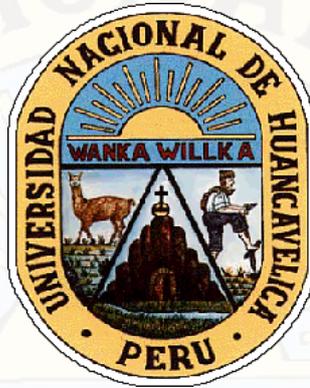


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

TESIS

**MODELO DE SIMULACIÓN BAJO LA DINÁMICA DE SISTEMAS
PARA DETERMINAR LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA
CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO -TAYACAJA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
SISTÉMICA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE SISTEMAS**

PRESENTADO POR:

Bach. FLORES AYALA JOSE CARLOS
Bach. TRUCIOS QUISPE YHON RICARDO

HUANCAMELICA - 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas, a los **26** días del mes de **Junio** del año 2018, a horas **12:00** se reunieron el Jurado Calificador conformado de la siguiente manera:

Presidente : Dr. John Fredy ROJAS BUJAICO
Secretario : Mg. Ing. Carlos Alcides ALMIDÓN ORTIZ
Vocal : Dr. Fernando Viterbo SINCHE CRISPÍN

Ratificados con Resolución N° **203-2018-FIES-UNH** del proyecto de investigación (Tesis) Titulado: **“MODELO DE SIMULACIÓN BAJO LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA DETERMINAR LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO”**.

Cuyos autores son los graduados:

BACHILLERES: **Yhon Ricardo TRUCIOS QUISPE**
José Carlos FLORES AYALA

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO POR MAYORÍA-----

DESAPROBADO

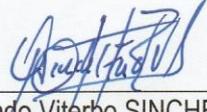
En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



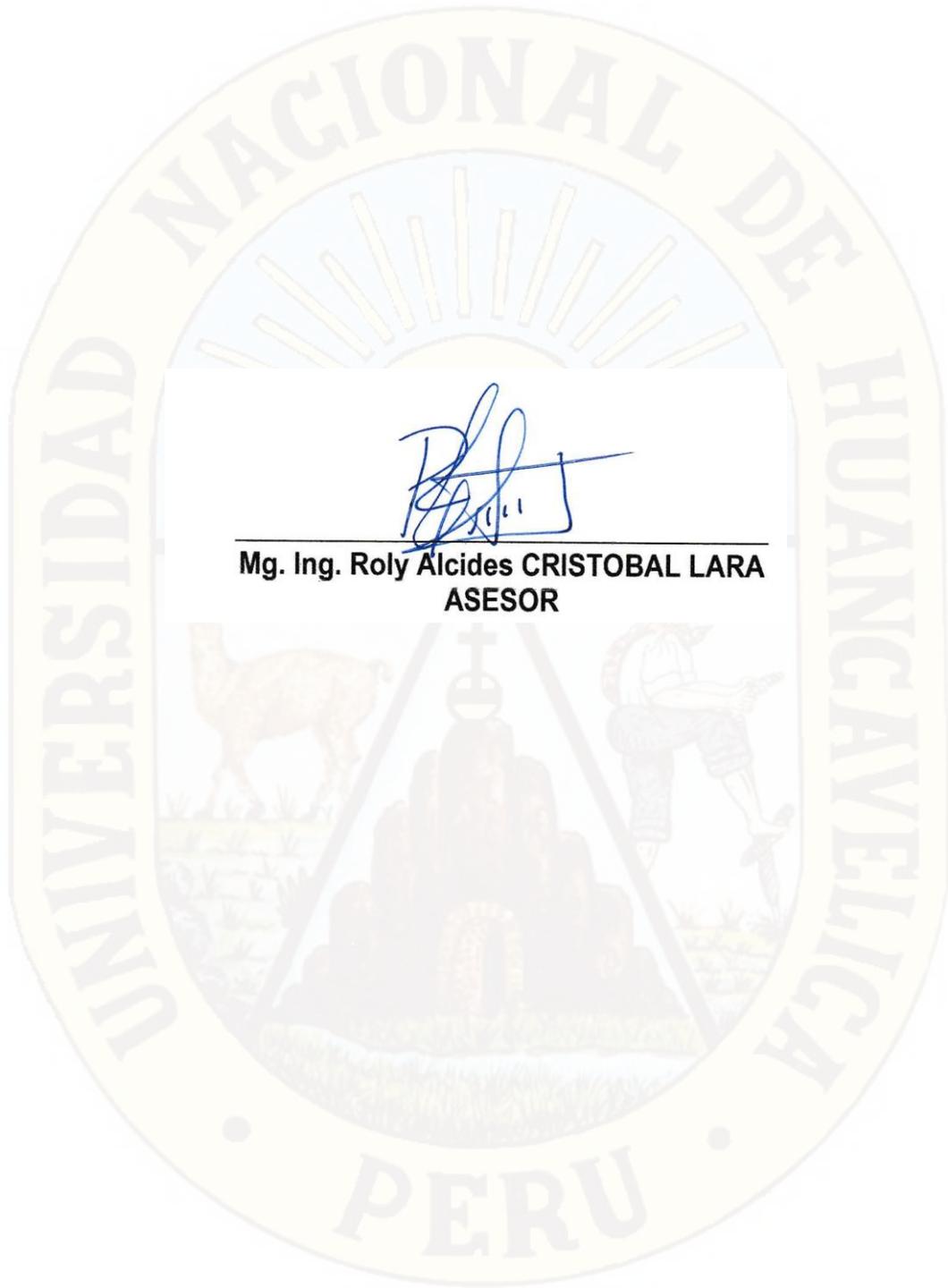
Dr. John Fredy ROJAS BUJAICO
PRESIDENTE



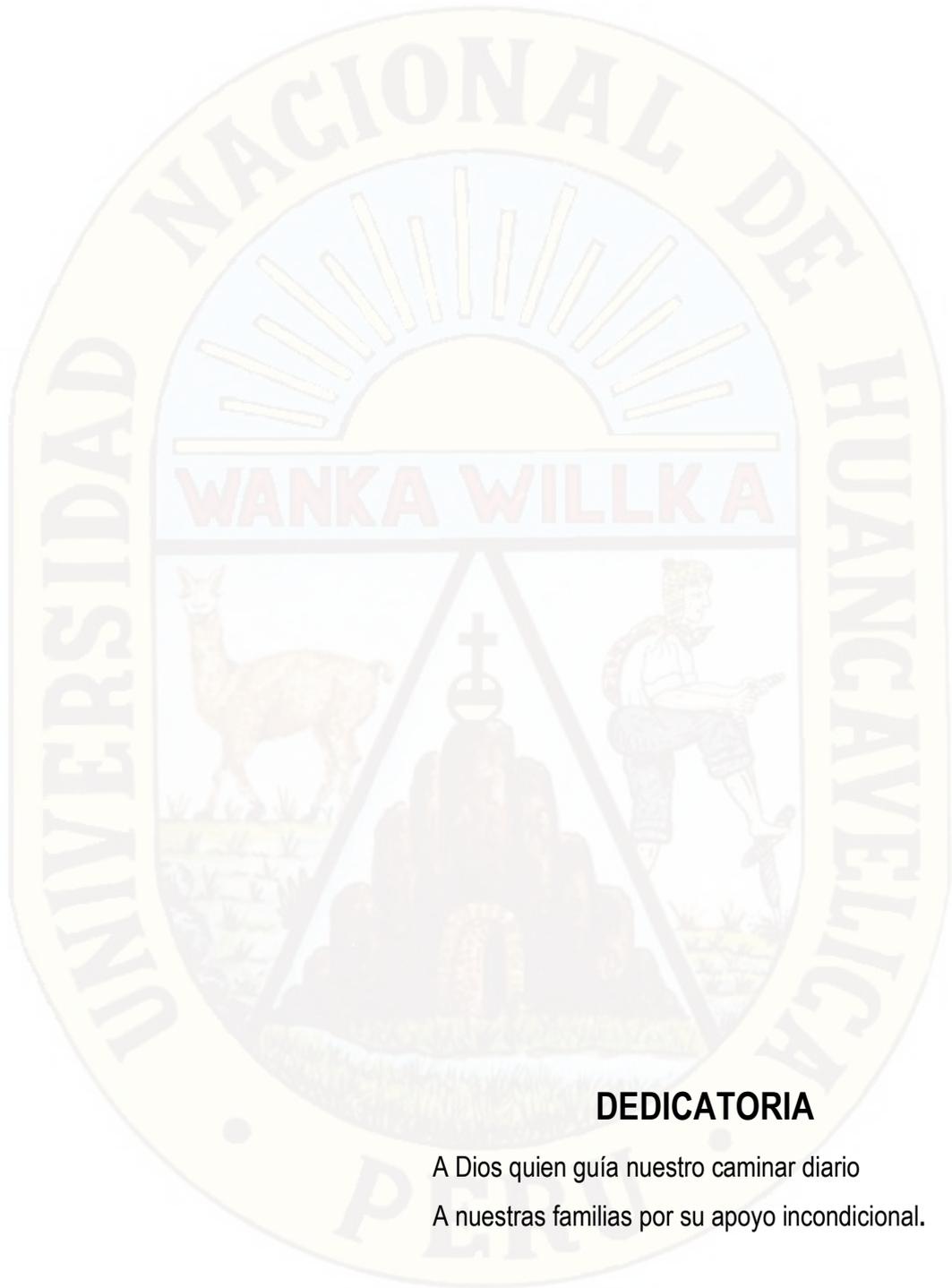
Mg. Ing. Carlos Alcides ALMIDÓN ORTIZ
SECRETARIO



Dr. Fernando Viterbo SINCHE CRISPÍN
VOCAL



Mg. Ing. Roly Alcides CRISTOBAL LARA
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios quien guía nuestro caminar diario

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

RESUMEN

En la presente tesis titulada “Modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas para determinar los factores que intervienen en la contaminación del Río Opamayo” tuvo como problema de investigación, ¿Cuáles son los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo? y el objetivo general fue; Diseñar un modelo de simulación y determinar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo; así también se planteó la hipótesis descriptiva: Mediante la elaboración de un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas se puede evaluar la contaminación del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en la provincia de Tayacaja pudiéndose determinar los factores de contaminación y plantear una propuesta de conservación del Río Opamayo. El tipo de estudio de la presente investigación es sistémica, se estudió la problemática mediante la metodología de la dinámica de sistemas, donde se tomó como sistema de referencia a los elementos que interactúan y producen el comportamiento de la situación. La Metodología de la dinámica de sistemas suministra un lenguaje que nos permite expresar la estructura compleja del comportamiento del sistema en estudio presentado a través del modelo propuesto, como alternativa de solución producto de un análisis sistémico. También es del tipo descriptivo, de nivel descriptivo. El diseño de investigación fue el proceso de modelado a través de la Dinámica de sistemas) con manipulación de la variable de estudio. Se llegaron a las siguientes conclusiones: Los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo son: El arrojado de basura al río por parte de la población, los desechos orgánicos y los inorgánicos. La generación de aguas negras por parte de la población aledaña al río Opamayo que contiene heces, orina, residuos de lavandería, etc. La contaminación producida por la agricultura y ganadería y el agua doméstica contaminada. Es de suma importancia que la población de la provincia de Tayacaja asuma un rol protagonista en la conservación de río Opamayo ya que de lo contrario la recuperación de esta fuente hídrica será difícil de recuperarla, debido a que estaría contaminada por bacterias, basura, convirtiéndose en un foco infeccioso perjudicial para la población aledaña de los distritos de Acraquia, Ahuaycha, Pampas y Daniel Hernández; ello se comprueba en el análisis de sensibilidad realizado a cada uno de los componentes del modelo en los escenarios (actual, aceptable y no aceptable). El modelo está formado por cuatro componentes (Población, basura, Coliformes y Flora) que se

integran de manera sistémica, con el fin de contrarrestar la contaminación del Río Opamayo. El modelo tiene características sistémicas que lo hacen aceptable para su posible replica en otro escenario. La deficiente percepción de conservación del medio ambiente por parte de la población, autoridades de la provincia de Tayacaja influyen indirectamente en la contaminación del Río Opamayo. Para disminuir la contaminación al río Opamayo con aguas hervidas, las autoridades ediles deben implementar un pozo de tratamiento de aguas hervidas y de esa manera garantizar la conservación de la flora del río Opamayo.

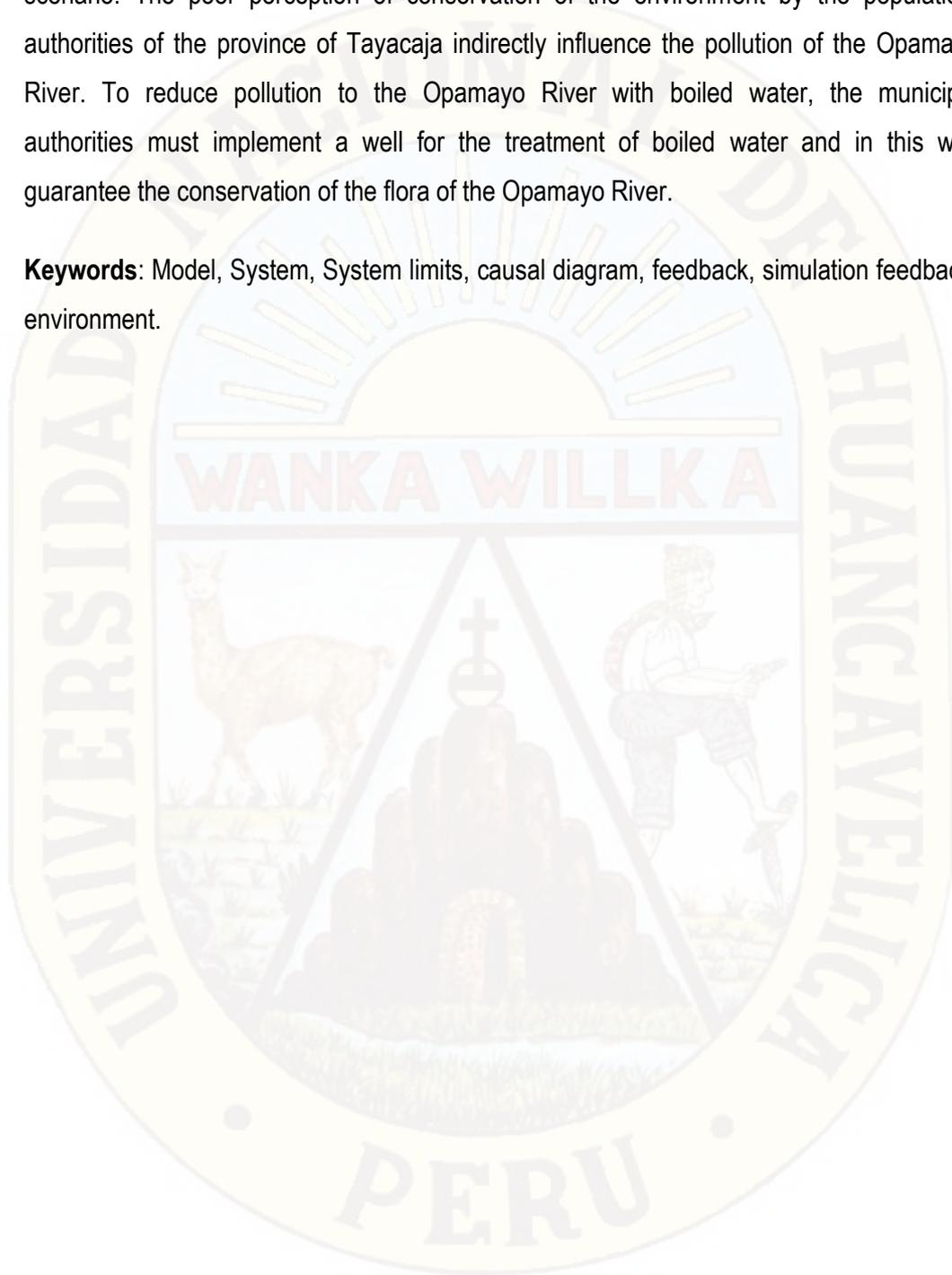
Palabras claves: Modelo, Sistema, Límites del sistema, Diagrama causal, Retroalimentación, Retroalimentación Simulación, Ambiente.

ABSTRACT

In this thesis entitled "Simulation model under the dynamics of systems to determine the factors involved in pollution of the Opamayo River " had as a research problem, What are the factors involved in the pollution of the Opamayo River water? and the general objective was; Design a simulation model and determine the factors that intervene in the water contamination of the Opamayo river; The descriptive hypothesis was also raised: By means of the elaboration of a simulation model under the dynamics of systems, the pollution of the Opamayo River and its impact on the environment in the province of Tayacaja can be evaluated, being able to determine the pollution factors and propose a conservation proposal of the Opamayo River. The type of study of this research is systemic, the problem was studied through the methodology of systems dynamics, where the elements that interact and produce the behavior of the situation were taken as reference system. The Systems Dynamics Methodology provides a language that allows us to express the complex structure of the behavior of the system under study presented through the proposed model, as an alternative solution resulting from a systemic analysis. It is also descriptive, descriptive level. The research design was the process of modeling through the Dynamics of systems) with manipulation of the study variable. The following conclusions were reached: The factors that intervene in the contamination of the Opamayo River are: The dumping of garbage into the river by the population, organic waste and inorganic waste. The generation of sewage by the population surrounding the Opamayo River that contains feces, urine, laundry waste, etc. Pollution produced by agriculture and livestock and contaminated domestic water. It is of the utmost importance that the population of Tayacaja province assume a leading role in the conservation of the Opamayo river, since otherwise the recovery of this water source will be difficult to recover, because it would be contaminated by bacteria, garbage, becoming an infectious focus that is detrimental to the surrounding population of the districts of Accraquia, Ahuaycha, Pampas and Daniel Hernández; This is verified in the sensitivity analysis performed on each of the components of the model in the scenarios (current, acceptable and not acceptable). The model consists of four components (Population, Garbage, Coliforms and Flora) that are integrated systemically, in order to counteract pollution of the Opamayo River. The model has systemic characteristics that make it acceptable for its possible replication in another

scenario. The poor perception of conservation of the environment by the population, authorities of the province of Tayacaja indirectly influence the pollution of the Opamayo River. To reduce pollution to the Opamayo River with boiled water, the municipal authorities must implement a well for the treatment of boiled water and in this way guarantee the conservation of the flora of the Opamayo River.

Keywords: Model, System, System limits, causal diagram, feedback, simulation feedback, environment.

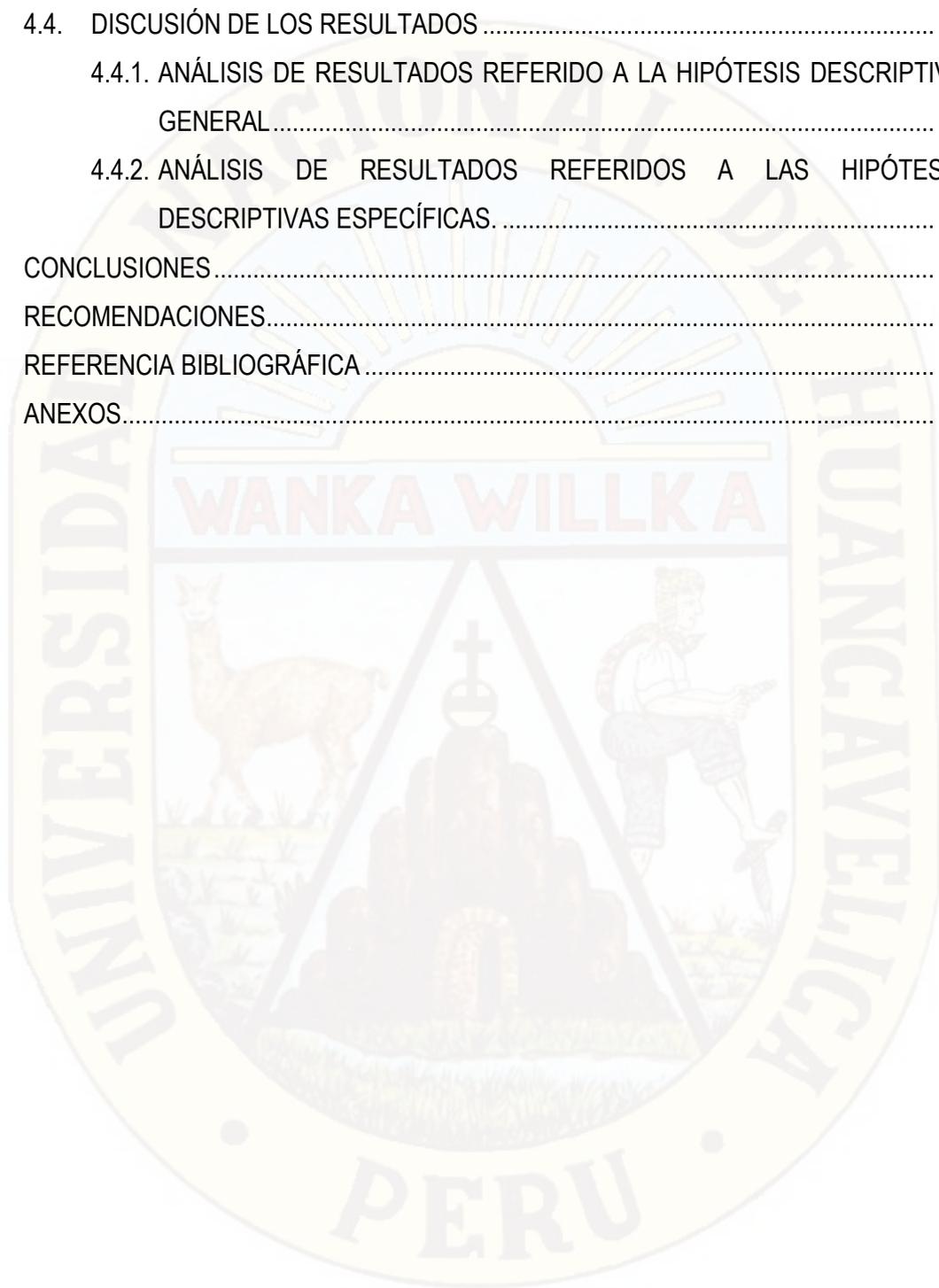


ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| DEDICATORIA..... | iv |
| RESUMEN..... | v |
| ABSTRACT..... | vii |
| ÍNDICE..... | ix |
| ÍNDICE TABLAS..... | xii |
| ÍNDICE FIGURAS..... | xiii |
| INTRODUCCIÓN..... | xiii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO..... | 3 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 6 |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL..... | 6 |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS..... | 6 |
| 1.3. OBJETIVO..... | 6 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 6 |
| 1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 7 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... | 7 |
| 1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA..... | 7 |
| 1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA..... | 7 |
| 1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA..... | 7 |
| CAPÍTULO II..... | 8 |
| MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 2.1. ANTECEDENTES..... | 8 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 10 |
| 2.2.1. EL PENSAMIENTO DE SISTEMAS..... | 10 |
| 2.2.2. DINÁMICA DE SISTEMAS..... | 11 |
| 2.2.3. LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE..... | 17 |
| 2.2.4. EL AMBIENTE..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 2.2.5. PRESENCIA DEL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS EN EL MUNDO | 25 |
| 2.3. HIPÓTESIS | 27 |
| 2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL | 27 |
| 2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA..... | 27 |
| 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS..... | 27 |
| 2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES..... | 29 |
| 2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES | 30 |
| CAPÍTULO III..... | 31 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 31 |
| 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO..... | 31 |
| 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 31 |
| 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN | 31 |
| 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... | 32 |
| 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 32 |
| 3.6. POBLACIÓN, MUESTRA..... | 32 |
| 2.6.1. MUESTRA | 32 |
| 3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 33 |
| 3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 33 |
| 3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 34 |
| CAPÍTULO IV | 36 |
| RESULTADOS | 36 |
| 4.1. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL MODELO..... | 36 |
| 4.1.1. ANÁLISIS DEL COMPONENTE POBLACIÓN..... | 36 |
| 4.1.2. ANÁLISIS DEL COMPONENTE COLIFORMES..... | 37 |
| 4.1.3. ANÁLISIS DEL COMPONENTE BASURA..... | 39 |
| 4.1.4. ANÁLISIS DEL COMPONENTE FLORA..... | 42 |
| 4.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO.... | 44 |
| 4.3. PROPUESTA DE MEJORA FRENTE A LOS FACTORES DE CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO - ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN..... | 46 |
| 4.3.1. ACCIONES CONJUNTAS DE SENSIBILIZACIÓN..... | 49 |

| | |
|---|----|
| 4.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 50 |
| 4.4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS REFERIDO A LA HIPÓTESIS DESCRIPTIVA GENERAL | 51 |
| 4.4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS REFERIDOS A LAS HIPÓTESIS DESCRIPTIVAS ESPECÍFICAS | 51 |
| CONCLUSIONES | 53 |
| RECOMENDACIONES | 54 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 55 |
| ANEXOS | 56 |



ÍNDICE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1: Resultados de Análisis Físico-Químico | 3 |
| Tabla 1.2: Resultados de Análisis Bacteriológico | 3 |
| Tabla 1.3: Resultados de Análisis Bacteriológico (Continuación)..... | 6 |
| Tabla 2.1: Definición operativa de la primera variable y sus indicadores | 30 |
| Tabla 2.2: Definición operativa de la segunda variable y sus indicadores..... | 30 |
| Tabla 3.1: Datos para determinar la muestra | 33 |
| Tabla 4.1: Propuestas de mejora del primer factor..... | 46 |
| Tabla 4.2: Propuestas de mejora del segundo factor | 47 |
| Tabla 4.3: Propuestas de mejora del tercer factor..... | 48 |
| Tabla 4.4: Propuestas de mejora del cuarto factor | 48 |
| Tabla 4.5: Acciones Conjuntas de Sensibilización | 49 |

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Evidencias de la contaminación del Río Opamayo | 2 |
| Figura 1.2: Resultados de Análisis Bacteriológico | 5 |
| Figura 1.3: Resultados de Análisis Bacteriológico | 6 |
| Figura 2.1: Cuadro de proceso de modelado mediante la dinámica de sistemas. | 14 |
| Figura 2.2: Ejemplo de diagrama de influencias | 15 |
| Figura 2.3: Ejemplo de representación de diagrama de forrester con software Vensim . | 16 |
| Figura 2.4: Ejemplo de representación de modelo de simulación con software Vensim . | 16 |
| Figura 2.5: Contaminación de los ríos..... | 17 |
| Figura 3.1: Fórmula para determinar el tamaño de muestra | 33 |
| Figura 4.1: Comportamiento del crecimiento poblacional..... | 36 |
| Figura 4.2: Comportamientos de los coliformes | 37 |
| Figura 4.3: Comportamiento de coliformes en un escenario aceptable..... | 37 |
| Figura 4.4: Comportamiento de coliformes en un escenario NO aceptable | 38 |
| Figura 4.5: Comportamiento de componente basura en un escenario actual | 39 |
| Figura 4.6: Comportamiento de componente basura en un escenario aceptable | 40 |
| Figura 4.7: Comportamiento de componente basura en un escenario no aceptable | 41 |
| Figura 4.8: Comportamiento de componente flora en un escenario actual | 42 |
| Figura 4.9: Comportamiento de componente flora en un escenario aceptable | 43 |
| Figura 4.10: Comportamiento de componente flora en un escenario NO aceptable | 43 |
| Figura 4.11: Evidencia de contaminación del río Opamayo | 44 |
| Figura 4.12: Comportamiento de componente basura | 44 |
| Figura 4.13: Comportamiento de la generación de aguas negras..... | 45 |
| Figura 4.14: Generación de desechos orgánicos e inorgánicos..... | 46 |
| Figura 4.15: Grafica de la propuesta del factor 2. | 47 |

INTRODUCCIÓN

El presente estudio titulado “Modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas para determinar los factores que intervienen en la contaminación del Río Opamayo” responde a la necesidad de identificar cuáles son esos factores que contaminan el Río Opamayo, y como conservar este recurso hídrico bajo la metodología de la dinámica de sistemas para ello en el presente estudio se presenta una propuesta plasmado en acciones. El modelo de simulación propuesto consta de cuatro componentes; la población, la Basura, la Flora y los Coliformes. Para presentar el desarrollo del presente estudio se dividió en cuatro capítulos: El capítulo I, trata sobre el problema, en el cual se detalla el planteamiento del problema, la formulación del problema, el planteamiento de los objetivos general y específicos, la justificación. El capítulo II, trata sobre el marco teórico, en este capítulo presentamos los antecedentes del estudio, las bases teóricas, la hipótesis y las variables de estudio. El capítulo III, se refiere a la Metodología de la investigación, en este capítulo presentamos el ámbito de estudio, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el método de investigación, el diseño de investigación, la población, muestra, las técnicas y procedimientos de recolección de datos y el procesamiento de datos correspondiente y en el capítulo IV se presenta los resultados. Finalmente, se declaran las Conclusiones y Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y los Anexos en donde se presenta el modelado del proceso de modelado mediante la Dinámica de Sistema.

Los Autores

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas sociales más resaltantes en nuestro hermoso Valle del Rio Opamayo- distrito de Pampas es el impacto de la contaminación del Rio Opamayo, debido a esto se genera la baja producción en el sector ganadero, agrícola y además la proliferación de enfermedades en los animales, porque ellos consumen el agua del Rio Opamayo, frente a todos estos problemas del impacto de la contaminación del Rio Opamayo, el presente trabajo de investigación está orientado a identificar **“los factores que intervienen en la contaminación del rio Opamayo y su impacto en el medio ambiente en el distrito de Pampas, de la Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica”**.

Los cuatro Distritos del Valle del Rio Opamayo donde reside la mayoría de la población, vivienda, zonas comerciales, Instituciones Educativas, y gubernamentales. Generan excesiva aguas servidas **“desagüe”** debido a la carencia de un plan de tratamiento de aguas servidas dentro del Valle del Rio Opamayo, hablamos de la propia capital de los Distritos, centros poblados, anexos comunidades campesina y caseríos de Pillo, Viñas, Santa María, La Colpa y otro sin mencionar, presentan cierto grado de dificultad en las instalaciones de canales de tuberías de desagües, además cabe mencionar que los Distritos de Ahuaycha y Acraquia aún no cuentan con el servicio de desagüe en toda la población por lo cual un gran número de familias aún usan como alternativa las famosas **“letrinas o Asilos”** estas son instaladas cerca de canales de aguas para ser desembocados y estos canales de agua desembocan en el Rio Opamayo.



Figura 1.1: Evidencias de la contaminación del Río Opamayo
Fuente: Elaboración Propia

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar el agua del río Opamayo nos dimos cuenta que la contaminación es de gran escala hasta llegar al punto de que sea peligroso para la salud humana, y dañinas para la vida.

La degradación de este río Opamayo viene desde la antigüedad, hay niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema del río Opamayo. Con contaminación por los seres vivos como los seres humanos, flora y fauna, al punto que en la actualidad ya no existe fauna en el río Opamayo (No hay peces, ranas, u otro animal comestible), cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Fue dada más por el crecimiento de la población y el desarrollo económico del distrito de pampas.

Teniendo en consideración el planteamiento se procede a formular el problema de investigación

1.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO

A. CUERPO RECEPTOR

Las aguas del Río de los distritos de Pampas y Daniel Hernández son utilizadas para el regadío de sembríos. Por lo tanto de acuerdo al uso que se le viene dando, el sistema de tratamiento de aguas servidas deberá cumplir con la Ley General de Aguas Clase III y IV, que corresponde a aguas para riego de vegetales y bebida de animales.

Para fines de estudio del presente documento, el Ing. Fredy Mayhua Matamoros solicito los análisis físicos químicos y bacteriológicos al Laboratorio 20 de la Facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería (laboratorio particular), a 3 muestras puntuales del Cuerpo Receptor, cuyos resultados son los siguientes.

Tabla 1.1: Resultados de Análisis Físico-Químico

| PARÁMETRO | UNIDAD | M1 | M2 | M3 | MÉTODO |
|-----------------------|--------|--------|--------|---------|----------------------------------|
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,35 | 0,21 | 0,1 | Gravimétricos |
| DQO | mg/L | 368 | 300 | 94 0 | Reflujo Cerrado Colorimétrico |
| DBO | mg/L | 174,30 | 143,40 | 415,38 | Winkler |
| pH | mg/L | 7,0 | 6,8 | 7,1 | Electrodo |
| Sólidos totales | mg/L | 359 | 868 | 56 | Gravimétricos |
| Sólidos sedimentables | mg/L | 1,5 | 0,5 | 4 | Imhoff |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 0,44 | 0,18 | 0,1 | Ionometrico |

Fuente: Municipalidad Provincial de Tayacaja. Estudio a nivel de expediente técnico.
Área de gestión ambiental

Tabla 1.2: Resultados de Análisis Bacteriológico

| PARÁMETRO | UNIDAD | M1 | M2 | M3 | MÉTODO |
|--------------------|------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 15×10^7 | 20×10^4 | 20×10^7 | Tubos múltiples |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 20×10^7 | 11×10^5 | 50×10^7 | Tubos múltiples |

Fuente: Municipalidad Provincial de Tayacaja. Estudio a nivel de expediente técnico.
Área de gestión ambiental

M1: Desagüe - Buzón de reunión - Pampas

M2: Agua de rio Opamayo - Pampas antes de las descargas

M3: Agua de rio Descarga Daniel Hernández

B. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el río Opamayo, en los valores de DBO y coliformes fecales y totales se encuentran alto y respecto a la OD, se encuentra debajo de los límites máximos permisibles respectivamente, lo cual nos hace saber sobre el nivel de tratamiento que deberá darse a las aguas residuales antes de ser vertidas al río Opamayo. Al respecto, se concluye que de acuerdo al USO del río Opamayo, a fin de no contaminar más el río, se deberá tratar y descargar aguas residuales con un nivel de tratamiento con valores iguales a lo definido en la Ley General de Aguas Clase II.

C. DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.

Para el presente estudio se realizó la respectiva caracterización de las aguas residuales de Pampas y Daniel Hernández, los cuales son descargados en la planta de tratamiento de aguas servidas, formada por cuatro lagunas, que sirve para Pampas y en un 70% para Daniel Hernández; siendo sus dimensiones: 105.0 m de largo y 34.50 m de ancho y una profundidad de 1.00 m haciendo un volumen de 3622.50 m³ de capacidad cada una de ellas.

Dado por el descuido y falta de mantenimiento de estas lagunas, la capacidad de remoción de patógenos ha disminuido notablemente la capacidad de remoción de bacterias, convirtiéndose en la actualidad en un peligro para la población pampina, ya que existen viviendas cercanas. Un 30% de la Población no cuenta aún con una planta de tratamiento de desagüe a futuro.

Las muestras de aguas residuales han sido tomadas por el Consultor y han sido conducidas al laboratorio N° 20 de la Facultad de Ingeniería Ambiental para sus respectivos análisis y los resultados e interpretación fueron los siguientes:

D. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que los

resultados de los ensayos efectuados a la muestras compuestas de aguas residuales Tabla N° 01, arrojan resultados muy cercanos a los valores estipulados en la Norma S.090 del reglamento nacional de edificaciones. Respecto a la muestra, se puede definir que esta agua contiene un valor de DBO bastante elevado, lo cual podría deberse a que este se encuentra en un proceso anaerobio por los olores que emanan.

E. ANÁLISIS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Con estos resultados de calidad de aguas residuales se ha trabajado una hoja de cálculo para determinar el nivel de tratamiento que requieren las aguas residuales y se obtuvo los siguientes resultados:

| Oxígeno disuelto de saturación | |
|---|-------------------|
| PARÁMETRO | |
| Datos de entrada | |
| Temperatura mes más caliente | 15 °C |
| Elevación | 3250 msnm |
| Cálculos | |
| Cs a la temperatura T | 10.03 mg/L |
| Presión de vapor a la temperatura T | 12.77 mmHg |
| Presión atmosférica | 506.40 mmHg |
| Factor de corrección por elevación | 0.66 adimensional |
| Cs a las condiciones de campo | 6.63 mg/L |
| Coefficiente de asimilación | |
| Profundidad | 1 m |
| Valores de la constante de asimilación | |
| Profundidad entre: 0.3 a 0.6 m | 9.5 |
| Profundidad entre: 0.6 a 1.5 m | 3.5 |
| Profundidad entre: 1.5 a 3.0 m | 1.5 |
| Profundidad entre: 3.0 a 6.0 m | 0.65 |
| Profundidad entre: 6.0 a 9.0 m | 0.35 |
| Profundidad mayor a 9 m | 0.2 |
| Valor del coeficiente de asimilación | 3.5 |
| Valor corregido por temperatura | 3.91 |
| Lo | 237.36 mg/L |
| Dc | 6.31 mg/L |

Figura 1.2: Resultados de Análisis Bacteriológico

Fuente: Municipalidad Provincial de Tayacaja. Estudio a nivel de expediente técnico. Área de gestión ambiental

Tabla 1.3: Resultados de Análisis Bacteriológico (Continuación)

| Ley General de Aguas (Perú) | Tipo | | | | | |
|--------------------------------|------|------|-----|-----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| DBO | 5 | 5 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| Oxígeno disuelto | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| Coliformes fecales | 0 | 4000 | 100 | 100 | 20 | 400 |

Fuente: Municipalidad Provincial de Tayacaja. Estudio a nivel de expediente técnico.
Área de gestión ambiental

| PARAMETRO | RIO | DESCARGA |
|--|------------|------------|
| Datos de ingreso | | |
| Caudal (L/s) | 150 | 22.17 |
| DBO5 (mg/L)(*) | | 295 |
| Coliformes fecales (NMP/100m L) | | 3.50E + 08 |
| Temperatura del río mes más caliente (°C) | 15 | |
| Profundidad media del río en estiaje (m) | 1 | |
| Elevación del tramo de río en estudio (msnm) | 3250 | |
| Uso del río (de acuerdo a Ley de Aguas) | 3 | |
| Valores aguas arriba de la descarga | | |
| DBO5 (mg/L) (Fuente Laboratorio UNI) | 143 | |
| Coliformes fecales (NMP/100m L) (Fuente Laboratorio UNI) | 1.10E + 05 | |
| OD (mg/L) | 0.18 | |

Figura 1.3: Resultados de Análisis Bacteriológico

Fuente: Municipalidad Provincial de Tayacaja. Estudio a nivel de expediente técnico. Área de gestión ambiental

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el instrumento que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo?
- ¿Cuáles son las características de los componentes del instrumento de simulación?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de simulación y determinar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar el instrumento que permita identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo
- Determinar las características de los componentes del modelo de simulación.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El proyecto de investigación **MODELO DE SIMULACIÓN BAJO LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA DETERMINAR LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO**, fortalece el aprendizaje permanente en ambientes ambientales y social favorable, que permitan contribuir hacia el desarrollo personal, social y conservación de los recursos hídricos en la Provincia de Tayacaja.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El desarrollo del proyecto de investigación, permite establecer una propuesta para conservar el Río Opamayo.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El proyecto de investigación, permitirá analizar y diseñar un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas y medir su contribución en el desarrollo social y ambiental de la provincia de Tayacaja.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Respecto de los antecedentes en la actualidad no se han realizado muchas investigaciones sobre el caso de estudio, por ello se presenta los siguientes antecedentes que van encaminar el desarrollo de la presente investigación como punto de referencia y partida.

Raúl Mayo Filio (2010)¹ Pobladores de Lircay, Huachocolpa, Cangalla, Anchonga están en peligro. Hay 50 minas abandonadas que también son unas bombas de tiempo. Defensoría del Pueblo pide celeridad en limpieza de ríos. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 40% de los pobladores de los distritos afectados no cuenta con agua potable, por tanto se abastece de otras fuentes como ríos. Ante ello nuestra principal preocupación es que se garantice el abastecimiento de agua potabilizada a las poblaciones afectadas para cubrir sus necesidades de alimentación, así como verificar la situación de salud”, sostuvo Rolando Luque, adjunto para la Prevención de Conflictos Sociales y la Gobernabilidad de la Defensoría del Pueblo.

La tesis titulado “**Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria**”, realizado en la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, por Iñaki Morlán Santa Catalina, para obtener el título de Doctor en Informática, con fecha Setiembre del 2010; la tesis proporciona una herramienta para los responsables de una organización compleja como es una universidad, que les puede ayudar a

¹ <http://elcomercio.pe/planeta/505283/noticia-huancavelica-40-poblacion-afectada-derrame-relave-no-cuenta-agua-potable>

entender las pautas de la aceptación de sistemas informáticos de alto impacto organizacional como son los sistemas de gestión estratégica, y que facilite la estimación del éxito de dicha implantación con el fin de diseñar intervenciones proactivas dirigidas a usuarios que pueden ser menos proclives a adoptar y usar los nuevos sistemas.

Carlos Candiotti (2010)², informó que miles de truchas han muerto y cientos de áreas de cultivo fueron afectadas. Presa con desechos tóxicos de mina colapsó en Huancavelica y contaminó el río Opamayo.

Dr. Oswaldo Salaverry García (Director General del CENSI) (2010)³, **El río fue contaminado el pasado viernes con 21.420 metros cúbicos de desechos tras el colapso del dique de una represa que contenía esas toxinas.**

El derrame de una poza de desechos (relaves) de la Empresa Minera Caudalosa Chica, ha contaminado el 80% del río Opamayo y afectado a diez comunidades de la región de Huancavelica.

Según informó Defensa Civil de Huancavelica, se ha determinado que el río fue contaminado el pasado viernes con 21.420 metros cúbicos de desechos tras el colapso del dique de una represa que contenía esas toxinas.

El río, que desemboca en la localidad de Lircay (capital de la provincia de Angaraes), afectó a 892 personas del distrito de Huachocolca, Huancavelica.

El derrame ha afectado también a los animales de las zonas aledañas al río, por lo que la minera ha iniciado labores de limpieza y entrega de agua y forraje a los pobladores.

Hasta la zona ha llegado una misión de funcionarios de la Dirección Regional de Energía y Minas, la Gerencia de Recursos Naturales, la Subgerencia de Medio Ambiente, la Fiscalía de Lircay y agentes de la Policía.

La Coordinadora Andina de Organizaciones Indígenas emitió un comunicado en el

² <http://elcomercio.pe/planeta/502244/noticia-presa-desechos-toxicos-mina-colapso-huancavelica-contamino-rio-opamayo>

³ <http://rpp.pe/peru/actualidad/relave-minero-contamina-el-80-del-rio-opamayo-en-huancavelica-noticia-276145>

que alertó que el derrame ha afectado a más de diez comunidades campesinas.

Denunció, además, que tras el incidente la empresa minera "no alertó" a la población, "poniendo en serio peligro la vida de hombres, animales y sembríos que consumen las aguas de estos ríos para su supervivencia".

"Las autoridades locales se enteraron de este hecho e inspeccionaron el lugar el sábado 26 de junio. Las comunidades más afectadas son Totorá, Palcas, Yanaututo, Tucspampa, Rumichaca, Lircay, Ocopa, Anchonga, Huayllay, Callanmarca, Huancahuanca y Congalla", precisó la CAOI.

El comunicado consideró que la empresa minera ha cometido "un atentado criminal" contra los campesinos, porque estos "han consumido truchas envenenadas con plomo y otros metales tóxicos, y los animales siguieron consumiendo las aguas contaminadas".

La CAOI exigió a Caudalosa Chica que "asuma la responsabilidad por este atentado" y pidió al Ministerio de Energía y Minas de Perú que aplique las máximas sanciones porque, según señaló, la compañía opera "de forma artesanal y sin cumplir el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)" que exige la ley.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL PENSAMIENTO DE SISTEMAS.

El Pensamiento de Sistemas se fundamenta sobre dos pares de ideas: emergencia y jerarquía, y comunicación y control.

a) Emergencia y Jerarquía

Los Biólogos, pioneros que establecieron formas de pensamientos en términos de todo. La segunda vertiente en el pensamiento de sistemas proviene de una fuente muy diferente: de ingenieros de control, de comunicación y de electricidad. Ludwig Bertalanffy (1976): ***"El todo es más que la suma algebraica de las partes."***

Modo Sistémico de ver las cosas (Checkland, 1972); una manera de apreciar la realidad según la cual es de una complejidad extrema y hay necesidad de entenderla para poderla apreciar y actuar adecuadamente.

Ver la realidad con un criterio Holista (del griego holos, que significa "Entero").

El concepto de Complejidad Organizada => "Sistemas"

La Emergencia no existe en el nivel inferior. Aún más, a parte del hecho de que ella "no existen" en el nivel inferior, las propiedades emergentes, no tienen significado en el lenguaje adecuado para el nivel inferior.

La Jerarquía (recursividad) y la sinergia son aplicables, tanto a la célula (citología), a los organismos animales (Biología) o Vegetales (Botánica), a los grupos sociales reducidos (Sicología social).

- El límite del sistema en estudio
- El ámbito de influencia del mismo

b) Comunicación y control

Al considerar a un organismo como un todo, como un sistema, y no como un simple grupo de componentes juntos con relaciones entre los componentes, Von Bertalanffy atrajo la atención hacia la distinción importante entre los sistemas que están abiertos a sus medios y aquellos que están cerrados.

2.2.2. DINÁMICA DE SISTEMAS

Dinámica de Sistemas se entiende, en el sentido de Forrester (1968), como una metodología para entender el cambio, utilizando las ecuaciones en diferencias finitas o ecuaciones diferenciales. La Dinámica de Sistemas tiene su origen en la década de los años 30 cuando se desarrolló la teoría de los servomecanismos, que son instrumentos en los que existe una retroalimentación desde la salida a la entrada.

En la década de los años 50, aprovechando los iniciales avances de la Informática, **Jay Forrester** desarrolla en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) la Dinámica Industrial. Con este instrumento, que aúna el enfoque sistémico y la simulación por ordenador, consigue avanzar en la resolución de problemas que se producen en el seno de la empresa industrial. Al final de la década publica "Industrial Dynamics" (1961).

La década siguiente, los años 60, es la década de traspaso desde el mundo de la industria al ámbito social, al final de la década aparecen los primeros resultados "Principles of Systems" (1968), "Urban Dynamics" (1969), "World Dynamics" (1971) para el Club de Roma, "Counterintuitive Behavior of Social Systems" (1971) y "The life Cycle of Economic Development" (1973). Cabe mención aparte el libro de D.L.Meadows "Dynamics of Growth in a finite World" (1972). El gran mérito de este libro es haberse publicado un año antes de la crisis de materias primas de 1973, y haber vaticinado en parte sus consecuencias.

A partir de entonces las aplicaciones, que se pueden seguir a través de los títulos publicados, se extienden a múltiples ámbitos, incluso a la ecología, que encuentra en la Dinámica de Sistemas una ayuda muy válida para el estudio de los complejos fenómenos que se producen en la naturaleza. Recientemente se observa una cierta publicidad de las aplicaciones de esta metodología a la ecología. Así aparecen en la prensa artículos que comentan los feed-backs entre diferentes elementos de los ecosistemas, su complejidad, la existencia de puntos palanca o leverage-points, la existencia de puntos sin retorno, etc.

Su generalización al estudio de procesos socioeconómicos basada en modelos mentales no cabe duda que comporta notables dificultades, aunque es innegable que viene a cubrir una laguna existente entre los instrumentos de análisis de estos procesos que se caracterizan por su complejidad y por la existencia de múltiples relaciones de retroalimentación.

La aplicación de la Dinámica de Sistemas en el ámbito de la socio-economía se basa en que existen sistemas compuestos por unos elementos que se relacionan entre sí de forma estable, entre los cuales rigen o se cumplen unas leyes, como son las de mercado, las de la demografía, etc.

a. Modelos mentales

Son los elementos esenciales en el pensamiento sistémico, ya que recogen los componentes importantes del funcionamiento de un sistema,

el cual no está formalizado o documentado. Debido a que los elementos o componentes de la realidad se encuentran a nuestro alrededor y no en nuestro cerebro.

b. Imagen mental

Son el resultado de experiencias y observaciones de los sistemas reales.

c. Modelos formales o matemáticos

Representan la realidad en forma abstracta de muy diversas maneras. Programables en un ordenador, están enunciados de una manera explícita.

d. Modelos de dinámica de sistemas

Es más explícito que un modelo mental y, por lo tanto, puede ser comunicado sin ambigüedad.

Las hipótesis sobre las que se ha montado el modelo, así como las interrelaciones entre los elementos que lo forman, aparecen con toda claridad en el mismo, y son susceptibles de discusión y revisión.

e. Modelos de la realidad

Al observar y analizar una determinada situación social, el observador constituirá el objeto observado mediante una representación. Tal representación no es otra cosa que un modelo de la realidad bajo análisis.

Es importante señalar la diferencia existente entre dos clases de modelos, **los modelos de predicción** pretenden suministrar datos precisos acerca de la situación futura del sistema modelado. Por otra parte, **los modelos de gestión** pretenden básicamente establecer que "la alternativa x es mejor que la alternativa y"; en estos modelos no existe necesidad de tanta precisión ya que las comparaciones son igualmente útiles. La dinámica de sistemas elabora modelos de esta segunda clase.

f. Metodología de la dinámica de sistemas

Es una metodología para estudiar y manejar la complejidad de los sistemas que se retroalimentan con los resultados de sus acciones, como

sucede por ej. En los negocios. Aquí la característica principal es la retroalimentación.

Es un enfoque para interpretar la realidad y útil para abordar los problemas que se plantean en este inicio de milenio como el hambre, pobreza, degradación ambiental, guerras,... ya que no parece que avancemos gran cosa con las formas tradicionales de enfocar estos problemas.

El objetivo básico de la dinámica de sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema.

La dinámica de sistemas permite la construcción de modelos tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema. Este análisis permite extraer la lógica interna del modelo, y con ello intentar un conocimiento de la evolución a largo plazo del sistema. Debe notarse que en este caso el ajuste del modelo a los datos históricos ocupa un lugar secundario, siendo el análisis de la lógica interna y de las relaciones estructurales en el modelo los puntos fundamentales de la construcción del mismo.

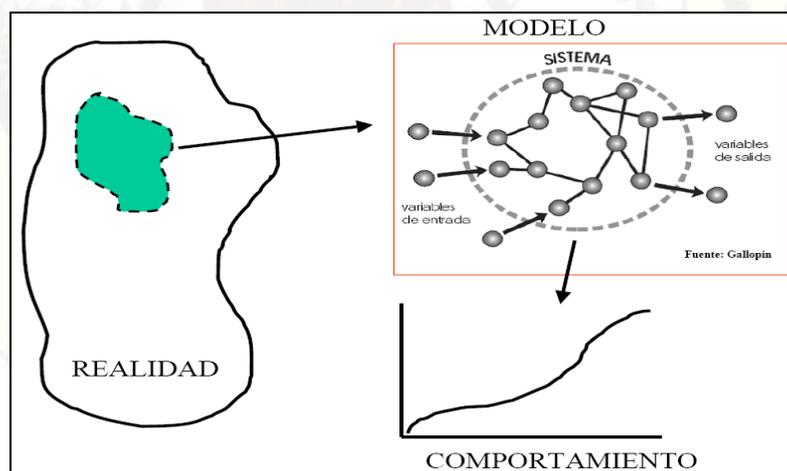


Figura 2.1: Cuadro de proceso de modelado mediante la dinámica de sistemas.
Fuente: elaboración propia

Esta metodología utiliza distintos pasos para construir modelos de simulación que han de permitir decidir cuál de varias propuestas es más eficaz para solucionar el problema planteado:

- **Identificar el problema**

En primer lugar, hay que identificar el problema con claridad, y describir los objetivos del estudio con precisión.

- **Definir el sistema y su frontera**

Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema, y sólo estos, formarán el sistema que vamos a estudiar. La frontera, incluirá en nuestro estudio, aquellos elementos que tienen una influencia razonable en el comportamiento del sistema.

- **Construir el diagrama de influencias**

En esta fase se trata de acometer dicho estudio, definiendo los distintos elementos que integran la descripción, así como las influencias que se producen entre ellos y su posterior conversión al diagrama de influencias (forrester).

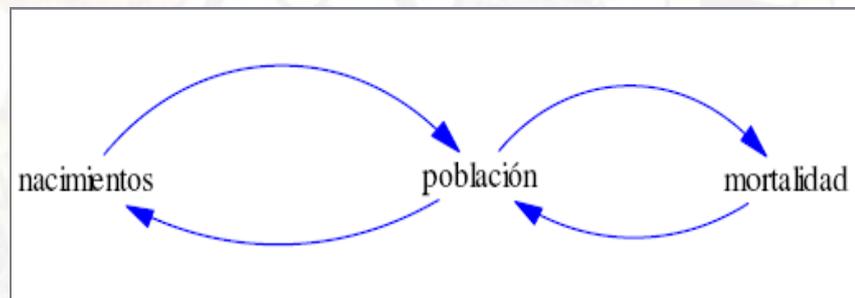


Figura 2.2: Ejemplo de diagrama de influencias

Fuente: elaboración propia

- **Construcción del diagrama de forrester**

Es una traducción del Diagrama Causal a una terminología que permite la escritura de las ecuaciones en el ordenador para así poder validar el modelo, observar la evolución temporal de las variables y hacer análisis de sensibilidad.

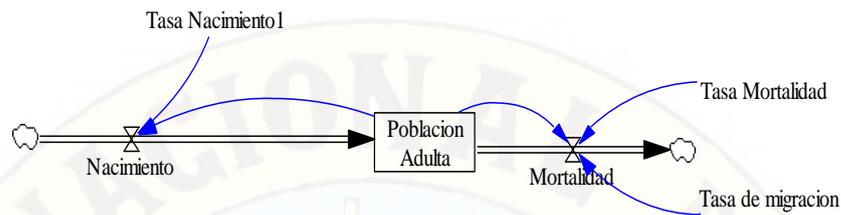


Figura 2.3: Ejemplo de representación de diagrama de forrester con software Vensim
Fuente: elaboración propia

- **Simulación de comportamiento del modelo**

Esta cuarta fase consiste en la simulación informática del modelo para determinar las trayectorias que genera y efectuar una comparación del modelo y la realidad.

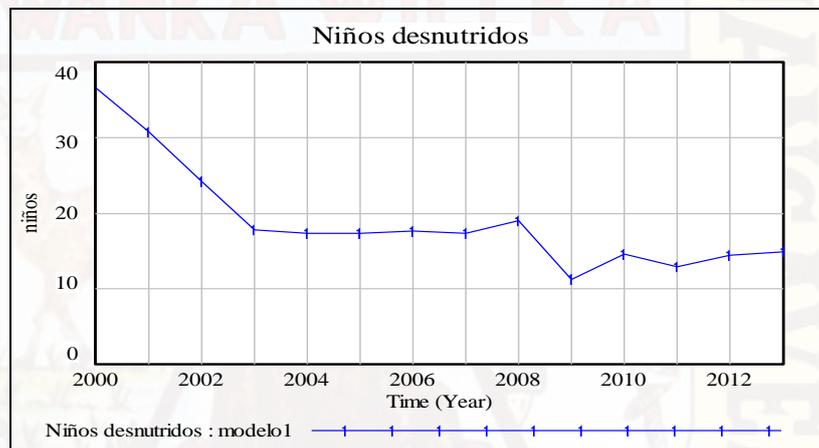


Figura 2.4: Ejemplo de representación de modelo de simulación con software Vensim
Fuente: elaboración propia

- **Evaluación del modelo**

En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad.

Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad

- **Explotación del modelo**

Por último, una vez que el modelo ofrezca una salida coherente con el pasado y la situación actual, podremos simular el impacto de las

políticas o decisiones que nos llevarán a la solución del problema planteado.

Las políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

2.2.3. LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La contaminación ambiental constituye uno de los problemas más críticos en el mundo, se tratarán los temas relacionados con la investigación de los agentes contaminantes, su origen y las posibles soluciones.

Contaminación, es la alteración de la pureza del aire, de las aguas o de la tierra o, genéricamente del ambiente en el que se desarrolla toda forma de vida.

Con relación al aire, existe contaminación del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de los constituyentes del mismo es susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias.

Esas sustancias o agentes contaminantes, son clasificados en cinco grupos mayoritarios: monóxido de carbono, partículas, óxidos de azufre, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Se encuentran suspendidas en la atmósfera y su estado físico puede ser sólido o gaseoso.

Las causas más habituales de contaminación del aire son: las actividades industriales, las combustiones de todo tipo, la emisión de residuos de combustibles por parte de los vehículos de motor y el desecho de productos químicos, a menudo tóxicos, por fábricas y laboratorios.



Figura 2.5: Contaminación de los ríos

Con relación al agua, se considera que ella está contaminada cuando no es apta para la bebida o el consumo humano, cuando los animales acuáticos no pueden vivir en ella, cuando las impurezas que contiene hacen desagradable o dañino su uso recreativo o cuando no puede destinarse a aplicación industrial alguna. La composición de los agentes contaminantes del agua es diversa, pero, por lo general, se relaciona con las sustancias que son vertidas como residuos de las fábricas a los ríos o al mar. Obviamente tales detritos contienen agentes de la más diversa índole, tanto desde el punto de vista de su composición química como en cuanto respecta a sus efectos.

Los principales factores determinantes de la contaminación acuática son los restos orgánicos, los residuos sólidos flotantes, los cúmulos de detergentes y las aguas residuales. Un elevado porcentaje de los casos de contaminación de las aguas corresponde a los accidentes marítimos que sufren los buques petroleros, lo que da lugar al vertido de crudos o productos refinados, fuertemente contaminantes, a las aguas del mar.

Con relación a la tierra, la contaminación puede afectar fundamentalmente la fauna y los cultivos, ya que es sabido que la vida, tanto animal como vegetal, se desarrolla con mayores dificultades en las zonas contaminadas. Las sustancias artificiales que producen contaminación en el terreno son relativamente pocas y se agrupan en abonos, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas.

Efectos generales de la contaminación.- Los agentes contaminantes dañan todos los tejidos orgánicos animales, pero sobre todo aquellos que pertenecen al sistema nervioso y al aparato respiratorio. Causan enfermedades respiratorias (bronquitis, laringitis, asma, etc.) y trastornos neurológicos (mareos, dolores de cabeza y otros), manifestaciones cancerígenas e incluso alteraciones genéticas.

Sobre el medio, la principal acción de los agentes contaminantes se traduce en lluvias ácidas o radiactivas, destrucción de las capas altas de

la atmósfera (que protegen la vida terrestre de las radiaciones solares perjudiciales), aumento gradual de la temperatura del planeta, desarrollo de organismos patógenos (virus o bacterias), etc.

Otras formas de contaminación, la encontramos como consecuencia del empleo de la energía nuclear (contaminación radiactiva) y de materiales necesarios para lograrla (vg. uranio, plutonio), lo cual afecta de forma negativa al medio aéreo, acuático y terrestre. La contaminación nuclear es el resultado de explosiones atómicas, de desechos radiactivos de hospitales, centros de investigación, laboratorios y centrales nucleares y, ocasionalmente, de los escapes radiactivos.

2.2.4. EL AMBIENTE

Al concepto de ambiente podemos construirlo desde dos perspectivas:

- Por un lado, es el lugar a donde el sistema social y sus integrantes recurren para obtener recursos (materia y energía) y servicios para satisfacer sus necesidades.
- Por el otro, el ambiente donde estamos, y que nos rodea, es el resultado de la interacción de la naturaleza (del sistema natural) con la sociedad (con el sistema social).

Ocurre que los recursos naturales que utilizamos para satisfacer nuestras necesidades, son a la vez parte integrantes del sistema natural, y cada uno de los recursos tiene la capacidad de satisfacer más de una de nuestras necesidades.

A. LOS PROBLEMAS AMBIENTALES – EL IMPACTO AMBIENTAL

Decimos que hay un problema ambiental, por ejemplo, cuando:

- El aire que respiramos en una ciudad está contaminado.
- Se pierde capacidad productiva del suelo.
- El agua que tomamos está contaminada, o cuesta mucho potabilizar.
- Se mueren los peces en un río porque se contaminó con efluentes industriales.
- Cuando se pierde biodiversidad.

Vemos que los problemas ambientales aparecen cuando no podemos satisfacer adecuadamente una necesidad, como la de respirar, beber agua o cultivar el suelo; estos problemas aparecen la mayoría de las veces cuando hay conflictos entre los distintos usos que se le puede dar a un mismo recurso; esos conflictos se pueden dar entre los mismos actores sociales en el mismo momento o en tiempos diferentes, y entre actores sociales diferentes en el mismo momento y en momentos diferentes.

En el caso de la contaminación del aire, lo que ocurre es que sirve para dos cosas (sirve para muchas cosas, pero para este caso, sólo consideramos dos, que son las que están en contradicción): Por un lado, sirve para respirar, es decir, para brindarnos el oxígeno necesario para los procesos biológicos, sin aportarnos otros elementos nocivos: por el otro, sirve como sumidero de gases y partículas que provienen de la generación de energía y de procesos productivos.

Haber utilizado en exceso la función de sumidero de gases y partículas, sin medidas compensatorias, disminuyó su función de respirabilidad, de proveedor de oxígeno para las funciones biológicas.

Decimos, entonces, que hay un problema ambiental cuando alguno de los elementos que integran el sistema ambiental, o un conjunto de esos elementos, está deteriorado con respecto a la forma en que puede brindar sustento para la vida presente y/o futura, sobre todo para la vida de las personas y de los sistemas sociales, pero también para la vida en su entorno.

Hablamos de impacto ambiental de una actividad antrópica (de una actividad desarrollada por un actor social o por un conjunto de actores del sistema social) cuando hay una modificación del ambiente, tanto en el sentido positivo como negativo.

Una actividad antrópica genera impacto ambiental negativo cuando se produce un problema ambiental, presente o futuro; por ejemplo, la disposición de residuos a cielo abierto y su quema, el uso indiscriminado

de combustibles fósiles y del transporte automotor; el uso de procesos industriales contaminantes, el cultivo de variedades transgénicas, el deterioro del arbolado público.

Una actividad antrópica genera impacto ambiental positivo cuando se resuelve o prevé un problema ambiental; por ejemplo, el impacto ambiental del reciclado de residuos, de la creación de un área de reserva, o de la difusión del uso de energías renovables; la agricultura orgánica, un programa de implantación y cuidado del arbolado público.

B. CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

No es la intención, ni la oportunidad, de hacer un desarrollo técnico detallado de los problemas ambientales. Pero sí hacer una presentación breve a nivel local (urbano y rural), regional y global.

Los problemas ambientales los podemos clasificar con diferentes criterios, de los cuales vamos a ver dos:

- Por el recurso que afecta, de los que veremos el aire, el agua; el suelo. Hay muchos más, como la biodiversidad y los bosques.
- Por su ámbito geográfico, es decir, si son locales (urbanos o rurales), regionales o globales.

C. PROBLEMAS AMBIENTALES POR RECURSO

✓ El aire

El aire, y la atmósfera, se utilizan principalmente para dos usos: para respirar, y para sumidero de residuos gaseosos. La atmósfera también tiene otras funciones: filtra los rayos ultravioletas, regula la temperatura de la Tierra, nos protege de la absoluta mayoría de los impactos de los meteoritos, regula las temperaturas, y el resto de los factores del clima, como los vientos y la lluvia.

Los problemas ambientales vinculados al aire, surgen debido a que no regulamos adecuadamente su uso, de manera que la utilización de una función no afecte a las otras.

Todas las fuentes de energía térmica, y los medios de transporte, que utilizan gas y/o derivados del petróleo, generan infinidad de gases que contaminan la atmósfera. La contaminación del aire en los grandes centros urbanos de nuestro país se debe sobre todo al transporte automotor, tanto público como privado, a las plantas térmicas generadoras de energía y al uso de calefactores y a la liberación de diversos gases.

El humo está conformado por partículas que resultan de la combustión incompleta de los combustibles. La contaminación del aire es el resultado de la suspensión de polvo, gases de los aerosoles, vapores, humos, hollín, sustancias malolientes; cuando este conjunto de sustancias se combina con la niebla, se produce el smog.

Los contaminantes que afectan a la salud de la población son:

Los hidrocarburos aromáticos, considerados cancerígenos y que atacan al sistema nervioso central.

Los óxidos de nitrógeno (NOx), además de causar el smog fotoquímico, provocan irritación a los ojos, nariz, garganta y pulmones.

El monóxido de carbono (CO) , que forma con la hemoglobina el complejo denominado carboxiemoglobina, que es más estable que el complejo que forma con el oxígeno, desplazándolo, pudiendo causar la muerte por asfixia en ambientes cerrados; causa dolores de cabeza, cansancio, palpitaciones cardíacas, vértigo y disminución de reflejos.

Material particulado (humo): irrita los ojos y vías respiratorias.

Óxidos de azufre (SOx), que reduce la visibilidad y produce daños a las vías respiratorias.

Aldehídos: son irritantes a los ojos y a las vías respiratorias.

Plomo (Pb.) produce saturnismo envenenamiento del sistema nervioso central y padecimientos óseos, principalmente en los niños.

Lo ácidos provocan localmente la lluvia ácida, que afecta la infraestructura local, la calidad de las aguas y de la tierra, así como la vegetación; los NOx y los SOx suspendidos en la atmósfera local, son disueltos por el agua de lluvia, cayendo en forma de una solución de ácidos. La lluvia ácida puede ser también un problema de carácter regional, ya que los gases pueden ser desplazados distancias considerables por el viento.

✓ El Agua

El agua, como el aire, es un recurso que también brinda múltiples bienes y servicios. Sirve para beber, para mantener la vida en el ambiente que nos rodea, para higienizarnos, para cocinar, para recibir aguas residuales, para limpiar las ciudades, para regar parques y plazas, para la construcción, para procesos industriales, para apagar incendios, para regar cultivos, para usos pecuarios, para navegar, para generar energía, como medio de vida para los peces, para uso recreativo, para usos mineros, para la salud.

Los aspectos negativos del agua aparecen cuando se degrada (como por ejemplo, en el caso de la transmisión de enfermedades infecto contagiosas por contaminación con residuos cloacales), cuando se utiliza de forma inadecuada (salinización de suelos por riego inadecuado), cuando se instalan actividades antrópicas en lugares que periódicamente son ocupadas por el agua (inundaciones en valles por crecientes), cuando se construyen obras de infraestructura que no contemplan el escurrimiento habitual del agua (elevación de napas en el conurbano); generalmente, los problemas vinculados con el agua surgen de una combinación de esas causas (inundaciones en la ciudad de Santa Fé; o contaminación con líquidos cloacales por elevación de napas). Hoy aparece un riesgo muy grande originado en causas antrópicas, que es la elevación generalizada del nivel del mar, por el cambio climático.

El agua que se dispone, por ejemplo, para el consumo familiar, recorre un largo camino antes de estar disponibles en los hogares. (ciclo del agua).

Hay lugares que están servidos por una red de provisión de agua potable, donde se supone que el agua que llega a las casas para su consumo reúne las características de potabilidad. Empresas privadas o públicas se ocupan de tomarla de la fuente natural, de filtrarla y potabilizarla, y de distribuirla por la red. Todo este proceso cuesta bastante dinero, lo que está reflejado en las tasas de los servicios o en las boletas de la empresa concesionaria.

En los centros urbanos o en el campo, donde no hay establecimientos de potabilización y red de distribución, ni redes cloacales, los hogares extraen el agua directamente de las napas subterráneas o de algún curso superficial; el agua así disponible es de dudosa calidad, ya que el propio pozo ciego, o el de algún vecino, esté contaminando la fuente de agua de la que nos servimos. En el agua que se bebe puede haber materia orgánica disuelta, bacterias de origen fecal, algunos virus, huevos de parásitos, y probablemente alguna sustancia tóxica.

✓ **El suelo**

El suelo tiene múltiples funciones para el sistema social y tiene múltiples funciones para el sistema natural.

Los problemas ambientales vinculados al suelo tienen que ver con que la sociedad los utiliza de manera tal de no tener en cuenta las funciones que cumple en el sistema natural (urbanización en zonas inundables; entorpecimiento del escurrimiento natural de las aguas por enterramientos de residuos); con privilegiar las actividades que producen ganancias directas en dinero por encima del mantenimiento de la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas (deterioro de las áreas de reserva y falta de espacios verdes en las zonas urbanas); porque se privilegian los beneficios presentes en detrimento de los

beneficios futuros (deterioro de la capacidad productiva del suelo) y por contaminación del suelo (que es también una forma de privilegiar los beneficios presentes).

En las zonas urbanas un uso adecuado del suelo está relacionado con el planeamiento urbano; además de determinarse cuales son las áreas que se deben dejar como espacios verdes, se debe determinar cuáles son los usos que se le van a dar a las diferentes partes en que se divide el suelo urbano, incluido los espacios verdes, que se van a permitir en cada parte de la ciudad y como han de realizarse, de manera que no se interfieran mutuamente y las personas puedan vivir en el mejor ambiente posible.

A veces se rellena un lugar bajo con material extraído, por ejemplo, del dragado de un arroyo o de un lugar donde antes hubo un establecimiento fabril o una estación de servicio. Esto ocurrió, por ejemplo, en la ciudad de Buenos Aires, con los barros del dragado del arroyo Cildañez, que se utilizaron de relleno en un terreno en Villa Soldati, donde luego se construyó el barrio Ramón Carrillo; allí fueron las familias que vivían en el Albergue Warnes, antes de que fuera demolido. Los lodos del arroyo Cildañez provenían de la sedimentación de los líquidos que pasaban sobre todo por el barrio de Mataderos, y no se hicieron los análisis necesarios para conocer su composición. Los chicos de las familias que jugaban en el predio, padecieron intoxicaciones con sustancias y elementos que provenían de esos barros. Lo mismo ocurre con el dragado de otros arroyos, y con los pasivos ambientales que puede haber en las fábricas cerradas, o en las estaciones de servicio que tienen tanques de combustible con pérdidas.

2.2.5. PRESENCIA DEL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS EN EL MUNDO

Al nivel mundial el problema de la contaminación de las aguas se agudiza

cada día; los agentes transportados por el agua son la principal causa de muertes y transmisión de enfermedades en los llamados países emergentes. Por otra parte al descargar nutrientes y fertilizantes en las aguas se favorece al crecimiento de algas en las mismas, ocasionando la reducción de la aptitud del agua para ser bebida, perjudicando la pesca y reduciendo la diversidad biológica.

La calidad del agua inevitablemente se afecta por la mala utilización de las tierras y de las mismas aguas, la acidificación de las aguas por nitratos y sulfatos depositados como precipitación ácida son el gran problema de Europa, Norteamérica y parte de Asia, donde los ecosistemas dulces están amenazados por la contaminación industrial municipal y agrícola, entre otros (Pérez E., 2000).

Tipos de contaminación. esta clasificación viene dada de acuerdo con el factor ecológico que se altera, aunque suelen afectar a más de un factor, como sigue:

- *Contaminación física:* este tipo de contaminación afecta a los cuerpos de agua produciendo cambios en los sólidos en suspensión, la turbidez y el color, los agentes sensoactivos y la temperatura. Pueden ser elementos tóxicos o no en sí mismos, pero alteran las características físicas del agua y afectan al hábitat acuático.
- *Contaminación química:* algunos efluentes cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Otros, generalmente de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al medio ambiente acuático, muchos de los cuales pueden actuar en deterioro de los organismos acuáticos y de la calidad del agua en general. En este sentido es en el que puede hablarse propiamente de contaminación.
- *Contaminación por agentes bióticos:* son los efectos de la descarga de material biogénico, que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de

materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante la elaboración de un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas se puede evaluar la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en la provincia de Tayacaja pudiéndose determinar los factores de contaminación y plantear una propuesta de conservación del Río Opamayo

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- a) Un modelo de simulación bajo el enfoque de la dinámica de sistemas es el instrumento apropiado que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en el Distrito de Pampas
- b) Los componentes del modelo de simulación tienen características sistémicas de sinergia, recursividad, integridad, estructura y entorno.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Modelo

Es una representación formal que incluye aquellos elementos de la realidad que considera esenciales desde la perspectiva del observador y a los efectos de la observación.

- Sistema

Conjunto de partes que se interrelacionan entre sí con el fin de alcanzar un objetivo común.

- Límites del sistema

Límites que delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos

que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites.

- **Diagrama causal**

El Diagrama causal es un diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos.

- **Retroalimentación**

Una cadena cerrada de relaciones causales recibe el nombre de bucle, retroalimentación o feedback.

- **Escenario**

Representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

- **Simulación**

Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.

- **Análisis sensibilidad**

Permiten determinar cuáles son los factores que más influyen en el comportamiento del modelo.

- **Estructura**

Forma en que los elementos de un sistema se encuentran organizados o interrelacionados. La estructura se representa mediante el diagrama de influencias o causal.

- **Flujo**

Variable que representa el cambio que sufre una determinada magnitud por unidad de tiempo. En los modelos de dinámica de sistemas se asocian a cada variable de nivel una o varias variables de flujo.

- **Nivel**

Variable que corresponde a un proceso de acumulación en la dinámica de un sistema. Este proceso se realiza mediante las variables de flujo.

- **Agua**

Sustancia formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En su estado

natural es cristalina, incolora e insípida. Cuando se acumula en grandes cantidades toma una coloración verdosa o azulada.

- **Ambiente**

Marco general en donde se realizan las actividades de desarrollo económico; la expresión se refiere no sólo al medio natural, es decir, a los sistemas ecológicos que rodean al ser humano y que colectivamente le ayudan a sobrevivir, sino que se extiende al medio sociocultural creado por él para adaptarse a las exigencias y desafíos del medio natural que le rodea.

- **Calidad de Agua**

Es la expresión que identifica el grado de pureza o contaminación de una corriente de agua, de acuerdo a las exigencias del uso al cual se destina.

- **Contaminación**

Consiste en la acumulación de desechos artificiales en el agua, el aire o el cielo, los cuales alteran gravemente el equilibrio de la biosfera.

- **Contaminante**

Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo para la salud de las personas, la calidad de vida de la población, la preservación de la naturaleza o para la conservación del patrimonio ambiental.

- **Cuencas**

Área que colecta toda el agua de lluvia cuyo escurrimiento llegaría hasta ese punto.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable de estudio N° 01.

Contaminación del agua del Río Opamayo

Indicadores:

- Desechos orgánicos, inorgánicos(basura)
- Contaminación por medio de aguas domésticas.
- Contaminación por medio de la agricultura y ganadería
- Generación de aguas negras

Variable de estudio N° 02.

Modelo de simulación bajo la dinámica de Sistemas

Indicadores:

- Eficiencia del modelo
- Componentes del modelo
- Análisis de sensibilidad.

2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

A continuación, se presenta las variables con sus respectivas dimensiones y sus indicadores para la hipótesis general.

Para el caso de las específicas su demostración será con el cumplimiento de los objetivos por ser estas de tipo descriptivas. A continuación, se presenta las variables de estudio que guían la presente investigación.

Variable de estudio N° 01.

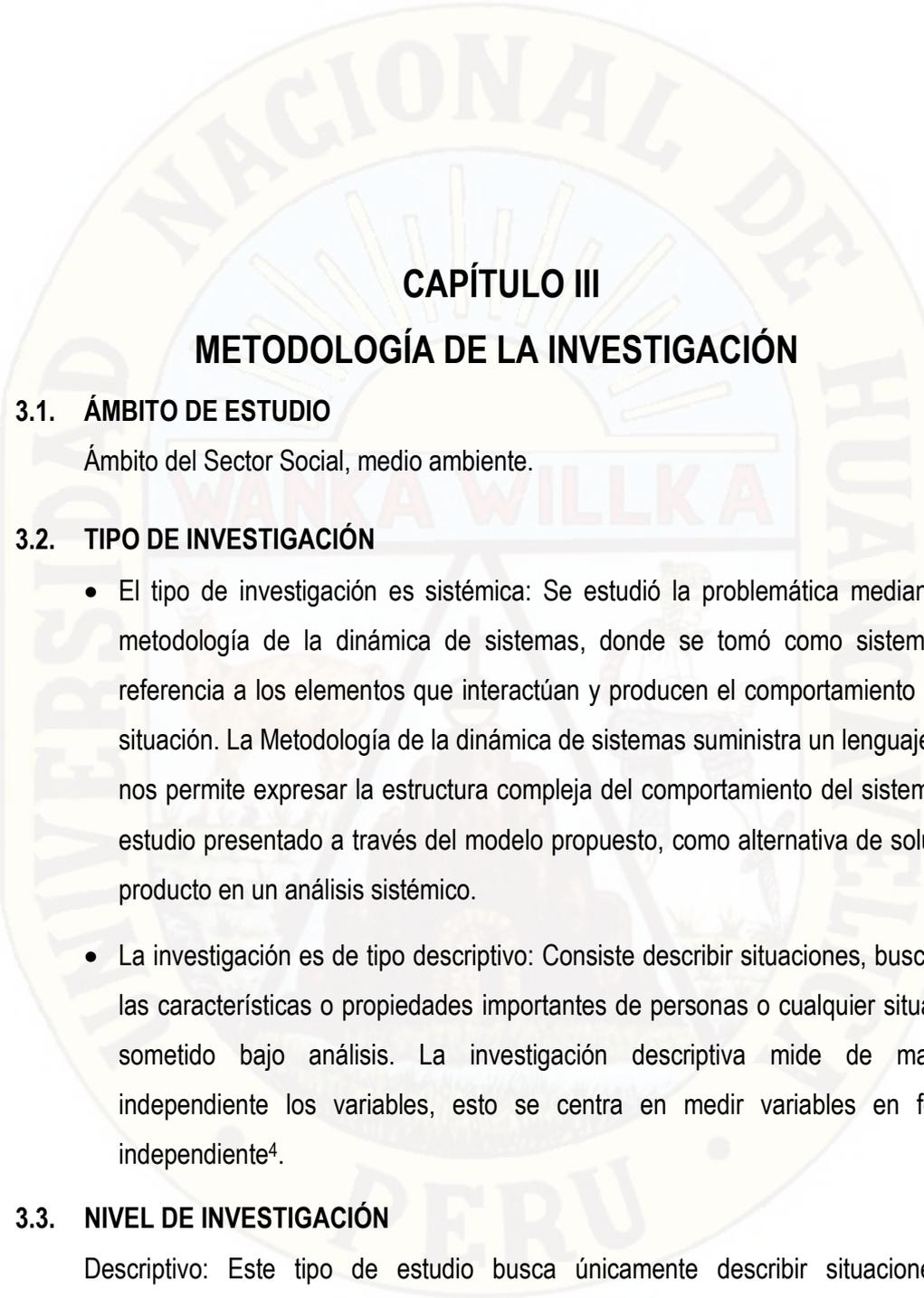
Tabla 2.1: Definición operativa de la primera variable y sus indicadores

| Variables | Indicadores |
|--|---|
| Contaminación del agua del Río Opamayo | <ul style="list-style-type: none">• Desechos orgánicos, inorgánicos(basura)• Contaminación por medio de aguas domésticas.• Contaminación por medio de la agricultura y ganadería• Generación de aguas negras |

Variable de estudio N° 02.

Tabla 2.2: Definición operativa de la segunda variable y sus indicadores

| Variables | Indicadores |
|---|--|
| Modelo de simulación bajo la dinámica de Sistemas | <ul style="list-style-type: none">• Eficiencia del modelo• Componentes del modelo• Análisis de sensibilidad. |



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Ámbito del Sector Social, medio ambiente.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- El tipo de investigación es sistémica: Se estudió la problemática mediante la metodología de la dinámica de sistemas, donde se tomó como sistema de referencia a los elementos que interactúan y producen el comportamiento de la situación. La Metodología de la dinámica de sistemas suministra un lenguaje que nos permite expresar la estructura compleja del comportamiento del sistema en estudio presentado a través del modelo propuesto, como alternativa de solución producto en un análisis sistémico.
- La investigación es de tipo descriptivo: Consiste describir situaciones, buscando las características o propiedades importantes de personas o cualquier situación sometido bajo análisis. La investigación descriptiva mide de manera independiente los variables, esto se centra en medir variables en forma independiente⁴.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo: Este tipo de estudio busca únicamente describir situaciones o acontecimientos para luego identificar los factores que contaminan el Río Opamayo en la Provincia de Tayacaja.

⁴ Guillermo Moreno y José Moreno; Procesos de investigación científica pp. 73

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- Método descriptivo: que consiste en describir características de los fenómenos y hechos. En el presente caso nos va ayudar describir las partes del sistema y desarrollar la estructura que permita generar un comportamiento del dicho sistema⁵ para luego identificar los factores que contaminan el Río Opamayo.
- Metodología sistémica: En el estudio de un sistema, tan importante es el análisis - síntesis⁶

El análisis: Consiste en su disección, al menos conceptual, para establecer las partes que lo forman.

La síntesis: Mediante la cual estudiamos cómo se produce la integración de esas partes en el sistema para comprender su comportamiento.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño que se adoptó para responder la problemática planteado es mediante proceso de modelado a través de la Dinámica de sistemas donde la hipótesis fue probada mediante una evaluación del modelo para identificar los factores que contaminan el Río Opamayo reflejado en los indicadores de la variable de estudio “Contaminación del Río Opamayo” así también sometiendo a una serie de análisis para evaluar su validez y calidad del modelo⁷.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA

La población de la presente investigación estará conformada por 139 personas aledañas a la ribera del Río Opamayo.

2.6.1. MUESTRA

Para el cálculo de la muestra recurriremos a la fórmula para muestras grandes.

⁵ Guillermo Moreno y José Moreno; Procesos de Investigación Científica pp. 124

⁶ Javier Aracil Introducción a la Dinámica de Sistemas pp. 11

⁷ Javier Aracil Introducción a la Dinámica de Sistemas pp. 57-58

$$n = \frac{Z^2 p * q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Figura 3.1: Fórmula para determinar el tamaño de muestra

Tabla 3.1: Datos para determinar la muestra

| | |
|-----|------|
| E = | 0.05 |
| Z = | 1.96 |
| p = | 0.5 |
| q = | 0.5 |
| N = | 139 |

Datos:

Remplazando datos en la fórmula tenemos:

n (tamaño de la muestra) = 100.03 = 100 personas por lo tanto el tamaño de la muestra está conformada por 100 personas aledañas a la ribera del río Opamayo, este valor será el valor inicial de la variable población al momento de modelar el modelo.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos para obtener datos para la presente investigación que se utilizaron fueron: El análisis documental, utilizando los archivos Provincia de Tayacaja respecto a los estudios del Río Opamayo.

La observación, la cual nos va permitir comprender y entender la estructura compleja de la realidad de contaminación del Río Opamayo.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se identificó la situación problema a través del análisis y síntesis de la información recolectada, luego se elaboró los diagramas causales y forresters de cada uno de los componentes, para luego integrarlos y realizar las pruebas de cada uno de los weltanschauung y finalmente obtener el modelo de tarea primaria validado como alternativa de solución.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En la presente investigación se procedió a utilizar las etapas de la Dinámica de Sistemas.

Presente investigación se aplicó la manipulación de variables de aspectos cualitativos y cuantitativos en un modelo dinámico formal o validado, la cual incluye las siguientes fases principales⁸:

- **Fase de conceptualización**

En esta fase se inicia con una familiarización con la problemática que se va estudiar, y definir los aspectos del problema que se quiere mejorar y describirlos en forma precisa y clara. En resumen, se construye el diagrama de influencias.

- **Fase de formulación**

Esta fase consiste en establecimiento de diagrama Forrester en un computador, a partir del cual se escriben las ecuaciones del modelo asignando valores a los parámetros que intervienen en el modelo.

- **Fase de evaluación**

En esta fase se procede a ensayar con el modelo construido en fase anterior, por medio de simulaciones para evaluar su validez y calidad. Para ello se incluye el análisis de sensibilidad que permita determinar la sensibilidad del modelo que resulta difícil de comprender.

Este análisis sensibilidad aporta un instrumento para alcanzar una mejor comprensión sobre cuáles son los puntos de actuación en los que se pueden producir efectos más considerables.

La forma más simple de realizar el análisis consiste en modificar los valores numéricos de cada uno de sus parámetros.

⁸ Javier Aracil y Francisco Gordillo; Dinámica de Sistemas pp. 107-114

Un modelo es insensible a las variaciones de los parámetros, si variaciones razonables de ellos no afectan sensiblemente a las conclusiones que se extraen del mismo.



CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL MODELO

4.1.1. ANÁLISIS DEL COMPONENTE POBLACIÓN.

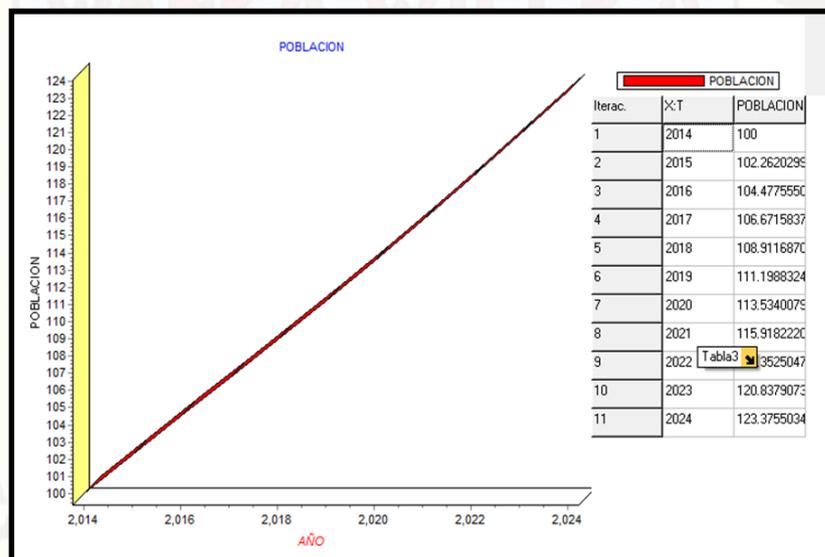


Figura 4.1: Comportamiento del crecimiento poblacional
Fuente. Elaboración Propia

Para nuestro estudio se ha tomado una población de 100 personas que viven cerca de la ribera del río, al ver la figura notamos que el incremento de las personas en la ribera del río Opamayo va incrementarse generando esto una contaminación mayor al río, la generación de aguas servidas, generación de basura, van a deteriorar el medio ambiente de las riberas del río. Por lo que las autoridades deben tomar cartas en el tema y proponer alternativas de conservación y preservación del río Opamayo.

4.1.2. ANÁLISIS DEL COMPONENTE COLIFORMES.

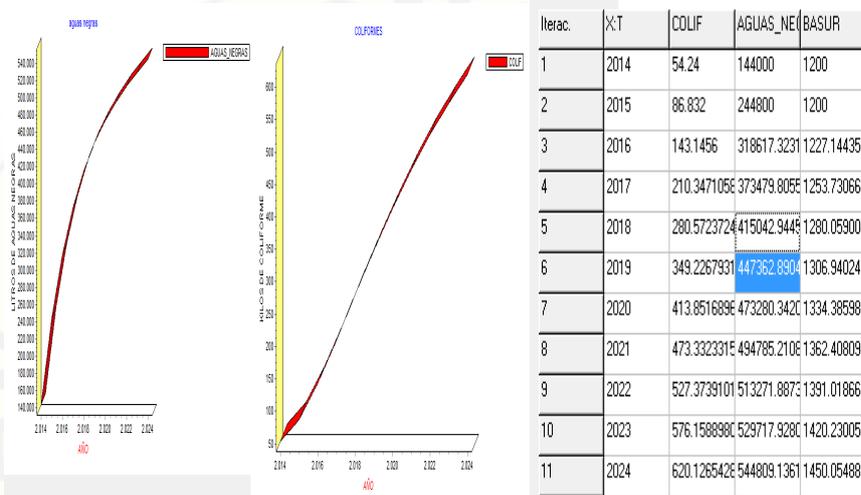


Figura 4.2: Comportamientos de los coliformes
Fuente: Elaboración Propia.

Descripción:

Como se muestra en el gráfico y en la tabla, vemos que al aumento de las aguas negras y las basuras incrementan la cantidad de coliformes, estas bacterias destruyen la calidad del agua, convirtiendo parte de río en pequeñas afluentes de agua negra focos infecciosos.

ESCENARIO: Aceptable

Para que nuestro modelo sea aceptable debemos disminuir la cantidad de basura y aguas negras que genera la población.

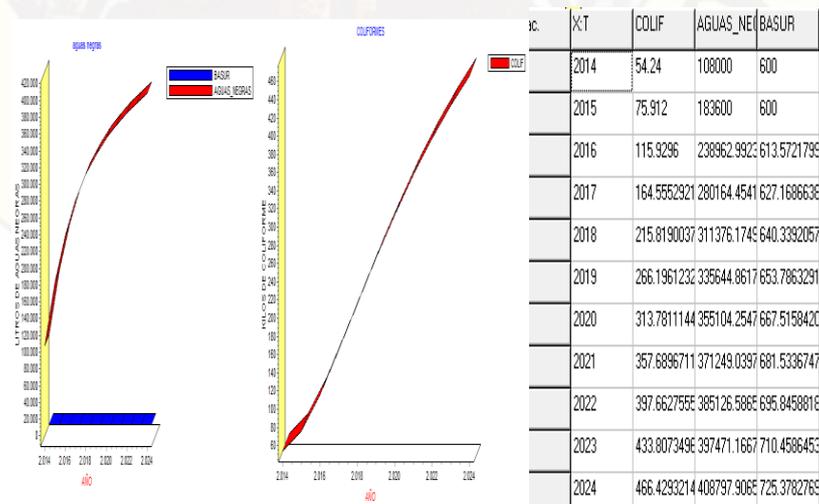


Figura 4.3: Comportamiento de coliformes en un escenario aceptable
Fuente: Elaboración Propia.

Descripción:

- Al cambiar el parámetro de la producción de aguas negras por habitantes al año, Inicial: 1440 Litros
Cambiado: 1080 Litros
- Al cambiar el parámetro de la producción de generación de basuras por habitantes al año Inicial: 12 Kilos Cambiado: 6 Kilos

El resultado es aceptable, como aumenta las aguas negras y la cantidad de basura de manera controlada por el hombre, los coliformes disminuyen, por lo que también disminuye la contaminación de coliformes en el agua y obviamente las enfermedades

ESCENARIO: No Aceptable

Para continuar con la simulación del modelo debemos aumentar la cantidad de basura y aguas negras que genera la población.

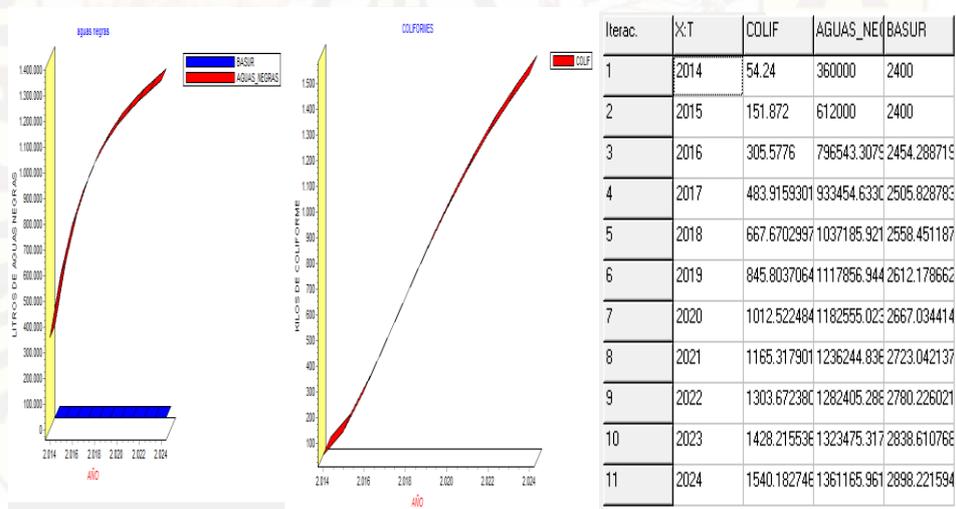


Figura 4.4: Comportamiento de coliformes en un escenario NO aceptable

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

- Al cambiar el parámetro de la producción de aguas negras por habitantes al año
Inicial: 3600 Litros
Cambiado: 360000 Litros

- Al cambiar el parámetro de la producción de generación de basuras por habitantes al año
 Inicial: 12 Kilos
 Cambiado: 24 Kilos

El resultado es caótico, como aumenta en la gráfica y en la tabla, el resultado de las aguas negras y la cantidad de basura se incrementa desequilibradamente, y esto da como resultado el aumento de los coliformes muy elevado, por lo que se producen más bacterias, lo cual es preocupante para el mismo hombre y la posible extinción de la flora en el río.

4.1.3. ANÁLISIS DEL COMPONENTE BASURA

Escenario:Actual

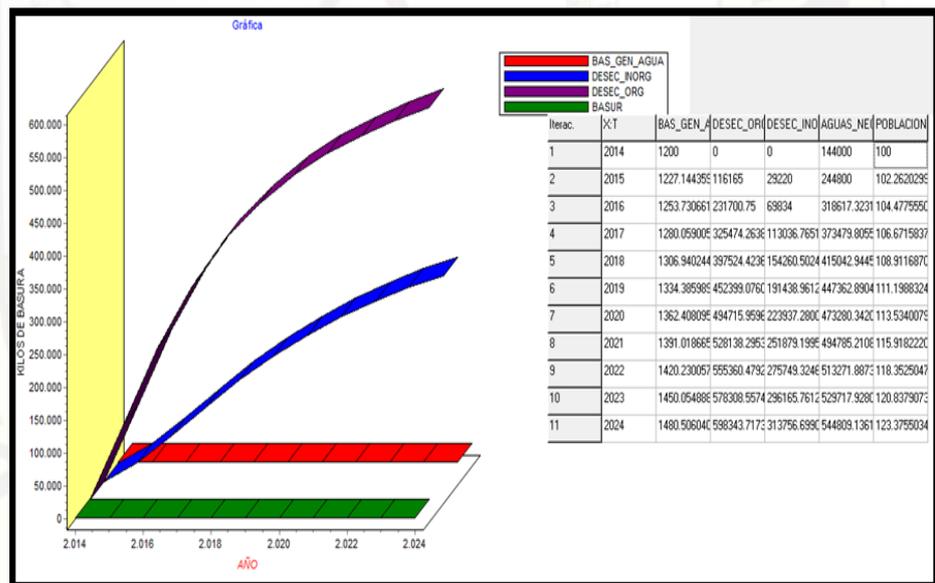


Figura 4.5: Comportamiento de componente basura en un escenario actual
Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la gráfica se muestra la cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos que van de forma exponencial, esto se debe al crecimiento poblacional y crecimiento urbano de la provincia de Tayacaja. Por tanto, la descomposición natural no es lo suficiente para dar el equilibrio al río y a la generación de

coliformes, y como también la descomposición de la basura es demasiado lenta, más aún en desechos inorgánicos, se evidencia que es caótico este fenómeno para la conservación del río Opamayo.

Escenario: Aceptable

Para que nuestro modelo sea aceptable debemos disminuir la cantidad de basura y aguas negras que genera la población.

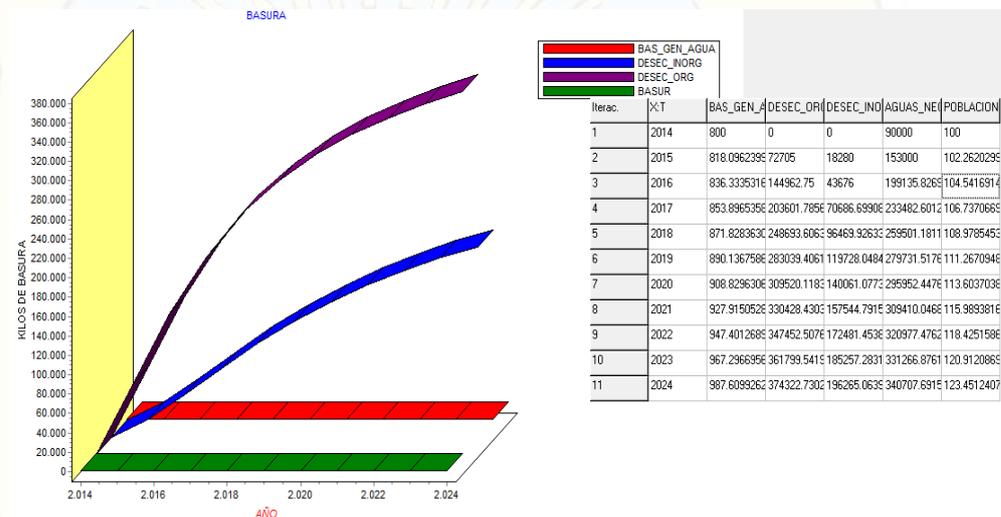


Figura 4.6: Comportamiento de componente basura en un escenario aceptable

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

- Al cambiar el parámetro de la producción de aguas negras por habitantes al año
Inicial: 1440 Litros
Cambiado: 900 Litros
- Al cambiar el parámetro de la producción de generación de basuras por habitantes al año
Inicial: 12 Kilos
Cambiado: 8 Kilos

El resultado es aceptable, la cantidad de basura incrementa de manera controlada el impacto de contaminación es menor, pero de todas maneras se sigue contaminando y esto va seguir así debido a que la población va en crecimiento y de igual manera el crecimiento urbano.

Escenario: No Aceptable

Para continuar con la simulación del modelo debemos aumentar la cantidad de basura y aguas negras que genera la población.

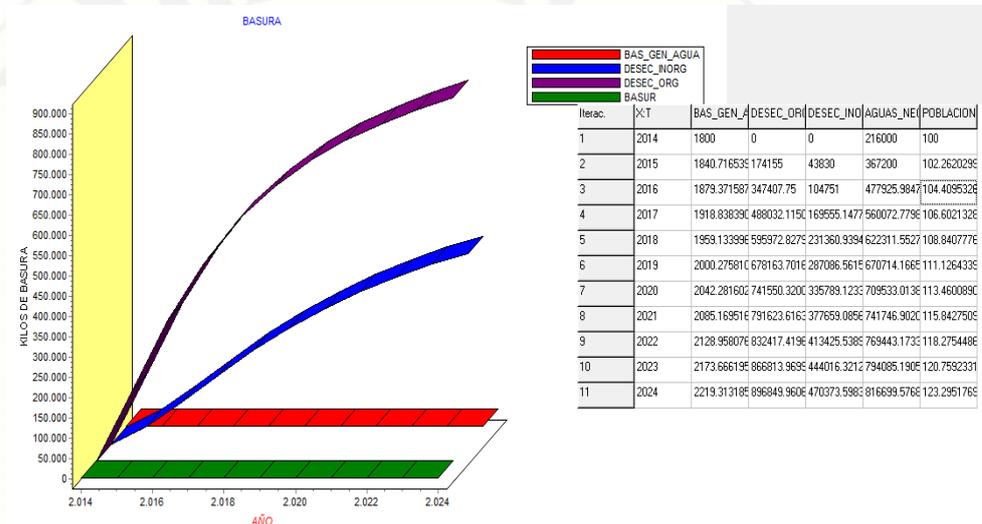


Figura 4.7: Comportamiento de componente basura en un escenario no aceptable

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

- Al cambiar el parámetro de la producción de aguas negras por habitantes al año

Inicial: 3600 Litros

Cambiado: 2160 Litros

- Al cambiar el parámetro de la producción de generación de basuras por habitantes al año

Inicial: 12 Kilos

Cambiado: 18 Kilos

El resultado es muy preocupante, como aumenta en la gráfica y en la tabla, el resultado de la cantidad de basura se incrementa desequilibradamente, y esto da como resultado el aumento de desechos orgánicos e inorgánicos que irían en un porcentaje a las riberas del río produciendo generación de coliformes y destrucción del río Opamayo.

4.1.4. ANÁLISIS DEL COMPONENTE FLORA

Escenario: Actual

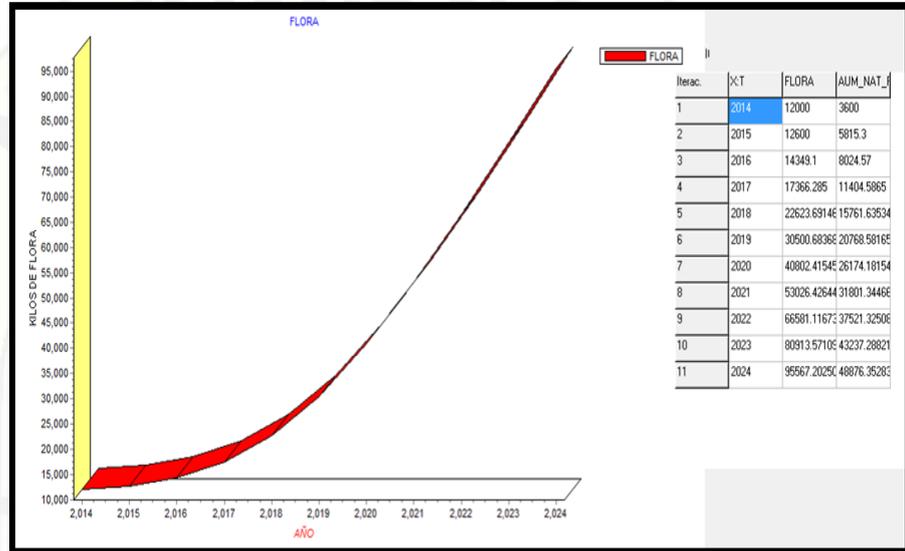


Figura 4.8: Comportamiento de componente flora en un escenario actual

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

En la gráfica nos muestra que la cantidad de la flora a pesar del crecimiento poblacional se mantiene constante, lo que podríamos decir que existe flora por muchos años más, pero ello no es así ya que a un crecimiento poblacional mayor la flora podría disminuir, a consecuencia de los desechos inorgánicos y la baja generación de nutrientes por parte de los desechos orgánicos, afectando así la calidad del agua en el río Opamayo.

Escenario: Aceptable

Para que nuestro modelo sea aceptable cambiamos la generación de basura.

Dato

Inicial: 12 kilos de basura producida por persona al año

Final: 6 kilos de basura producida por persona al año

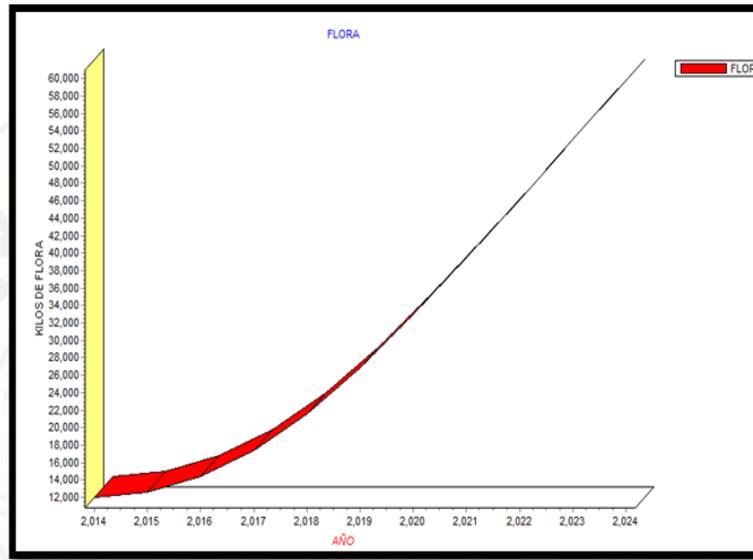


Figura 4.9: Comportamiento de componente flora en un escenario aceptable
Fuente. Elaboración propia

Al ver los resultados de la gráfica vemos que ha disminuido los kilogramos de flora, el cual es perjudicial para la conservación del río Opamayo.

Escenario: No Aceptable

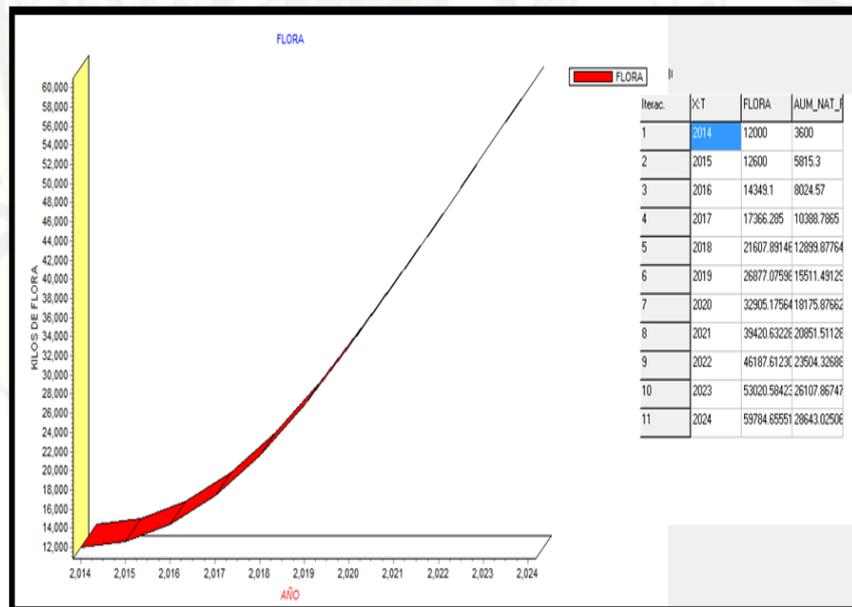


Figura 4.10: Comportamiento de componente flora en un escenario NO aceptable
Fuente: Elaboración propia

En este escenario es peor la conservación de la flora en el río, debido a que si incrementamos la generación de basura y de aguas negras, como resultado tendríamos la destrucción de la Flora y la propagación de enfermedades infecciosas para la piel, y otros en donde los más afectados serían los pobladores de las riberas del río en especial niños y madres gestantes.

4.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO

FACTOR 1: El arrojo de basura al río por parte de la población, los desechos orgánicos y los inorgánicos.

La población aledaña al río Opamayo arrojan basuras al río como desechos orgánicos e inorgánicos, ya sea en prácticas agrícolas, al momento de aseo (lavado de ropa, etc).



Figura 4.11: Evidencia de contaminación del río Opamayo
Fuente: Recolección propia

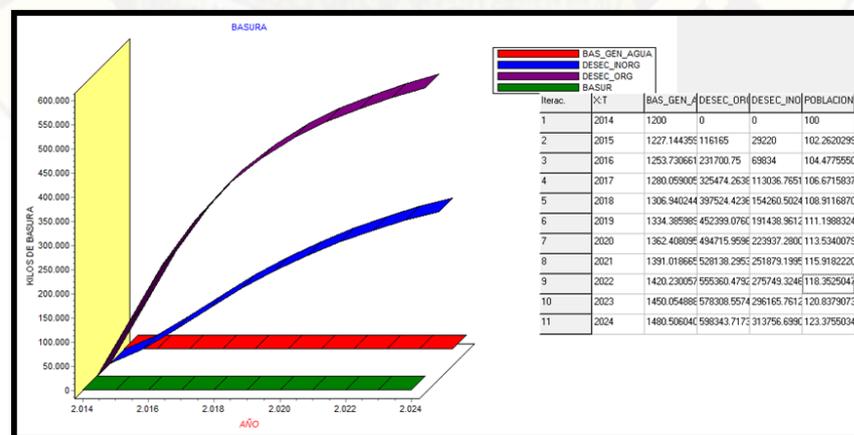


Figura 4.12: Comportamiento de componente basura
Fuente: Elaboración propia.

FACTOR 2. La generación de aguas negras por parte de la población aledaña al río Opamayo que contiene heces, orina, etc.

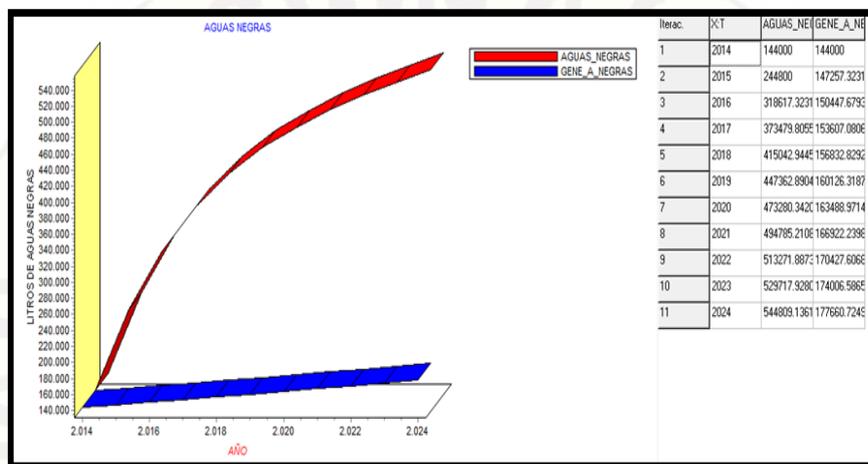


Figura 4.13: Comportamiento de la generación de aguas negras
Fuente: Elaboración propia.

FACTOR 3: CONTAMINACION PRODUCIDA POR LA AGRICULTURA Y GANADERÍA:

La ganadería genera más emisiones de gases causantes del efecto invernadero que el sector del transporte, según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 'el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero -el 18%, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)- que el sector del transporte. La ganadería es, además, 'una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos'. Las riberas del río Opamayo están cercanas a los pastolares de ganado y a las parcelas de siembrilla por parte de los agricultores y ganaderos del valle del Río Opamayo.

FACTOR 4: AGUA DOMESTICA CONTAMINADA

Las emisiones domésticas constituyen otro de los factores que influyen en la contaminación del agua del río Opamayo. Estas provienen, principalmente, de los distritos de Pampas y Daniel Hernández principalmente por su mayor urbanización. Asimismo, el rápido crecimiento de las poblaciones y el desarrollo de aglomeraciones en los distritos de Acraquia, Ahuaycha, Pampas y Daniel Hernández son los principales promotores de dicha forma de contaminación del río Opamayo.

4.3. PROPUESTA DE MEJORA FRENTE A LOS FACTORES DE CONTAMINACIÓN DEL RIO OPAMAYO - ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

FACTOR 1: El arroj de basura al rio por parte de la población, los desechos orgánicos y los inorgánicos.

Tabla 4.1: Propuestas de mejora del primer factor

| PROPUESTA | MEDICION | TIEMPO |
|--|---|--------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a la población en temas de reciclaje | Kilos de basura | 1 año |
| <ul style="list-style-type: none"> • Comercialización de desechos orgánicos e inorgánicos mediante convenios con entidades públicas. | Kilos de basura | 1 año |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar actividades conjuntas de limpieza de las riberas del río Opamayo entre el ministerio de educación, gobiernos ediles, centro de salud y población, de forma activa participativa. | Kilos de basura retirada | 1 año |
| <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar mecanismos de control social para el buen manejo de residuos sólidos. | Familias comprometidas con el manejo de residuos sólidos. | 1año |

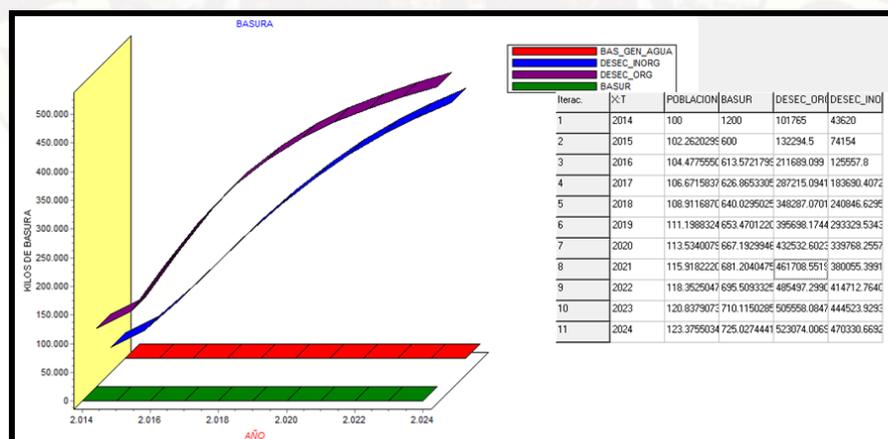


Figura 4.14: Generación de desechos orgánicos e inorgánicos

Fuente: Elaboración propia.

A pesar que se genere los desechos orgánicos e inorgánicos la contaminación del río Opamayo de basura y de aguas negras, se controlarían porque las autoridades y sobre todo la población evitarían contaminarla.

FACTOR 2. La generación de aguas negras por parte de la población aledaña al río Opamayo que contiene heces, orina, etc.

Tabla 4.2: Propuestas de mejora del segundo factor

| PROPUESTA | MEDICION | TIEMPO |
|---|--------------------------------------|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Realizar clases o charlas de educación ambiental | Número de charlas de sensibilización | 3 charlas por año |
| <ul style="list-style-type: none"> Sancionar a las personas con una multa, que arrojan aguas negras que van al rio | Número de personas | 1 año |
| <ul style="list-style-type: none"> Proponer pozos de tratamiento de aguas servidas antes de que llegue al Río Opamayo. | Litros libres de contaminación. | 1 año |

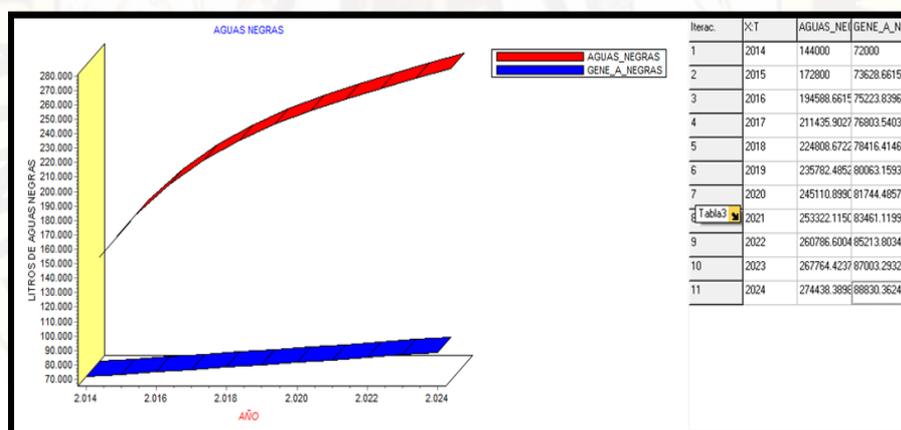


Figura 4.15: Grafica de la propuesta del factor 2.

Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en la gráfica al implementar la propuesta para el factor 2, la generación de aguas negras sería mínima la que iría al río Opamayo, todo ello a que es necesario la implementación de un pozo de tratamiento de aguas servidas y que la población asuma el rol protagonista de conservar el afluente río Opamayo.

FACTOR 3: CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR LA AGRICULTURA Y GANADERÍA:

Tabla 4.3: Propuestas de mejora del tercer factor

| Propuesta | Medición | Tiempo |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sensibilizar a la población acerca de los fertilizantes que utilizan para la siembra y cultivo de diferentes alimentos que son indispensables para ellos. • Se debería de realizar charlas y campañas para concientizar acerca del adecuado uso de estos componentes químicos los cuales de alguna forma afecta a la calidad de agua del río Opamayo. | <p>Cantidad de charlas que se da a la población con tal de sensibilizar e informar acerca de la contaminación del agua.</p> | <p>Se espera cumplir el objetivo en 2 años aproximadamente.</p> |

FACTOR 4: AGUA DOMESTICA CONTAMINADA:

Tabla 4.4: Propuestas de mejora del cuarto factor

| PROPUESTA | MEDICIÓN | TIEMPO |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Según la contaminación por la población de agua domestica aceites y suciedades varias que no conviene echarse directamente al río. • Podemos intentar recogerlo del agua sobrante y esparcirlo por la mayor superficie posible. De este modo se irá degradando un poco con el sol y no se concentrará peligrosamente. También podemos recogerlo y calentar en la cocina hasta que se evapore, consuma o quemé. • El hoyo de desperdicios químicos debe estar | <p>Cantidad de charlas que se da a la población con tal de sensibilizar e informar acerca de la contaminación del agua.</p> | <p>Se espera cumplir el objetivo en 2 años aproximadamente.</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>situado relativamente cerca de la cocina, por motivos de transporte, la responsabilidad de situarlo lejos de cualquier cauce de agua, manantial u otros es mucho mayor ya que la filtración de sustancias contaminantes es mucho más fácil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus dimensiones deben estar alrededor de 150 cm. de profundo por unos 50 cm. de diámetro, para facilitar el drenaje se debe depositar en el fondo un lecho de grava y otro de madera cortada en trozos pequeños, procurad depositar los líquidos no muy deprisa para que no se os "atore el hoyo". Aquí entra un poco vuestra imaginación para que no se cubra de moscas el lugar, podéis taparlo con ramos, plásticos, etc. | | |
|---|--|--|

4.3.1. ACCIONES CONJUNTAS DE SENSIBILIZACIÓN.

Se presentará un conjunto de acciones respecto a educación ambiental, Coordinación Edil, y coordinación Interinstitucional con el fin de evitar la contaminación del río Opamayo.

Tabla 4.5: Acciones Conjuntas de Sensibilización

| EDUCACIÓN AMBIENTAL | COORDINACIÓN EDIL | COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la generación de residuos sólidos que se produce en toda la población: • Difundir a través de los diferentes medios de comunicación, la importancia del manejo adecuado | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar cursos de capacitación. • Coordinación con la USE para la capacitación a docentes y alumnos. | <ul style="list-style-type: none"> • Reunión multisectorial en coordinación con la Mesa de Concertación. • Promocionar y difundir respecto al control de los residuos sólidos. |

| | | |
|---|---|---|
| <p>de la basura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concienciar a la población mediante capacitación continua, charlas, talleres y otros. • Promocionar campañas de limpieza en fechas conmemorativas. • Promover el reciclaje, así como el rehúso de los residuos orgánicos en la ciudad: • Difundir el uso del abono orgánico en los pobladores y/o agricultores de la zona. • Coordinar campañas de limpieza. • Desarrollar un Plan de Educación Ambiental a nivel de organizaciones de base: • Sensibilizar y capacitar a los líderes de organizaciones en temas de medio ambiente. <p>Coordinar campañas de limpieza.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar afiches alusivos al reciclaje de residuos sólidos. <p>Pintar murales indicando respecto a los residuos sólidos y evitar los botaderos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Organizarse para sensibilizar a la población. • Realizar convenio con el Instituto para promocionar el uso del compus. • Promover la participación de los agentes generadores de residuos sólidos, se debe promover que los grandes generadores de residuos; pobladores y comerciantes participen conjuntamente con las municipalidades para mantener limpia la ciudad, buscando una actitud social positiva. |
|---|---|---|

4.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados presentados generan a su vez una serie de observaciones y comentarios, los que serán tratados de acuerdo al sistema hipotético conceptual planteado en la presente investigación, por lo cual se tendrán en cuenta los siguientes niveles de análisis; el marco hipotético, lo correspondiente a la hipótesis general, y lo referido a las hipótesis específicas.

4.4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS REFERIDO A LA HIPÓTESIS DESCRIPTIVA GENERAL

Mediante la elaboración de un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas se puede evaluar la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en la provincia de Tayacaja pudiéndose determinar los factores de contaminación y plantear una propuesta de conservación del Río Opamayo.

Después de realizar la investigación se comprueba que efectivamente un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas es de gran ayuda para analizar una realidad compleja, en este caso nos ayudó a identificar los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo estos factores son:

- a) El arrojo de basura al río por parte de la población, los desechos orgánicos y los inorgánicos
- b) La generación de aguas negras por parte de la población aledaña al río Opamayo que contiene heces, orina, residuos de lavandería, etc.
- c) Contaminación producida por la agricultura y ganadería:
- d) Agua doméstica contaminada:

De igual manera se propone una propuesta por factor y a nivel sectorial con el cual se contrarresta la contaminación al río Opamayo.

4.4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS REFERIDOS A LAS HIPÓTESIS DESCRIPTIVAS ESPECÍFICAS.

- a) **Un modelo de simulación bajo el enfoque de la dinámica de sistemas es el instrumento apropiado que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en el Distrito de Pampas.**

Esta hipótesis descriptiva se comprueba al presentar los 4 factores identificados y al realizar el análisis de sensibilidad por cada uno de los componentes del modelo en diferentes escenarios (actual, aceptable y no aceptable), en donde se da a notar la importancia de asumir un rol

protagonista en la conservación de río Opamayo ya que de lo contrario la recuperación de esta fuente hídrica será difícil de recuperarla, debido a que estaría contaminada por bacterias, basura, convirtiéndose en un foco infeccioso perjudicial para la población aledaña de los distritos de Acraquia, Ahuaycha, pampas y Daniel Hernández.

c) Los componentes del modelo de simulación tienen características sistémicas de sinergia, recursividad, integridad, estructura y entorno.

Esta hipótesis descriptiva se comprueba al analizar: Los cuatro componentes (Población, basura, Coliformes y Flora) se integran de manera sistémica, al respecto Rodríguez Ulloa nos dice que un sistema es un conjunto de partes que interrelacionan entre sí, con el fin de alcanzar un objetivo en común. En la presente investigación el fin es identificar los factores que contaminantes del Río Opamayo y proponer una propuesta de acciones para contrarrestar la contaminación. Respecto a la recursividad cada uno de los componentes es un objeto sinérgico parte de un sistema con características similares que lo hacen parte del sistema en estudio. Al presentar los diferentes diagramas causales por componentes y al integrarlos en uno estamos cumpliendo con el principio de integridad, y con la estructura del modelo ya que debido a esa interrelación de variables podemos identificar los diferentes comportamientos del modelo en el tiempo.

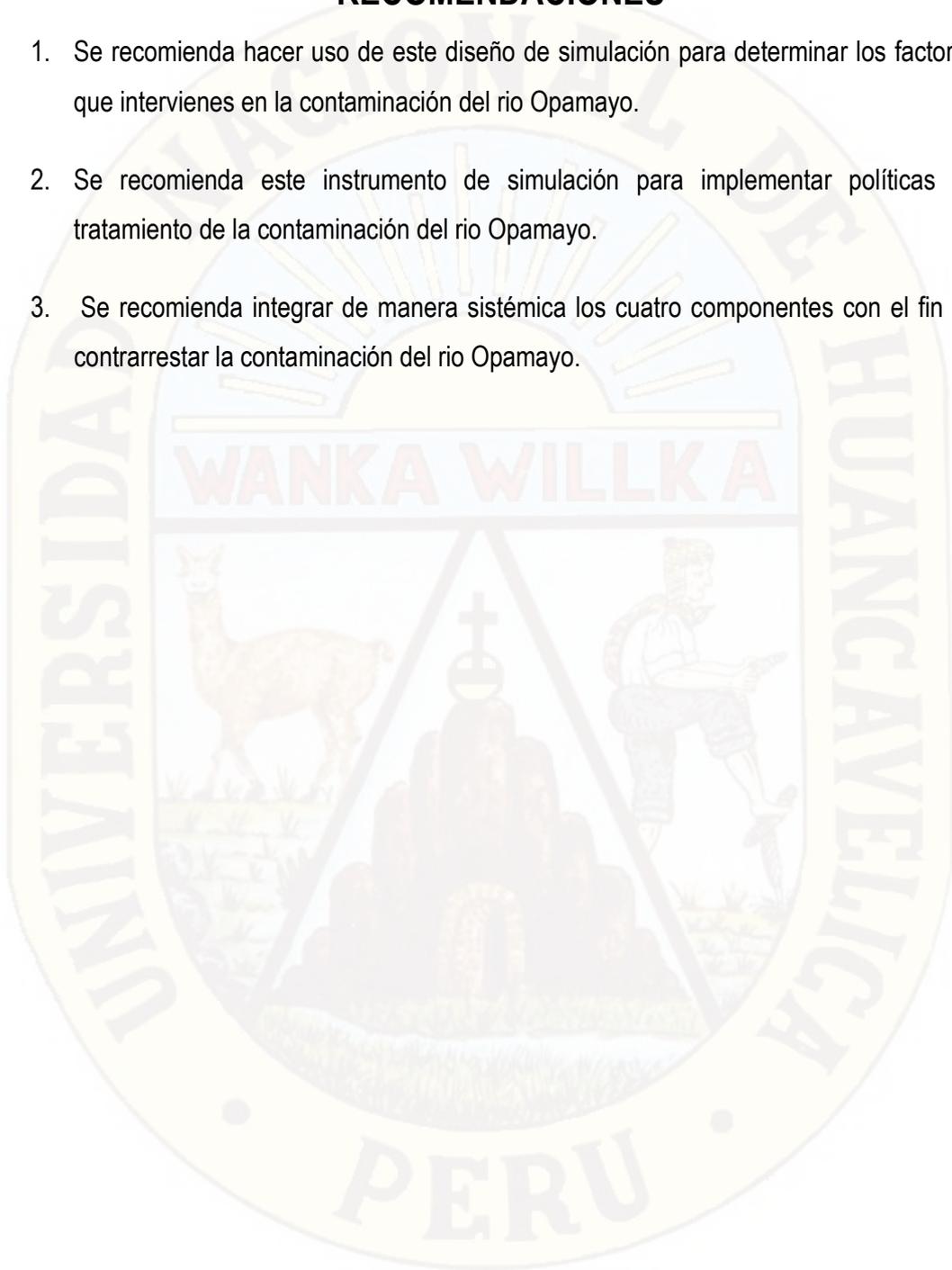
Por tanto, el modelo tiene características sistémicas que lo hacen aceptable para su posible replica en otro escenario.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un modelo de simulación para determinar los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo. ⁽¹⁾ El arrojó de basura al río por parte de la población, los desechos orgánicos y los inorgánicos. ⁽²⁾ La generación de aguas negras por parte de la población aledaña al río Opamayo que contiene heces, orina, residuos de lavandería, etc. ⁽³⁾ La contaminación producida por la agricultura y ganadería y ⁽⁴⁾ el agua domestica contaminada.
2. Se determinó el instrumento que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo.
3. El modelo está formado por cuatro componentes (Población, basura, Coliformes y Flora) que se integran de manera sistémica, con el fin de contrarrestar la contaminación del Río Opamayo. El modelo tiene características sistémicas que lo hacen aceptable para su posible replica en otro escenario.

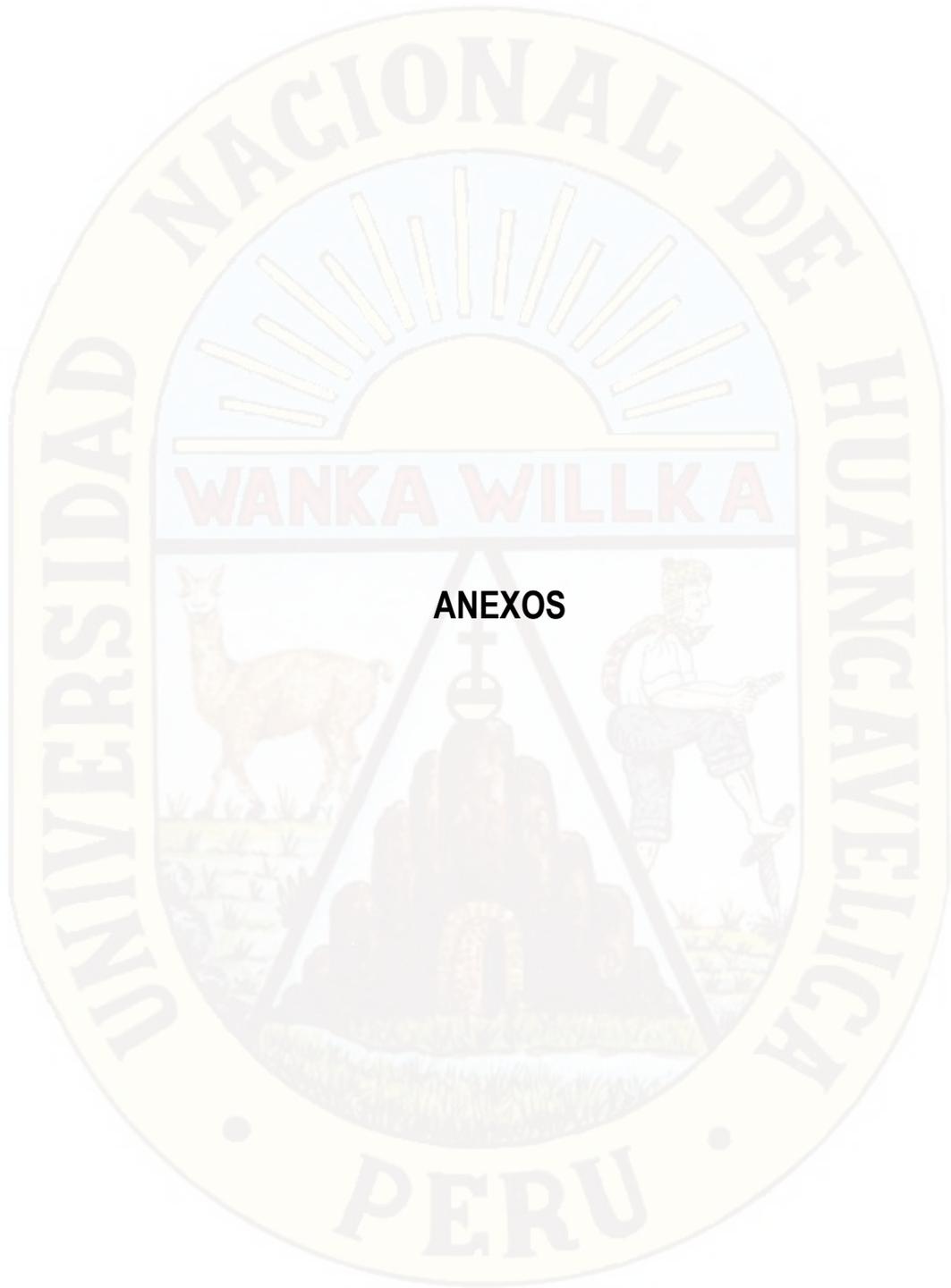
RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer uso de este diseño de simulación para determinar los factores que intervienen en la contaminación del río Opamayo.
2. Se recomienda este instrumento de simulación para implementar políticas de tratamiento de la contaminación del río Opamayo.
3. Se recomienda integrar de manera sistémica los cuatro componentes con el fin de contrarrestar la contaminación del río Opamayo.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Sosa, A. (2004). *Introduccion a la Dinamica de Sistemas*. Colombia: Editorial Megabyte.
2. Aracil, J. (1999). *Introduccion a la Dinamica de Sistemas*. Sevilla, España: Segunda Edicion, Editorial Alianza.
3. Martín, J. (2011). *Dinamica de Sistemas*. Barcelona: Segunda Edición.
4. Andrade, H., Dyner, I., Espinoza, A., Lopez, H., & Sotaquira, R. (2007). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en busqueda de Unidad*. Bucaramanga, Colombia: Ediciones Universidad Industrial de Santander.
5. El Comercio (28 de junio de 2010). *El Comercio*. Obtenido de El Comercio: <https://archivo.elcomercio.pe/ciencias/planeta/presa-desechos-toxicos-mina-colapso-huancavelica-contamino-rio-opamayo-noticia-502244>
6. El Comercio (04 de Julio de 2010). *El comercio*. Obtenido de El comercio: <http://elcomercio.pe/planeta/505283/noticia-huancavelica-40-poblacion-afectada-derrame-relave-no-cuenta-agua-potable>



ANEXOS

ANEXO 1.
MATRIZ DE CONSISTENCIA

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables |
|--|---|---|--|
| ¿Cuáles son los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo? | Diseñar un modelo de simulación y determinar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo en la provincia de Tayacaja. | Mediante la elaboración de un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas se puede evaluar la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en la provincia de Tayacaja pudiéndose determinar los factores de contaminación y plantear una propuesta de conservación del Río Opamayo | <ul style="list-style-type: none">• Modelo de simulación bajo la dinámica de Sistemas• Contaminación del agua del Río Opamayo |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>¿Cuál es el instrumento que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo?</p> | <p>Determinar el instrumento que permita identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo</p> | <p>Un modelo de simulación bajo el enfoque de la dinámica de sistemas es el instrumento apropiado que permite identificar los factores que intervienen en la contaminación del agua del río Opamayo y su impacto en el medio ambiente en la Provincia de Tayacaja.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Modelo de simulación bajo la dinámica de Sistemas |
| <p>¿Cuáles son las características de los componentes del instrumento de simulación?</p> | <p>Determinar las características de los componentes del modelo de simulación</p> | <p>Los componentes del modelo de simulación tienen características sistémicas de sinergia, recursividad, integridad, estructura y entorno.</p> | |

ANEXO 2.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

| Variable de estudio N° 01 | Indicadores |
|--|---|
| Contaminación del agua del Río Opamayo | <ul style="list-style-type: none">• Desechos orgánicos, inorgánicos(basura)• Contaminación por medio de aguas domésticas.• Contaminación por medio de la agricultura y ganadería• Generación de aguas negras |

| Variable de estudio N° 02 | Indicadores |
|---|--|
| Modelo de simulación bajo la dinámica de Sistemas | <ul style="list-style-type: none">• Eficiencia del modelo• Componentes del modelo• Análisis de sensibilidad. |

ANEXO N° 03.

Proceso de modelado factores que intervienen en la contaminación del Río Opamayo Tayacaja mediante la Dinámica de Sistemas

Para abordar el problema de la contaminación del Río Opamayo en forma integral, se construyó un modelo mediante el cual interpretar, comprender y luego plantear acciones de mejora a la situación problemática. Este modelo no fue diseñado como una herramienta de estimación sino como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, para ello la dinámica de sistemas como una metodología sistémica presenta en forma general y sistemática tres fases en el proceso desarrollo del modelo⁹, los cuales son:

- Fase de conceptualización
- Fase de formulación
- Fase de evaluación

1.1. Fase de conceptualización

En esta fase se inicia con la familiarización con el problema que estamos estudiando, para ello recogeremos información tanto de fuentes primarias y secundarias. De esta forma nos sumergiremos en el problema en estudio; para finalmente llegar a construir el diagrama de influencias del sistema.

1.1.1 Definición del sistema de contaminación del Río Opamayo

El río Opamayo es uno de los principales ríos de la provincia de Tayacaja y una de sus principales fuentes de agua. Durante el estudio del trabajo se vio en distintos casos la generación de aguas negras que son producidas por la población, también los desechos fecales de los animales, que a su vez esto produce coliformes.

⁹ Dinámica de Sistemas. Javier Aracil y Francisco Gordillo. Pág. n° 108-109



Figura N 01: Diagnosticando la contaminación del Río Opamayo.
Fuente: Recolección propia

Las entrevistas que realizamos a los pobladores durante nuestro estudio acerca de la cantidad de aguas negras (desagües, eses del ganado, basura, u otro contaminante de las aguas del Río) que producen obtuvimos los siguientes datos

Tabla N° 01: Datos obtenidos de entrevista a pobladores

| POBLADOR | Aguas negras producida por Niños y adolescentes | Aguas negras producida Personas Mayores | Por Pers. |
|--|--|--|------------------|
| Pobladores del distrito de Acraquia | 2 litros | 7 litros | 4.5 |
| Pobladores del distrito de Ahuaycha | 1 litro | 4 litros | 2.5 |
| Pobladores del distrito de Pampas | 3 litro | 8 litros | 5.5 |
| Pobladores del distrito de Daniel Hernández. | 2 litros | 5 litros | 3.5 |
| Tasa promedio de aguas negras. | 2 | 6 | 4 |

Fuente: Elaboración Propia



Figura N 02: Contaminación del Río Opamayo
Fuente: Recolección propia

Así como los desechos fecales también se encuentran otros tipos de desechos como: plásticos, trapos, animales muertos, desmontes, hojas y troncos de los árboles.

Durante el recorrido realizado por el río Opamayo, se encontró desechos orgánicos como inorgánicos lo cual fue medido en promedio en Kilogramos. (Para ello se tomó muestra de tramos durante el recorrido en los cuatro distritos)

Tabla N° 02: Desechos orgánicos e inorgánicos encontrados

| TIPO DE DESECHO | CANTIDAD | PORCENTAJE |
|-----------------|-----------|------------|
| ORGANICO | 65 Kilos | 65% |
| INORGANICO | 35 Kilos | 35% |
| TOTAL BASURA | 100 Kilos | 100% |

Como veremos en las imágenes durante el recorrido, pudimos constatar que existen en las horillas y dentro del río la flora por lo que medimos en kilos en un tramo de 20 metros.

Tabla N° 03: Flora encontrada en los diferentes distritos del valle

| Tramo | Cantidad |
|---------------------|----------|
| 1. Daniel Hernández | 20 kilos |
| 2 Pampas | 30 kilos |
| 3 Ahuaycha | 40 kilos |
| 4 Acraquia | 30 kilos |

Entonces tomamos cuatro tramos (Un tramo por distrito) y el promedio es 60 kilos en un tramo de 40 metros.

Tenemos 8 kilómetros de largo del río equivalente a 8000 metros, entonces tenemos 12000 kilos de flora en todo el tramo del río.



Recorrido del Río en el distrito de Pampas

Recorrido del Río en el distrito de Pampas



Figura N 03: Cálculo de flora del Río Opamayo en promedio

Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Elementos del sistema propuesto.

A continuación mencionaremos los elementos clasificados en tres componentes interactuados entre sí:

➤ **Componente de la población**

Este componente tiene como elementos relacionados propiamente con las características de la población que influye directamente en la contaminación de las aguas del Río Opamayo.

➤ **Componente Coliformes**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Son producidas a partir de la generación de aguas negras y las basuras. En nuestro caso lo vamos a medir en kilos

➤ **Componente Basura**

Este componente muestra la cantidad de basura que se genera, y que parte de ella va a las riberas del río Opamayo.

➤ **Componente Flora**

Este componente está formado por las plantas que viven en las orillas y dentro del afluente del Río Opamayo. Las plantas que viven en los ríos juegan un importante papel en su ecosistema general. Le dan comida y asilo a los animales, que viven en los ríos y fuera de los ríos. Contribuyen a que el nivel de oxígeno sea más alto y que el agua esté más limpia.

1.1.3 Límites y frontera del sistema

Límites delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites¹⁰.

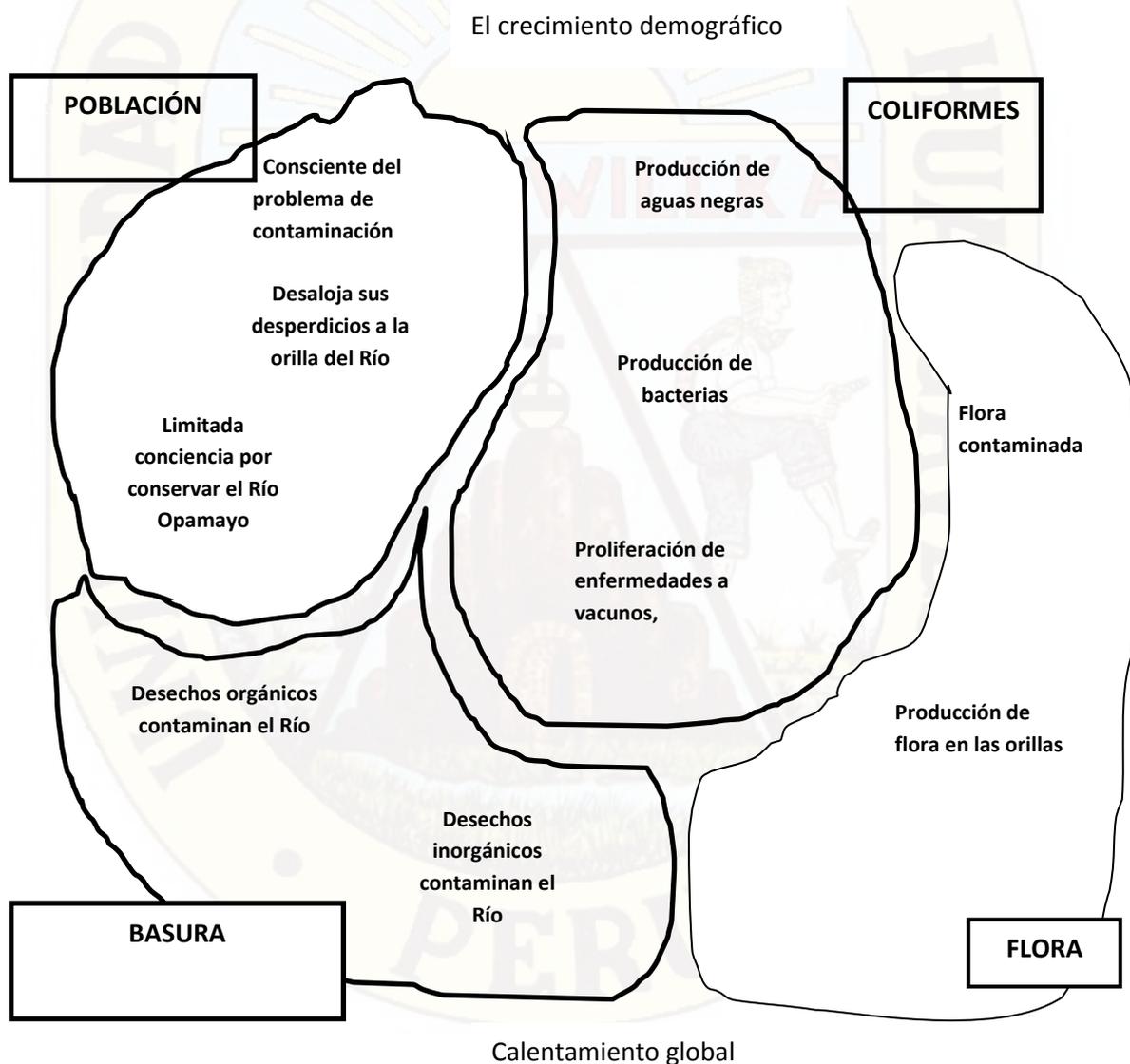


Figura N 04: Fronteras de los componentes del sistema
Fuente: Elaboración propia

¹⁰ Dinámica de Sistemas, Javier Aracil, Pág. 81

1.1.4 Modelado por componentes.

a. Componente Población

Con el pasar del tiempo, las personas se van de un lugar a otro en busca de nuevas oportunidades de superación es así que una gran parte de la población se ha ido estableciendo en los márgenes de los ríos, debido a la riqueza de sus suelos y el hábitat, esto puede ser tomado como un proceso natural. Sin embargo en la actualidad, el crecimiento urbano, está deteriorando el equilibrio natural del ecosistema fluvial, siendo unos de los principales factores que degeneran la calidad del agua y sus riberas.

La población influye positivamente en la generación de basuras (orgánica e inorgánica). Los desechos orgánicos influyen en el aumento de la flora, La flora al destruirse influye en el aumento de las basuras. A consecuencia de las aguas negras producidas por la población y las basuras aumentan los coliformes los cuales a su vez causan enfermedades que disminuyen la población. Los desechos inorgánicos disminuyen la flora en el agua.

- **Diagrama Causal**

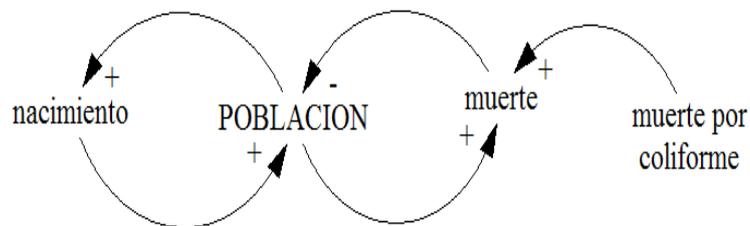


Figura N 05: Diagrama de Influencias Componente población

Fuente: Elaboración propia.

- **Diagrama Forrester**

Tabla N° 04: datos para el diagrama de forrester

| TIPO DE VARIABLE | DESCRIPCION |
|------------------|----------------------|
| NIVEL | Población |
| FLUJO | Nacimiento |
| FLUJO | Muerte |
| Constante | Tasa de Nacimiento |
| Constante | Tasa de Muerte |
| Auxiliar | Muerte por coliforme |

- **Datos:**

Cantidad de personas aledañas: 100

Porcentaje de Nacimiento: 0.034%

Porcentaje de Muertes: 0.010 %

Aumento de las muertes debido a los coliformes:

INTSPLINE(2,0,0.1,1,1.05,1.07,1.09,1.1,1.12,1.16,1.17,1.2,1.25,1.3)

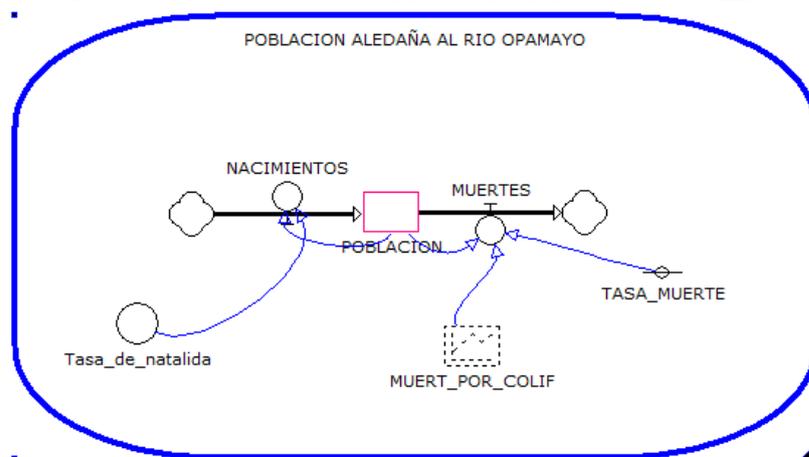


Figura N 06: Diagrama Forrester componente población
Fuente: Elaboración propia.

Reproducción del Comportamiento

De cara a realizar las simulaciones hemos considerado que la unidad de simulación va a ser el año (Years). En un periodo del 2014 al 2024,

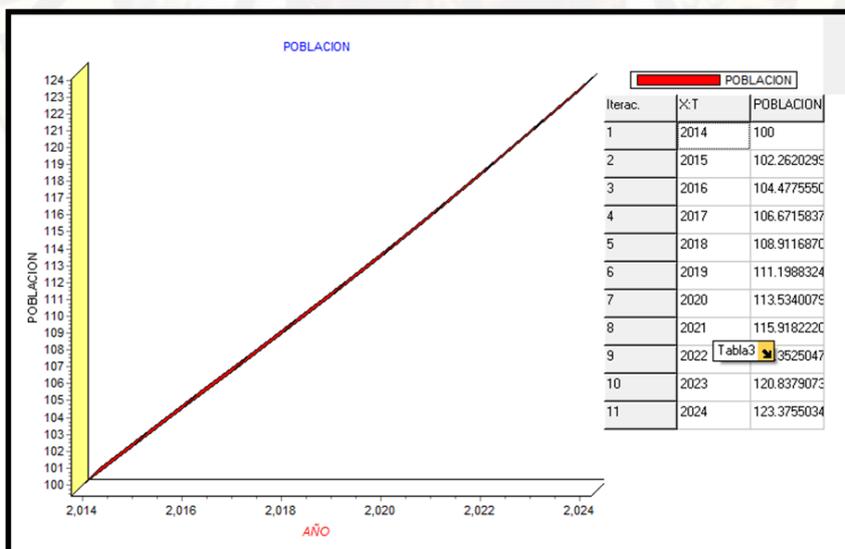


Figura N 07: Comportamientos de la población.
Fuente: Elaboración propia.

b. Componente Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Son producidas a partir de la generación de aguas negras y las basuras. En nuestro caso lo vamos a medir en kilos

Los coliformes son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.

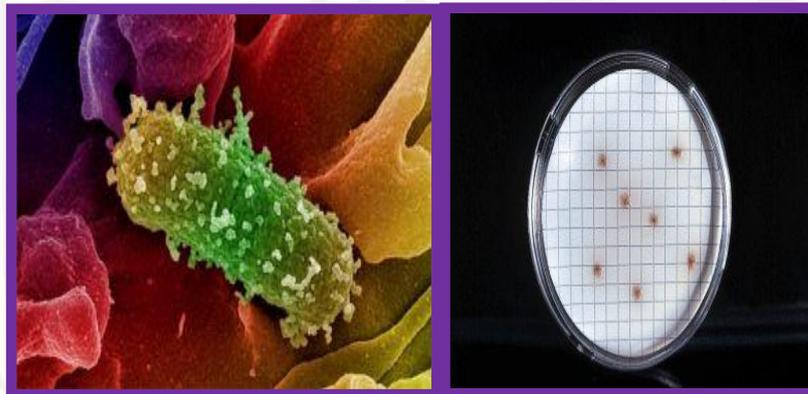


Figura N 08: Los Coliformes

Tabla N° 05: Generación de coliformes

| <i>Productor</i> | <i>Porcentaje de coliforme</i> | <i>Cantidad de Productor</i> |
|------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Aguas Negras | 0.0003 Kilos | 1 litro |
| Basura | 0.0002 Kilos | 1 Kilo |

Fuente: Ministerio de Agricultura-Pampas

Tabla N° 06: Eliminación de Aguas Negras y Coliformes

| <i>Productor</i> | <i>Eliminación Natural</i> |
|------------------|----------------------------|
| Aguas Negras | 0.3 Litros |
| Basura | 0.2 Kilos |

Fuente: Elaboración propia

- **Diagrama De Influencias**

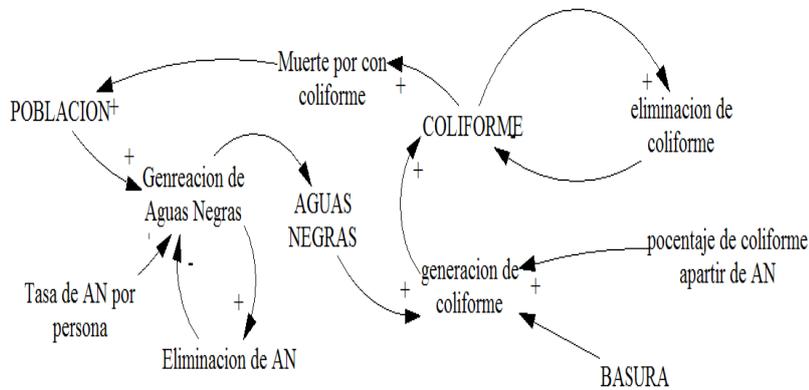


Figura N 09: Diagrama de Influencias Componente coliformes
Fuente: Elaboración propia.

En este componente COLIFORME se puede distinguir dos niveles **POBLACION** y **Coliformes**:

- La población genera diariamente aguas negras y esto es equilibrada solamente por la eliminación natural.
- La generación de coliformes se da a consecuencia de las aguas negras y las basuras, el efecto del sol es un factor importante para el aumento del coliformes.
- Los coliformes son bacterias que causan enfermedades y esto es dañino para la población, de esta manera influye negativamente en la población.

4 Diagrama de Forrester

Tabla N° 07: Variables para el diagrama de Forrester

| TIPO DE VARIABLE | DESCRIPCION |
|------------------|---------------------------------------|
| NIVEL | Coliformes |
| NIVEL | Aguas Negras |
| FLUJO | Generación de Aguas Negras |
| FLUJO | Generación de Coliformes |
| FLUJO | Eliminación de Coliformes |
| Constante | Habitantes |
| Constante | Tasa de Aguas Negras Por Habitante |
| Constante | Porcentaje de coliformes en la basura |
| Constante | Porcentaje de coliformes |
| Constante | Efecto del sol |
| Constante | Cantidad de coliformes tolerable |
| Auxiliar | Basura |
| Auxiliar | Agua con coliforme |
| Auxiliar | Muerte por coliforme |

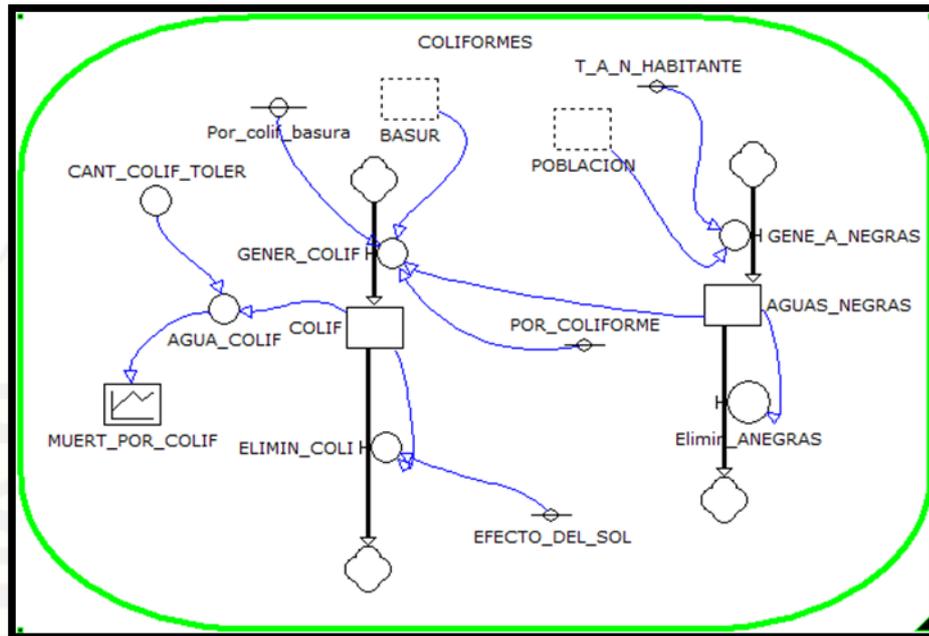


Figura N° 10: Diagrama Forrester componente Coliformes

Fuente: Elaboración propia

La funcionalidad de este modelo es medir la cantidad de aguas negras en litro y la cantidad coliformes en kilogramo, cuanto mayor sea la cantidad de aguas negras nos dice que hay mayor contaminación en el Río Opamayo. De igual manera a mayor cantidad de coliformes mayor cantidad de aguas negras.

- Los coliformes están en aumento por la cantidad de basuras, y la cantidad de aguas negras controladas por efectos de la naturaleza que es el sol
- Los coliformes dan como resultado kilos de bacterias que en un porcentaje dado causan enfermedades a las personas.

DATO:

Aguas negras producidas por persona al año: **1440 Litros**

Cantidad de aguas negras: **144000 litros**

Reproducción del Comportamiento

De cara a realizar las simulaciones hemos considerado que la unidad de simulación va a ser el año (Years). En un periodo del 2014 al 2024,

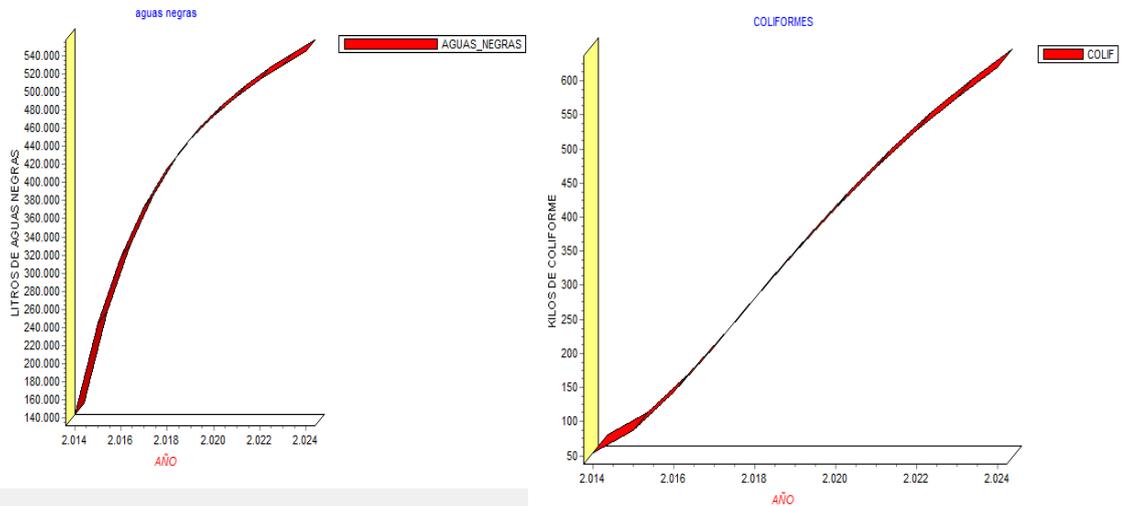


Figura N° 11: Comportamientos de los coliformes
Fuente: Propia.

Tabla N° 08: Tabla de datos

| Iterac. | X:T | COLIF | AGUAS_NEGRAS | BASUR |
|---------|------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | 2014 | 54.24 | 144000 | 1200 |
| 2 | 2015 | 86.832 | 244800 | 1200 |
| 3 | 2016 | 143.1456 | 318617.3231 | 1227.144359 |
| 4 | 2017 | 210.3471056 | 373479.8055 | 1253.730661 |
| 5 | 2018 | 280.5723724 | 415042.9445 | 1280.059005 |
| 6 | 2019 | 349.2267931 | 447362.8904 | 1306.940244 |
| 7 | 2020 | 413.8516896 | 473280.3420 | 1334.385989 |
| 8 | 2021 | 473.3323315 | 494785.2106 | 1362.408095 |
| 9 | 2022 | 527.3739101 | 513271.8873 | 1391.018665 |
| 10 | 2023 | 576.1588980 | 529717.9280 | 1420.230057 |
| 11 | 2024 | 620.1265428 | 544809.1361 | 1450.054888 |

c. Componente Basura

Quando se arroja basura al agua, esta se empieza a descomponer, y si la cantidad de basura excede la capacidad natural de autodepuración del agua esta se contamina de bacterias, pues hay que tener en cuenta que el agua cuando esta naturalmente puede descomponer las hojas que caen a los ríos pero muchos se dirán ¿que por qué no se contamina?

Eso se debe a que no se excede la capacidad que tiene está, además al ir corriendo o fluyendo el agua se oxigena y esta ayuda a descomponer los residuos orgánicos.

Pero si tiramos botellas, llantas, trapo, plásticos, etc. Esta por lo general crea como un microambiente a su alrededor y este se llama basuras inorgánicas

Entonces este componente trata el crecimiento y eliminación de basuras y la selección en desechos orgánicos e inorgánicos.

Tabla N° 09: Kilos de basura

| CANTIDAD DE POBLACION | AÑO |
|-----------------------|----------------|
| 100 Personas | 1200 kilos/mes |
| 1 Persona | 12 Kilos/mes |

Fuente: Propia (resultado de la entrevista realizada a los pobladores)

Tabla: N° 10: Generación de desechos

| TIPO DE GENERACION | DESECHO ORGANICO | DESECHO INORGANICO |
|--------------------|------------------|--------------------|
| AGUAS NEGRAS | 0.8 | 0.2 |
| POR CLASIFICACION | 0.65 | 0.35 |

Fuente: Elaboración propia

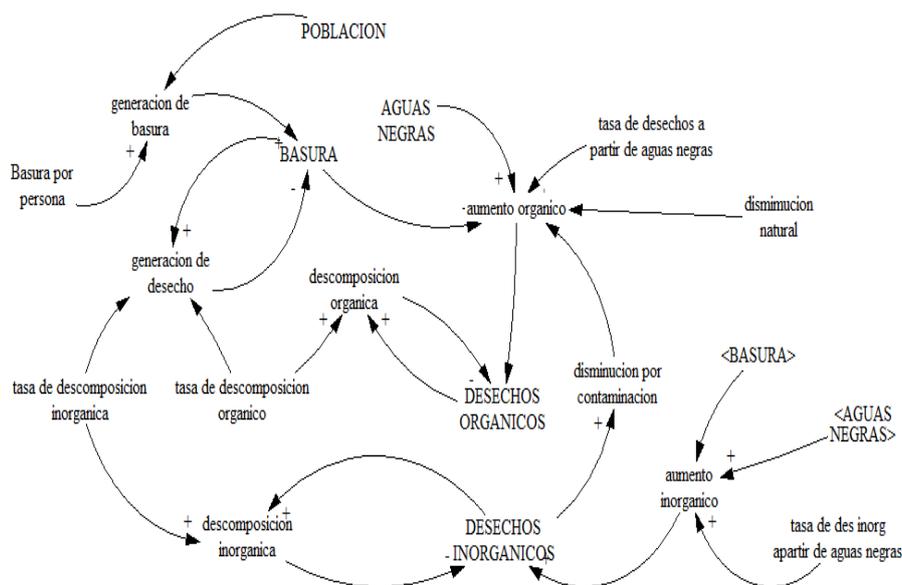


Figura N° 12: Diagrama de Influencias Componente Basura

Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción**
 - ✓ A mayor población mayor, generación de basura (orgánico e inorgánico)
 - ✓ Las aguas negras son generadas por la población y por medio de las basuras, esto influye en el aumento de desechos orgánicos e inorgánicos
 - ✓ Los desechos orgánicos son producidos por la descomposición de la flora.
- **Diagrama Forrester**

Tabla N° 11: Variables para el diagrama de forrester componente de basura

| TIPO DE VARIABLE | DESCRIPCION |
|-------------------------|--|
| NIVEL | Desechos Orgánicos |
| NIVEL | Desechos Inorgánicos |
| NIVEL | Basura |
| FLUJO | Aumento orgánico |
| FLUJO | Descomposición Orgánico |
| FLUJO | Aumento Inorgánico |
| FLUJO | Descomposición Inorgánico |
| FLUJO | Generación de Basura |
| FLUJO | Generación de Desechos |
| Constante | Disminución natural flora |
| Constante | Disminución Flora por la contaminación |
| Constante | Tasa de basura orgánica |
| Constante | Tasa de desecho orgánico |
| Constante | Tasa de desecho en Aguas Negras |
| Constante | Tasa desechos Inorgánicas Aguas Negr. |
| Constante | Tasa de desechos inorgánicos |
| Constante | Tasa de basura inorgánica |
| Constante | Tasa de basura en el agua |
| Constante | Tasa de basura por persona |
| Constante | Población |
| Auxiliar | Desecho |
| Auxiliar | Aguas Negras |
| Auxiliar | Desechos inorgánicos en aguas negras |
| Auxiliar | Basura generada en el agua |

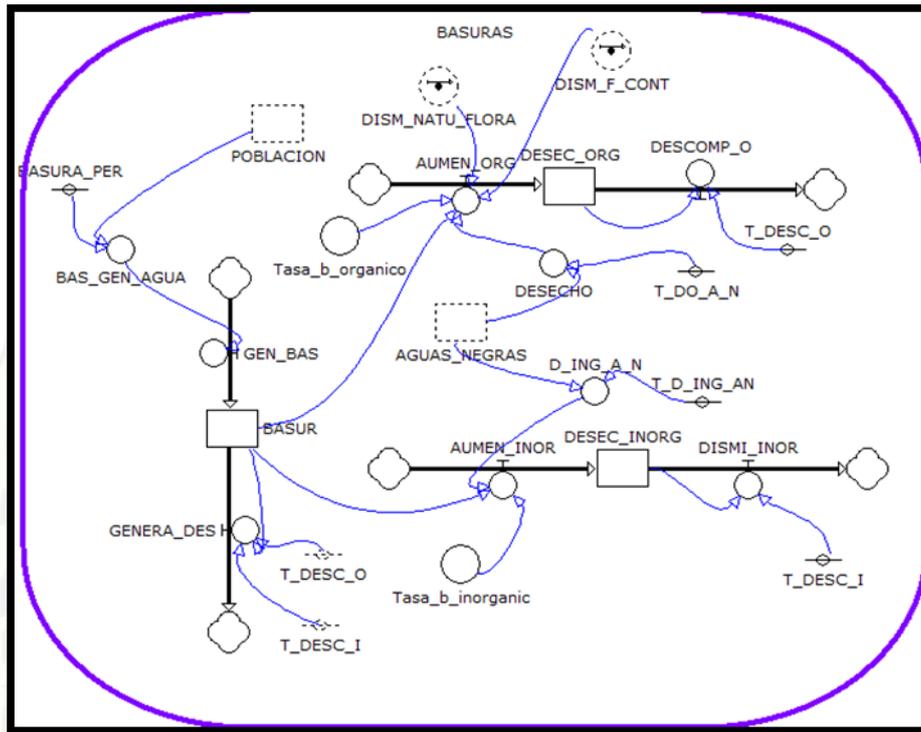


Figura N° 13: Diagrama Forrester componente Basura

Fuente: .Elaboración Propia

La funcionalidad del modelo es medir la cantidad basuras tanto como el de desechos orgánicos e inorgánicos que son arrojadas al río, la medición se realiza en kilogramos por año

DATO:

Basura que son arrojadas al río por persona: **12 kilos**

Cantidad de basura total: **1200 Kilos**

D. COMPONENTE FLORA

Las plantas que viven en los ríos juegan un importante papel en su ecosistema general. Le dan comida y asilo a los animales, que viven en los ríos y fuera de los ríos, contribuyen a que el nivel de oxígeno sea más alto y que el agua esté más limpia.

- **Diagrama de Influencia**

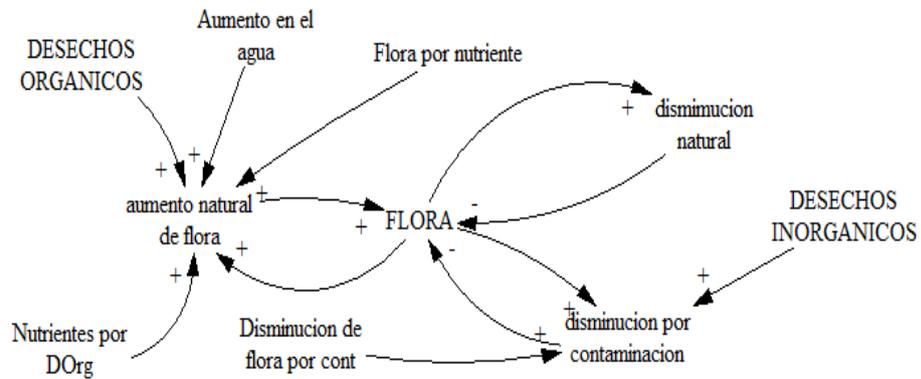


Figura N° 14: Diagrama de Influencias componente flora
Fuente: Elaboración propia.

- **Descripción.**

En el diagrama causal se muestra el aumento y la disminución de la flora a causa de los desechos orgánicos e inorgánicos.

- El desecho orgánico hace que la flora aumente
- Los desechos inorgánico hace que la flora disminuye
- La disminución de la flora también se da por naturaleza a poca escala.

- **Diagrama Forrester.**

Tabla N° 12: Diagrama Forrester componente Flora

| TIPO DE VARIABLE | DESCRIPCION |
|------------------|---|
| NIVEL | Flora |
| FLUJO | Aumento Natural de la flora |
| FLUJO | Disminución natural de la flor |
| FLUJO | Disminución de flora por contaminación |
| Constante | Porcentaje de nutriente |
| Constante | Porcentaje de la flora por nutriente |
| Constante | Desechos Orgánicos |
| Constante | Aumento de la flora natural por el agua |
| Constante | Porcentaje de disminución de la flora |
| Constante | Disminución de flora por contaminación |
| Constante | Tasa de disminución por contaminación |
| Constante | Desechos Orgánicos |
| Auxiliar | Auxiliar disminución por contaminación |

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Auxiliar | Tasa de disminución flora |
| Auxiliar | Auxiliar de desechos Orgánicos |
| Auxiliar | Retardo disminución contaminación |
| Auxiliar | Auxiliar de disminución de la flora |

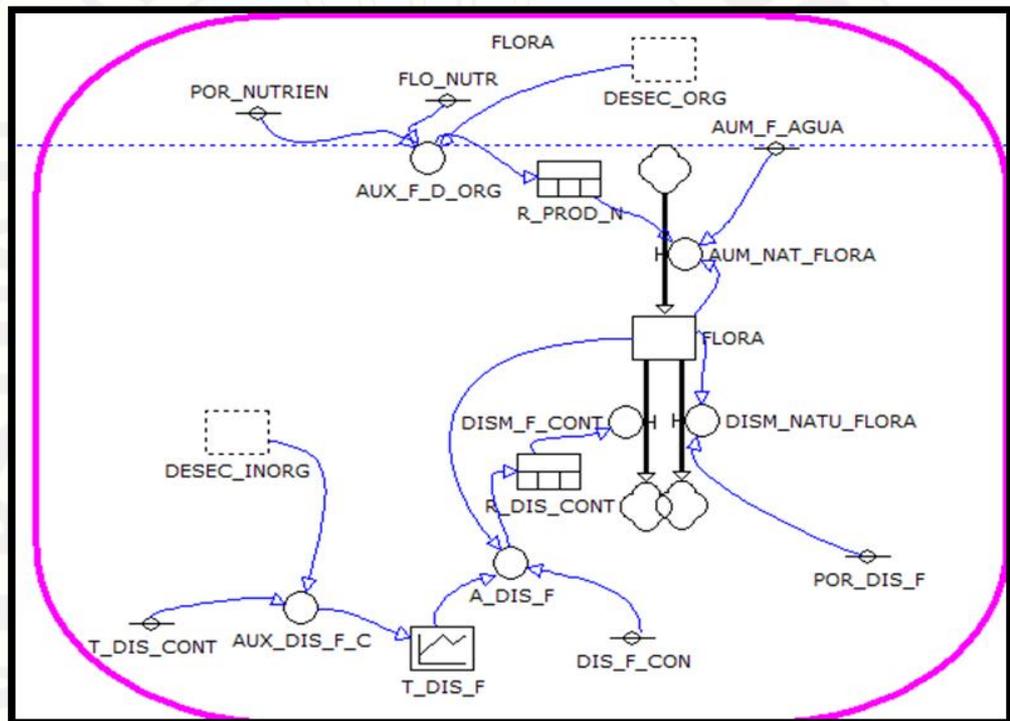


Figura N° 15: Diagrama Forrester componente Flora
Fuente: Elaboración propia

- **Descripción**

En el diagrama Forrester se muestra que la flora va en aumento a consecuencia de los nutrientes que es generado por los desechos orgánicos y a su vez de forma natural.

La disminución de la flora se da a consecuencia de los desechos inorgánicos y también de una forma natural

1.1.5 Diagrama de Influencias Integrado

En los cuatro ítems anteriores hemos formulado y evaluado los componentes que hemos organizado funcionalmente ahora presentaremos el modelo integral de los componentes.

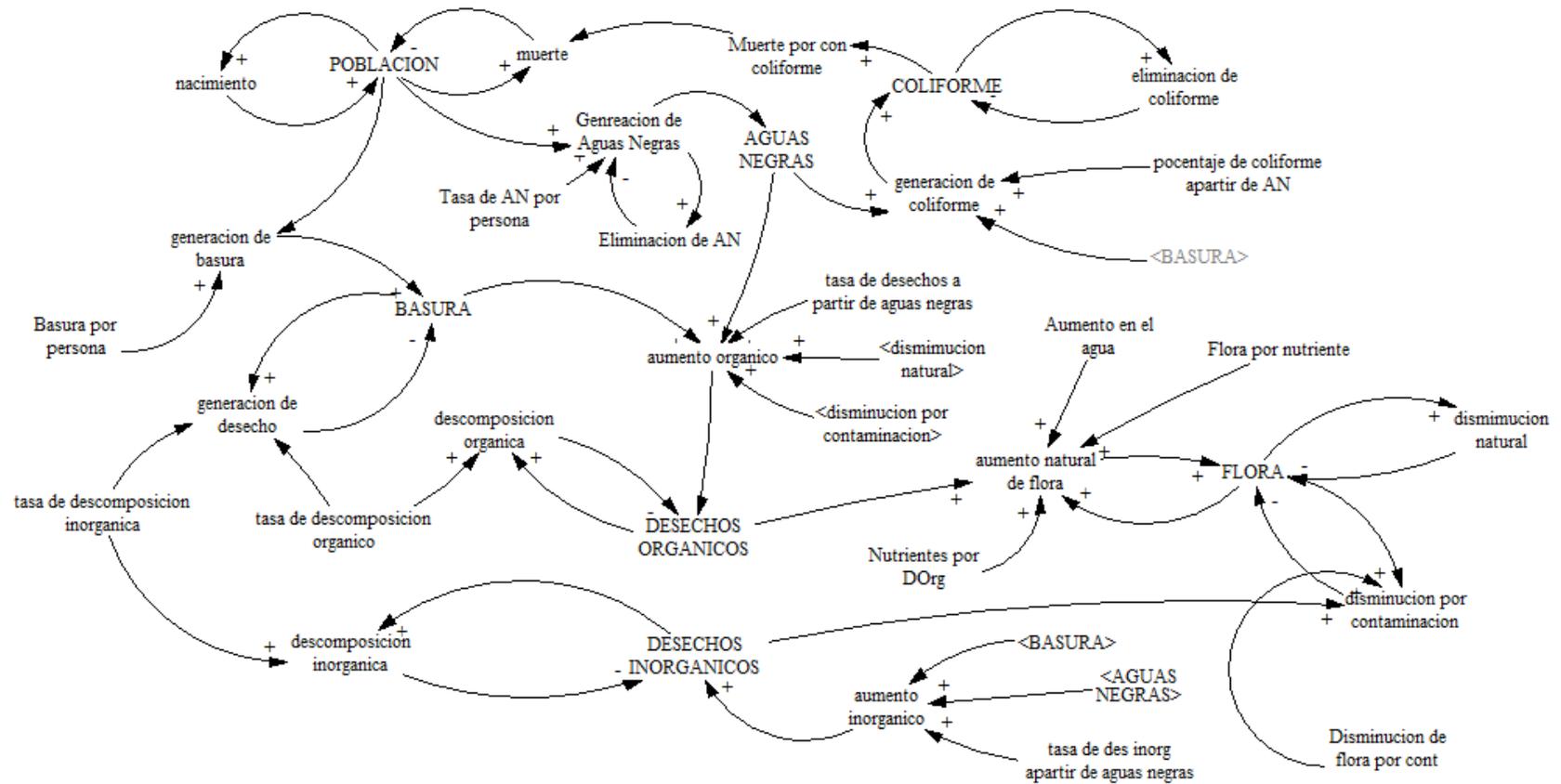


Figura N° 16: Diagrama de influencias del modelo integrado
Fuente: Elaboración propia

1.2 Fase de la Formulación.

En esta fase, luego de haber construido el diagrama de influencias del sistema y haber analizado por separado los componentes en la sección anterior, se procede su formulación de forma integrado.

1.2.1 Diagrama de Forrester integrado

Una vez clasificados los elementos que aparecen en el diagrama de influencias en variables de estado, flujos y auxiliares; estamos en disposición de obtener, a partir del diagrama de influencias lo que se conoce como Diagrama de Forrester, que es uno de los instrumentos básicos de la dinámica de sistemas.

Además el comportamiento del sistema que se está analizando mediante el diagrama de influencias está en condiciones de expresarlo en forma de Diagrama de Flujos y Stock con el objetivo de construir el modelo matemático correspondiente que nos permita su simulación. Esto implica que a partir de las relaciones de influencias entre los atributos que caracterizan a las partes que componen el sistema y de los bucles de retroalimentación identificados, expresaremos o transcribiremos dichas relaciones de influencias con el apoyo de la Dinámica de Sistemas a sistemas dinámicos que nos permitirá generar su comportamiento mediante fórmulas matemáticas que den cuenta del tipo y magnitud de cada una de las relaciones entre variables, asignando valores y parámetros de acuerdo con los datos relevados sobre el sistema real.

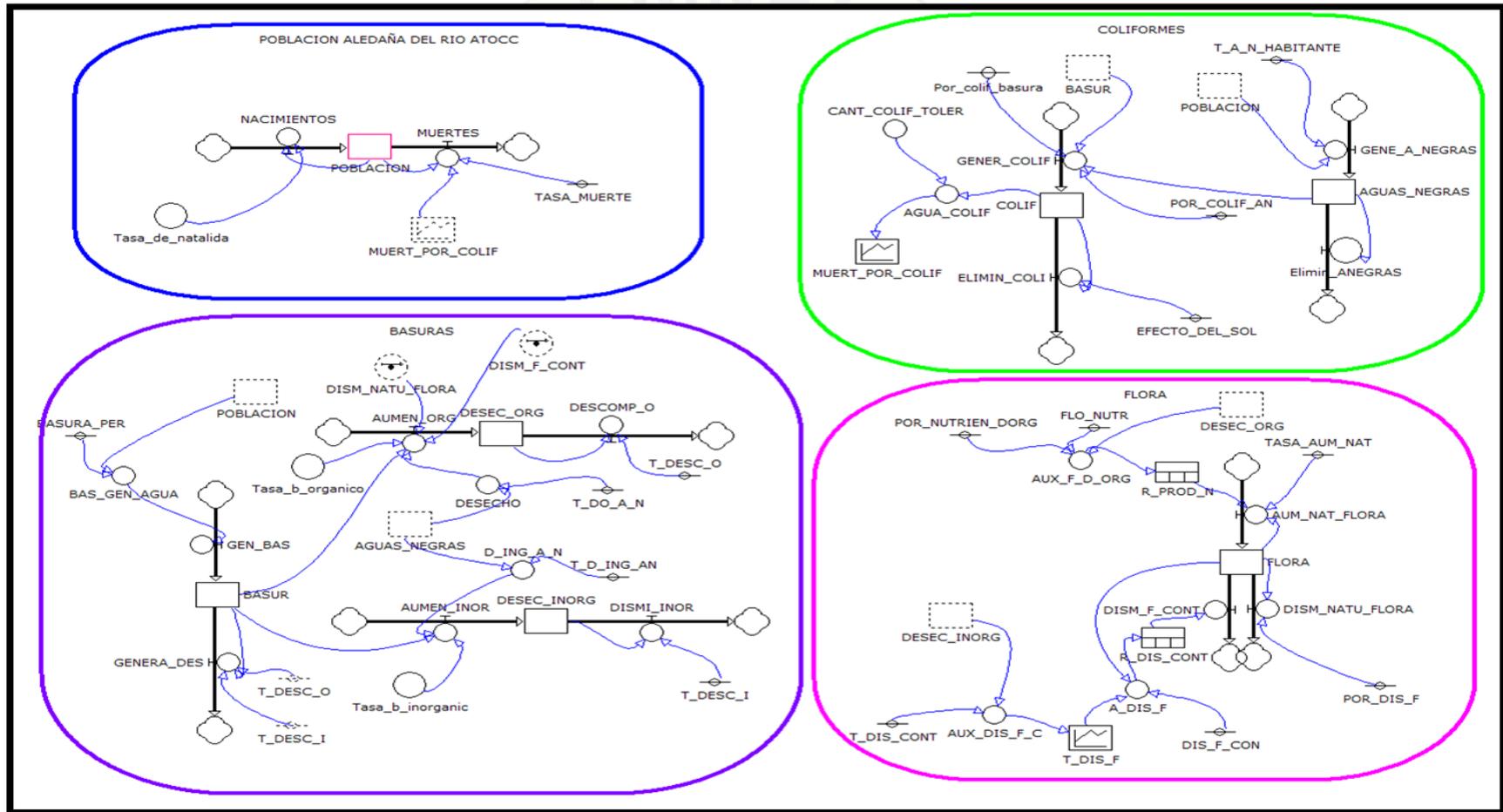


Figura N° 17: Diagrama de Forrester Integrado
 Fuente: Elaboración propia

1.3 Fase de evaluación.

Una vez construido nuestro modelo matemático, en esta etapa procederemos a ensayar, por medio de simulaciones, las hipótesis sobre las que se ha construido, así como la consistencia entre las mismas.

1.3.1 Análisis de sensibilidad del modelo

- Escenario real:

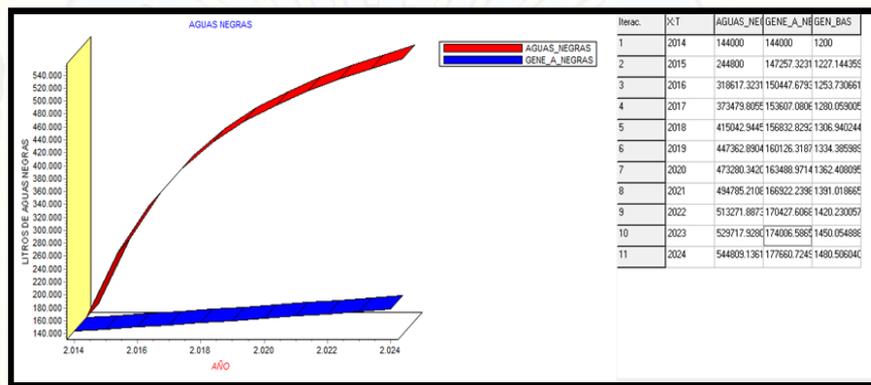


Figura N° 18: El modelo en un escenario real.

Fuente: Elaboración propia.

Al observar el gráfico vemos que las aguas negras a futuro van acrecer y esto va perjudicar a la supervivencia del río Opamayo, debido a que si no se pone un plan de acción posiblemente en el tiempo este río sea un recuerdo.

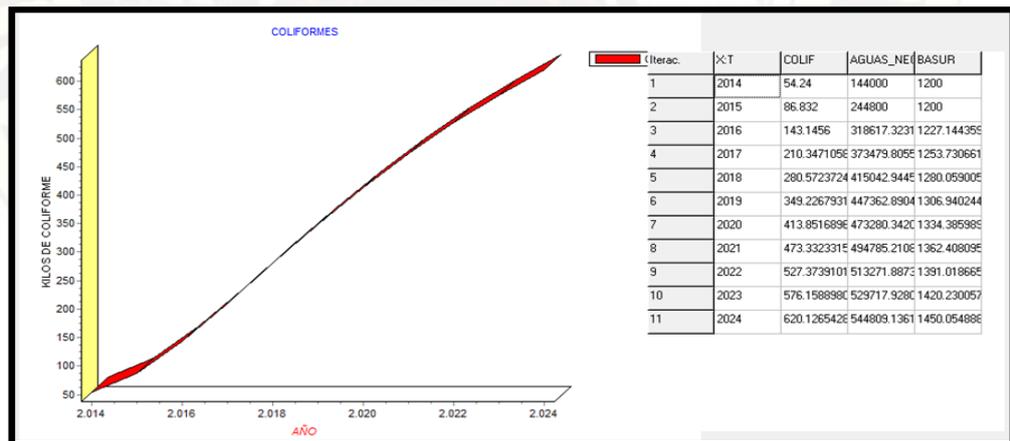


Figura N° 19: Comportamiento de los coliformes

Fuente: Elaboración propia.

En la figura podemos ver como el crecimiento de coliformes se da de manera exponencial esto por la generación de basura.

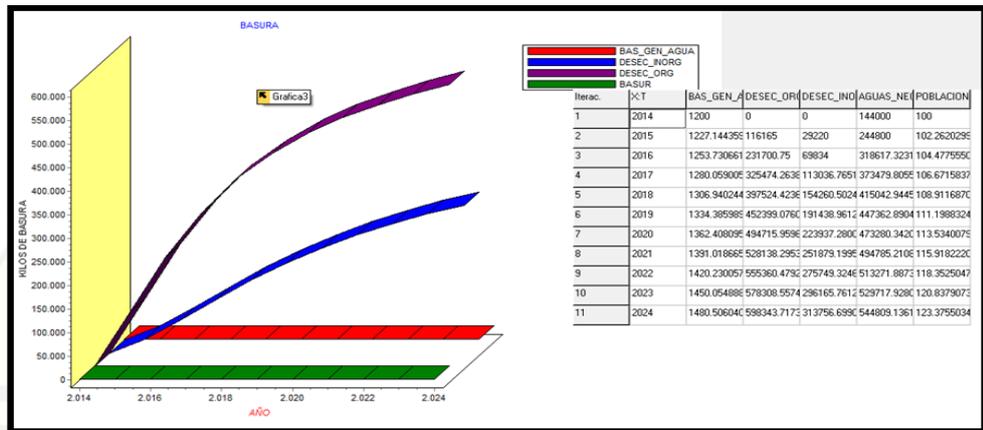


Figura N° 20: Comportamiento de la generación de basura
Fuente: Elaboración propia.

En la figura notamos como la generación de desechos orgánicos e inorgánicos que crece de forma paralela a la población van generando el incremento de aguas negras.

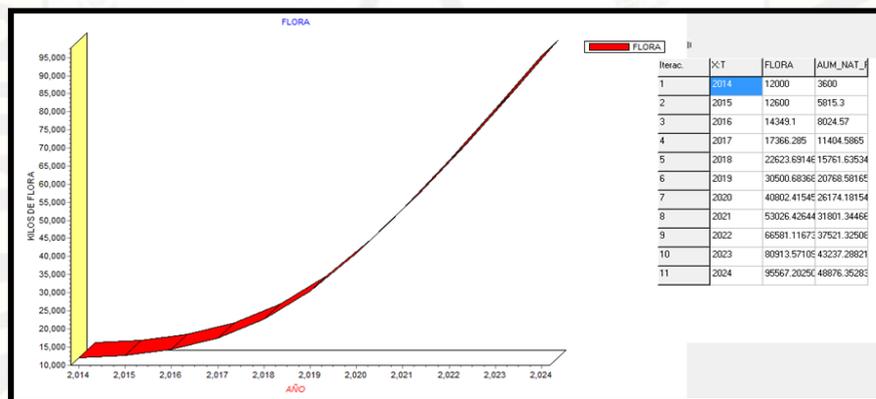


Figura N° 21: Comportamiento de la generación de flora
Fuente: Elaboración propia

En esta figura vemos que a pesar de que se está contaminando el Río Opamayo, la flora del río se mantiene en crecimiento.

- **Escenario: Aceptable**
 - ✓ Para crear un escenario aceptable cambiamos los valores
 - ✓ Basura por persona de: 12 a 6 kilos por persona al año.
 - ✓ Aguas negras por persona: de 1440 a 720 litros al año.

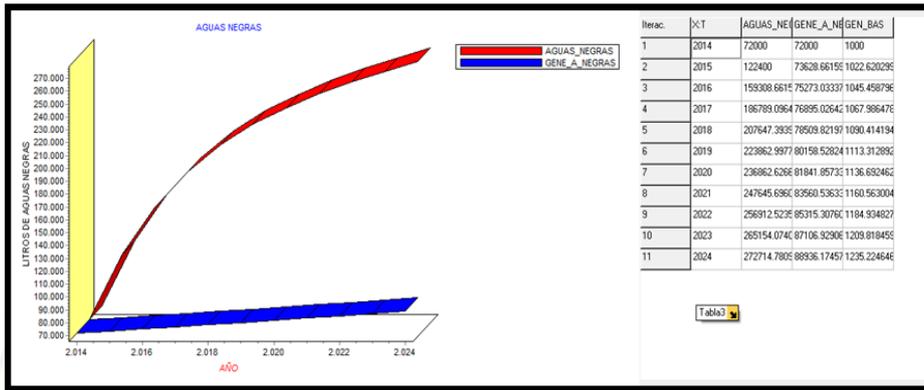


Figura N° 22: Generación de basura en un escenario aceptable
Fuente: Elaboración propia.

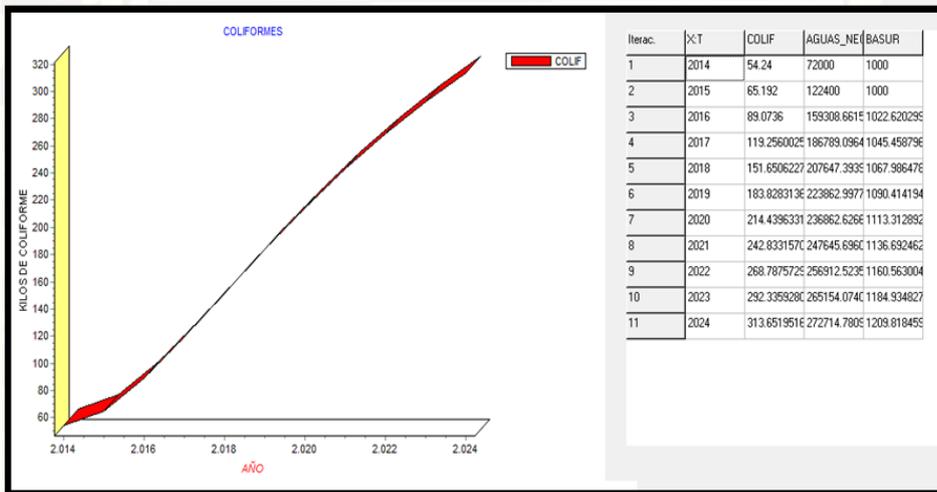


Figura N° 23: Coliformes en un escenario aceptable
Fuente: Elaboración propia

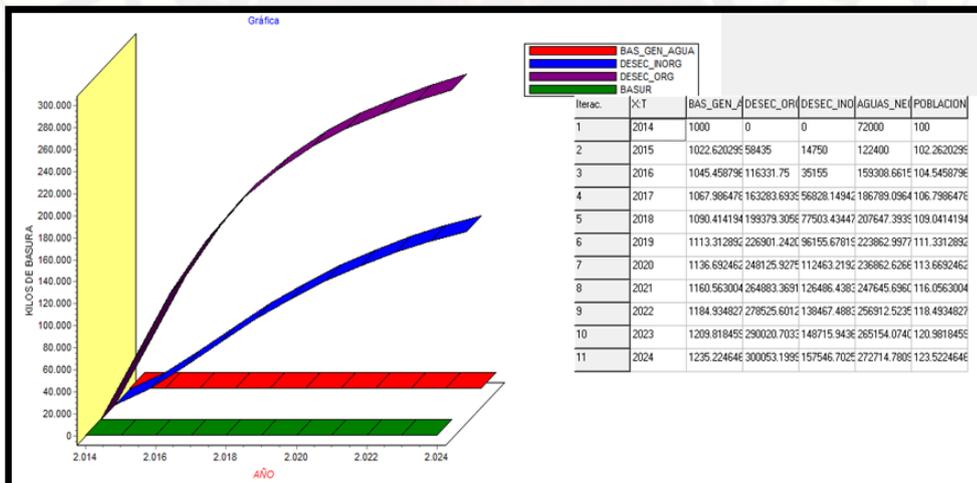


Figura N° 24: Desechos orgánicos e inorgánicos en un escenario aceptable
Fuente: Elaboración propia.

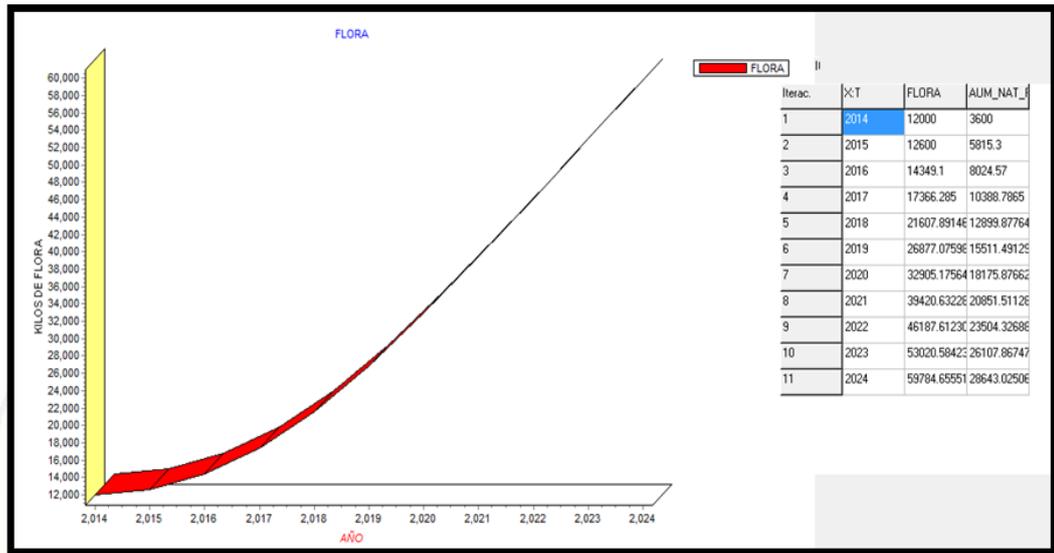


Figura N° 25: La Flora en un escenario aceptable

Fuente: Elaboración propia.

- **Escenario: No aceptable**

- ✓ Para crear un escenario aceptable cambiamos los valores
- ✓ Basura por persona de: 12 a 24 kilos por persona al año.
- ✓ Aguas negras por persona: de 1440 a 1880 litros al año.

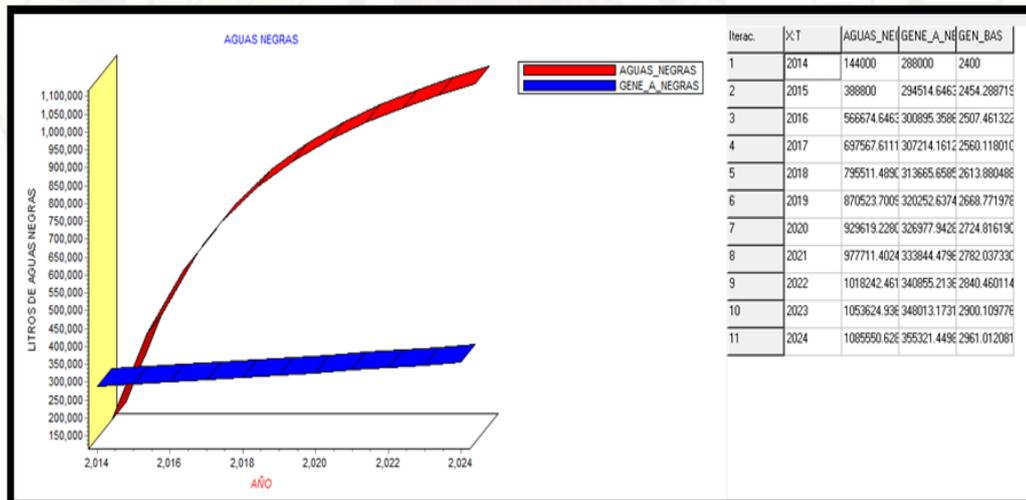


Figura N° 26: Generación de aguas negras en un escenario NO aceptable

Fuente: Elaboración propia.

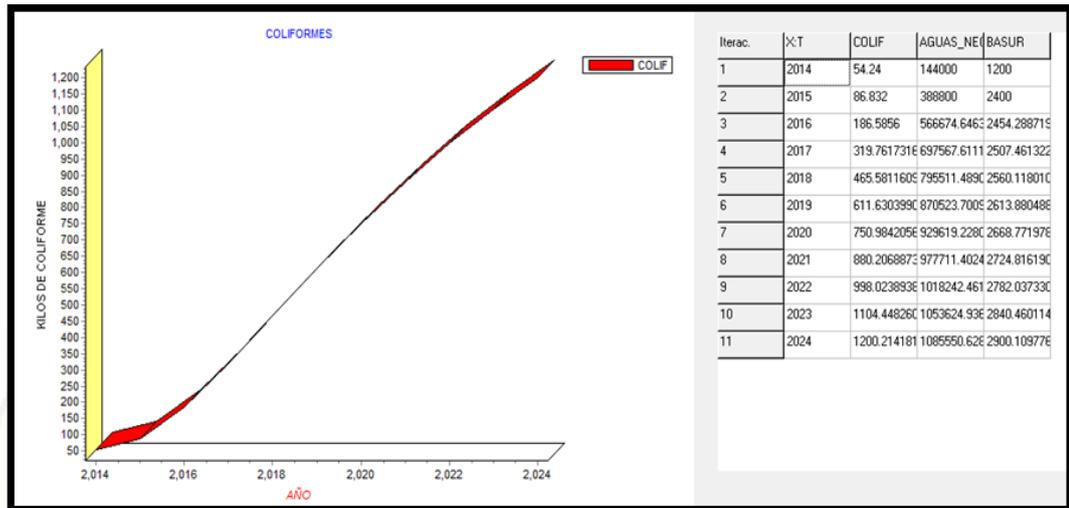


Figura N° 27: Generación de coliformes en un escenario NO aceptable
Fuente: Elaboración propia.

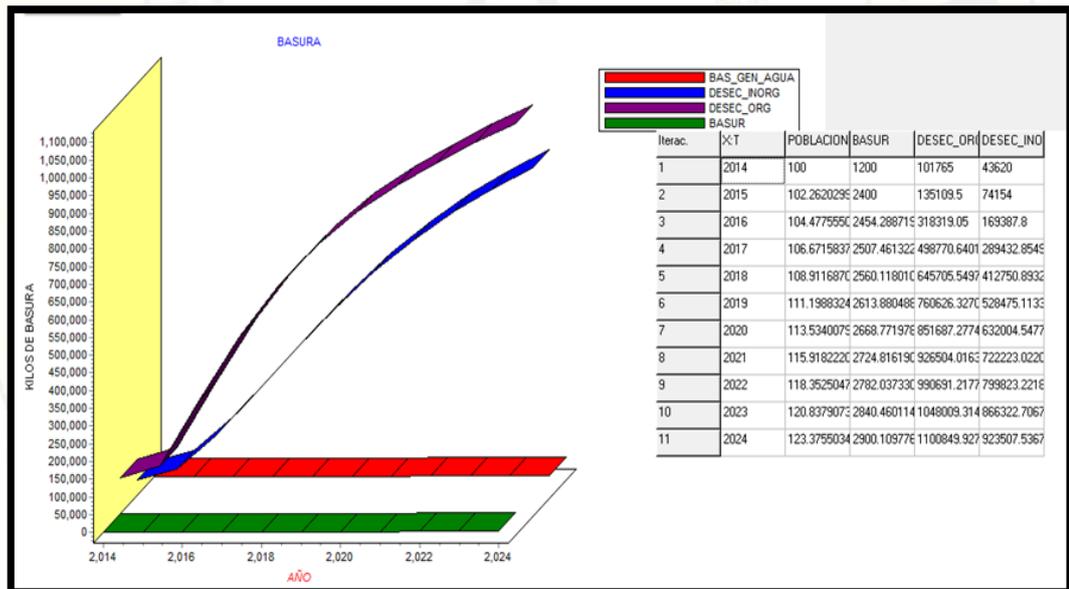


Figura N° 28: Generación de basura en un escenario NO aceptable
Fuente: Elaboración propia.

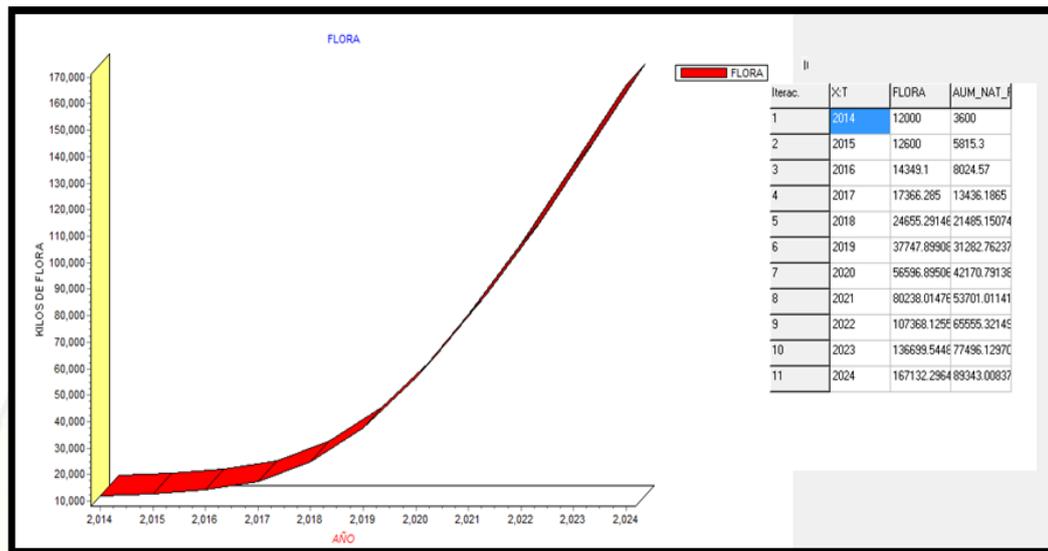


Figura N° 29: Generación de flora en un escenario NO aceptable

Fuente: Elaboración propia

