecerá la contaminación causada por la industria manufacturera, curtiembres clandestinas altamente contaminantes (emiten efluentes ácidos con altas concentraciones de metales pesados (Cromo) y generan desechos sólidos), cervecería y otras industrias de alimentos tales como destilerías, frigoríficos plantas de producción de harina de huesos, fábricas de aceite comestible, producen olores ofensivos. La mayor parte de las industrias están ubicadas en la cercanía de Río Choqueyapu, y le descargan sus efluentes directamente, sin ningún tratamiento previo.

Las hortalizas, son ampliamente recomendadas como parte de la dieta diaria, especialmente por su contenido en minerales, vitaminas y fibra dietética y algunas de ellas por sus propiedades antioxidantes. Sin embargo, pese a sus innumerables ventajas como nutrientes, las hortalizas son uno de los vehículos potenciales de diferentes parásitos y el consumo de estas hortalizas crudas o poco cocidas contaminadas constituye un importante medio de transmisión de parásitos. Las principales formas de contaminación de estos vegetales son a través de la práctica de irrigación de las áreas de cultivo con agua contaminada por materia fecal de origen humano o de fertilización con desechos humanos y de industrias, aunque también se deben tomar en cuenta las prácticas de manejo de los vegetales poscosecha, ya sea en el transporte o por manipulación en los puntos de ventas.

Las enfermedades parasitarias transmitidas por alimentos han incrementado su incidencia en las últimas décadas debido el inadecuado saneamiento, acelerada urbanización y de industrias, pobres hábitos de higiene e incumplimiento a normas, ausencia de agua potable, globalización del comercio y el cambio de hábitos alimentarios con una preferencia por los alimentos crudos.

La legislación ambiental Boliviana prevé estándares de emisión y de calidad ambiental. El monitoreo y el seguimiento del cumplimiento de estos estándares permitiría contar con información cuantitativa sobre el desempeño ambiental de los sectores regulados y sobre la calidad ambiental de las regiones, ciudades y ecosistemas. Sin embargo, la información con que se cuenta es escasa y principalmente de tipo cualitativo y descriptivo. Esto, en esencia, se relaciona con la carencia de recursos económicos, técnicos e institucionales suficientes

para llevar a cabo programas de seguimiento y monitoreo ambiental y de recopilación y sistematización de la información.

El presente documento pretende que las autoridades correspondientes diseñen estudios para el tratamiento de las aguas servidas en función al uso que se le asigne a los cuerpos receptores de agua, los diseños deberán estar elaborados para ir tratando las aguas de acuerdo a la cantidad de aguas servidas que se vayan generando.

II. ANTECEDENTES

Río Choqueyapu

El río Choqueyapu (del idioma aymara chuquiyapu, 'chacra de papas o de oro') es el principal curso de agua de la ciudad de La Paz. Nace en las cumbres del nevado Chacaltaya, al norte de la ciudad de La Paz, en el valle de Chakanta, donde se encuentran la laguna Pampalarama, cuyo líquido vital, translúcido y cristalino da vida al río Choqueyapu. Tiene una longitud aproximada de 44 Km. y su nacimiento se encuentra a una altura de 5.500 m.s.n.m. en el nevado Chacaltaya.

El historiador Ramiro Fernández, señala que en el siglo XV y XVI, el río Choqueyapu fue un caudal de pepas de oro, ya que en ese tiempo los habitantes recogían el metal aurífero en la vertiente.

Ahora se convirtió en un receptor de desperdicios industriales, hospitalarios, domésticos y desagüe sanitario y atraviesa zonas industriales, residenciales y comerciales.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Choqueyapu actualmente recibe desperdicios industriales, hospitalarios, domésticos y descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento, generando a su paso problemas de mal aspecto, y presentando un olor nauseabundo. Esta contaminación es generada por el crecimiento de la población y por las empresas que se encuentran asentadas en cercanías del río, pese que existen leyes las mismas no cumplen y no existe personal que haga cumplir.

La contaminación del río Choqueyapu es bastante elevada, pese a tener conocimiento los pobladores que se encuentran al final de este río las aguas son utilizadas para el riego de sus cultivos de hortalizas y alguna frutas; de esta manera que algunos pobladores y principalmente los productores de los mencionados alimentos vienen consumiendo estos productos a largo de este

tiempo se presentaron reportes de numerosas enfermedades intestinales y de la piel.

IV. MARCO JURÍDICO

La legislación boliviana vigente, en materia de medio ambiente (Ley 1333 de Medio Ambiente) se tiene los seis Reglamentos que han sido aprobados bajo el Decreto Supremo N° 24176 de 8 de diciembre de 1995, de entre los cuales están:

- General de Gestión Ambiental,
- Prevención y Control Ambiental,
- Contaminación Atmosférica,
- Contaminación Hídrica,
- Actividades con Sustancias Peligrosas,
- Gestión de Residuos Sólidos.

En cuanto al componente de agua (cursos de aguas receptoras), se encarga del mismo el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, este Reglamento aplica a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

Este Reglamento considera los siguientes:

- Clasificación de cuerpos de agua;
- De la inspección y vigilancia;
- De los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado;
- De la descarga de efluentes en cuerpos de agua;
- De las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado;
- Del monitoreo, evaluación, prevención protección y conservación de la calidad hídrica;
- De los sistemas de tratamiento;
- De la conservación de las aguas subterráneas;
- Del reuso de las aguas;
- De la contaminación de cuenca de curso sucesivo;

- De las infracciones y sanciones administrativas y por último las disposiciones transitorias.

En cuanto a la Clasificación de los cuerpos de agua, señala lo siguiente:

ARTÍCULO 4.- La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en la siguiente tabla.

Tabla N° 1: Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso

ORDEN	USOS	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
1	Para abastecimiento de agua potable después de : a) Solo una desinfección y ningún tratamiento b) Tratamiento solamente físico y desinfección c) Tratamiento físico-químico completo coagulación, floculación, filtración, y desinfección d) Almacenamiento prolongado o presedimentación, seguidos de tratamientos, al igual que c)	Si No necesario	No Si	No No	No No
2	Para recreación de contacto primario, natación, esquí, inmersión.	Si	Si	Si	No
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos	Si	Si	Si	No
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella	Si	Si	No	No
5	Para abastecimiento industrial	Si	Si	Si	Si
6	Para la cría natural o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana	Si	Si	Si	No
7	Para abrevadero de animales	No(*)	Si	Si	No
8	Para la navegación (**)	No(**)	Si	Si	Si

Esta clasificación general de cuerpos de agua, en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

- **CLASE "A"** Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.
- **CLASE "B"** Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.
- **CLASE "C"** Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica.
- **CLASE "D"** Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el Representante Legal de éste, podrá apelar

dicha clasificación ante la Autoridad Ambiental Competente, previa presentación del respectivo análisis costo-beneficio.

ARTÍCULO 71. (Fuentes).- Con el objeto de regular las actividades de las industrias que puedan contaminar el medio hídrico, se consideran de prioritaria atención y control las siguientes fuentes:

- Procesos que generen residuos líquidos;
- Procesos térmicos que utilicen agua;
- Vertido o derrame de líquidos;
- Operaciones de limpieza de materias primas, equipos y ambientes.

ARTÍCULO 72. (Esfuerzos).- La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que puedan generar sus descargas, debiendo realizar esfuerzos en:

- La segregación de sus diferentes descargas líquidas en origen, con el objeto de reciclar y reutilizar las mismas;
- La optimización de sus operaciones y procesos además del adecuado mantenimiento de sus equipos;
- La captura, conducción y tratamiento de derrames;
- La recirculación de las sustancias utilizadas hasta su agotamiento;
- Uso eficiente del agua en los procesos térmicos;
- La incorporación de sistemas correctivos de la contaminación, después de agotarse las medidas de producción más limpia.

Los esfuerzos de la industria deberán reflejarse en los Planes de Manejo Ambiental, Informes Ambientales Anuales, renovación del formulario RAI. Los esfuerzos de la industria se evalúan a través del Sistema de Evaluación y Revelación de Información (SERI).

ARTÍCULO 73. (Control priorizado).- La industria priorizará en el control de sus descargas, los siguientes parámetros: Potencial de hidrógeno (pH), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5),

ARTÍCULO 74. (Límites permisibles).- La industria debe cumplir con los límites permisibles para descargas en cuerpos de agua.

ARTÍCULO 75. (Automonitoreo).- La industria debe realizar automonitoreo de todos los parámetros que puedan ser generados por sus actividades como descargas.

ARTÍCULO 76. (Disposición de descargas).- Las industrias tienen las siguientes posibilidades para disponer sus descargas:

- **Conectarse** a un sistema de alcantarillado autorizado para descargas industriales, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y la Entidad Prestadora de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA);
- **Transportar** a una planta de tratamiento o a un punto de descarga de alcantarillado industrial autorizado, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y EPSA;
- **Descargar** a un cuerpo de agua superficial en un volumen menor o igual a un quinto (1/5) del caudal promedio del río o arroyo en época de estiaje, cuando se cumple con lo establecido en el Anexo 13-A, previa autorización de la IADP. Si, existieran descargas instantáneas mayores a un quinto (1/5), pero menores a un tercio (1/3) del caudal, la IADP podrá en forma excepcional autorizar las mismas previo estudio justificado.
- **Transferir** a terceros cuando se cumplan con los límites permisibles establecidos en el Anexo 13-A.
- **Recargar o inyectar** a un acuífero, solamente cuando no exista sistema de alcantarillado o cuerpo de agua superficial.
- Para optar a las opciones de los incisos c), d) y e), las industrias deberán contar con la caracterización de sus efluentes a través de un auto monitoreo y mantener un registro disponible para las inspecciones de la autoridad.

ARTÍCULO 77. (Prohibiciones).- Se prohíben las siguientes descargas a los sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua:

- Sustancias radiactivas, compuestos órgano halogenados, aceites y lubricantes minerales e hidrocarburos;
- Sedimentos, lodos, sólidos o semisólidos, provenientes de los procesos de producción, sistemas de tratamiento de aguas residuales o equipos de descontaminación ambiental.

Estas sustancias deberán ser colocadas en recipientes sólidos cerrados y para efectos de su gestión.

V. OBJETIVO

A. Objetivo General

Establecer las consecuencias del uso de las aguas del Río Choqueyapu en el riego de los sembradíos y efectos para la salud la población productora y consumidora.

B. Objetivo Especifico

1. Determinar las consecuencias del uso de las aguas del Río Choqueyapu.
2. Identificar los efectos para la salud la población productora y consumidora.

VI. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

Es importante analizar los hechos de la contaminación del Río Choqueyapu ubicado en el trayecto de la ciudad de La Paz, porque con ellos se puede identificar los factores contaminantes que generan diversos problemas a los habitantes y principalmente para la salud de los habitantes de esta ciudad y establecer sugerencias que ayuden en el futuro a solucionar el problema.

Es materia de preocupación saber que el hombre, cada día va perdiendo su equilibrio emocional y de salud por no saber vivir en armonía con los recursos que le brinda la naturaleza ayudar a que los pobladores, tomen verdadera conciencia ecológica a la vez de programar orientaciones e informaciones de cómo cuidar el rio y respetar las leyes que permiten cuidar el medio ambiente en que habitamos.

Es importante tener en cuenta que la contaminación del río es la causa de varias enfermedades.

VII. MARCO TEÓRICO

A. Agricultura: Establecer el origen etimológico de la palabra agricultura nos lleva hasta el latín pues en dicha lengua es donde se encuentra el punto de partida del nacimiento de la citada. En concreto, podemos ver que procede del vocablo agricultura, que está conformado por la suma de dos partes: el término agri que es sinónimo de “campo de cultivo” y el concepto cultura que puede traducirse como “cultivo o cultivado”.

- B. Contaminación:** impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas.
- C. Contaminación del Agua:** la acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.
- D. Tipos de Contaminación del Agua:** la contaminación del agua puede estar producida por:
 - 1. Compuestos minerales:** pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Los elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua) como el fósforo.
 - 2. Compuestos orgánicos:** (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.) producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y estos consumen O₂.
 - 3. La contaminación microbiológica** se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.
 - 4. La contaminación térmica** provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.
- E. Tipos de Agua** en función del origen de su contaminación
 - 1. Aguas residuales urbanas:** aguas fecales, aguas de fregado, agua de cocina. Los principales contaminantes de estas son la materia orgánica y microorganismos.
 - 2. Aguas residuales industriales:** contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicas, térmicos por las aguas de refrigeración). Estas aguas se vierten a ríos u mares tras una depuración parcial.
 - 3. Aguas residuales ganaderas:** el tipo de contaminantes va a ser materia orgánica y microorganismos. Pueden contaminar pozos y aguas subterráneas cercanas.

4. **Aguas residuales agrícolas:** los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden contaminar aguas subterráneas, ríos, mares, embalses, etc.
 5. **Mareas negras:** la causa de estas es el vertido de petróleo debido a pérdidas directas de hidrocarburos (solo un 9%), siendo las fuentes de contaminación marina por petróleo más importantes las constituidas por las operaciones de limpieza y lastrado de las plantas petrolíferas.
- F. **Efluente:** Aguas residuales (aguas cloacales u otros residuos líquidos, particularmente los tóxicos) que fluyen a una masa de agua, como un río o un lago.
- G. **Drenaje Hídrico Agrícola Reutilizado:** El drenaje hídrico agrícola es agua extraída para usos agrícolas que no se consume y se devuelve. Se puede recuperar y reutilizar, en cuyo caso se considera que es una fuente secundaria de agua, por oposición a los recursos hídricos primarios, que son los recursos renovables de agua dulce. Al igual que las aguas desalinizadas y las aguas residuales, se considera que es un tipo de agua no convencional.
- H. **Criterios de Calidad del Agua:** Niveles específicos de calidad del agua deseados para usos determinados, como agua potable, recreación, usos agrícolas, producción pesquera, propagación de la vida acuática o procesos agrícolas e industriales.
- I. **Calidad del Agua:** Las características químicas, físicas y biológicas del agua en relación con su idoneidad para un fin en particular.
- J. **Enfermedades Relacionadas con el Agua:** Cualquier efecto perjudicial importante para la salud humana (muerte, incapacidad, enfermedad o trastornos) debido directa o indirectamente al estado del agua o a una modificación cuantitativa o cualitativa de ésta. Existen tres tipos de enfermedades relacionadas con el agua:
1. Las enfermedades transmitidas por el agua son aquellas que proceden de agua infectada y se transmiten cuando se bebe el agua o se cocina con ella (por ejemplo, cólera, tifus);
 2. Las enfermedades ubicadas en el agua son aquellas en las que el agua constituye el hábitat del organismo huésped de los parásitos ingeridos (por ejemplo, bilharziosis);
 3. Las enfermedades relacionadas con el agua transmitidas por insectos, que son aquellas que no se transmiten directamente por el

agua, aunque el hábitat los insectos vectores sí que es el agua (por ejemplo, malaria, oncocerciasis, elefantiasis).

K. Acuicultura

1. Uso de medios artificiales para incrementar la producción de organismos acuáticos.
2. Uso de plantas y animales acuáticos para el tratamiento de aguas residuales.

L. Seguridad Hídrica: Disponibilidad de agua dulce con la calidad necesaria y en suficiente cantidad en el momento en el que se necesite.

M. Tratamiento: Proceso para la modificación artificial de la calidad de las aguas.

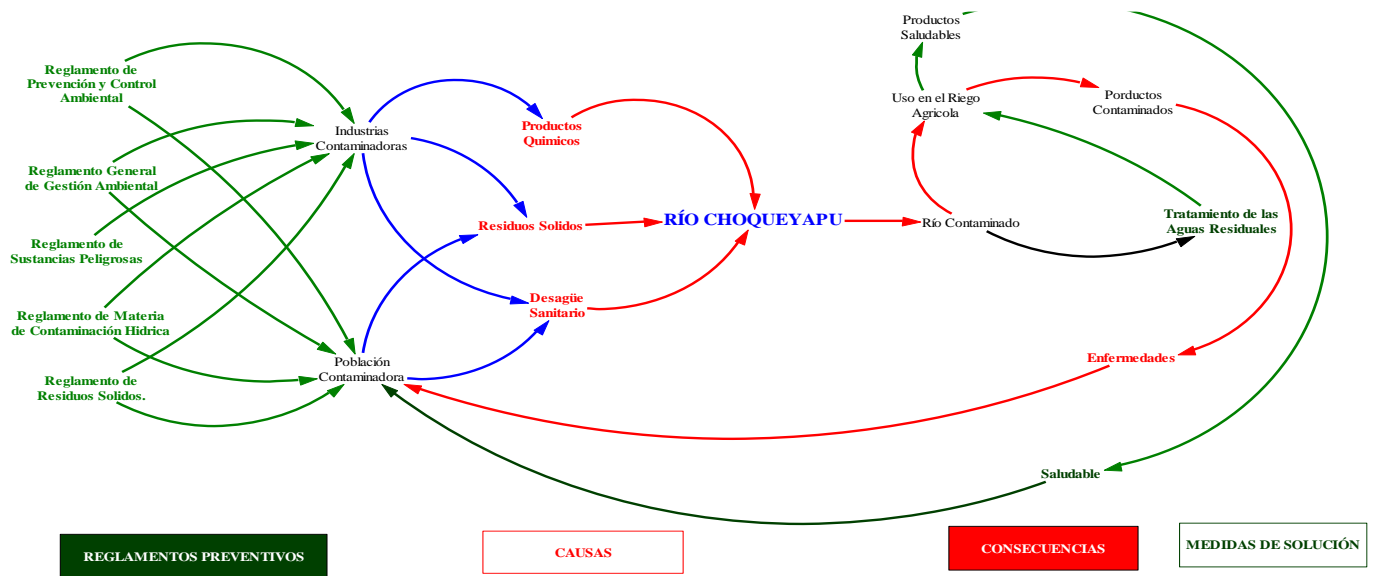
1. **Tratamiento de aguas residuales:** Separación de los contaminantes del agua. Se hace necesario cuando no es viable el reúso directo, e incluye el tratamiento preliminar: eliminación o trituración de los elementos gruesos.
2. **Tratamiento primario:** Consistente en separación de los sólidos en suspensión mediante procesos de tipo físico (como sedimentación, filtración o centrifugación), o de sedimentación de partículas tras una floculación química.
3. **Tratamiento secundario:** Eliminación de la materia orgánica por aireación y descomposición biológica de contaminantes.
4. **Tratamiento terciario:** De naturaleza física (como ósmosis inversa) o química (como cloración), agrupándose aquí también el paso a lagunas de aireación y a riego de praderas.
5. **Tratamiento de coagulación:** Proceso por el cual, neutralizando sus cargas eléctricas, se desestabilizan las partículas coloidales. Al producto que se utiliza para producir el proceso se denomina coagulante. Suelen ser sales metálicas (sulfato de alumina, policloruro de aluminio, sulfato férrico, etc).
6. **Tratamiento de floculación:** Una vez formado el flóculo es necesario que aumente su volumen, su peso o su cohesión, para poder realizar una buena decantación posterior. Para ello se añaden floculantes, también llamados ayudantes de coagulación o polielectrolitos. Estos productos debido a la disposición de sus cargas (aniónicos o catiónico) consiguen agrupar los flóculos, aumentando su tamaño y peso. Para conseguir que unos flóculos tengan contacto

con otros y puedan unirse, es necesario que la mezcla sea agitada; en este caso la agitación es lenta con el fin de no destruir los anteriormente creados.

7. **Tratamiento de decantación:** El objeto de la decantación es separar las partículas que se encuentran en el agua bruta a tratar, ya sean partículas decantables, o sólidos en suspensión a los que se les ha aplicado un proceso de coagulación y/o floculación. El decantador puede ser estático, lamelar, tipo laberinto, cilíndrico con rasquetas, etc.
 8. **Tratamiento de filtración:** La misión de los filtros es retener, en la superficie o en el seno de una masa filtrante, las partículas que contiene el agua. Ver filtración.
 9. **Tratamiento de desinfección:** Puede ser con cloro o con derivados del cloro (hipoclorito sódico, dióxido de cloro, hipoclorito cálcico), mediante ozonización, con radiación ultravioleta, etc.
 10. **Otros tratamientos:** Lagunaje, infiltración o percolación en suelo, filtros verdes, ósmosis inversa, biorreactores con membrana, etc.
- N. Sistema Hidráulico Separativo:** Sistema hidráulico que separa aguas de diferente condición, como las residuales de las pluviales o de las potables, para su distribución independiente.
- O. Reciclado de Agua de Riego:** Proceso con el que se hace pasar el agua por una misma serie de operaciones de riego más de una vez, previa la oportuna recuperación de sobrantes por medio de un sistema de recuperación.
- P. Lagunaje:** Tratamiento de aguas residuales consistente en almacenarlas con poca profundidad para provocar una depuración biológica.
- Q. Agua reciclada**
1. Agua que se hace pasar por la misma serie de operaciones de riego más de una vez, previa la oportuna recuperación de sobrantes.
 2. Agua que, tras haber sido usada, se encuentra disponible para ser usada de nuevo. Puede haber sido sometida a uno o a varios tratamientos para adecuarla al nuevo uso. También llamada agua gris.
- R. Aeración:** Introducción del aire en el agua.

- S. Fuentes no Convencionales de Agua:** Hace referencia a las aguas disponibles para su uso sin que se aumente la carga sobre los recursos primarios renovables de agua dulce. El agua puede ser:
1. Agua salobre o del mar desalinizada;
 2. Aguas residuales domésticas o industriales tratadas adecuadamente;
 3. Aguas de drenaje de usos agrícolas. Los tratamientos varían de un país a otro.
- T. Sistema de Riego:** Se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas.
1. **Procedimiento ordenado** u organizado de regar.
 2. **Conjunto organizado** de obras e instalaciones cuyo funcionamiento, ordenadamente relacionado, permite desviar el agua a campos de cultivo y dar los riegos que convienen a la producción, así como avenar el exceso que puede perjudicarla. Se compone de obras de captación de recursos hídricos disponibles (de origen superficial o de acuíferos), de regulación, transporte y distribución (acequias o tuberías y tomas), de obras e instalaciones complementarias (equipos mecánicos y electromecánicos, de bombeo y otros) y, finalmente, de los propios tablares de riego, que habrán requerido de la ejecución de las obras de explanación y corte correspondientes, así como de las redes de avenamiento.
 3. **Riego por surcos:** Riego por superficie en tierra asurcada, soltando el agua en cabeza de los surcos y dejándola escurrir sobre su superficie, para su consiguiente infiltración.
 4. **Riego por inundación**
 - a. Se adapta para siembras extensas y no propensas a enfermedades que se desarrollan por exceso de humedad.
 - b. Consiste, en llevar agua de pozos profundos o corrientes superficiales (ríos, lagos, estanques, etc.).
 - c. Requiere que los campos estén preparados con un desnivel que oscile entre 3% y 6% para que el agua corra lentamente y llegue a la parte más baja de la finca donde se recogerá por canales (drenajes) para eliminarla o volverla a usar.

VIII. DIAGRAMA CAUSAL



IX. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo comprende básicamente tres partes:

A. Identificar las Causas de la contaminación del Río Choqueyapu:

Es necesario conocer las principales causas que origina la contaminación del Río Choqueyapu, saber dónde y en qué lugares se está produciendo dichas causas. En su recorrido se han identificado las siguientes actividades

- Naciente del Río Choqueyapu Kaluyo



- Explotación de tierra vegetal en las orillas del río



- Las aguas se utilizan para la explotación y lavado de áridos, trabajo que realizan los comunarios del lugar.



- En las orillas del río se puede observar gran cantidad de escombros, producto de las construcciones que se vienen desarrollando en diferentes zonas de La Paz.



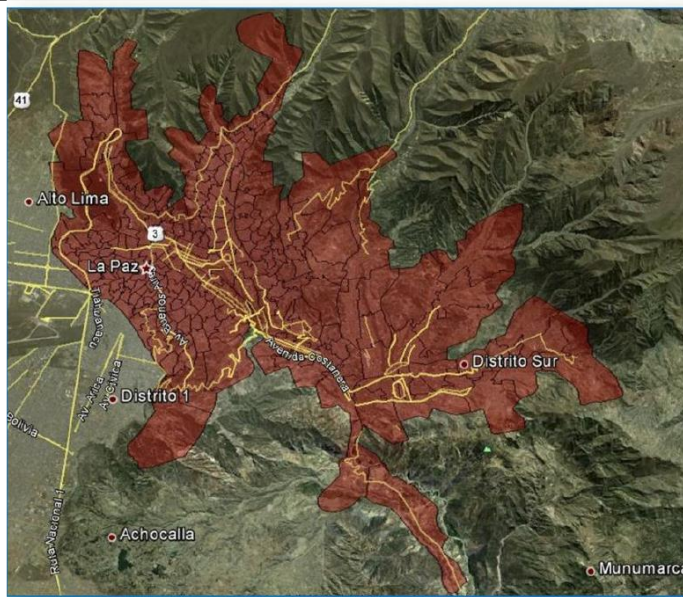
- Colector de aguas servidas, aguas industriales y de otros orígenes



- Entre la zona de Aranjuez y el Puente Lipari en varios sectores existen campos de cultivo, que son regadas con aguas del Río Choqueyapu, los cultivos son flores, hortalizas y como frutas.



1. **Elementos químicos:** Lo originan las industrias que se encuentran en cercanías del río, por el uso de productos químicos para elaborar sus productos.
2. **Residuos sólidos:** Todo tipo de desecho sólido producido por las industrias y pobladores, que generan grandes cantidades de residuos orgánicos e inorgánicos. Entre los que podemos mencionar papel, cartón, plásticos, vidrio, metales, restos de muebles o electrodomésticos o las materias fecales ricas en bacterias. Asimismo se considera la superficie proyectada al 2036 de la ciudad de La Paz.



3. **Desagüe sanitario:** Se refiere a la evacuación de aguas residuales provenientes a lo largo del Río Choqueyapu, como producto de prácticas inadecuadas de la población en general (población contaminadora) y de las deficiencias operativas del servicio de desagüe en los diferentes sectores de la ciudad.

B. Identificar las Consecuencias de la contaminación del Río Choqueyapu

Es necesario conocer cuáles son las principales consecuencias que origina la contaminación del Río Choqueyapu.

1. **Enfermedades:**

La contaminación hídrica es una de las principales fuentes de enfermedades gastrointestinales, causadas por bacterias, virus y protozoarios patógenos que se dispersan a través de la ruta fecal-oral y que potencialmente pueden ser transmitidos por el agua de consumo, utilizada para diversas actividades en el hogar. Entre las enfermedades tenemos cólera, hepatitis y disentería.

Riego en la Agricultura, En estas zonas de cultivo se caracterizan por el amplio uso de aguas contaminadas, es el caso de las comunidades de Río Abajo de La Paz (Lipari, Valencia, Mecapaca, Huayuasi, Avircato, Palomar, Millucato, Huricana Alto, Huricana Bajo, Tahuapalca, Tirata y Chaja) que por el crecimiento demográfico y las necesidades de agua, motivaron a los agricultores de manera constante el uso de las aguas contaminadas del río Choqueyapu y sus tributarios principales (Orkojahuira, Irpavi, Achumani y

Huayñajahuiria), estos ríos se caracterizan por ser los recolectores de aguas de uso público, doméstico e industrial, también son el drenaje natural de las aguas pluviales, además se convirtieron en un medio de evacuación de los desechos sólidos urbanos.

2. Contaminación del suelo:

Desequilibrio físico, químico y biológico causado por el arrojado de residuos domésticos, uso indiscriminado de químicos y aguas residuales, que afectan negativamente a las plantas, a los animales y a los seres vivos.

3. Productos contaminados:

entre los principales productos agrícolas contaminados tenemos a las hortalizas, la cuales son regadas por el agua del río.

Número y porcentaje de hortalizas contaminadas con parásitos y comensales, comercializadas en los mercados públicos de la ciudad de La Paz.

Hortalizas	Negativo		Parásitos y comensales		Parásitos		Total N
	N	%	N	%	N	%	
Lechuga	15	9,6	141	90,4	64	41	156
Perejil	6	12,8	41	87,2	19	40,4	47
Tomate	17	39,5	26	60,5	7	16,3	43
Apio	6	14,3	36	85,7	19	45,2	42
Espinaca	4	14,3	24	85,7	10	35,7	28
Zanahoria	9	32,1	19	67,9	7	25	28
Quilquiña	0	0	27	100	7	27,9	27
Locoto	8	34,8	15	65,2	1	4,3	23
Rábano	3	13,6	19	86,4	10	45,4	22
Cebolla verde	0	0	18	100	13	72,2	18
Acelga	0	0	15	100	8	53,3	15
Pimentón	3	23	10	77	1	7,7	13
Repollo	5	55	4	45	2	22,2	9
Berro	0	0	6	100	3	50	6

C. Medidas de Solución al Problema.

Planteamos algunas medidas como vamos a solucionar este problema.

1. El tratamiento de las Aguas Residuales:

Es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es fundamental disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente para el desarrollo y la supervivencia del ser humano.

Sin embargo, aun cuando la prioridad es evidente, hasta el momento la ciudad de La Paz no dispone de una planta de tratamiento de aguas residuales, situación que tiene consecuencias adversas no

sólo para el medio ambiente, sino también para la salud de las personas. Se trata de una problemática que compromete el concurso y coordinación del gobierno central con los gobiernos departamentales y municipales; además de la ciudadanía, que también está llamada a tomar acciones y participar activamente en la solución.

La primera constatación es que la ciudadanía en general desconoce la importancia y utilidad de estas plantas, e ignora cómo se relacionan en el día a día con sus vidas.

La segunda, es que no tratar las aguas residuales conlleva serios problemas para la salud humana y un franco deterioro para el medio ambiente.

La tercera, es que las soluciones pasan por la necesaria coordinación entre diversos actores gubernamentales, comunitarios y del sector privado.

Esta situación hace que las soluciones no sean tan sencillas e inmediatas como se espera y requiere.

2. **Multas:** las multas o sanciones deben ser aplicadas para quienes alteren el medio ambiente. El delito ambiental es un delito social, pues afecta las bases de la existencia social económica, atenta contra las materias y recursos indispensables para las actividades productivas y culturales, pone en peligro las formas de vida autóctonas en cuanto implica destrucción, como son enunciadas en Ley 133.

3. **Reglamentos preventivos**

Para cumplir estos reglamentos es necesario concientizar y desarrollar campañas para que tengan conocimientos de estos reglamentos por medio de charlas y avisos que ayuden a concientizar a los directivos de las empresas y población en general.

X. **IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES**

A. **Variables de Nivel:**

1. Río contaminado

B. **Variables de Flujo:**

1. Residuos Sólidos (Entrada)

2. Desagüe sanitario (Entrada)
3. Elementos químicos (Entrada)
4. Tratamiento de las aguas residuales (Salida)

C. Variables auxiliares:

1. Población contaminadora
2. Industrias contaminadoras
3. Productos contaminados
4. Enfermedades
5. Contaminación del suelo
6. Saludable

D. Variables constantes:

1. Cumplimiento de los Reglamentos
2. Multas

XI. CONCLUSIONES

Para conocer la calidad del agua que vienen escurriendo en el Río Choqueyapu se desarrolló el diagrama causal lo que nos permite identificar y conocer las causas y consecuencias y dar una alternativa de solución, teniendo en cuenta las causas y efectos de cada variable que participa dentro de nuestro modelo.

BIBLIOGRAFÍA

- **Hidalgo Granados**, Métodos Modernos de Riego por Superficie Editorial Aguilar 1a. Ed. 1971
- **Tania Delgadillo Rivera** Tratar las Aguas Residuales Para Cuidar el Medio Ambiente y la Salud - Bolivia Verde.
- **Coaguila JF.** Evaluación de la contaminación y producción de hortalizas irrigadas con aguas residuales en el Valle de Río Abajo La Paz. [Tesis de Licenciatura]. Cbba- Bolivia: Universidad Mayor de San Simón; 1993.
- **Gobierno Municipal de La Paz.** Oficialía Mayor Técnica. Dirección de Calidad Ambiental Memoria.Manejo de aguas residuales en la Cuenca del río Choqueyapu. Foro Debate. La Paz-Bolivia; 2000.
- **Víctor Enrique Mendoza Astopilco**, Estudio de la Contaminación del Rio San Lucas
- **Bolivia Verde**

Páginas Web

- <http://definicion.de/agricultura/>
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations, AQUASTAT Web Site**

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



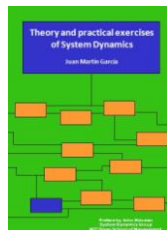
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)