

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**MODELACIÓN Y SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA  
GESTIÓN DE PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS (*Oncorhynchus  
mykiss*) EN LA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL, DISTRITO DE  
KISHUARA – ANDAHUAYLAS**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL

**AUTOR:** Br. ALTAMIRANO ECHAVARRIA, Lizeth Solange.  
**ASESOR:** Ing. TAIPE PARDO, Fredy.  
**CO – ASESOR:** MSc. CHOQUE QUISPE, David

**ANDAHUAYLAS – PERÚ**

**2013**

A mis padres María y Walter,  
quienes incondicionalmente  
apoyaron en toda la etapa de mi  
formación académica.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad la producción acuícola con sus particulares características, tienen el reto de incrementar sus niveles de productividad, calidad de innovación, a nivel global y local, para satisfacer los requerimientos alimenticios y nutricionales de la población.

En este sentido, la dinámica de sistemas ofrece ventajas por su capacidad de análisis de problemas poco estructurados y de naturaleza blanda, su fiabilidad, su bajo costo relativo y su versatilidad en el tiempo.

Como consecuencia de los argumentos planteados, el objetivo de la presente investigación es modelar mediante dinámica de sistemas la influencia de la gestión integral de la producción de truchas, en un caso particular, esto es, en la empresa Corporación San Miguel localizada en el centro poblado de Pincos del distrito de Kishura de la provincia de Andahuaylas.

La presente investigación plantea 03 escenarios de la gestión integral de la crianza de truchas, evaluando la rentabilidad a través de la utilidad generada en cada escenario comparando con el proceso actual que maneja la empresa, estos escenarios se simulan y modelan a través de software VensimPLE, en su versión gratuita, disponible en la Web.

## APROBACIÓN DEL ASESOR

Quien suscribe, el asesor de tesis Ing. Fredy Taipe Pardo, certifica que la bachiller ALTAMIRANO ECHAVARRIA, Lizeth Solange, ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL, DISTRITO DE KISHUARA – ANDAHUAYLAS, para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, Julio de 2013.

-----

Ing. Fredy Taipe Pardo

## **FIRMAS DE APROBACIÓN DEL JURADO**

-----  
**Ing. MSc. Julio César Sichez Muños**  
**PRESIDENTE**

-----  
**Ing. Msc. Carlos Alberto Ligarda Samanez**  
**MIEMBRO**

-----  
**Ing.MSc. David Juan Ramos Huallpartupa**  
**MIEMBRO**

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional José María Arguedas.
- Al gerente de la empresa Corporación San Miguel E.I.R.L, por haber accedido a la propuesta de investigación - gestión integral de truchas, mediante la modelación y simulación con dinámicas de sistemas.
- A los trabajadores de la empresa Corporación San Miguel E.I.R.L, por haber apoyado en la recolección de datos.
- Al Ing. Fredy Taipe Pardo, Profesor Asesor de la presente Tesis, quien brindó su apoyo incondicional para su ejecución.
- Al Ing. MSc. David Choque Quispe, Profesor Co asesor de la presente Tesis, quien con paciencia supo responder a cuestionamientos propios de su ejecución.
- A los profesores de la UNAJMA, en especial a los profesores que conforman la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

## ÍNDICE TEMÁTICO

	Pág.
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	01
1.1 ANTECEDENTES	03
1.2 CADENA DE SUMINISTRO	04
1.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SOFTWARE UTILIZADO EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS	07
1.4 MODELAMIENTO DE PROCESOS Y OPERACIONES	08
1.5 SIMULACIÓN DE PROCESOS	09
1.6 LA PISCICULTURA DE LA TRUCHA	11
1.7 JUSTIFICACIÓN	14
1.8 OBJETIVOS	14
1.9 PROBLEMA	15
1.10 HIPÓTESIS	15
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	16
2.2 MATERIAL DE ESTUDIO	16
2.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
2.4 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	17
2.5 MÉTODOS EXPERIMENTAL	19
2.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS	23
2.7 DISEÑO DE CONTRASTACIÓN	25
2.8 MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
2.9 REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DE UN MODELO DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS	27
<b>CAPITULO III</b>	
<b>RESULTADOS</b>	
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INCIDENTES EN LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS EN LA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL	28
3.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMAS	28

3.1.2	ELABORACIÓN DE MODELOS DE LOS SISTEMAS	35
3.1.3	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO	39
3.2	SIMULACIÓN DE LAS CASUÍSTICAS O ESCENARIOS PROPUESTOS DEL MODELO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA PRODUCCIÓN DE TRUCHAS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL.	62
3.2.1	PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS	65
3.2.2	SIMULACIÓN DE ESCENARIOS	67
3.3	EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD	73
	<b>CAPITULO IV</b>	
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
	<b>CAPITULO V</b>	
	CONCLUSIONES	80
	<b>CAPITULO VI</b>	
	RECOMENDACIONES	81
	<b>CAPITULO VII</b>	
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	ANEXOS	



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pág.</b>
01	Dimensiones y unidades del sistema en la producción integral de truchas de la EIRL	17
02	Variables de los sistemas para recolección de datos, en la empresa Corporación San Miguel EIRL	18
03	Pasos para la modelación del sistema	19
04	Simbología utilizada en la modelación mediante dinámica de sistemas	22
05	Parámetros propuestos para la simulación casuística de los diferentes escenarios	24
06	Características de los elementos del subsistema peso.	40
07	Características de los elementos del subsistema tamaño de lote	44
08	Características de los elementos del subsistema utilidad.	48
09	Costos fijos en la crianza de truchas, según la empresa	48
10	Características de los elementos del subsistema oxígeno en el agua	51
11	Características de los elementos del subsistema oferta	55
12	Características de los elementos del subsistema demanda	58
13	Características de los elementos del subsistema precio	59
14	Parámetros de operación actuales de la empresa	65
15	Parámetros propuestos para la simulación de los diferentes escenarios	66
16	Valores de los parámetros evaluados en la simulación de los diferentes escenarios	75
17	Comparación de los escenarios propuestos frente al actual	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
01	Diagrama de contrastación y variables	25
02	Diagrama de influencias del modelo de crianza de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL	37
03	Diagrama de influencias del mercado de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL.	38
04	Diagrama del subsistema oferta manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	40
05	Árbol causal del peso promedio de la crianza de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	41
06	Curva del incremento del peso promedio de la trucha en los estanques, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	41
07	Árbol causal del peso promedio de la crianza de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	42
08	Curva del incremento del porcentaje corporal de las truchas en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	42
09	Árbol causal del peso de lote, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	43
10	Curva del crecimiento del peso total por lote de las truchas en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	43
11	Diagrama del subsistema Tamaño de lote manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	44
12	Árbol causal de los incremento de kg peces en el lote, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	45
13	Curva del incremento del peso de los peces por lote en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	45
14	Árbol causal del número de peces muertos en el lote, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	46
15	Curva del incremento del peso de los peces por lote en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	46
16	Árbol causal de la venta de truchas del lote por estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	47
17	Diagrama del subsistema Utilidad manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	47
18	Árbol causal de los costos totales en la crianza de truchas, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	49

19	Curva del incremento de los costos totales en la crianza de truchas, según datos de la empresa	49
20	Árbol causal de la Utilidad en la crianza de truchas, según datos de la empresa	50
21	Curva de la utilidad en la crianza de truchas, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	50
22	Diagrama del subsistema Oxígeno en el agua manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	51
23	Árbol causal de la Ganancia de Oxígeno en el agua en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	52
24	Curva de la Ganancia de Oxígeno en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	53
25	Árbol causal del Oxígeno disuelto en el agua en la crianza de truchas, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	53
26	Curva del Oxígeno Disuelto en el estanque, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	54
27	Diagrama del subsistema oferta manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	55
28	Árbol causal del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	56
29	Curva del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	56
30	Árbol causal del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	57
31	Curva del radio de inventario del mercado de truchas, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	57
32	Diagrama del subsistema Demanda manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	58
33	Árbol causal de la demanda en el mercado de truchas, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	59
34	Diagrama del subsistema Precio manejada por la empresa Corporación San Miguel EIRL.	60
35	Árbol causal del Cambio de precio de la trucha, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	61
36	Curva del Cambio de precio de las truchas en el mercado, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	61
37	Árbol causal del Precio de la trucha, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	62
38	Curva del Cambio de precio de las truchas en el mercado, según la empresa Corporación San Miguel EIRL.	62

39	Macrosistema de la gestión de producción integral de Truchas en la corporación San Miguel EIRL.	64
40	Árbol causal del Costo Total en el macro sistema de la empresa San Miguel EIRL	67
41	Curva del cambio de los Costos Totales en el macrosistema de gestión integral de truchas en la empresa San Miguel EIRL	68
42	Árbol causal del Peso por lote en el macrosistema, según datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	69
43	Curva del cambio de los Costos Totales en el macrosistema de la empresa San Miguel EIRL	69
44	Árbol causal del Peso de peces muertos en el macrosistema de la Corporación San Miguel EIRL.	70
45	Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macrosistema de la empresa San Miguel EIRL.	70
46	Árbol causal del Peso promedio de la trucha para el macrosistema de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	71
47	Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macrosistema de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	71
48	Árbol causal del Precio de la trucha para el macrosistema de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	72
49	Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macrosistema de la empresa Corporación San Miguel EIRL.	72
50	Árbol causal de la Utilidad en el macrosistema de la corporación San Miguel EIRL	73
51	Curva del cambio de la Utilidad en el macrosistema de gestión integral de truchas en la empresa San Miguel EIRL	74

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo modelar y simular la gestión integral de la crianza de truchas de la empresa Corporación San Miguel EIRL, ubicada en el distrito de Kishuara de la provincia de Andahuaylas, para ello se diseñó un modelo considerando las políticas dinámicas que maneja actualmente la empresa, utilizando el software VENSIM PLE en su versión gratuita, así se logró establecer los factores más incidentes en la producción de truchas para un centro acuícola siendo las más considerables: Precio mínimo de la trucha en el mercado, el Precio máximo, la Tasa de demanda, la Demanda, la Frecuencia de alimentación, la cantidad de Alimento diario, el Precio de alimento, el Nivel deseado de oxígeno y la Densidad de siembra, con el fin de que esta pueda ser extrapolado a otras realidades. Se simularon 03 escenarios modificando los parámetros antes mencionados, observándose que el incremento del nivel de oxígeno de 5.0 a 5.5 ppm, incremento de la alimentación diaria de 4.0 a 4.5 g/pez, así como la densidad de siembra de 35 a 38 peces/m<sup>2</sup>, mejora el rendimiento de utilidad de la empresa de 17.29% a 17.73%

*Palabras clave:* Modelar, Simular, Utilidad, Trucha, Gestión Integral.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La producción de truchas en el Perú ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, siendo la especie más importante de la acuicultura continental, sin embargo sus volúmenes (2,995 TM de producción, de las cuales apenas 349.4TM son dirigidas a la exportación) son pocos significativos comparados con Chile, país que exportó en el año 2001 más de 68,000 TM. Chile y Noruega son los que tienen este tipo de acuicultura más desarrollados, representando cerca del 80% de la producción mundial. (FONDEPES, 2004)

Entre las causas que han impedido el desarrollo de esta actividad, se encuentra el relativo alto costo de producción, la insuficiencia en el manejo de técnicas de producción, las debilidades de comercialización y la baja calidad del producto: tamaño irregular, textura no consistente de la carne, inexistencia de normas de sanidad, calidad de los productos, y sub-productos entre otros, etc. (FONDEPES, 2004)

Todas estas causas engloban una insuficiente gestión de producción por parte de los involucrados, por lo que viene a ser de suma importancia dentro de la gestión integral contar con una herramienta que permita tomar decisiones en función al tiempo. Tomando en cuenta las utilidades y la rentabilidad generada por la actividad.

Perú, a diferencia de nuestros países vecinos, no ha logrado a la fecha consolidar la actividad de la acuicultura, pese a sus ventajas comparativas. Es indispensable, por lo tanto, redoblar esfuerzos para lograr que esta actividad alcance un desarrollo sostenible mediante la innovación, validación y transferencia de tecnología que permitan hacer más productiva y rentable esta actividad (FONDEPES, 2004).

En cuanto a la producción de trucha en Andahuaylas, actualmente presentan un comportamiento incipiente en su producción, debido principalmente a la falta de apoyo por parte de las instituciones del Estado y el sector privado por impulsar el desarrollo de esta actividad productiva, convirtiéndose en una zona altamente potencial para desarrollar la truchicultura a niveles comerciales de producción, así Apurímac representa tan solo el 0.17% de la producción nacional (MAXIMIXE, 2010), se puede mencionar algunos centros de producción de trucha, principalmente en la provincia de Andahuaylas tales como: Centro de Producción Piscícola de Dirección Sub Regional

de Andahuaylas, Desembarcadero Pesquero – Turístico – Laguna Pacucha, Asociación de Pescadores Artesanales - Laguna Pacucha, Piscigranja de Sukaraylla. Comunidad de Huancabamba y la Piscigranja de la Corporación San Miguel EIRL de la comunidad de Pincos – Kishuara. (DIREPRO, 2013)

La gestión de la producción integral de Trucha está comprendida en la adquisición de alevinos de trucha y termina en la comercialización en el mercado local de Andahuaylas, el cual está compuesto por los eslabones como: abastecimiento de alevinos, recursos hídricos, características de los recursos hídricos, proceso productivo, rutina de trabajo, alimentación y monitoreo, pesca, transporte y comercialización, tomar las consideraciones adecuadas de los eslabones de la producción integral trucha, hará que se optimicen las utilidades de esta actividad (Panné y Luchini, 2012)

Las piscigranjas que operan en Andahuaylas, podrían mejorar sus utilidades si consideran los eslabones de la producción integral de truchas, sin embargo la implementación de todos estos aspectos requiere de un fuerte inversión económica, que en muchos de los casos los propietarios no prestan atención, el modelamiento y simulación virtual de este tipo de producción permitiría al empresario cuestionar la inversión de la implementación de una producción integral coherente, sin necesidad de invertir grandes medios económicos, el modelo involucraría las variables: demandas, órdenes, unidades producidas en la planta propia, capacidad, calidad, despachos y ventas.

Por ello este proyecto tiene la intención de simular a través de instrumentos de dinámica de sistemas, el comportamiento de la producción integral de la Trucha en la Provincia de Andahuaylas, considerando un caso práctico de la Corporación San Miguel EIRL, ubicado en la comunidad de Pincos del distrito de Kishuara, considerando la caracterización de las variables que afectan el consumo y crianza o producción de la trucha, así como las estrategias que permitan afrontar desafíos en el mercado creciente.

Para el desarrollo de este proyecto, los modelos de simulación serán usados como instrumentos para la evaluación del comportamiento de los sistemas, su funcionamiento, características y respuesta a ciertas condiciones debido al entorno.

## 1.1. ANTECEDENTES

Huertas *et al.* (2010), en el trabajo de investigación Modelo de Dinámica de Sistemas para las hierbas orgánicas - la manzanilla, tuvo como objetivo la articulación de una cadena productiva de las hierbas orgánicas. Debido a las grandes oportunidades que existen de la producción y comercialización de estas hierbas, en un país agrícola por excelencia como es Colombia, la importancia de implementar y aumentar la productividad en los campos tan abandonados en las últimas décadas, crea un nuevo espacio en la economía nacional para incrementar la producción de estas hierbas orgánicas utilizadas para la salud, alimentación y condimentarías; por tal razón se diseña un modelo en Dinámica de Sistemas el cual optimiza el uso de los recursos de la producción, utilizando en forma adicional los riesgos financieros de los mercados a los que se ve abocado la cadena de la producción.

Zapata *et al.*, (2010), en el trabajo la Dinámica de Sistemas del comportamiento del mercado de la palma de aceite en Colombia, estudia la competencia del mercado entre el consumo para alimentos, producción de biocombustibles y exportaciones, buscando políticas que contribuyan al aumento de la oferta de biodiesel proveniente de esta materia prima.

Martínez y Esteve (2007), en la investigación Gestión integrada de cuencas costeras: dinámica de los nutrientes en la cuenca del Mar Menor (sudeste de España), han elaborado un modelo dinámico para simular los factores ambientales y socioeconómicos esenciales que controlan la exportación de nutrientes a la laguna del Mar Menor (Sudeste de España), el cual está sufriendo procesos de eutrofización por el incremento en la entrada de nitrógeno y fósforo de origen tanto agrícola como urbano. Se han considerado diversos sectores con el fin de integrar la dinámica del nitrógeno, la dinámica del fósforo, los cambios de uso del suelo, el papel de los humedales litorales en la retención y eliminación de parte de los nutrientes que llegan desde la cuenca así como la dinámica poblacional y la entrada de nutrientes procedentes de los vertidos urbanos. El modelo se ha aplicado para explorar los efectos potenciales de distintos escenarios de desarrollo socioeconómico y de diferentes políticas orientadas a la reducción de nutrientes, como la reutilización de drenajes agrícolas y la recuperación de humedales.



Ramírez *et al.* (2010), en la investigación Modelo de simulación de la cadena de abastecimiento de baterías eléctricas de la empresa Tronex S.A., para la modelación de la cadena se empleó la metodología de Dinámica de Sistemas, y el software Ithink® como herramienta de simulación. Se evaluó el comportamiento del modelo mediante una serie de pruebas, particularmente la inspección directa de las ecuaciones y ensayos bajo condiciones extremas, entre otras. Por último, se analizaron diferentes escenarios, buscando políticas y parámetros que permitieran mayores beneficios a nivel táctico. La simulación de los diferentes escenarios permitió concluir que, tanto los niveles de inventario en los CEDI regionales, como la frecuencia de envíos desde la planta central, pueden disminuirse considerablemente sin afectar el nivel de servicio y generando una reducción del 11,92% en los costos de operación.

Carmona *et al.*, (2010), presentan una investigación de la Simulación de la línea de producción de una empresa panificadora ubicada en la ciudad de Medellín. La empresa obtuvo un contrato para entregar diariamente una gran cantidad de un producto. Frente a este nuevo contrato la empresa planteó la utilización de una segunda multiformadora para dar cumplimiento al volumen de producción diario solicitado. Con la simulación del modelo se buscaba resolver algunos interrogantes que surgieron: ¿Es conveniente poner en funcionamiento la segunda multiformadora para disminuir el tiempo de ciclo del proceso? ¿Se requieren más bandejas para colocar el pan? Para la elaboración del modelo se utilizó la metodología de Dinámica de Sistemas y el software Ithink como herramienta de simulación. Con el modelo se realizaron diferentes escenarios para evaluar el impacto de algunas decisiones. Los resultados arrojados permitieron dar respuesta a los interrogantes iniciales y adquirir una mayor comprensión de la línea de producción. Se pudo concluir que la ampliación de la capacidad de la multiformadora no era conveniente, pues no tenía un impacto relevante sobre el tiempo de ciclo, ya que éste no era el proceso crítico o cuello de botella; por el contrario, generaba costos innecesarios en mano de obra y la calidad del producto podía disminuir.

## **1.2. CADENA DE SUMINISTRO**

Las cadenas de suministros son una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y fuera de la empresa y entre diferentes etapas que se combinan

para satisfacer las necesidades de los clientes. Los enfoques para observar los procesos son de ciclo y de empuje/tirón (push/pull). En el enfoque de ciclos los procesos se dividen en serie de ciclos, cada uno se realiza entre dos etapas sucesivas de una cadena de suministros, como por ejemplo clientes y almacenes. El enfoque del proceso de empuje y tirón depende, de si los procesos son ejecutados en respuesta a un pedido del cliente o en anticipación a éste. Según sea la empresa, se utilizan diferentes combinaciones de enfoque en los procesos para la cadena de abastecimiento (Chopra y Meindl, 2008).

### **1.2.1. LA CADENA DE SUMINISTROS Y LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

A partir de los años 50 del siglo pasado se desarrolla la dinámica de sistemas y se han construido muchos modelos siguiendo los principios de esta disciplina, en áreas tan diversas como las ciencias sociales, económicas, ambientales, administrativas y biológicas. (Bowersox *et al.*, 2007)

A continuación, se hace una reseña de las investigaciones que han contribuido al desarrollo del *Supply Chain Management* (SCM, sigla en inglés) o Administración de la Cadena de Abastecimientos.

Con la aparición de los computadores digitales y la dinámica de sistemas el profesor Jay W. Forrester del *Massachusetts Institute of Technology*; publicó el libro *Industrial Dynamics*, en el año 1961 y luego se publica una versión de Dinámica Industrial en el año 71 (Forrester, 1971). Forrester es el primero en formalizar la dinámica de sistemas en problemas de la administración de la cadena de abastecimiento. En el libro "Dinámica Industrial", Forrester describe un modelo de un sistema de producción – distribución en términos de seis flujos que interaccionan entre sí: información, materiales, órdenes, dinero, fuerza laboral y equipos. El modelo se hace con una fábrica, una bodega, un distribuidor y un minorista. Basado en este modelo, Forrester investiga los temas relacionados con la cadena de abastecimientos, como por ejemplo los cambios en la demanda del cliente que generan oscilaciones en los inventarios de los diferentes actores y muestra la amplificación del fenómeno, desde el minorista hasta la fábrica y cuáles el impacto de las tecnologías de información en los procesos administrativos.

Especialmente se centra en el carácter de la realimentación de la información (Feedback) en el sistema industrial, y usa un modelo para el planeamiento de la organización en una forma perfeccionada y se refiere a las variaciones de las variables utilizadas, a través del tiempo, para analizar la estructura de la organización, la amplificación de las órdenes y las demoras (de decisiones y acciones); lo anterior, con el fin, tanto de mejorar la toma de decisiones relacionada con los aspectos estratégicos y tácticos, como para ayudar en la ejecución automática de un juicio de valor (Forrester, 1971).

Para demostrar el impacto en la cadena de abastecimientos, Sterman (1989) con el “Juego de la Cerveza” conduce un experimento para simular el manejo de la producción y distribución industrial, en el que se presentan varios actores, realimentaciones y retardos a lo largo de la línea de abastecimiento. En el juego se observa cómo el sistema exhibe tres comportamientos: oscilación, amplificación de las órdenes y retrasos en la cadena. Todo esto se debe a la poca percepción de realimentación, aunque en la vida real es importante tener en cuenta que los gerentes tienen acceso a más información de la que está disponible en el experimento. En el juego de la cerveza las oscilaciones se deben a que las reglas de decisión no tienen en cuenta los retrasos de materiales e información que hay entre el momento en que se pone la orden y cuando se reciben los materiales, además, explica el razonamiento utilizado por las personas para la toma de decisiones (Sterman, 1989).

Akkermans y Dellaert (2005), en las modelaciones de la cadena de abastecimiento de una industria de acero; trabaja el diseño de dicha cadena con el objetivo de que se tengan los mínimos inventarios dentro de lo razonable. También describe la combinación de hombre y máquina como uno de los mayores problemas para el diseño de la logística.

Angerhofer y Angelides (2000), estudiaron el tema de la amplificación de la demanda “aguas arriba” (es decir, en dirección de los clientes hacia la fábrica) de la cadena de abastecimiento. Ellos examinaron las

implicaciones que tenía este fenómeno en los tiempos de entrega, inventarios, producción y recursos humanos.

### 1.3. SOFTWARE UTILIZADOS EN DINÁMICA DE SISTEMAS - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

A continuación se describen brevemente los Softwares más utilizados para el modelado y simulación mediante Dinámica de Sistemas citados por García, (2003):

**Professional DYNAMO:** Es el más clásico de los lenguajes. No presenta posibilidades de modelado mediante iconos, pero permite tratar ecuaciones de gran dimensión. La mayor parte de los modelos que se encuentran en los libros clásicos de la dinámica de sistemas están escritos en este lenguaje.

**STELLA y i-think:** Son entornos informáticos de amplia capacidad interactiva que permiten construir modelos empleando procedimientos gráficos, mediante iconos. Ambos poseen una estructura similar, pero el primero se encuentra más orientado hacia usos académicos y el segundo hacia aplicaciones profesionales. Ambos permiten construir los diagramas de Forrester en la pantalla del computador, de modo que al establecer su estructura se generan las ecuaciones.

**PowerSim:** Posee características análogas a los anteriores, pero fue desarrollado en Norteamérica (los anteriores en Europa). Permite desarrollar varios modelos simultáneamente, e interconectarlos posteriormente entre sí.

**VenSim:** Con respecto a las anteriores presenta algunas ventajas con relación a la organización de datos y a posibilidades de optimización. Permite documentar automáticamente el modelo según se va construyendo, y crea árboles que permiten seguir las relaciones de causa efecto a lo largo del modelo. Permite trabajar con gráficos y tablas dinámicas del comportamiento de las variables en el tiempo y observar en la pantalla el comportamiento gráfico de todas las variables de forma simultánea, pudiendo modificar los valores constantes para observar instantáneamente en la interfaz los cambios asociados al resto de las variables.

#### 1.4. MODELAMIENTO DE PROCESOS Y OPERACIONES

Bajo el método científico, por ejemplo, se consolidan leyes y teorías en diversas ramas del conocimiento, las cuales son expresables por medio de sistemas de ecuaciones matemáticas. En otras palabras, se logra construir un nuevo sistema, del cual conocemos sus reglas de juego y símbolos, como un resultado de un proceso de abstracción de la realidad. Obviamente, dado la infinita complejidad de los fenómenos, estas construcciones abstractas, conocidas genéricamente como modelos, son sólo meras aproximaciones de la realidad. En efecto, no es otra cosa lo que se realiza cuando en física utilizamos ecuaciones para describir el movimiento de una partícula, o resolvemos los balances correspondientes aplicando las leyes de conservación de la materia, energía o cantidad de movimiento; o bien cuando nos enfrentamos al diseño de un equipo según los procedimientos que conocemos a partir del campo de las operaciones unitarias (Scenna *et al.*, 1999).

De aquí se desprende que si bien el sistema real a estudiar es único, puede existir un número muy grande de modelos asociados al mismo. En efecto, para obtener un modelo que pueda resolverse (es decir que sea útil), resulta necesario adoptar un conjunto de hipótesis. Por ejemplo, si consideramos la fricción, si es importante o no contemplar el intercambio de energía por radiación, si existen y se consideran los efectos electromagnéticos, etc. Las necesidades de exactitud que el problema a resolver nos impone, determinan el conjunto de hipótesis a utilizar. Por ejemplo, el error de una milésima de grado en el cálculo de un ángulo puede no tener implicancias en el punto de impacto de un proyectil que recorre una distancia pequeña, pero no puede afirmarse lo mismo para una trayectoria intergaláctica. En síntesis, dado el sistema real y los objetivos tecnológicos perseguidos, existirá un conjunto de hipótesis adecuadas que determinarán las características del modelo, o sistema de ecuaciones a resolver. Lo expresado recientemente implica una relación entre modelo (conjunto de hipótesis asumidas) y objetivos del ingeniero.

#### **1.4.1. MÉTODOS NUMÉRICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL MODELO DE PROCESOS**

La simulación digital constituye una poderosa herramienta para la resolución de las ecuaciones que describen a los sistemas en ingeniería química. Las principales dificultades que se plantean son principalmente:

- a. Encontrar la solución de un sistema de ecuaciones algebraicas no lineales (que usualmente se efectúa mediante un método iterativo).
- b. Efectuar la integración numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales mediante ecuaciones discretizadas en diferencias finitas que aproximan a las soluciones de las ecuaciones diferenciales continuas.

Los métodos numéricos son una clase de algoritmos para resolver una amplia variedad de problemas matemáticos. Únicamente se emplean operaciones lógicas y aritméticas; por consiguiente, pueden implementarse fácilmente sobre computadoras digitales. (Scenna *et al.*, 1999).

#### **1.5. SIMULACIÓN DE PROCESOS**

Podemos considerar a la tarea de simulación como aquella en la cual proponemos ciertos valores de entrada al simulador o programa de simulación para obtener ciertos resultados o valores de salida, tales que estiman el comportamiento del sistema real bajo esas condiciones.

Las herramientas de simulación pueden clasificarse según diversos criterios, por ejemplo, según el tipo de procesos (batch o continuo), si involucra el tiempo (estacionario o dinámico -incluye a los equipos batch-), si maneja variables estocásticas o determinísticas, variables cuantitativas o cualitativas, etc.

##### **1.5.1. SIMULACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA**

Una de las principales diferenciaciones a realizar al analizar el enorme campo que abarca la simulación de procesos es la que nos ocupa en este apartado.

La simulación cualitativa tiene por objeto principalmente el estudio de las relaciones causales y las tendencias temporales cualitativas de un sistema, como así también la propagación de perturbaciones a través de un proceso dado. Llamamos valores cualitativos de una variable, a diferencia del valor numérico (cuantitativo), a su signo; ya sea absoluto, o bien con relación a un valor dado o de referencia. Por lo tanto, en general se trabaja con valores tales como (+, -, 0). Son varios los campos de aplicación de la simulación cualitativa, como ser análisis de tendencias, supervisión y diagnóstico de fallas, análisis e interpretación de alarmas, control estadístico de procesos, etc.

La simulación cuantitativa, en cambio, es aquella que describe numéricamente el comportamiento de un proceso, a través de un modelo matemático del mismo. Para ello se procede a la resolución de los balances de materia, energía y cantidad de movimiento, junto a las ecuaciones de restricción que imponen aspectos funcionales y operacionales del sistema. La simulación cuantitativa abarca principalmente la simulación en estado estacionario y la simulación en estado dinámico (Mussati *et al.*, 1999, tomado de Scenna *et al.*, 1999)

### **1.5.2. Simulación estacionaria y dinámica**

La simulación en estado estacionario implica resolver los balances de un sistema no involucrando la variable temporal, por lo que el sistema de ecuaciones deseaba estudiar o reflejar en el modelo las variaciones de las variables de interés con las coordenadas espaciales (modelos a parámetros distribuidos); entonces deberá utilizarse un sistema de ecuaciones diferenciales a derivadas parciales (según el número de coordenadas espaciales consideradas). Un ejemplo puede ser la variación radial de la composición en un plato en una columna de destilación, la variación de las propiedades con la longitud y el radio en un reactor tubular, etc. Por lo general, en simuladores comerciales (no específicos) se utilizan modelos a parámetros concentrados y serán principalmente los analizados en esta obra (Scenna *et al.*, 1999).

Por otra parte, y como su nombre lo indica, la simulación dinámica plantea a los balances en su dependencia con el tiempo, ya sea para

representar el comportamiento de equipos batch, o bien para analizar la evolución que se manifiesta en el transiente entre dos estados estacionarios para un equipo o una planta completa. En este caso, el modelo matemático estará constituido por un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias cuya variable diferencial es el tiempo, en el caso de modelos a parámetros concentrados. En caso contrario, se deberá resolver un sistema de ecuaciones diferenciales a derivadas parciales, abarcando tanto las coordenadas espaciales como la temporal (parámetros distribuidos).

## **1.6. LA PISCICULTURA DE LA TRUCHA**

La piscicultura de aguas frías es una actividad que se viene desarrollando desde tiempos antiguos. Recientemente su desarrollo ha tomado auge debido a las ventajas económicas que presenta.

En el Perú la especie de agua fría más cultivada e importante es la trucha-“arco iris”, la cual fue introducida a partir de 1928, por una compañía minera con fines netamente de pesca deportiva en Cerro de Pasco, luego fueron sembrados en diferentes cuerpos hídricos de todo el territorio nacional adaptándose muy bien a las condiciones físico químicas de lagos, lagunas y ríos alto andinos a partir de los 2000 m.s.n.m. en la cordillera peruana y hoy es considerada como una especie más de nuestro país, gracias a su adaptación en los medios acuáticos del Perú. (AECI, 2002)

### **1.6.1. LA TRUCHA**

La trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie íctica perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, que debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo. En América del Sur, se encuentra distribuida en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. (Blanco, 2005)

La introducción de esta especie en el Perú tuvo lugar en el año 1928, desde los Estados Unidos de Norteamérica, con una cantidad de 50,000



huevos, los mismos que fueron instalados en un criadero a orillas del río Tishgo, en La Oroya – Junín, distribuyéndose a los ríos y lagunas de Junín y Pasco. En 1930 fueron transportados 50 truchas adultas a la Estación Piscícola El Ingenio. (Instituto Tecnológico Piscícola El Ingenio, 2009)

En 1941 fueron transportadas 25,000 huevos de trucha desde la Estación Piscícola El Ingenio a la Estación Piscícola de Chucuito – Puno, poblándose todo el sistema hidrográfico del Lago Titicaca y otras lagunas, como la de Languilayo- Cusco, donde inicialmente se llegaron a sembrar 2,000 alevines de esta especie; a partir de estas fechas se han venido poblando paulatinamente ríos y lagunas de varios departamentos de la sierra en forma natural o artificialmente.

A partir de la década del 70, se comenzaron a instalar varias piscigranjas o centros de cultivo de peces, los cuales fueron construidos siguiendo sistemas tradicionales de crianza, utilizando estanques de concreto; actualmente con los avances en la técnica y nuevas tecnologías de cultivo, la truchicultura se viene constituyendo en una alternativa para la producción masiva de pescado fresco, así como para la generación de puestos de trabajo de manera directa e indirecta. (Instituto Tecnológico Piscícola El Ingenio, 2009).

#### **1.6.2. BIOLOGÍA DE LA TRUCHA**

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, como por ejemplo la influencia del ambiente en riachuelos sombreados presentan color plomo oscuro mientras que en un estanque bien expuesto a los rayos del sol ofrece una tonalidad mucho más clara, verde oliva en su parte superior luego una franja rojiza para finalizar con el abdomen blanco; además posee gran número de máculas negras en la piel, a manera de lunares, por lo que en otros lugares se le llama también trucha pecosa. La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja

de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo. (Delgado, 2002)

### 1.6.3. ETAPAS DE DESARROLLO DE LA TRUCHAS

El desarrollo biológico de la trucha comprende 5 etapas:

- a. **Ova.-** Son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva.
- b. **Alevino.-** Son peces pequeños que miden de 3 cm. A 10 cm. Con un peso que oscila entre 1.5 gr. A 20 g.
- c. **Juvenil.-** Son peces que miden de 10 cm. A 15 cm. Cuyo peso es generalmente de 20 gr. A 100 g.
- d. **Comercial.-** Es la etapa especial, donde los peces han recibido el proceso de engorde para ser comercializados, estos miden 15 cm. A 22 cm. Con un peso de 100 a 200 g.

### 1.6.4. TAXONOMIA

Según (Delgado, 2002):

Reino : Animal  
Sub Reino : Metazoa  
Phylum : Chordata  
Sub Phylum : Vertebrata  
Clase : Osteichthyes  
Sub Clase : Actinopterygii  
Orden : Isospondyli  
Sub Orden : Salmoneidei  
Familia : Salmonidae  
Género : Oncorhynchus  
Especie : Oncorhynchus mykiss  
Nombre Vulgar : "Trucha arco iris"

## 1.7. JUSTIFICACIÓN

La Dinámica de Sistemas ha sido escasamente aplicada a las empresas de pequeña escala, estas requieren apoyo y orientación para su desarrollo, ya que generalmente son de origen familiar y no poseen los conocimientos técnicos ni los recursos necesarios para alcanzar el nivel competitivo deseado, realizando la toma de decisiones empresariales de forma casi intuitiva (Gulino *et al.*, 2006).

Aumentar la competitividad del sector agroindustrial Andahuaylino a partir del mejoramiento de los procesos de producción integral y el desarrollo tecnológico y la aplicación de sus resultados en las cadenas productivas, es uno de los principales objetivos del ingeniero agroindustrial.

La iniciativa de la realización de este trabajo, emanada en la definición de una agenda de investigación a fin de mejorar la producción integral de Truchas en el centro-piscigranja denominado Corporación San Miguel EIRL, de la comunidad de Pincos del distrito de Kishuara– Andahuaylas en relación con el potencial de consumo de este producto en la provincia de Andahuaylas, a través de la identificación de problemáticas tecnológicas inmediatas para la cadena de producción, lo que enriquecerá a la empresa con una visión de largo plazo, para lo cual se propone plantear diferentes modelos de escenarios las que se simularan en diferentes circunstancias reales. En este sentido para este fin, la dinámica de sistemas ofrece ventajas por su capacidad de análisis de problemas poco estructurados y de naturaleza blanda, su fiabilidad, su bajo costo relativo y su versatilidad en el tiempo.

## 1.8. OBJETIVOS

### GENERAL

- Modelar y simular mediante el uso de la dinámica de sistemas la gestión de la producción integral de Truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en la corporación San Miguel EIRL, Distrito de Kishuará – Andahuaylas.

### ESPECÍFICOS

- Identificar las variables más incidentes en la gestión de la producción integral de Truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en la corporación San Miguel EIRL.
- Simular casuísticas para el modelo general de la empresa corporación San Miguel EIRL, a través de la dinámica de sistemas aplicando diferentes estados económicos, sociales y ambientales, utilizando el software VENSIM PLE.
- Mostrar la rentabilidad de la empresa Corporación San Miguel EIRL a través de la comparación de casuísticas de operación en la empresa.

## 1.9. PROBLEMA

¿En qué medida la dinámica de sistemas contribuye a mejorar la gestión de la producción integral de truchas en la empresa corporación San Miguel EIRL, del distrito de Kishuará-Andahuaylas?

## 1.10. HIPÓTESIS

La dinámica de sistemas a través de la modelación y simulación permite facilitar el entendimiento y comportamiento de las diferentes variables que integran la cadena de abastecimiento de trucha en diferentes escenarios económicos, ambientales y sociales. Por lo que contribuirá a mejorar la gestión integral de truchas en la Corporación San Miguel EIRL, distrito de Kishuara-Andahuaylas.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la empresa corporación San Miguel EIRL, ubicada en la comunidad de Pincos del distrito de Kishuara, así como en las instalaciones del centro de cómputo de la universidad nacional José María Arguedas.

#### 2.2. MATERIAL DE ESTUDIO

El material de estudio se refirió a un caso particular, es decir, a la empresa Corporación San Miguel EIRL, dedicada a la producción de truchas de la variedad “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), ubicado en la comunidad de Pincos del distrito de Kishuara de la provincia de Andahuaylas

##### 2.2.1. Población

Se consideró como población de estudio al mercado productor y consumidor de truchas de la provincia de Andahuaylas, es decir a la cadena productiva de truchas. Según MAXIMIXE la región Apurímac y principalmente la provincia de Andahuaylas produjo un promedio de 20 TM/año de truchas en los últimos 5 años

##### 2.2.2. Muestra

Se consideró como muestra a la empresa Corporación San Miguel EIRL, dedicada a la producción de truchas de la variedad “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), ubicado en la comunidad de Pincos del distrito de Kishuara de la provincia de Andahuaylas. De acuerdo a los datos históricos la empresa produjo en los últimos 3 años un promedio de 9000 kg/año de trucha para la venta en el mercado local.

##### 2.2.3. Unidad de Análisis

La unidad de análisis estuvo referida a dos cadenas o sistemas que comprende la dinámica de la empresa, las cuales fueron identificadas

como: Sistema de crianza de truchas y el Sistema Mercado, las variables para estos sistemas se muestran en la tabla (01).

**Tabla 01:** Dimensiones y unidades del sistema en la producción integral de truchas de la EIRL.

<b>Sistema Crianza de truchas</b>		
<b>Subsistema</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Peso	Peso de trucha en venta	Kg de trucha
Tamaño de lote	Cantidad de peces en el lote	peces/lote
Utilidad	Ganancia neta como relación de los costos totales por producción y precio de venta	%
Nivel de oxígeno en el agua	Oxígeno disuelto en el agua (OD)	ppm de OD
<b>Sistema Mercado</b>		
<b>Subsistema</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Oferta	Cantidad de trucha en el lote para la venta	kg/lote
Demanda	Cantidad de trucha demandada por los oferentes en el mercado	kg/lote
Precio	Es el costo máximo y mínimo por kg de trucha en el mercado	N.S./kg

Fuente: Elaboración propia

### 2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de carácter cuantitativo – transversal y descriptivo.

Es cuantitativo, debido a que los datos de análisis son numéricos y medibles.

Es transversal, debido a que los datos recogidos fueron en un solo momento, es decir el manejo de los datos históricos.

Es descriptivo, debido a que detalla cada elemento (Sistema, Subsistema) de la empresa, su dependencia y su influencia.

### 2.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la tesis de investigación, se consideraron fuentes primarias para la recopilación de datos, estas fuentes fueron obtenidas de los datos

históricos de la empresa Corporación San Miguel EIRL, los datos que se recolectaron corresponden a los parámetros de los sistemas que se muestra en la tabla (02).

**Tabla 02:** Variables de los sistemas para recolección de datos, en la empresa Corporación San Miguel EIRL

<b>Sistema Crianza de truchas</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Parámetros</b>
Peso	Peso promedio – <b>PP</b>
	Peso total – <b>PT</b>
	Peso de lote – <b>PL</b>
	Peso inicial – <b>P<sub>0</sub></b>
	Frecuencia de alimentación– <b>FR</b>
	Número inicial – <b>N<sub>0</sub></b>
Tamaño de lote	Peso deseado – <b>PD</b>
	Densidad de siembra – <b>DS</b>
	Área de estanque – <b>AE</b>
Utilidad	Costo de alimento – <b>CSA</b>
	Costos diarios - <b>CD</b>
	Costos totales - <b>CT</b>
	Alimento diario – <b>AD</b>
	Precio de alimento - <b>PA</b>
Nivel de oxígeno en el agua	Oxígeno disuelto – <b>OD</b>
	Nivel de oxígeno deseado - <b>NOD</b>
<b>Sistema Mercado</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Parámetros</b>
Oferta	Ventas productores – <b>VP</b>
	Cobertura de ventas – <b>CB</b>
Demanda	Demanda oferentes – <b>D</b>
	Numero de oferentes – <b>NO</b>
Precio	Precio mínimo – <b>PMI</b>
	Precio máximo - <b>PMA</b>
	Tasa de demanda - <b>TD</b>
	Demora de producción - <b>DM</b>

Fuente: Elaboración propia, manejado por la empresa Corporación San Miguel

## 2.5. MÉTODOLÓGÍA EXPERIMENTAL

### 2.5.1. PASOS PARA LA MODELACIÓN

Para el desarrollo de la modelación se siguieron los cinco pasos del libro “*Strategic modeling and business dynamics: a feedback approach*” de Morecroft (Morecroft, 2007), los cuales se muestra en la tabla (03), y se definen como:

**Paso 1:** Articulación del problema. Es el paso más importante, debido a que en él se realiza un estudio completo para identificar el problema a resolver.

**Paso 2:** Hipótesis del modelo. El modelador realiza un diseño preliminar de todas las variables que pueden llegar a interactuar en el problema.

**Paso 3:** Formulación. En este paso se transforma la hipótesis en un modelo real con todos sus procesos y respectivas ecuaciones.

**Paso 4:** Prueba. Aquí se realiza la simulación para saber si el modelo funciona correctamente y, si hay alguna inconsistencia, se corrigen los errores para así obtener el modelo integral.

**Paso 5.** Políticas de evaluación y formulación. Se da por sentado que el modelo es capaz de identificar los problemas, por lo tanto, se ensayan nuevas políticas y se simulan para observar cómo se comportan. Se debe tener en cuenta que todos los pasos tienen influencia sobre los otros, por lo tanto, cualquier cambio realizado en alguno de estos pasos puede afectar algún paso anterior o siguiente.

**Tabla 03:** Pasos para la modelación del sistema

Paso 1	• Articulación de problema
Paso 2	• Hipótesis del modelo
Paso 3	• Formulación
Paso 4	• Prueba
Paso 5	• Política de evaluación y formulación

Fuente: Morecroft (2007)



## 2.5.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA

Una vez definido el problema se debe realizar el llamado “Diagrama de Influencias” o “Diagrama Causal” del Sistema, que consiste en definir cuáles son los elementos que influyen en el sistema, y describir las interrelaciones e influencias que se producen entre ellos mediante flechas a partir de las políticas<sup>1</sup> que determinan el funcionamiento del sistema. Estas interrelaciones son positivas cuando un cambio en la variable de origen de la flecha genera un cambio del mismo sentido en la variable de destino, y son negativas cuando un cambio en la variable de origen de la flecha genera un cambio en el sentido contrario de la variable de destino (Sahueza *et. al.*, 2009).

En esta etapa aparecen circuitos cerrados de relaciones causales, denominados “Bucles de Realimentación” (Zuñiga *et. al.*, 2009), que pueden ser positivos, si el número de interrelaciones negativas dentro del bucle es par y negativos si el número de interrelaciones negativas del bucle es impar. (Senge, 1995)

- Los bucles negativos implican un comportamiento de tipo estable o compensador, al dirigir al sistema hacia un objetivo determinado, ya que si por una acción exterior se perturba alguno de sus elementos, el sistema, en virtud de su estructura, reacciona tendiendo a anular esa perturbación.
- Los bucles positivos implican un comportamiento de tipo inestable o reforzador, ya que representa un proceso en el que un estado determina una acción, que a su vez refuerza este estado, y así indefinidamente. Cuando por una acción exterior se perturba alguno de sus elementos, el sistema amplifica la perturbación.

Se debe mencionar la diferencia entre los conceptos de “Realimentación” y “Retroalimentación”: Realimentación indica que un cambio en la variable de entrada genera un cambio en la variable de salida. Ejemplo, La Demanda influye en la cantidad de materia prima a adquirir por

---

<sup>1</sup>El término “Política” en dinámica de sistemas, se refiere a todas las causas formales e informales que determinen una acción o comportamiento

periodo (pero la MP a adquirir no influye en la demanda) y “Retroalimentación” indica que la variable de entrada genera un cambio en la variable de salida y a la vez, la variable de salida generará un nuevo cambio en la variable de entrada y así sucesivamente, como un efecto bola de nieve. Ejemplo: Stock y Producción: si disminuye la cantidad en stock, aumenta la producción y luego al aumentar la producción aumenta el stock por lo tanto nuevamente disminuye la producción.

### **2.5.3. FORMALIZACIÓN DEL MODELO**

El objetivo es convertir el diagrama causal en un diagrama de Forrester. Esto consiste en describir las ecuaciones que representan el comportamiento de cada variable, las relaciones producidas entre las ellas y definir los tipos de variables que actúan en el modelo con su respectiva simbología (Aracil, 1995). La formalización podría revelar inconsistencias que obligarían a modificar la descripción previa, hasta obtener finalmente un modelo del sistema programado en el computador (Zamorano, 2004).







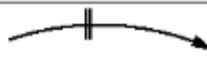
Los diferentes tipos de variables existentes en un modelo son explicados a continuación, siguiendo a Aracil (1995), García (2003), entre otros.

- Las ecuaciones están conformadas en base a las variables de “Nivel” o de “Estado”, que representan “acumulaciones” para el instante de tiempo  $\Delta t = 1$  mes y son determinadas por las variables de “Flujo”, que constituyen entradas y salidas de flujos materiales o de información desde y hacia las variables de “Nivel”.
- Las “Variables Auxiliares representan las no-linealidades del modelo” mediante funciones gráficas, tablas de datos, funciones de densidad de probabilidad, entre otros. Junto con las “Constantes” o “Parámetros”, condicionan el comportamiento de los flujos mediante operaciones lógico-matemáticas.
- Los “Canales Materiales” transmiten las magnitudes físicas entre flujos y niveles y los “Canales de Información” transmiten información entre los flujos y niveles.

- Los “retrasos” simulan retrasos de tiempo en la transmisión de la información y de los materiales.

En la tabla (04), se muestra la simbología utilizada en el modelado mediante Dinámica de Sistemas.

**Tabla 04:** Simbología utilizada en la modelación mediante dinámica de sistemas

Elemento	SímboloGÍA
Variable de Nivel o Estado	
Variable de Flujo	
Variable Auxiliar	
Parámetros o Constantes	
Canales Materiales	
Canales de Información	
Retrasos	

Fuente: Aracil (1995)

#### 2.5.4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA CRIANZA DE TRUCHAS DE LA EMPRESA SAN MIGUEL EIRL

Para la evaluación de la dinámica de la gestión de cadena de producción del trucha de la empresa en estudio, se realizó la identificación de áreas de trabajo denominados Sistemas y Subsistemas, las cuales se consideraron a continuación:

##### A. SISTEMA – CRIANZA DE TRUCHAS

###### Subsistemas:

- Peso
- Tamaño de lote
- Utilidad
- Nivel de oxígeno en el agua

## **B. SISTEMA – MERCADO**

### **Subsistemas:**

- Oferta
- Demanda
- Precio

Para la simulación del modelo se utilizó el Software VENSIM PLE 6.0. en su versión gratuita para uso académico desarrollada por Ventana Systems Inc. ([www.vensim.com](http://www.vensim.com))

## **2.6. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS**

De acuerdo a los objetivos propuestos y para alcanzar su conclusión, se consideran los siguientes métodos de análisis.

### **2.6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INCIDENTES EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE PRODUCCIÓN DE TRUCHAS**

Para determinar las variables que inciden directamente en la gestión integral de la producción de truchas, se consideran los sistemas y subsistemas considerados en el ítem (2.5.4).

Es así que se construyeron diagramas causales para cada subsistema, esto con la finalidad de conocer la relación entre las variables y los parámetros. Los diagramas en primer término se propusieron a través de diagrama de lazos (bucles), donde se indica la relación directa o inversa entre las variables del subsistema. En seguida se elaboró el diagrama causal de Forrester para cada subsistema, este diagrama de Forrester correspondió al modelo para el subsistema en análisis, este a su vez fue luego enlazado con los otros subsistemas; ambos diagramas (de bucles y de Forrester) son graficados a través de software VENSIMPLE.

Luego se probó el subsistema a través de diagrama de Forrester, utilizando las bondades del software VENSIMPLE, para ellos e introducen valores o datos de los parámetros que maneja la empresa, asimismo se proponen las relaciones causales a través de ecuaciones, que se introducen al software.

Una vez construido y probado el modelo, se considera las variables más incidentes para cada subsistema, a través del reporte de figuras y tablas del comportamiento del subsistema, que reporta el software.

## 2.6.2. EVALUACIÓN DEL MODELO DE LA GESTIÓN INTEGRAL A TRAVÉS DE LA SIMULACIÓN DE CASUÍSTICAS

La evaluación de la simulación de casuísticas del modelo de la gestión integral, se realizó con supuestos casos de operación de la gestión en la empresa, a las que se le llamo “ESCENARIOS”, en cada escenario se modificó valores de los parámetros que maneja la empresa, las que se muestran en la tabla (05).

**Tabla 05:** Parámetros propuestos para la simulación casuística de los diferentes escenarios

Parámetro	Escenario actual	Escenario “i”	Unidad
Precio mínimo*	8.0	---	N.S.
Precio máximo*	12.0	---	N.S.
Tasa de demanda*	8	---	%
Demanda oferentes*	15	---	Oferentes/lote
Frecuencia de alimentación*	3	---	Veces por día
Alimento diario*	5	---	g/pez
Precio de alimento*	2.5	---	N.S./kg
Nivel deseado de oxígeno*	5	---	ppm
Densidad de siembra*	35	---	pez/m <sup>2</sup>
Tasa de aireación	0.2	---	A dimensional
Peso inicial	1	---	g/pez
Conversión de alimento en peso	85	---	%
Efecto de densidad	0.01	---	A dimensional
Área de estanque	250	---	m <sup>2</sup>
Demora	20	---	A dimensional

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel  
Fuente: Elaboración propia

Los valores de los parámetros considerados en la tabla (03), se simulan en el modelo general de la gestión integral de la empresa, el cual se construyó uniendo los sistemas y subsistemas previamente seleccionados y/o considerados.

Se consideraron 03 escenarios tomando en cuenta las recomendaciones bibliográficas y las estadísticas que maneja la empresa.

### 2.6.3. EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD

Una vez construida el modelo general y la aplicación de los escenarios, se obtiene el valor de la rentabilidad utilizando como indicador la utilidad, a través de los resultados reportado por el software para cada caso, la relación de la utilidad estará dada por la ecuación:

$$[(\text{Precio por gramo de pez} * \text{Peso total de pez en el lote}) - \text{Costos totales}]$$

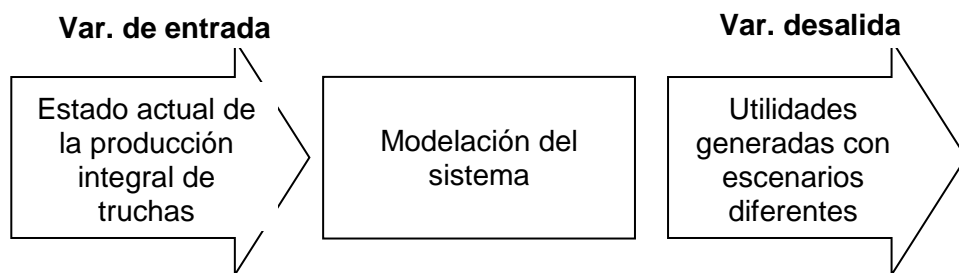
## 2.7. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN

El diseño de contrastación se plantea de acuerdo a las hipótesis siguientes:

Hipótesis nula –  $H_0$ : La utilidad generada por un modelo propuesto no presenta diferencia significativa con el estado actual de utilidad de la empresa corporación San Miguel EIRL.

Hipótesis alterna –  $H_a$ : La utilidad generada por un modelo propuesto presenta diferencia significativa con el estado actual de utilidad de la empresa corporación San Miguel EIRL.

**Figura 01:** Diagrama de contrastación y variables



Fuente: Elaboración propia

## 2.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar la diferencia significativa de la Utilidad, Peso de lote, Costos totales de operación, Peso de peces muertos, Peso promedio de trucha y el precio reportado por los diferentes escenarios propuestos, se aplicó una prueba **t de Student** de datos apareados (ecuación 01) (Gutiérrez y de la vara, 2008), tomando como control de comparación el escenario actual de la empresa.

$$t_0 = \frac{\bar{d}}{s_D/\sqrt{n}} \quad \text{ec. (01)}$$

donde:

$\bar{d}$ , es el promedio muestral de las diferencias entre datos individuales del escenario actual y propuesto.

$S_D$ , es la desviación estándar muestral de las diferencias individuales.

$n$ , es el número de datos o elementos de un subsistema.

Las hipótesis estadísticas planteadas fueron:

Hipótesis nula,  $H_0$ : el escenario propuesto no muestra diferencias significativa en comparación con el actual.

Hipótesis alterna,  $H_a$ : el escenario propuesto muestra diferencia significativa en comparación con el actual.

La contrastación de la hipótesis se realizó considerando:

Se rechaza  $H_0$ , si  $\alpha > p\text{-value}$ .

El número de comparaciones fue 03, es decir:

Escenario actual con escenario propuesto 01

Escenario actual con escenario propuesto 02

Escenario actual con escenario propuesto 03

## 2.9. REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS

La relación causal de la gestión de la producción integral de truchas se puede representarse a través de ecuaciones relacionando las variables de los niveles y subniveles que lo comprenden. El tipo de modelo que se propone fue:

El modelo está regido por la utilidad de la empresa y esta a su vez, por  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , que se representa en la siguiente ecuación:

$$Z = aX_1 + bX_2 + cX_3 \dots 1$$

**Sujeto a:**

Demanda de mercado  $X_1 \leq$  precio máximo

$X_2 \leq$  capacidad de siembra

$X_3 \leq$  alimento diario

**Donde:**

**A, b, c. son coeficientes de la ecuación (1)**

$X_1$  = Precio

$X_2$  = Peso de lote

$X_3$  = Costo total

$Z$  = Utilidad

El programa VENSIMPLE opera bajo esta ecuación, es decir se considera dentro de su operación durante el modelo.



## CAPITULO III

### RESULTADOS

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INCIDENTES EN LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTEGRAL DE TRUCHAS EN LA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL

Para identificar las variables incidentes de acuerdo a las políticas que sigue actualmente la empresa Corporación San Miguel EIRL, la crianza y comercialización truchas en la provincia de Andahuaylas, se consideraron los siguientes sistemas con sus respectivas variables.

##### 3.1.1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS

###### SISTEMA DE CRIANZA DE TRUCHAS

Las áreas de análisis que se consideraron fueron los siguientes:

**A. PESO**, esta variable depende de los siguientes niveles, variables auxiliares y parámetros:

###### **Nivel:**

- **Peso promedio**, se refiere al peso del pez dentro del estanque, siendo su valor inicial el peso inicial.

###### **Variables auxiliares:**

- **Crecimiento diario**, se refiere al crecimiento diario del peso promedio del pez en el estanque.

Esta variable se calculó:

*[Alimento diario\*Conversión alimenticia]*

- **Peso total de pez en el lote**, se refiere a la cantidad total de gramos de pez en el estanque, en cualquier momento.

El peso total de pez en el lote, se calcula como:

*[Peso promedio\*peces en el lote]*

- **Cantidad de alimento diario**, se refiere a la cantidad de alimento diario suministrado a un pez, que es un porcentaje del peso promedio de los peces.

Esta variable se calcula de la siguiente manera:

*Peso promedio\*(Porcentaje de peso corporal/100)*

- **Porcentaje de peso corporal**, esta variable indica el incremento de peso diario, en función del alimento suministrado.

*[(Peso Total-Peso inicial)/Peso inicial]*

**Parámetros:**

- **Peso inicial**, el peso de los peces en esta etapa, se consideró como 5 gramos, y corresponde a los alevino de 15 días de crianza, cuyo tamaño oscila alrededor de 1.8 cm.
- **Conversión alimenticia**, se refiere al índice de conversión de comida o alimento suministrado al pez en carne corporal. La empresa realiza la pesca cuando el peso promedio es de 750 gramos.

**B. TAMAÑO DE LOTE**, se consideraron los siguientes niveles, variables auxiliares y parámetros:

**Niveles:**

- **Peces en el lote**, se refiere al número inicial de peces en el estanque, este parámetro se mide en peces.
- **Muertes totales**, es la cantidad de peces muertos en el estanque.

**Variables auxiliares:**

- **Número inicial de peces en el estanque**, esta variable está en función de la densidad de siembra y el área de estanque.

Esta variable se calcula como:

*Densidad de siembra\*área de estanque*

- **Muertes**, se refiere a la cantidad de peces muertos diariamente

Se calcula de acuerdo a:

*[Peces en el lote\*efecto del oxígeno]*

- **Venta por lote**, es la cantidad de peces vivos en el estanque que han alcanzado el peso deseado, cuya unidad de medida es *peces*.

Esta variable se calcula de acuerdo a la siguiente función lógica:

*[IF(peso promedio >= peso deseado, peces en el lote, 0)]*

- **Densidad de peces en el estanque**, se refiere a la cantidad de peces (en gramos) en cualquier momento por metro cuadrado de estanque. Esta variable se calcula:

*[Peso total de pez en el lote/área del estanque]*

**Parámetros:**

- **Área del estanque**, se refiere al área del estanque contenedor de peces, y esta expresado en m<sup>2</sup>, esta área es de 10.
- **Densidad de siembra**, este parámetro está referido a la cantidad de peces inicialmente en el estanque, por metro cuadrado de estanque. Se consideró de acuerdo a las características de crianza de la empresa como 15 peces/m<sup>2</sup>.
- **Peso deseado**, es el peso que la empresa desea obtener en cada campaña de pesca para su venta en el mercado, la empresa asume un valor promedio de 720 g. por pez en el estanque.

**C. UTILIDAD**, esta variable depende de los siguientes niveles, variables auxiliares y parámetros:

**Niveles:**

- **Costos totales**, se refiere a los costos totales acumulados por el crecimiento de los peces, la unidad de cálculo es *nuevos soles S/.*

**Variables auxiliares:**

- **Costo de alimento**, es el costo incurrido en la alimentación de los peces diariamente. Esta variable se calcula como:

$$[(\text{Cantidad alimento diario} * \text{peces en el lote}) * \text{precio de alimento}]$$

- **Costos diarios**, es el costo generado diariamente por el costo de alimento y gastos fijos, matemáticamente se calcula como:

$$[\text{Costo de alimento} + \text{costos fijos diarios}]$$

- **Utilidad**, se refiere a la utilidad generada diariamente, y esta se calcula como:

$$[(\text{Precio por gramo de pez} * \text{Peso total de pez en el lote}) - \text{Costos totales}]$$

**Parámetros:**

- **Precio de alimento**, es el precio en nuevos soles por kilogramo de alimento. La empresa adquiere el alimento a costo de 2.80 N.S.
- **Costos fijos diarios**, este parámetro está referido a los costos generados por el funcionamiento de los estanques, esto es, los servicios públicos y sueldos. Este costo se reporta como N.S./día
- **Precio por gramo de pez**, es el precio de venta a los distribuidores o consumidores directos, este parámetro se mide en N.S./ gramo de pez

**D. OXÍGENO EN EL AGUA:** esta variable depende de los siguientes niveles, variables auxiliares y parámetros:

### **Niveles:**

- **Oxígeno disuelto**, es el nivel de oxígeno disuelto en el agua del estanque (en ppm, de acuerdo a la medición con axiómetro este valor es de 4 ppm)

### **Variables auxiliares:**

- **Perdida de oxígeno**, se refiere a la perdida de nivel de oxígeno disuelto en el agua de estanque por día (ppm/día)

Esta variable se calcula como:

*[Oxígeno disuelto\*Efecto de densidad]*

- **Diferencia de oxígeno**, se refiere a la diferencia entre el nivel de oxígeno deseado y el oxígeno disuelto, esta variable se calcula como:

*[Nivel deseado de oxígeno – oxígeno disuelto]*

- **Ganancia de oxígeno**, es el nivel de oxígeno ganado disuelto en el agua del estanque en ppm/día. Esta variable se calculó como:

*[IF(Oxígeno disuelto<5, Tasa de aireación\*Diferencia de oxígeno,0)]*

### **Parámetros:**

- **Efecto del oxígeno**, se refiere al efecto del oxígeno sobre la mortalidad, y se define como la tasa de mortalidad según el oxígeno disuelto en el estanque, cuyas unidades son (1/día).
- **Efecto de densidad**, este parámetro se refiere al efecto que causa la densidad de los peces en el estanque ocasionando una disminución considerable en el oxígeno disuelto en el agua del estanque.
- **Tasa de aireación**, la aireación produce ganancia de oxígeno disuelto en el agua del estanque, se considera un valor constante como 0.2 ppm/día.

- **Nivel deseado de oxígeno**, este parámetro es el recomendado por los criadores de truchas, y se establece como 5 ppm (Gracia *et al.*, 2008)

## EL MERCADO

Cuyas áreas de análisis que se consideraron fueron los siguientes:

**A. OFERTA**, los niveles, variables auxiliares y parámetros, para esta variable son:

### **Niveles:**

**Inventario – oferta**, se refiere a la cantidad de peces en el momento, esta variable presenta un valor de producción propuesto por la empresa que asciende a: 8000 kg/lote.

### **Variables auxiliares:**

- **Incremento de oferta**, esta variable está condicionada con el incremento de la venta a productores.
- **Radio de inventario**, se refiere a la relación entre el inventario de la oferta y el inventario deseado, si esta relación es igual a 1, indica que no hay faltante en el inventario de oferta de peces.

La relación para calcular esta variable es:

$$[\text{Inventario oferta}/\text{Inventario deseado}]$$

- **Inventario deseado**, es el inventario deseado según la demanda del mercado. Se calcula de la siguiente manera:

$$[\text{Demanda}*\text{Cobertura}]$$

### **Parámetros:**

- **Ventas productores**, corresponde a la venta de un productor que llega en cualquier momento

- **Inventario de oferta**, inventario de peces cada en cada momento, de acuerdo a la capacidad de la empresa este valor es de 25 kg/día
- **Ventas demanda**, se refiere a la demanda causada por las ventas hacia los compradores de peces en el mercado.

*[Demanda]*

- **Cobertura**, es el número de veces del inventario de oferta. Esta se asume un valor de 4 veces por día, para la empresa.

**B. DEMANDA**, para esta área se consideran los niveles, variables auxiliares y parámetros:

**Niveles:**

- **MD-P**, es el efecto del precio sobre la demanda en el mercado.

**Variables auxiliares:**

- **D**, se refiere a la demanda de la trucha en el mercado.

Esta variable se calcula como:

*[MD-P\*DP]*

- **DP**, es la demanda potencial, está referido al número de oferentes y la demanda de oferentes, es decir:

*[NO\*DO]*

**Parámetros:**

- **DO**, es la demanda potencial atendible por el oferente, este parámetro se asume como 25 kg/día.
- **NO**, es el número de oferentes, este parámetro se asume como con diferentes variables a fin de generar diferentes situaciones en el mercado.

**C. PRECIO**, para esta área se consideran los siguientes niveles, variables auxiliares y parámetros:

**Niveles:**

- **Precio**, es el precio del kilogramo de trucha en cada momento. Inicialmente esta variable tiene un valor de 12 soles.

**Variables auxiliares:**

- **Precio deseado**, es el precio de deseado del producto, esta variable se calcula como:

$$[\text{Precio} * \text{Efecto del precio}]$$

- **Precio objetivo**, es el precio de kg de trucha ofertado en el mercado en el momento, esta se calcula de la siguiente forma:

$$[\text{IF}(\text{Precio deseado} < \text{Precio mínimo}, \text{Precio mínimo}, \text{IF}(\text{Precio deseado} > \text{Precio máximo}, \text{Precio máximo}, \text{Precio deseado}))]$$

- **Cambio de precio**, esta variable es generada por la variación en el inventario de oferta y demanda, el cambio de precio se calcula como:

$$[(\text{Precio objetivo} - \text{Precio}) / \text{Demora}]$$

**Parámetros:**

- **Efecto del precio**, se refiere al efecto del inventario de la oferta sobre el precio
- **Precio mínimo**, es el precio mínimo que puede tener el kg de carne de trucha en el mercado, este valor se asume a través de datos históricos como 8.00 soles.
- **Precio máximo**, es el precio que puede alcanzar como máximo el kg de carne de trucha, en el mercado, de acuerdo a los datos históricos, esta se asume como 12.00 soles.



- **Demora**, es el tiempo que sucede en el cambio de precio del kg de trucha, este hecho sucede de acuerdo a la demanda en el mercado local, este valor se recomienda como 20 días.

### 3.1.2. ELABORACIÓN DE MODELOS DE LOS SISTEMAS

De acuerdo a las características de la empresa, planteadas y propuestas a través de sistemas, se planteó modelos para los sistemas de la producción integral de truchas de la empresa Corporación San Miguel EIRL, los cuales fueron realizados utilizando el Software VEMSIPLE en su versión libre.

#### A. ELABORACIÓN DEL SISTEMA - MODELO DE LA CRIANZA DE TRUCHAS

El modelo de la crianza de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL., presento los ciclos o bucles dinámicos, mostrados en la diagrama de influencias de la figura (02), los cuales se describen:

**Bucle 01:** Si aumenta el número de peces por lote entonces el total de gramos en el estanque aumenta, aumentando así la densidad de peces y como consecuencia el número de muertes.

**Bucle 02:** Si existe un aumento en los costos totales esto es debido a un aumento en la cantidad de alimento diario, aumentando el crecimiento y el peso promedio ocasionando un mayor total de gramos en el estanque.

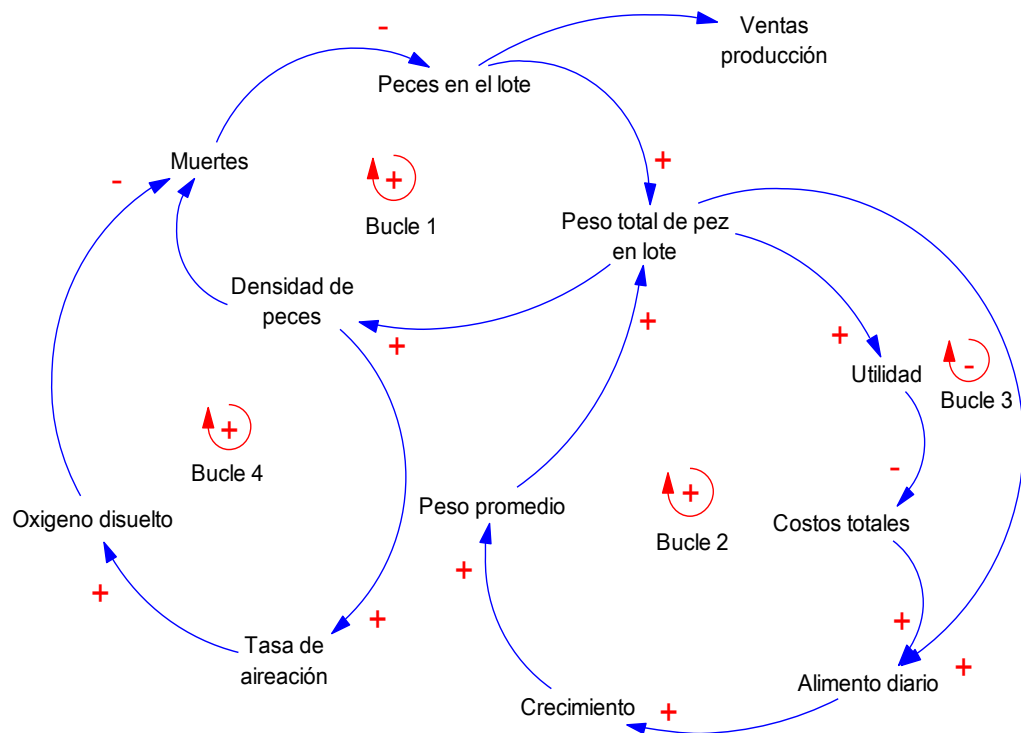
**Bucle 03:** Una mayor utilidad se debe a una mayor cantidad de kilogramos de trucha a la venta, y esto es generado por un aumento en la cantidad de alimentación diaria, lo que incurre en un aumento en los costos totales por mantenimiento del estanque de peces.

**Bucle 04:** la densidad de los peces en el estanque, está en relación directa con el oxígeno disuelto, es decir, a mayor densidad de peces, mayor será la aireación, y con ello se logra

mayor oxígeno disuelto en el agua de estanque, lo que conlleva a una disminución de la muestras de los peces en el estanque.

Los bucles se relacionan entre sí, así el bucle 01 tiene sentido horario debido a que con el incremento de la densidad se incrementa el peso total de peces por lote. Mientras que el bucle 02 el peso total de peces en el lote requiere alimentación.

**Figura 02:** Diagrama de influencias del modelo de crianza de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## B. ELABORACIÓN DEL SISTEMA - MODELO DE LA INFLUENCIA DEL MERCADO DE TRUCHAS

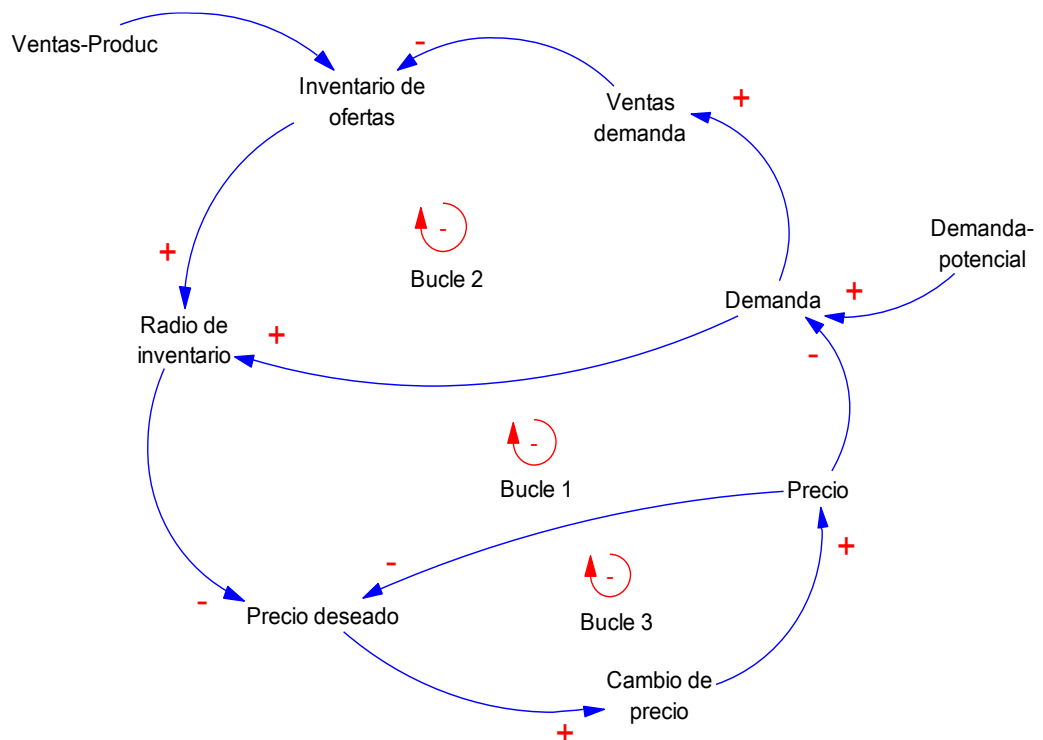
El mercado local de truchas de la empresa Corporación San Miguel EIRL., se describió a través de un diagrama de influencias (figura 03), en la que se planteó 03 bucles dinámicos interrelacionadas unas con otras, estas se describen a continuación:

**Bucle 01:** En el primer bucle, se puede apreciar que el incremento de precio, disminuye la demanda de truchas, y esto hace que el ratio del inventario se incremente, es decir la oferta supera a la demanda (el ratio de inventario es mayor a 1), esto genera que el precio deseado disminuya, asimismo el precio en el precio de venta disminuye.

**Bucle 02:** En el segundo ciclo o bucle, si aumenta el inventario de oferta, el ratio de inventario aumenta, ocasionando un efecto de disminución en el precio deseado, que genera un aumento en la demanda y aumenta las ventas por demanda, agotando o disminuyendo el inventario de oferta.

**Bucle 03:** En este ciclo, si existe un aumento en el precio, ocasiona una disminución en el precio deseado, de igual manera sobre el cambio en el precio influyendo de la misma manera sobre el precio.

**Figura 03:** Diagrama de influencias del mercado de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### **3.1.3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO**

Se ha realizado una descripción del funcionamiento del modelo elaborado en base a las políticas determinadas, desglosado en sus partes principales en cada modelo y luego de manera general, a fin de mostrar brevemente los criterios utilizados para representar el comportamiento del sistema, este análisis preliminar se ha realizado utilizando el Software VENSIMPLE en su versión libre.

En todos los casos de prueba del funcionamiento del diseño de los sistemas, se consideró la producción de la empresa que asciende a 8000 kg de trucha por lote.

#### **3.1.3.1. SISTEMA CRIANZA DE TRUCHAS**

Este macro sistema esta subdivido en ciclos o bucles de acuerdo a la figura (04), para lo cual se describió y probó su funcionamiento, los cuales se describen a continuación.

##### **A. SUBSISTEMA PESO**

Este subsistema comprende los elementos del bucle 1 de la figura (04), detallados en el ítem **3.1.1.A**. A fin de probar el comportamiento del diagrama dinámico causal y considerando los valores de prueba, que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, las cuales se muestran en la tabla (06), se analizó este subsistema a través del software VENSIMPLE.

El diagrama del subsistema peso en la crianza de truchas, se muestra en la figura (05), diseñado a través del software VENSIMPLE, en ella se puede apreciar la relación causal de los factores y variables sobre el incremento del peso de la trucha.

**Tabla 06:** Características de los elementos del sistema Peso.

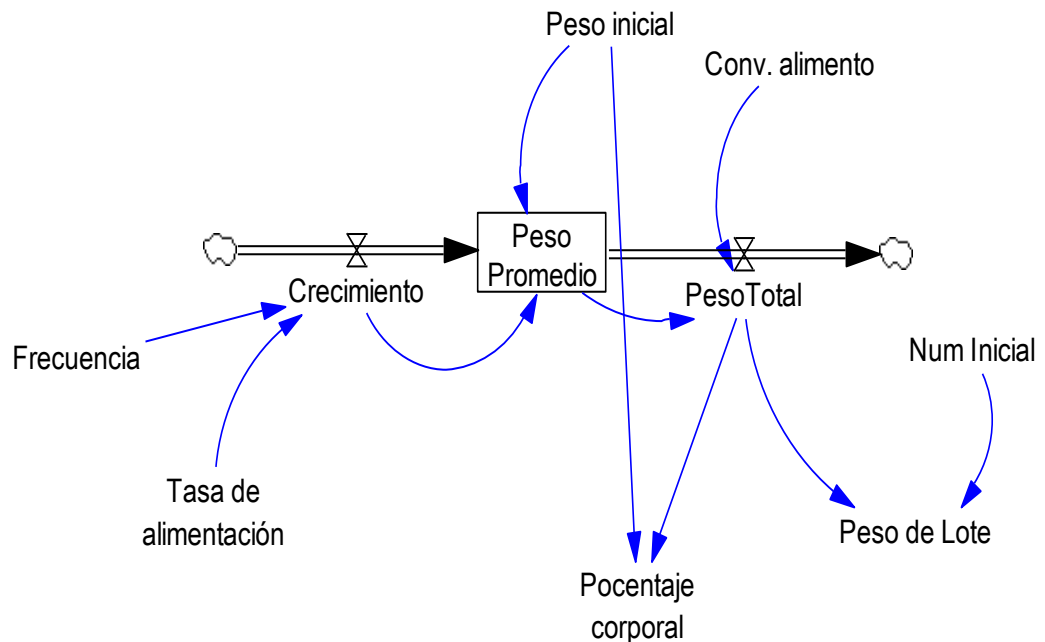
Elemento	Unidades	Valor inicial*
Crecimiento – <i>CR</i>	Kg/día*pez	[Alimento diario*Conversión alimenticia]
Peso promedio – <i>PP</i>	Kg/día*pez	[Crecimiento-PesoTotal+Peso inicial]
Peso total – <i>PT</i>	Kg/día*pez	[Peso promedio*peces en el lote]
Peso de lote – <i>PL</i>	Kg	[Peso promedio*peces en el lote]
Porcentaje corporal - <i>PC</i>	%	[(Peso Total-Peso inicial)/Peso inicial]
Peso inicial – $P_0$	Kg/pez	0.001
Conversión alimenticia - <i>CA</i>	1/pez	0.85
Frecuencia – <i>FR</i>	A dimensional	2
Tasa de alimentación – <i>TA</i>	1/día	0.15**
Número inicial – $N_0$	pez	30000

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel

\*\*Valor sugerido por Blanco (2005)

Fuente: Elaboración propia

**Figura 04:** Diagrama del subsistema oferta manejada por la empresa Corporación San Miguel



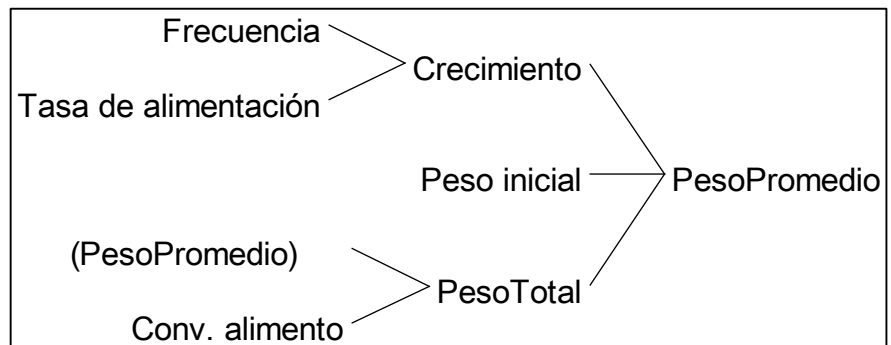
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

Asimismo se ha probado el funcionamiento del subsistema a través del análisis de los elementos que lo componen:

- **PESO PROMEDIO**

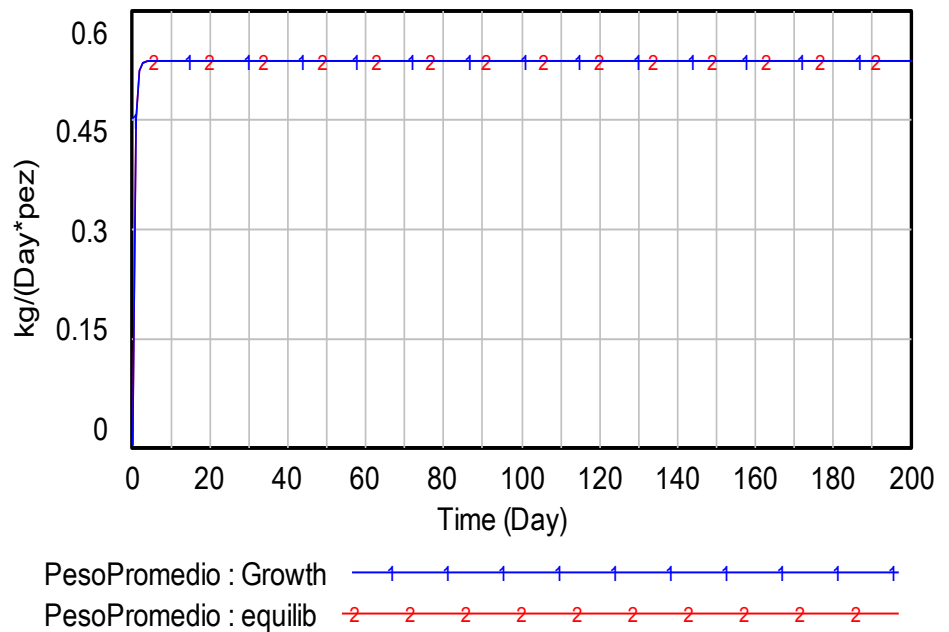
Esta variable o nivel depende del crecimiento, peso inicial y el peso total de las truchas en el estanque tal como lo muestra la figura (04), por otro lado en la figura (05), se observa el peso máximo que alcanza el pez en el estanque para los valores definidos por la empresa, este valor máximo es de 500 g, y no varía en el tiempo.

**Figura 05:** Árbol causal del peso promedio de la crianza de truchas, según la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 06:** Curva del incremento del peso promedio de la trucha en los estanques, según datos de la empresa

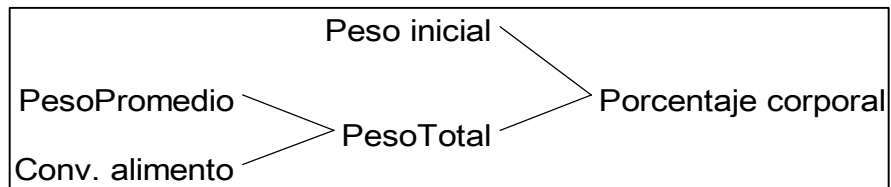


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**- PORCENTAJE CORPORAL**

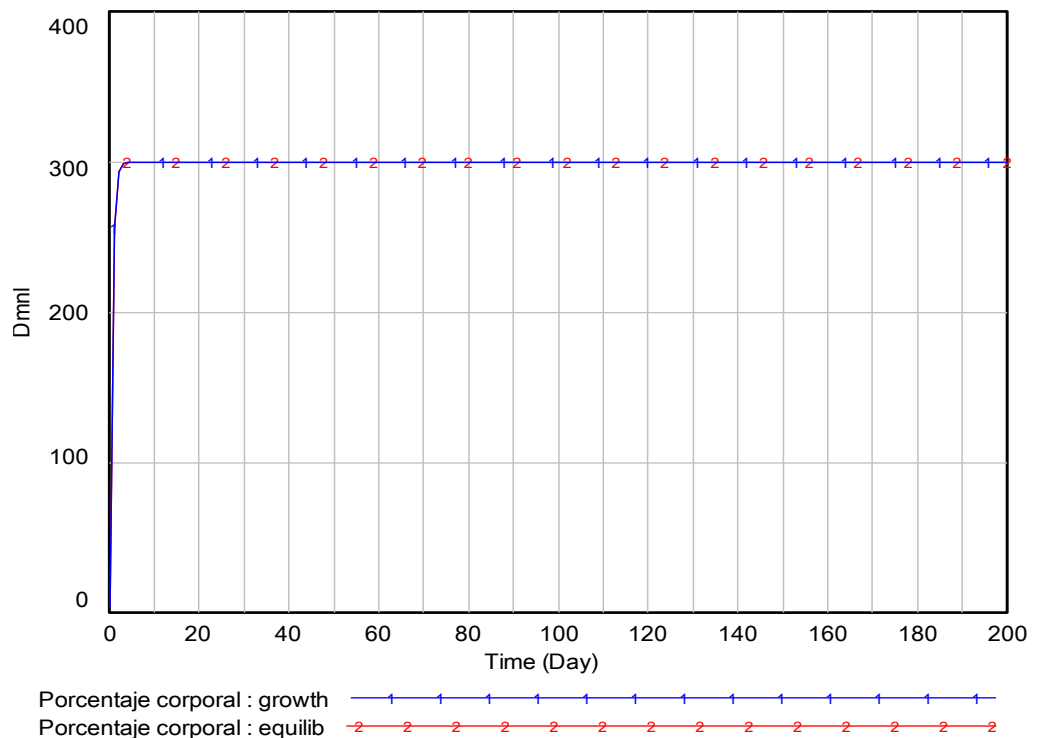
Esta variable está relacionado con el peso inicial y el peso total final de la trucha en el estanque, así la figura (07), muestra sus variables causales, en ella se puede apreciar que la conversión de alimento y el peso promedio tiene relación directa con esta variable, asimismo el diagrama de la curva de incremento de porcentaje corporal mostrado en la figura (08), indica un rápido incremento de esta variable llegando hasta el orden del 300%

**Figura 07:** Árbol causal del peso promedio de la crianza de truchas, según la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 08:** Curva del incremento del porcentaje corporal de las truchas en el estanque, según datos de la empresa.

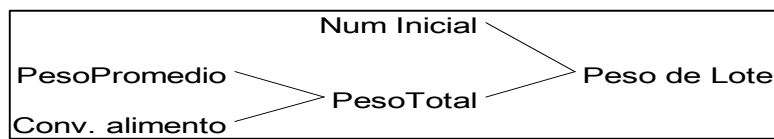


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## - PESO DE LOTE

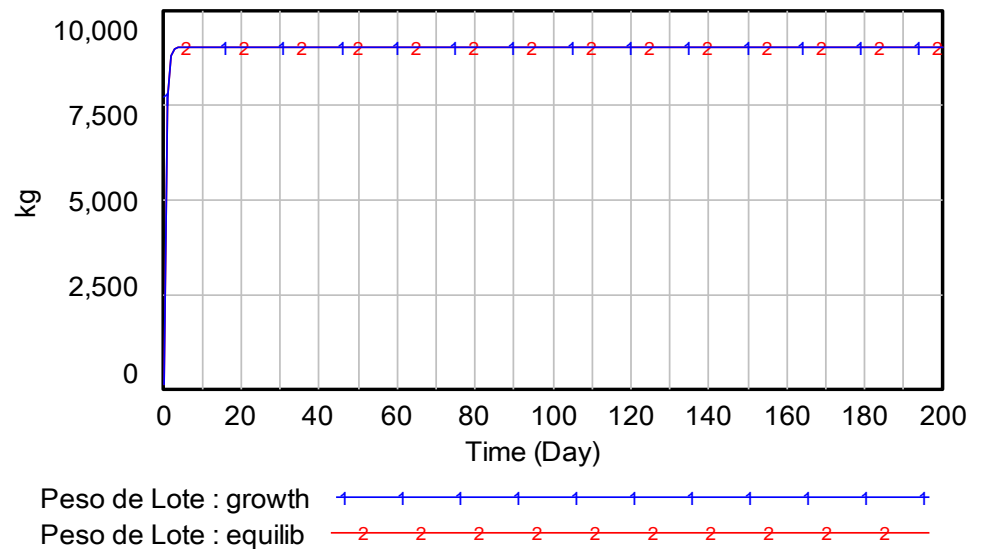
La variable peso de lote, está relacionado directamente con los elementos conversión de alimento, peso promedio y el número inicial de alevinos (figura 09), de igual manera la figura (10), indica el incremento del peso de lote, llegando hasta los 8500 kg de peso, estos datos son concordantes con los obtenidos en la práctica por la empresa.

**Figura 09:** Árbol causal del peso de lote, según la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 10:** Curva del crecimiento del peso total por lote de las truchas en el estanque, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## B. SUBSISTEMATAMAÑO DE LOTE

Este subsistema comprende los elementos del bucle 02 de la figura (02), detallados en el ítem **3.1.1.B**. A fin de probar el comportamiento del diagrama dinámico causal y considerando los valores de prueba, que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, las cuales se muestran en la tabla (07), se



analizó este subsistema a través del software VENSIMPLE, cuya diagrama del subsistema se muestra en la figura (11)

**Tabla 07:** Características de los elementos del subsistema tamaño de lote.

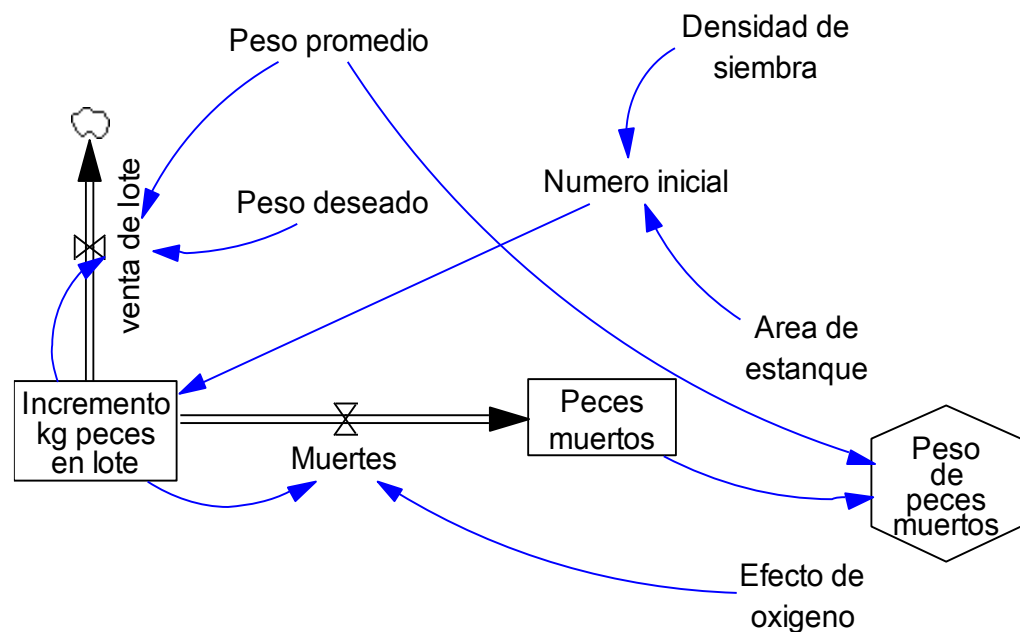
Elemento	Unidades	Valor inicial*
Peces en lote – <b>PEL</b>	pez	[Peces inicio-Muertes]
Peces muertos – <b>PM</b>	pez	[Muertes]
Muertes - <b>MT</b>	pez	[Efecto de oxígeno*Peces inicio]
Peso de peces muertos- <b>PPM</b>	kg	[Muertes*Peso Total]
Venta de lote – <b>VL</b>	Kg	[IF(peso promedio>=peso deseado, peces en lote, 0)]
Número inicial– <b>N<sub>0</sub></b>	pez	[Densidad de siembra*área de estanque]
Peso promedio – <b>PP</b>	kg/pez	0.45
Peso deseado – <b>PD</b>	kg/pez	0.65
Densidad de siembra – <b>DS</b>	pez/m <sup>2</sup>	4**
Área de estanque – <b>AE</b>	m <sup>2</sup>	250**
Efecto de oxígeno - <b>EO</b>	A dimensional	1%

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel

\*\*Valor sugerido por Blanco (2005).

Fuente: Elaboración propia

**Figura 11:** Diagrama del subsistema Tamaño de lote manejada por la empresa Corporación San Miguel



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

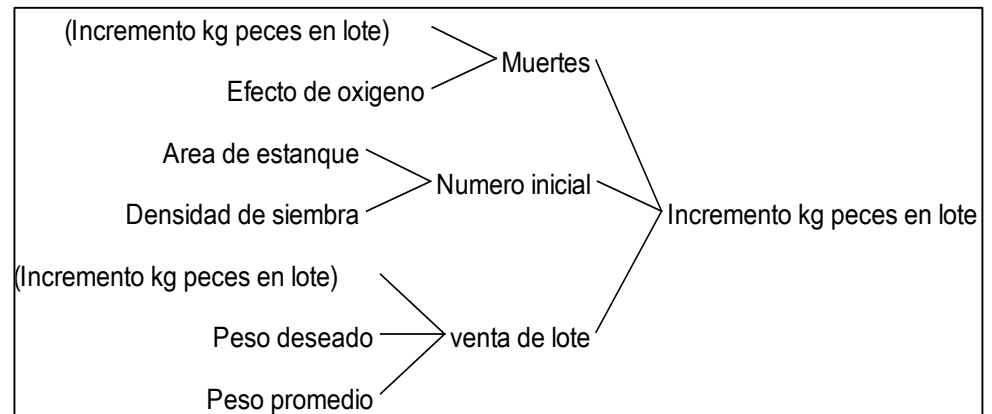
Se ha probado el funcionamiento del subsistema a través del análisis de los elementos que lo componen:

- **INCREMENTO DE kg DE PECES EN LOTE**

Esta variable depende de los elementos Muertes, Numero inicial y venta de lote la que se muestran en el diagrama causal de la figura (12).

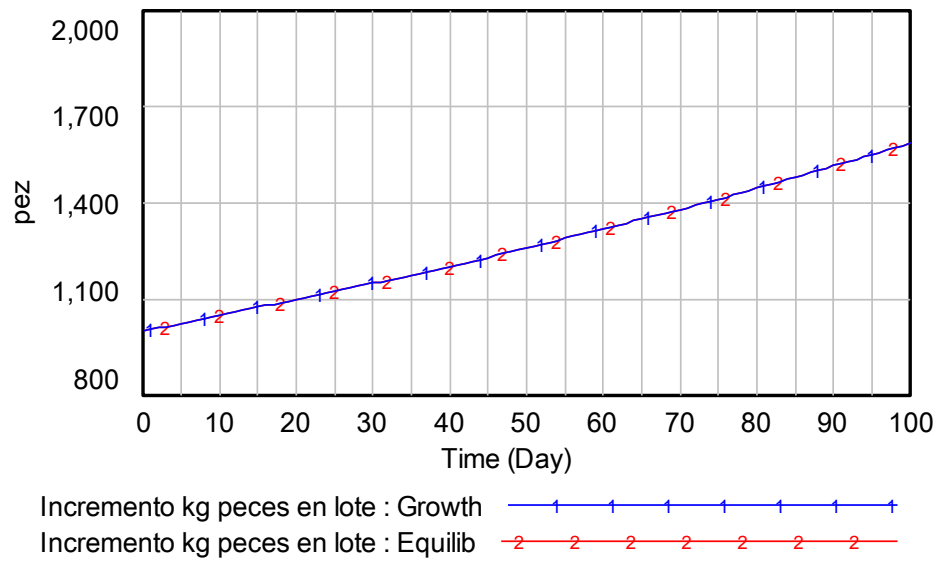
Por otro lado, en la figura (13), se observa la ganancia de peso del lote de trucha por estanque, este aumenta con una pendiente pronunciada en el tiempo.

**Figura 12:** Árbol causal de los incremento de kg peces en el lote, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 13:** Curva del incremento del peso de los peces por lote en el estanque, según datos de la empresa.

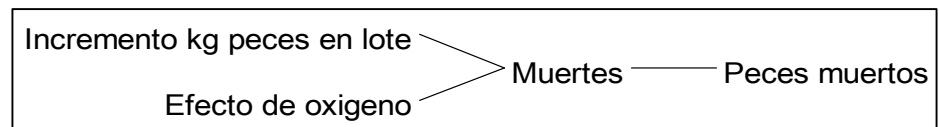


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

- **PECES MUERTOS**

La cantidad de peces muertos dependen del incremento de kg de peces en el lote del estanque y el efecto del oxígeno, como se puede apreciar en la figura (14), así mismo la figura (15), indica un incremento de la numero de peces muertos en el tiempo, llegando a 600 hasta los 100 días.

**Figura 14:** Árbol causal del número de peces muertos en el lote, según datos de la empresa.



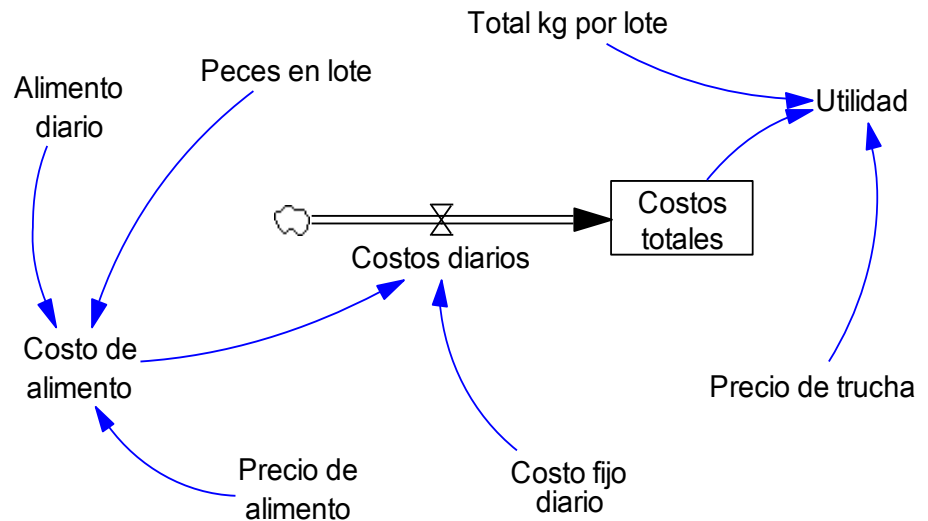
Fuente: Elaboración propia - Software VEMSIMPLE

**Figura 15:** Curva del incremento del peso de los peces muertos por lote en el estanque, según datos de la empresa.



prueba, que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, las cuales se muestran en la tabla (08), se analizó este subsistema a través del software VENSIMPLE, cuya diagrama del subsistema se muestra en la figura (17).

**Figura 17:** Diagrama del subsistema Utilidad manejada por la empresa Corporación San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VEMSIMPLE

**Tabla 08:** Características de los elementos del subsistema Utilidad.

Elemento	Unidades	Valor inicial*
Costo de alimento – <b>CSA</b>	N.S./.	$[(Cantidad\ alimento\ diario * peces\ en\ el\ lote) * precio\ de\ alimento]$
Costos diarios - <b>CD</b>	N.S./.	$[Costo\ de\ alimento + costos\ fijos\ diarios]$
Costos totales - <b>CT</b>	N.S./.	$[Costos\ diarios]$
Utilidad – <b>UT</b>	N.S./.	$[(Precio\ por\ gramo\ de\ pez * Peso\ total\ de\ pez\ en\ el\ lote) - Costos\ totales]$
Alimento diario – <b>AD</b>	kg/pez	0.0016*
Peces por lote en estanque – <b>PEL</b>	Peces	35000*
Total kg por lote – <b>TL</b>	kg	8000
Precio de alimento - <b>PA</b>	N.S./kg	4.5*
Costo fijo diario – <b>CFD</b>	N.S./.	90.83**
Precio de trucha - <b>PTR</b>	N.S./kg	8.5

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel

\*\*Se considera el detalle en la tabla (3.4)  
Fuente: Elaboración propia

Referente a los costos fijos de operación se consideran el detalle en la tabla (09).

**Tabla 09:** Costos fijos en la crianza de truchas, según la empresa

Servicio*	Cantidad	Costo unitario	Sub total
Profesionales	01	1000.00	1000.00
Técnico	01	800.00	800.00
Luz			25.00
Mantenimiento a equipos y suministros			500.00
Transporte			400.00
Total			2725.00

\*Basados en pagos mensuales

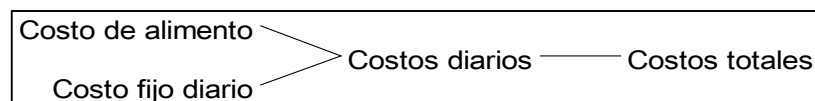
Fuente: Datos de la empresa Corporación San Miguel EIRL

De acuerdo a la figura (17), se han analizado los elementos siguientes:

- **COSTOS TOTALES**

La variable costos totales está relacionada con el costo de alimento y costo fijo, y la variable auxiliar costos diarios, tal como se muestra en la figura (18), asimismo la variación de los costos totales en función del tiempo, que se muestra en la figura (19), indica que a medida que pasa el tiempo los costos totales se han de incrementar, esto es evidente ya que los peces requieren mayor alimentación en cada etapa de crecimiento hasta el día de su pesca.

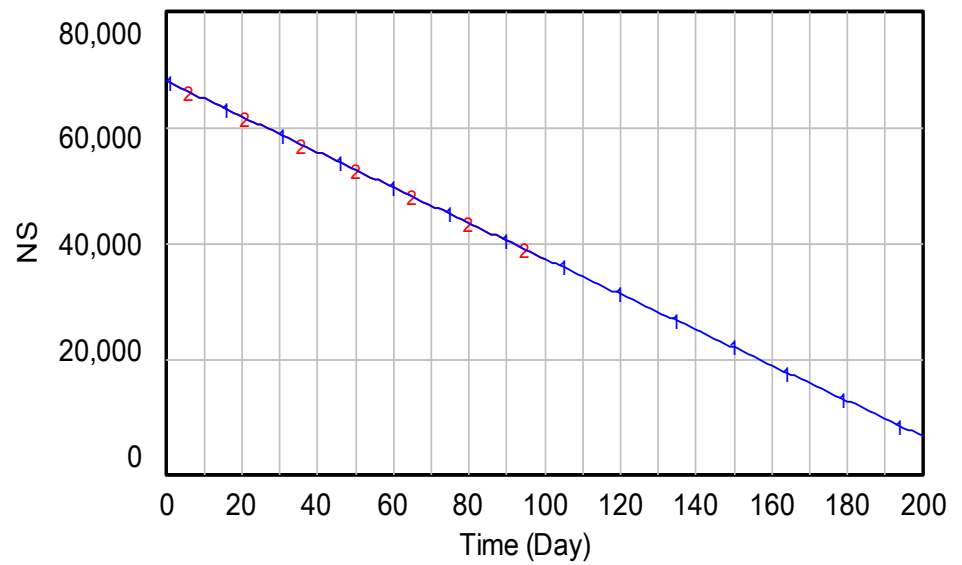
**Figura 18:** Árbol causal de los costos totales en la crianza de truchas, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VEMSIMPLE

**Figura 19:** Curva del incremento de los costos totales en la crianza de truchas, según datos de la empresa.





Utilidad : growth    ↑ — ↑ — ↑                      Utilidad : Equilib    — 2 — 2 —

Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

#### D. SUBSISTEMA OXIGENO EN EL AGUA

Este subsistema comprende los elementos del bucle 04 de la figura (02), detallados en el ítem 3.1.1.D. Para probar el comportamiento del diagrama dinámico causal y considerando los valores de prueba, que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, las cuales se muestran en la tabla (10), se analizó este subsistema a través del software VENSIMPLE, cuya diagrama del subsistema se muestra en la figura (22).

**Tabla 10:** Características de los elementos del subsistema oxígeno en el agua.

Elemento	Unidades	Valor inicial*
Oxígeno disuelto – <b>OD</b>	ppm/día	[Ganancia de oxígeno-Perdida oxígeno por densidad]
Ganancia de oxígeno – <b>GO</b>	ppm/día	[IF(Oxígeno disuelto<5, Tasa de aireación*Diferencia de oxígeno,0)]
Diferencia – <b>DIF</b>	ppm/día	[Nivel deseado de oxígeno – oxígeno disuelto]
Perdida por densidad – <b>PD</b>	ppm/día	[Oxígeno disuelto*Efecto de densidad]
Efecto de oxígeno – <b>EO</b>	ppm/día	0.01*Oxígeno disuelto



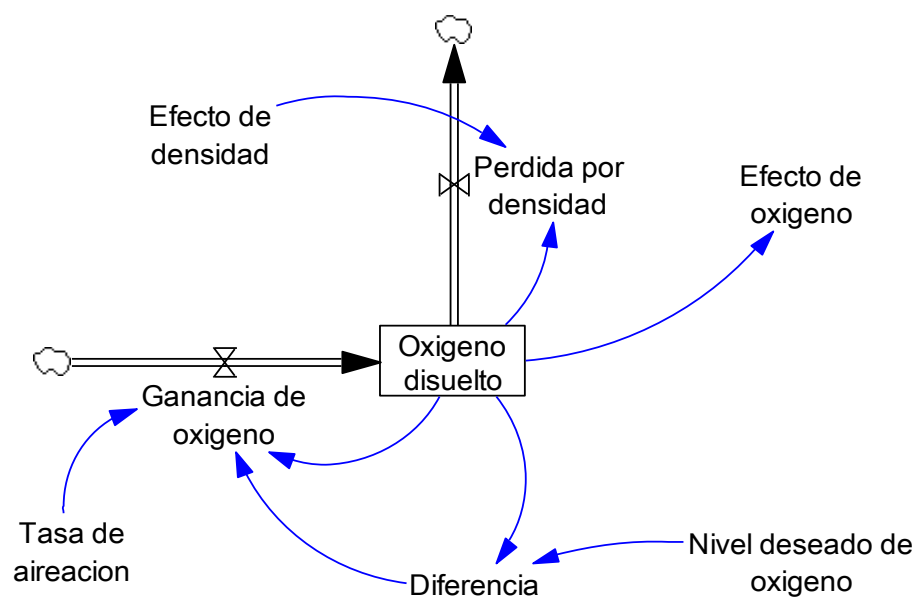
Efecto de densidad – <b>ED</b>	A dimensional	0.05**
Tasa de aireación – <b>TAR</b>	A dimensional	0.2**
Nivel de oxígeno deseado - <b>NOD</b>	ppm/día	5.5*

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel

\*\*valores sugerido porBlanco(2005)

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22:** Diagrama del subsistema Oxigeno en el agua manejada por la empresa Corporación San Miguel



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

Los elementos del diagrama de Oxigeno en el agua, se detallan a continuación:

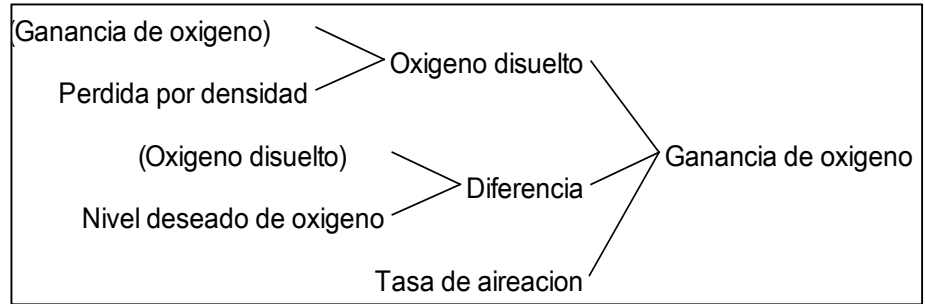
### - **GANANCIA DE OXÍGENO**

La ganancia de oxígeno depende del oxígeno disuelto y la tasa de aireación en el estanque, esta relación se muestra en el diagrama causal de la figura (23).

Así la ganancia de oxígeno está condicionado por: el nivel deseado de oxígeno y el oxígeno disuelto en el instante en el estanque y si este disminuye es necesario realizar una aireación, este hecho hace que la ganancia de oxígeno disminuya hasta un punto crítico, para el desarrollo de las truchas en el estanque hasta una ganancia

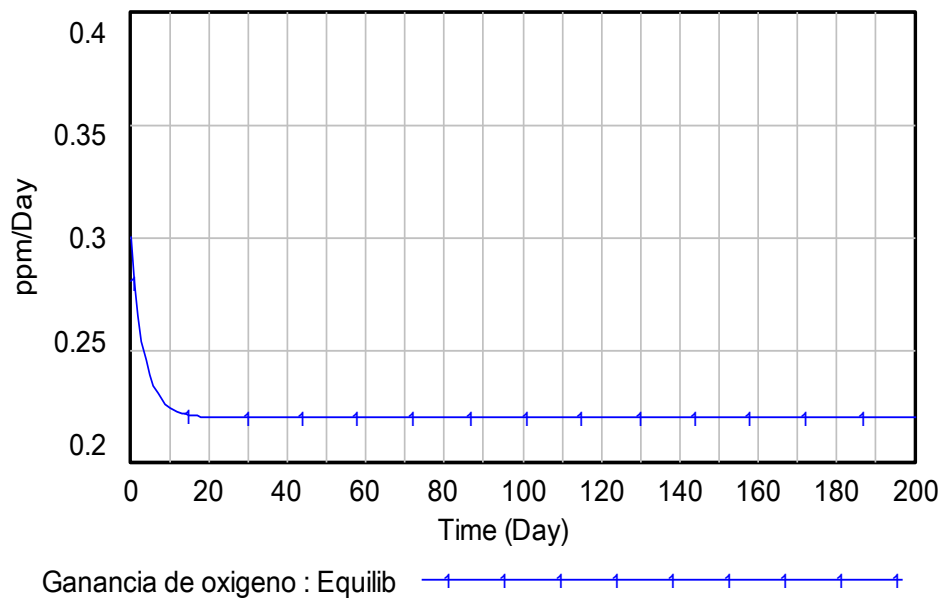
constante de 0.22 ppm, este fenómeno se puede observar en la figura (24).

**Figura 23:** Árbol causal de la Ganancia de Oxígeno en el agua en el estanque, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 24:** Curva de la Ganancia de Oxígeno en el estanque, según datos de la empresa.



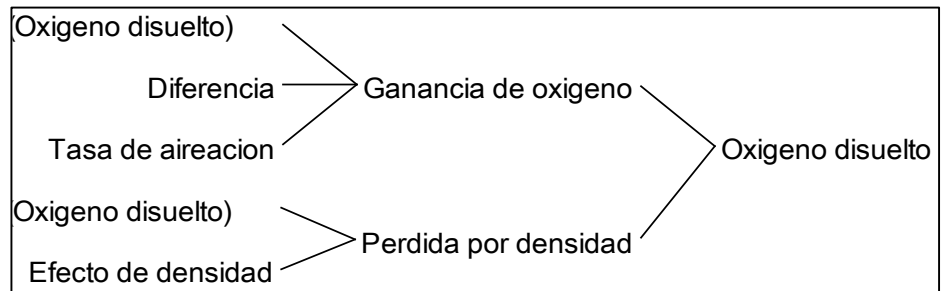
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

- **OXÍGENO DISUELTO**

El Oxígeno Disuelto en el estanque depende directamente de la ganancia de Oxígeno y de la perdida por efecto de la densidad en el estanque, tal como se muestra en la figura (25). Por otra parte en la figura (26), se observa que en el tiempo sucede una

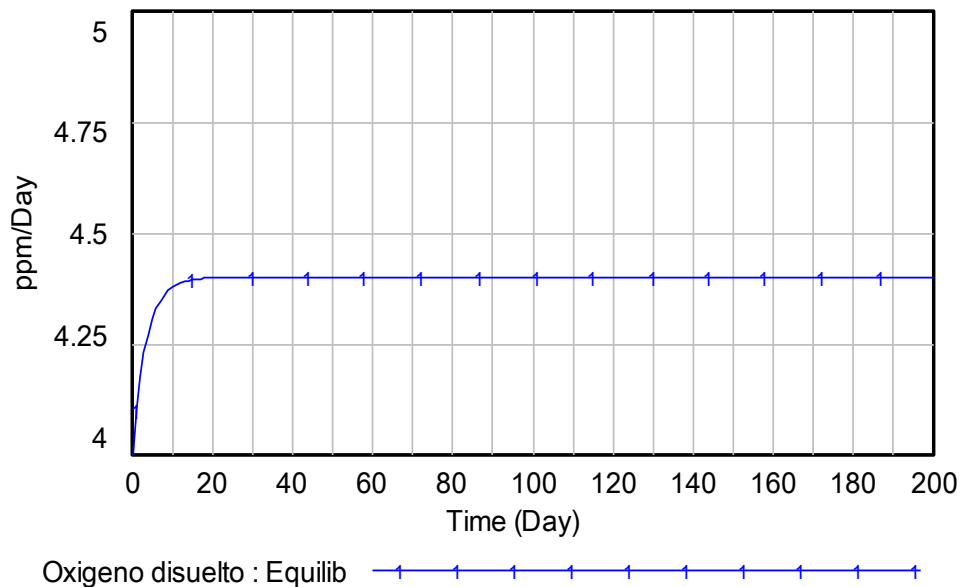
estacionalidad de la cantidad de oxígeno en el estanque hasta 4.3 ppm, evolucionando desde 4 ppm, este sucede para una tasa de aireación de 0.2 sugerido por Blanco(2005), y un nivel máximo deseado de 5.5 ppm de Oxígeno disuelto.

**Figura 25:** Árbol causal del Oxígeno disuelto en el agua en la crianza de truchas, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 26:** Curva del Oxígeno Disuelto en el estanque, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### 3.1.3.2. SISTEMA MERCADO

Este macro sistema esta subdivido en ciclos o bucles de acuerdo a la figura (03), para lo cual se describió y probó su funcionamiento, los cuales se describen a continuación.

## A. SUBSISTEMA OFERTA

Los elementos para la evaluación del subsistema oferta propuesta por la empresa Corporación San Miguel, se indicaron el ítem **3.1.2.A**.

Para probar el funcionamiento del subsistema Oferta, se consideraron valores de prueba que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, que se muestran en la tabla (11).

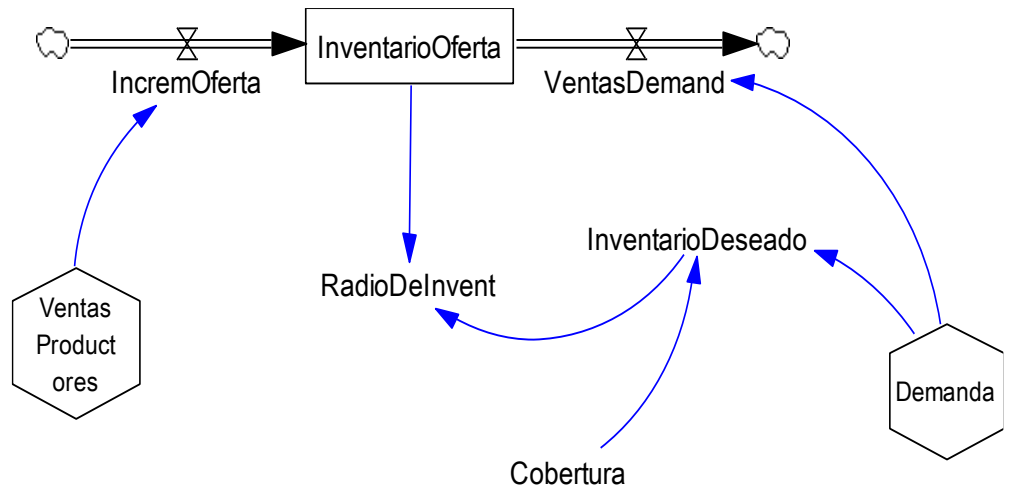
**Tabla 11:** Características de los elementos del subsistema oferta.

Elemento	Unidades	Valor inicial*
Ventas productores – <b>VP</b>	Kg/día	50
Demanda – <b>D</b>	Kg/día	40
Cobertura – <b>CB</b>	A dimensional	4
Inventario de oferta – <b>IVO</b>	Kg/día	25
Radio de inventario - <b>RI</b>	Día	$[\text{Inventario oferta} / \text{Inventario deseado}]$
Inventario deseado - <b>ID</b>	Kg/día	$[\text{Demanda} * \text{Cobertura}]$
Incremento de oferta - <b>ICO</b>	Kg/día	$[\text{Incr}emOferta - \text{Ventas} / \text{Demanda}]$
Ventas demanda - <b>VD</b>	Kg/día	$[\text{Demanda potencial} * \text{Efecto de demanda}]$

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel  
Fuente: Elaboración propia

El diagrama del subsistema oferta se muestra en la figura (27), este se analizó con el software VENSIMPLE considerando los valores mostrados en la tabla (11), que a continuación se describe:

**Figura 27:** Diagrama del subsistema oferta manejada por la empresa Corporación San Miguel

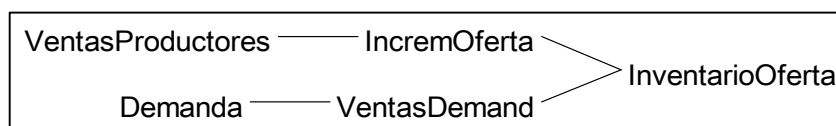


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**- INVENTARIO OFERTA**

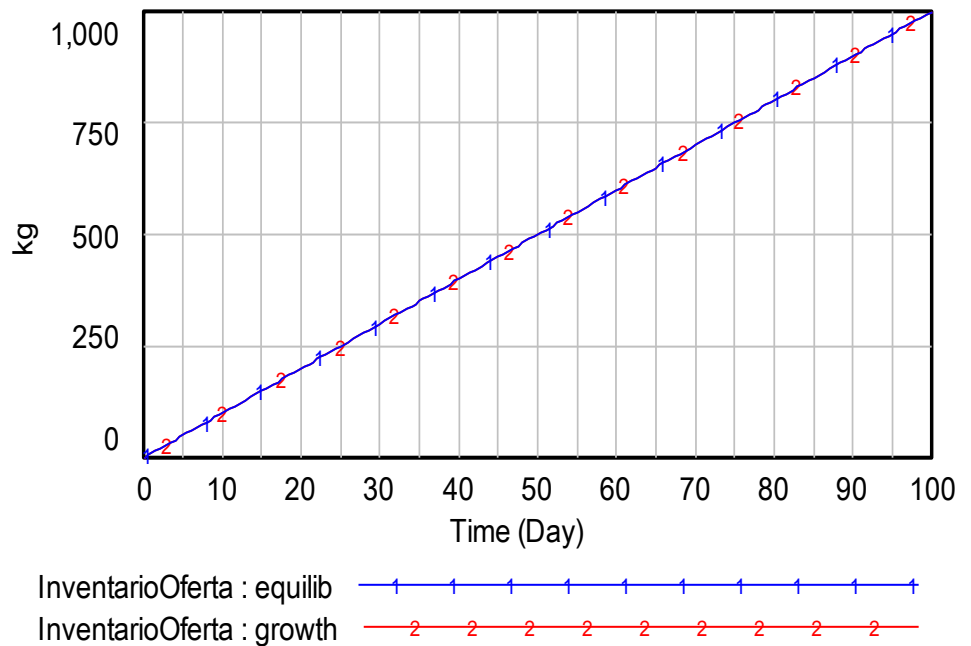
Esta variable depende de otros factores directamente, tales como incremento de oferta y de la demanda de las ventas (figura 28), asimismo se observa en la figura (29), para una venta de productor o de la empresa (50 kg de trucha por día) y demanda (40 kg de trucha por día) definidas como constantes, el inventario de la oferta ira incrementado en el tiempo, ya que existe una diferencia de 10 kg entre la demanda y las ventas del productor.

**Figura 28:** Árbol causal del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VEMSIMPLE

**Figura 29:** Curva del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa

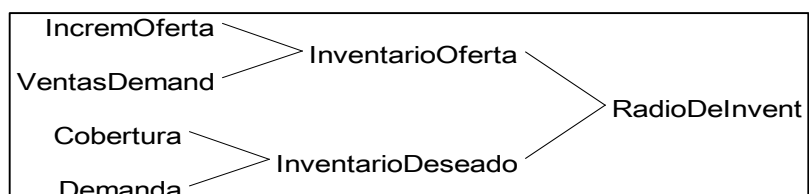


Fuente: Elaboración propia - Software VEMSIMPLE

- **RADIO DE INVENTARIO**

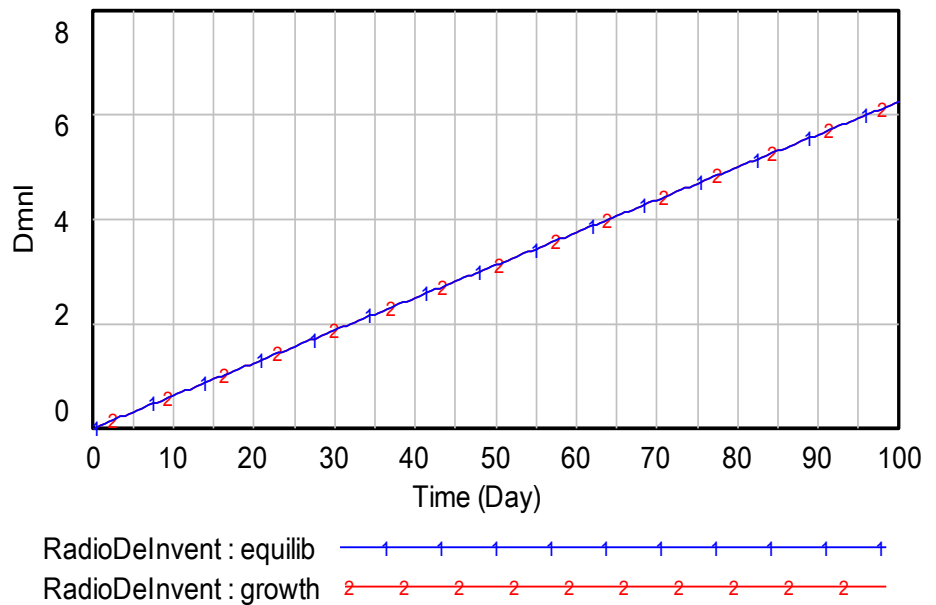
Esta es una variable auxilia, bajo las condiciones de inicio, mostradas en la tabla (11), se observa que el ratio de inventario depende del inventario de oferta y del inventario deseado, tal como se muestra en la figura (30). Por otro lado en la figura (31), se observa claramente que el ratio es mayor a uno, y esto es lógico, debido a que La demanda es menor a la venta del productor, presentando una tendencia creciente.

**Figura 30:** Árbol causal del inventario oferta del mercado de truchas, según la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 31:** Curva del radio de inventario del mercado de truchas, según la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## B. SUBSISTEMA DEMANDA

Los elementos para la evaluación del subsistema Demanda propuesta por la empresa Corporación San Miguel, se indicaron el ítem **3.1.2.B**.

Para probar el funcionamiento del subsistema Demanda, se consideraron valores de prueba que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, que se muestran en la tabla (12).

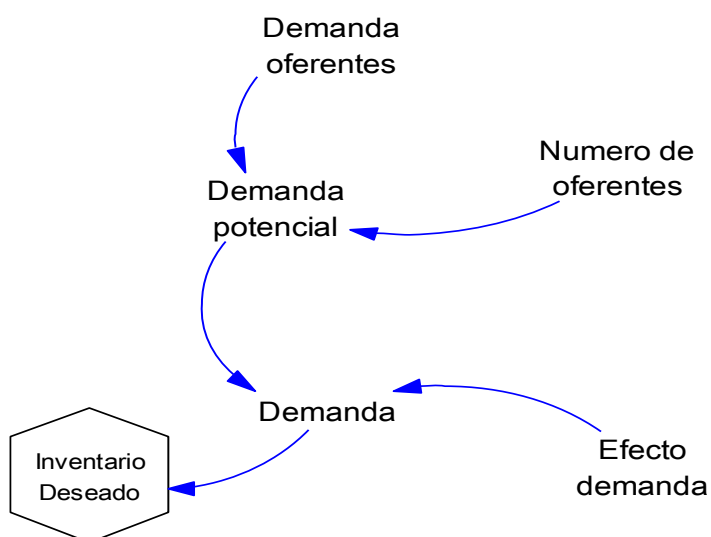
**Tabla 12:** Características de los elementos del subsistema Demanda.

Elemento	Unidades	Valor inicial*
Demanda potencial - <b>DP</b>	Kg/día	$[Demanda\ oferentes * Numero\ oferentes]$
Demanda - <b>D</b>	Kg/día	$[Demanda\ potencial * Efecto\ de\ demanda]$
Inventario deseado - <b>ID</b>	kg	$[Demanda * Cobertura]$
Demanda oferentes - <b>DO</b>	Kg/oferente	15
Numero de oferentes - <b>NO</b>	Oferentes	12
Efecto del precio - <b>EP</b>	A dimensional	80%

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel  
Fuente: Elaboración propia

El diagrama del subsistema Demanda se muestra en la figura (32), este se diagramo con el software VENSIMPLE considerando los valores mostrados en la tabla (12).

**Figura 32:** Diagrama del subsistema Demanda manejada por la empresa Corporación San Miguel



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

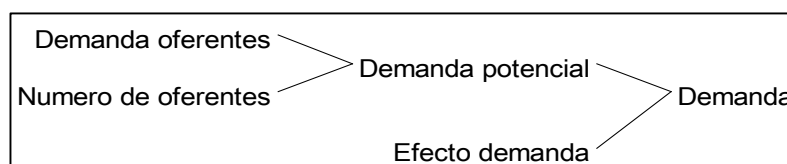
- **DEMANDA**

La variable demanda depende del efecto de demanda y de la demanda potencial, y esta a su vez de la demanda por parte de los



oferentes y el número de oferentes, esta relaciona causal se muestra en la figura (33).

**Figura 33:** Árbol causal de la demanda en el mercado de truchas, según datos de la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### C. SUBSISTEMA PRECIO

En referencia a la evaluación del subsistema Precio propuesta por la empresa Corporación San Miguel, las variables y parámetros se indicaron el ítem 3.1.2.C. Se probó el funcionamiento del subsistema Precio, y se consideraron valores de prueba que maneja la empresa para las variables auxiliares y parámetros, que se muestran en la tabla (13).

**Tabla 13:** Características de los elementos del subsistema Precio.

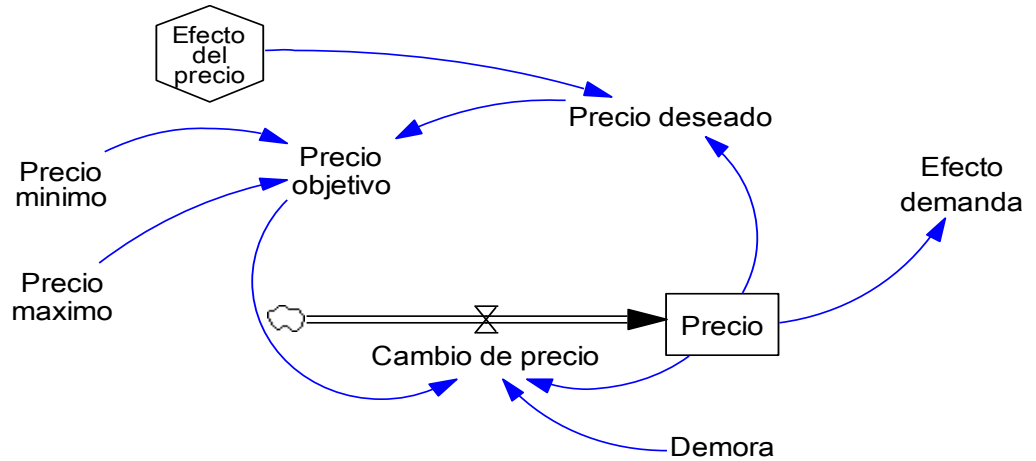
Elemento	Unidades	Valor inicial*
Precio objetivo - <b>PO</b>	N.S./kg	$[IF(\text{Precio deseado} < \text{Precio mínimo}, \text{Precio mínimo}, IF(\text{Precio deseado} > \text{Precio máximo}, \text{Precio máximo}, \text{Precio deseado}))]$
Cambio de precio - <b>CP</b>	N.S./kg	$[(\text{Precio objetivo} - \text{Precio}) / \text{Demora}]$
Precio - <b>P</b>	N.S./kg	$[\text{Cambio de precio}]$
Precio deseado - <b>PRD</b>	N.S./kg	$[\text{Precio} * \text{Efecto del precio}]$
Efecto de demanda - <b>EDD</b>	N.S./kg	$[\text{Precio} * \text{Tasa de demanda de trucha}]$
Precio mínimo - <b>PMI</b>	N.S./kg	8.0
Precio máximo - <b>PMA</b>	N.S./kg	12.0
Demora - <b>DM</b>	días	20
Efecto del precio - <b>EP</b>	A dimensional	80%
Tasa de demanda - <b>TD</b>	A dimensional	8%

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel

Fuente: Elaboración propia

El diagrama del subsistema Precio se muestra en la figura (34), este se realizó con el software VENSIMPLE considerando los valores mostrados en la tabla (13).

**Figura 34:** Diagrama del subsistema Precio manejada por la empresa Corporación San Miguel

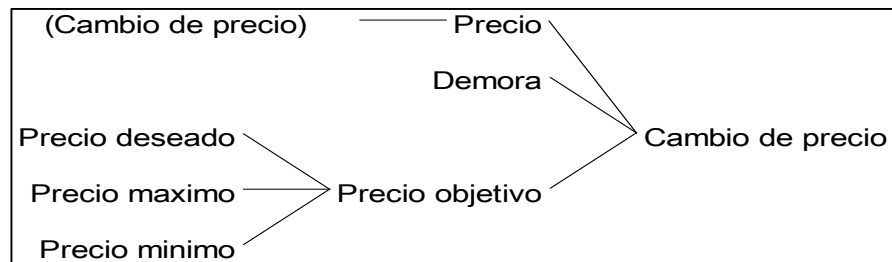


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### - CAMBIO DE PRECIO

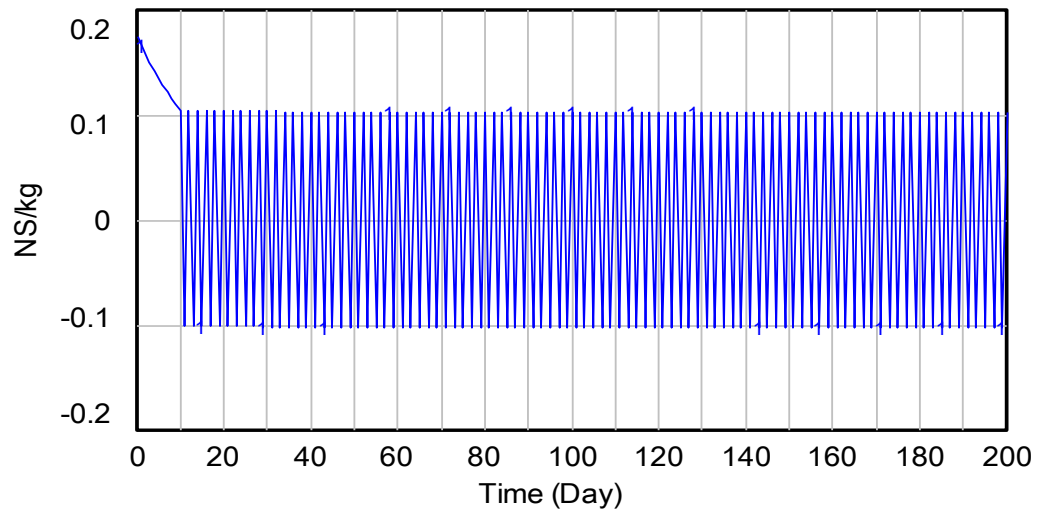
De acuerdo a la figura (35), esta variable se relaciona con el precio en el tiempo "t", la demora en la variación del precio y el precio objetivo, la curva de evolución para el Cambio de precio considerando los datos de la tabla (13), se muestra en la figura (36), en ella se observa que existe una variación continua en el tiempo, fluctuando entre una disminución hasta 0.20 N.S. y un incremento de hasta 0.10 N.S., esta variación o cambio de precio persiste en el tiempo, este hecho es evidente, ya que el mercado se rige en este tipo de eventos.

**Figura 35:** Árbol causal del Cambio de precio de la truchas, según datos de la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 36:** Curva del Cambio de precio de las truchas en el mercado, según la empresa



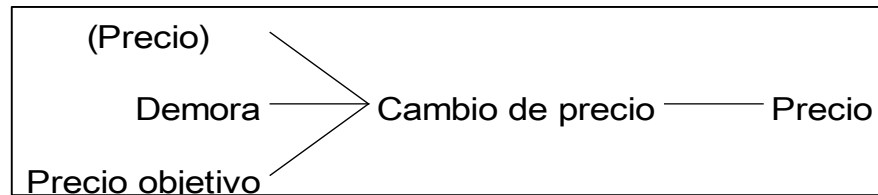
Cambio de precio : Equilib

Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

- **PRECIO**

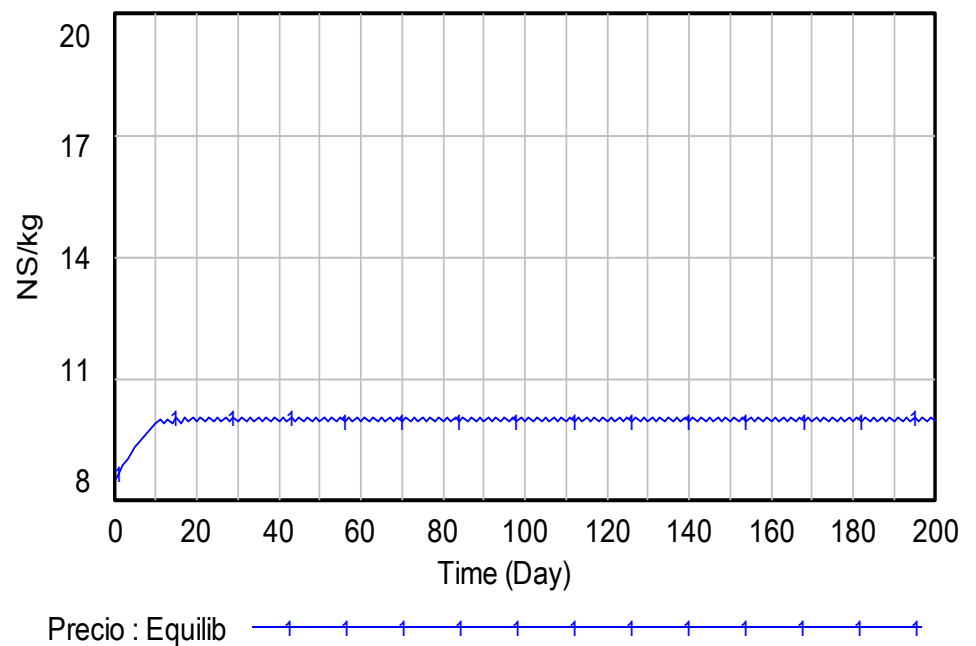
El precio del kg de trucha en el mercado depende directamente del cambio de precio, y esta a su vez de la demora y del precio objetivo, tal como se muestra en la figura (37), por otra parte en la figura (38), se observa que el precio real de la trucha en el mercado se fluctúa ligeramente alrededor de 10.0N.S. en el tiempo.

**Figura 37:** Árbol causal del Precio de la truchas, según datos de la empresa



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 38:** Curva del Cambio de precio de las truchas en el mercado, según la empresa



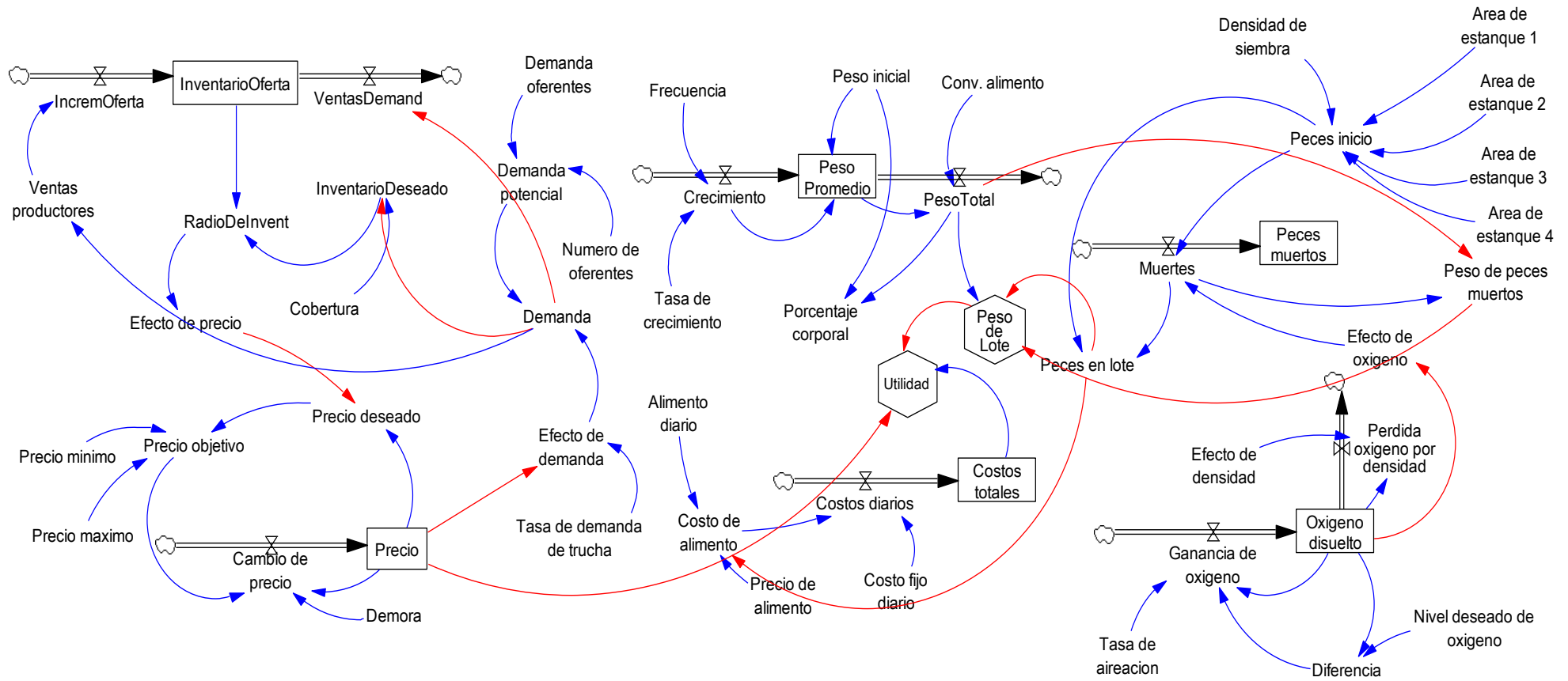
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### 3.2. SIMULACIÓN DE LAS CASUÍSTICAS O ESCENARIOS PROPUESTOS DEL MODELO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA PRODUCCIÓN DE TRUCHAS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL.

Para el análisis de escenarios de la dinámica de la producción de truchas, se integró los dos sistemas: Crianza de truchas y Mercado en un solo macro sistema, que se muestra en la figura (39), es a partir de este que se realiza las simulaciones del mercado de truchas, observado el comportamiento de: la Oferta, la Demanda, el Precio, el Peso, el Tamaño de lote, la Utilidad y el Oxígeno en el agua.

La relación causal de la gestión de la producción integral de truchas, representada en la figura (39), puede representarse a través de ecuaciones relacionando las variables de los niveles y subniveles que lo comprenden, los que se muestran en el anexo (03). La función objetivo, está referida a la utilidad que presenta la empresa.

**Figura 39:** Macro sistema de la gestión de producción integral de Truchas en la corporación San Miguel EIRL.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### 3.2.1. PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS

Se han considerado 03 escenarios que se proponen en la tabla (15), además de las características actuales de operación de la empresa Corporación San Miguel EIRL, mostradas en la tabla (14).

Los parámetros que se indican con (\*), en la tabla (14), fueron aquellos que se modificaron en los diferentes escenarios, esto debido a que son de manejo y modificación inmediata y a voluntad de la empresa.

**Tabla 14:** Parámetros de operación actuales de la empresa

<b>Parámetro</b>	<b>Valor actual</b>	<b>Unidad</b>
Precio mínimo*	8.0	N.S.
Precio máximo*	12.0	N.S.
Tasa de demanda*	8	%
Demanda oferentes*	15	Oferentes/lote
Frecuencia de alimentación*	3	Veces por día
Alimento diario*	5	g/pez
Precio de alimento*	2.5	N.S./kg
Nivel deseado de oxígeno*	5	ppm
Densidad de siembra*	35	pez/m <sup>2</sup>
Tasa de aireación	0.2	A dimensional
Peso inicial	1	g/pez
Conversión de alimento en peso	85	%
Efecto de densidad	0.01	A dimensional
Área de estanque	250	m <sup>2</sup>
Demora	20	A dimensional

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15:** Parámetros propuestos para la simulación de los diferentes escenarios

Parámetro	Escenario 01	Escenario 02	Escenario 03	Unidad
Precio mínimo*	6.0	8.0	6.0	N.S.
Precio máximo*	8.0	10.0	12.0	N.S.
Tasa de demanda*	15	10	10	%
Demanda oferentes*	20	15	15	Oferentes/lote
Frecuencia de alimentación*	3	3	3	Veces por día
Alimento diario*	4	4	4.5	g/pez
Precio de alimento*	2	2.5	2.5	N.S./kg
Nivel deseado de oxígeno*	5	5	5.5	ppm
Densidad de siembra*	30	35	38	pez/m <sup>2</sup>
Tasa de aireación	0.2	0.2	0.2	A dimensional
Peso inicial	1	1	1	g/pez
Conversión de alimento en peso	85	85	85	%
Efecto de densidad	0.01	0.01	0.01	A dimensional
Área de estanque	250	250	250	m <sup>2</sup>
Demora	20	20	20	A dimensional

\*Manejado por la empresa Corporación San Miguel  
Fuente: Elaboración propia

### ESCENARIO 01

Este escenario se proponen condiciones extremas inferiores o mínimas, esto con el fin de conocer la utilidad, bajo estas condiciones, es decir el precio mínimo es de 6.0 N.S. y máximo de 8.0 N.S., con una alimentación diaria de 4 g/pez con una frecuencia de alimentación de 3 veces por día.

El hecho de disminuir los precios máximo y mínimo hace que se disminuya la cantidad de alimentación diaria a 4 g/pez.



## ESCENARIO 02

En este escenario se considera un precio máximo de 10 N.S., con una tasa de demanda de 10% (10 de cada 100 compran o prefieren trucha), manteniendo el precio del alimento así como la densidad de siembra

## ESCENARIO 03

Para este escenario se considera el precio mínimo de 6.0 N.S. y el precio máximo similar al manejado por la empresa (12.0 N.S.), con una alimentación diaria de 5 g/pez, manteniendo su densidad de siembra.

### 3.2.2. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS

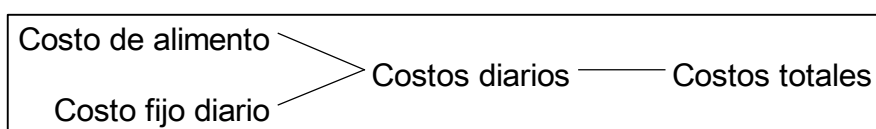
Se han simulado los siguientes niveles de estudio, considerando valores para los parámetros mostrados en las tablas (14) y (15), para un tiempo de crianza desde alevines hasta acabado de 240 días.

Los diagramas causales de las variables evaluados se muestran a continuación:

#### A. COSTOS TOTALES

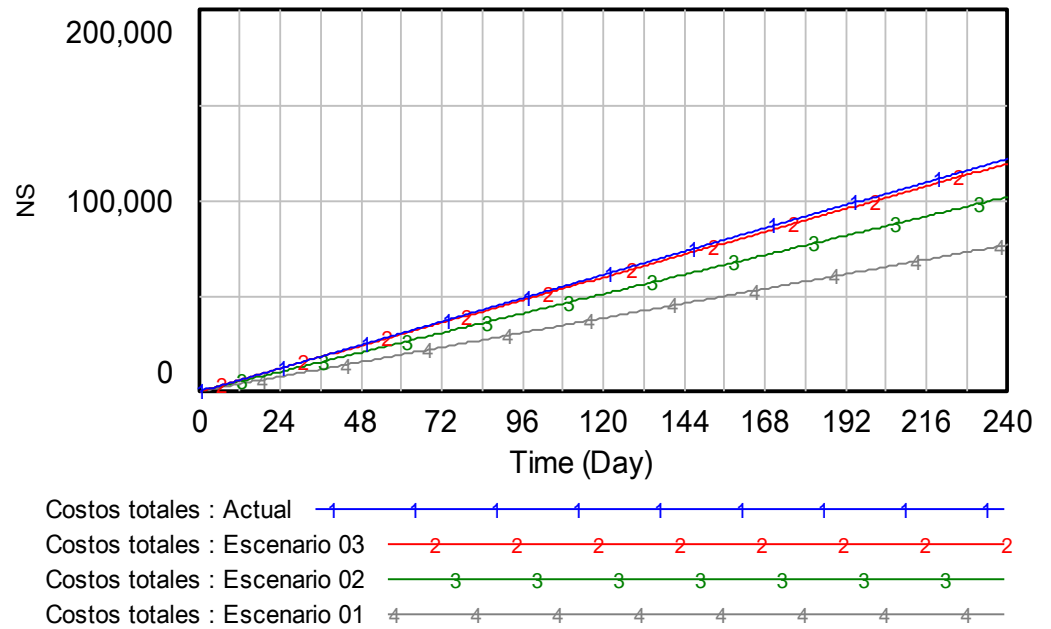
Esta variable depende de los costos de alimento y fijos diarios, tal como se muestra en la figura (40), asimismo en la figura (41), se puede apreciar que el Escenario Actual de operación de la empresa es el que reporta mayor gasto, en comparación con el la propuesta del Escenario 03, quien reporta mejores utilidades tal como se muestra en la tabla (16).

**Figura 40:** Árbol causal del Costo Total en el macro sistema de la empresa San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 41:** Curva del cambio de los Costos Totales en el macro sistema de gestión integral de truchas en la empresa San Miguel.



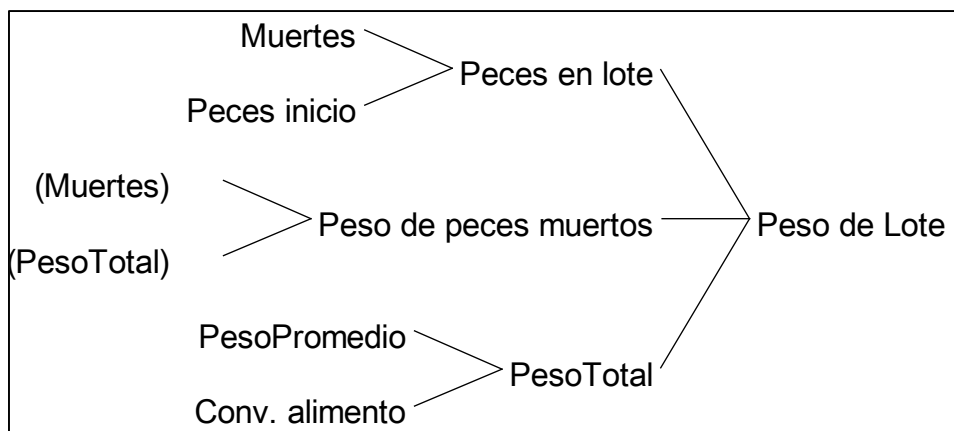
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## B. PESO DE LOTE

La variable peso de lote para la gestión integral de truchas en la empresa Corporación San Miguel depende directamente de la cantidad de Peces en el lote, el Peso de los peces muertos y el peso total, tal como se muestra en la figura (42).

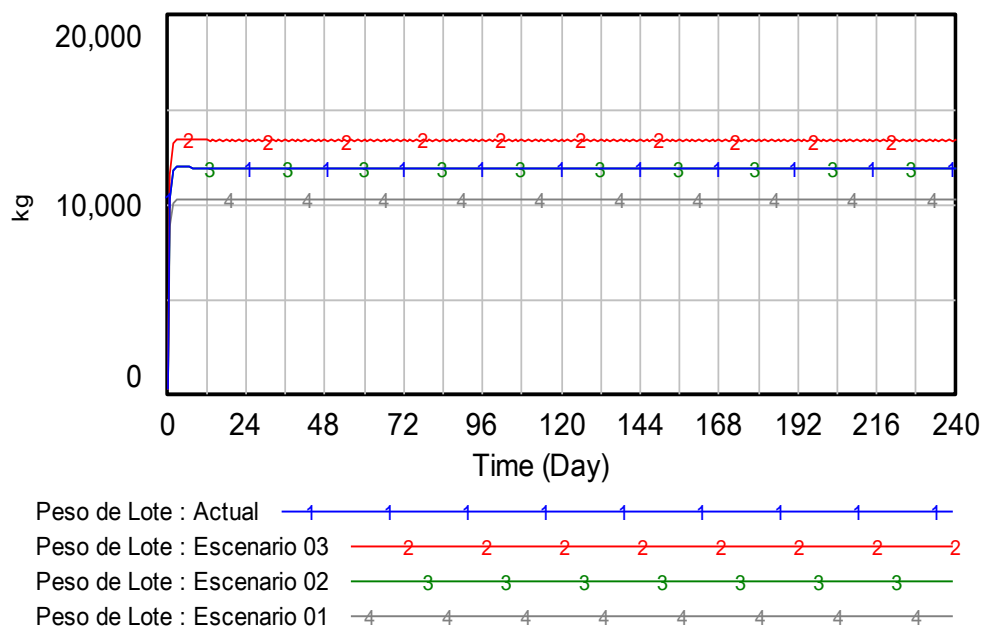
Por otro lado en la figura (43), se observa que el Escenario 03, es el que reporta mayor peso por lote o campaña de trucha, seguido del Escenario Actual y 02, este hecho se puede corroborar al observar en la tabla (16), donde la relación porcentual (kg de peces muertos)/(peso total de lote) es mayor en el Escenario 03, este valor muestra una relación inversa con la utilidad.

**Figura 42:** Árbol causal del Peso por lote en el macro sistema, según datos de la empresa.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 43:** Curva del cambio de los Costos Totales en el macro sistema de la empresa San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

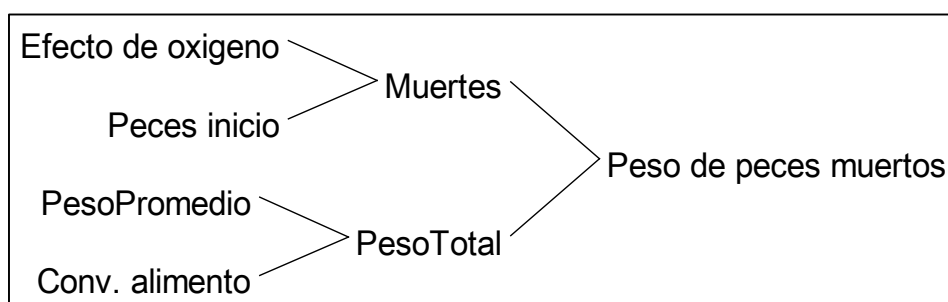
### C. PESO DE PECES MUERTOS

El peso de los peces muertos en todo el macro sistema de la empresa San Miguel, depende directamente del número de peces muertos en el

estanque y el peso total del lote, asimismo del efecto del oxígeno disuelto en el agua y de la conversión de alimento, (figura 44)

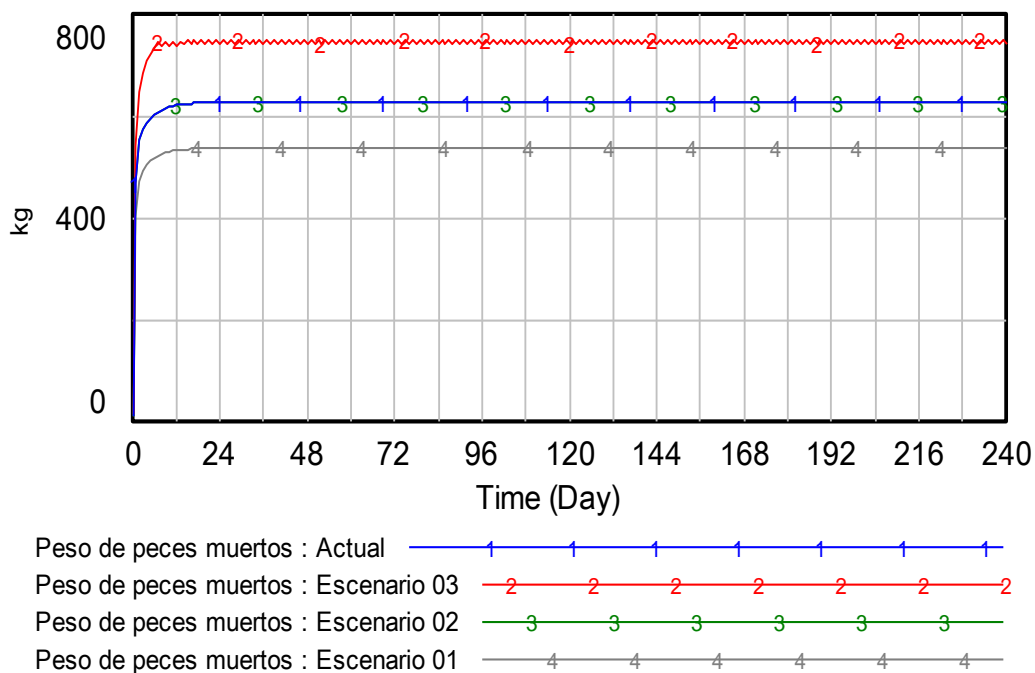
Así el peso de los peces muertos es mayor para el escenario 03, presentando una relación (kg de peces muertos)/(peso total de lote) de 5.55% (tabla 16), mientras que esa misma relación es similar para los demás casos. (figura45)

**Figura 44:** Árbol causal del Peso de peces muertos en el macro sistema de la Corporación San Miguel



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 45:** Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macro sistema de la empresa San Miguel.

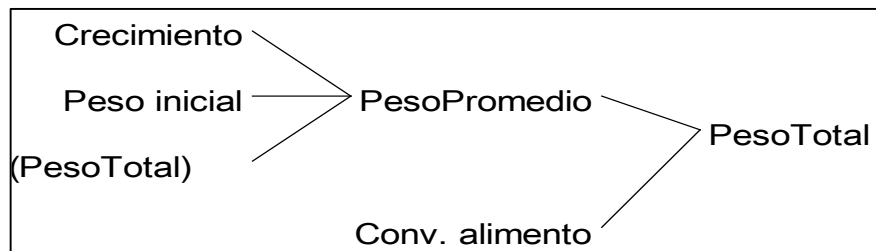


Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

#### D. PESO PROMEDIO DE LA TRUCHA

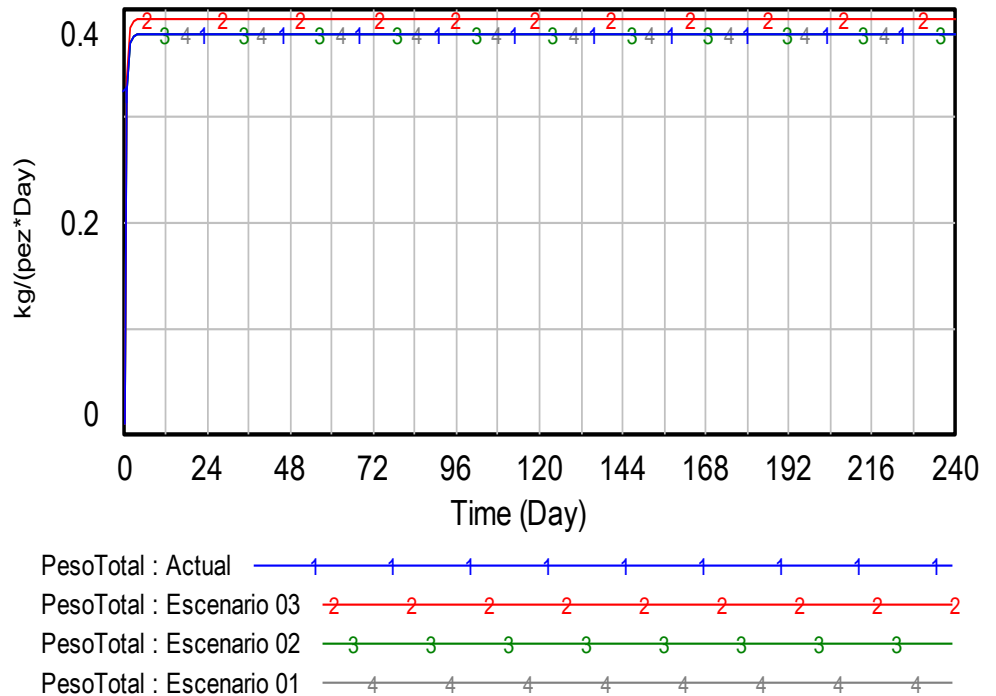
El peso de la trucha en promedio depende básicamente de la tasa de crecimiento y la conversión de alimento tal como se muestra en la figura (46), asimismo el peso de la trucha es mayor en el Escenario 03.

**Figura 46:** Árbol causal del Peso promedio de la trucha para el macro sistema de la empresa San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 47:** Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macro sistema de la empresa San Miguel.



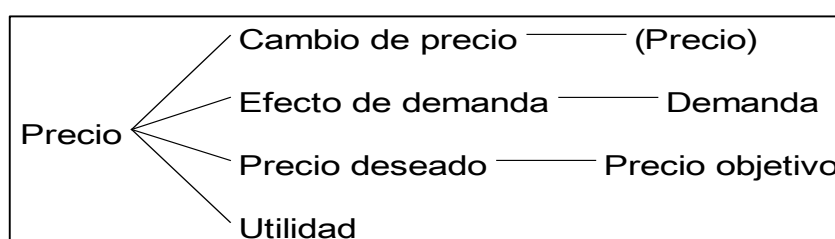
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

## E. PRECIO DE VENTA

El precio de venta es una variable que está relacionada con el efecto de la demanda y la utilidad, tal como se muestra en la figura (48).

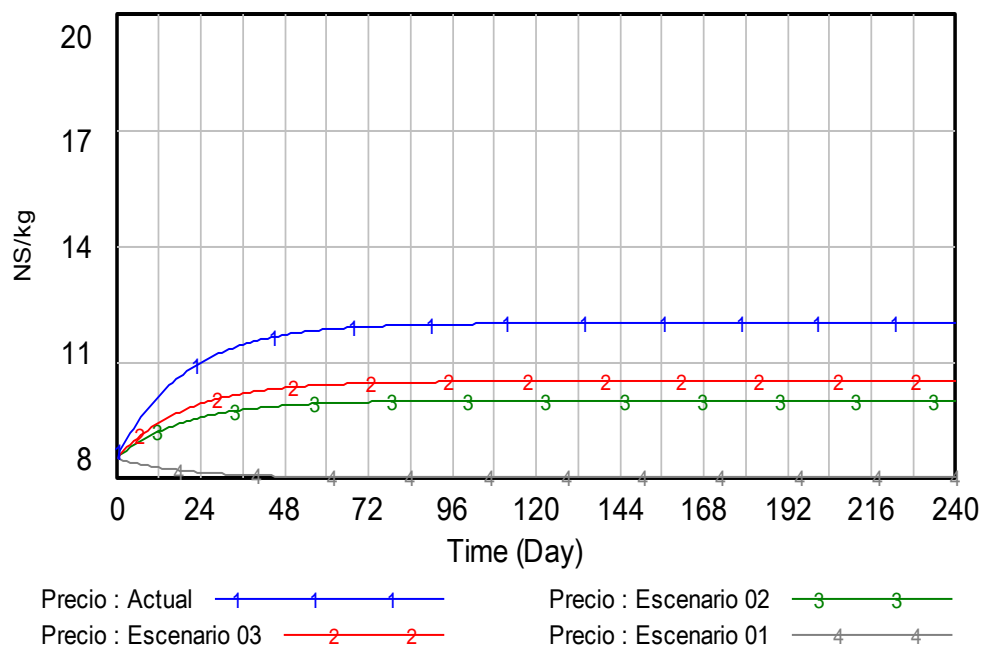
Asimismo en la figura (49), se observa que las condiciones actuales de operación generan un costo promedio de la trucha de 12.00 N.S./kg de trucha, y que el Escenario 03 presenta un precio de 10.5 N.S./kg de trucha.

**Figura 48:** Árbol causal del Precio de la trucha para el macro sistema de la empresa San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 49:** Curva del cambio del Peso de peces muertos en el macro sistema de la Corporación San Miguel.



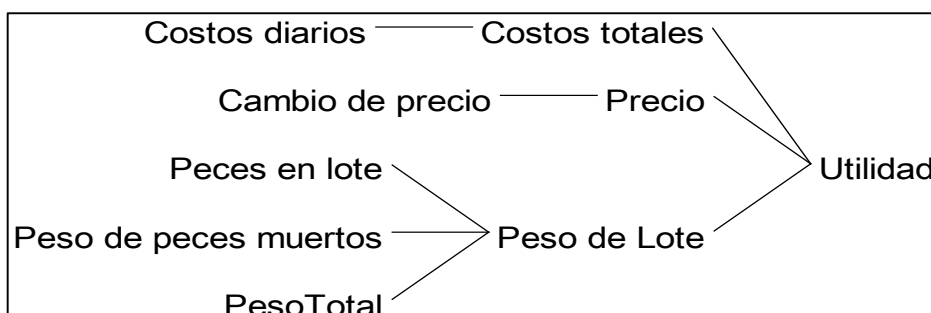
Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

### 3.3. EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD

En el macro sistema de la producción integral de truchas, la variable Utilidad depende directamente de los parámetros Costos totales, Precio y Peso de lote, tal como se muestra en la figura (50), esto es la utilidad toma diferentes valores cuando varía el precio de venta de la trucha, así como el peso de lote, y este a su vez con el peso total de cada trucha en el área de acabado.

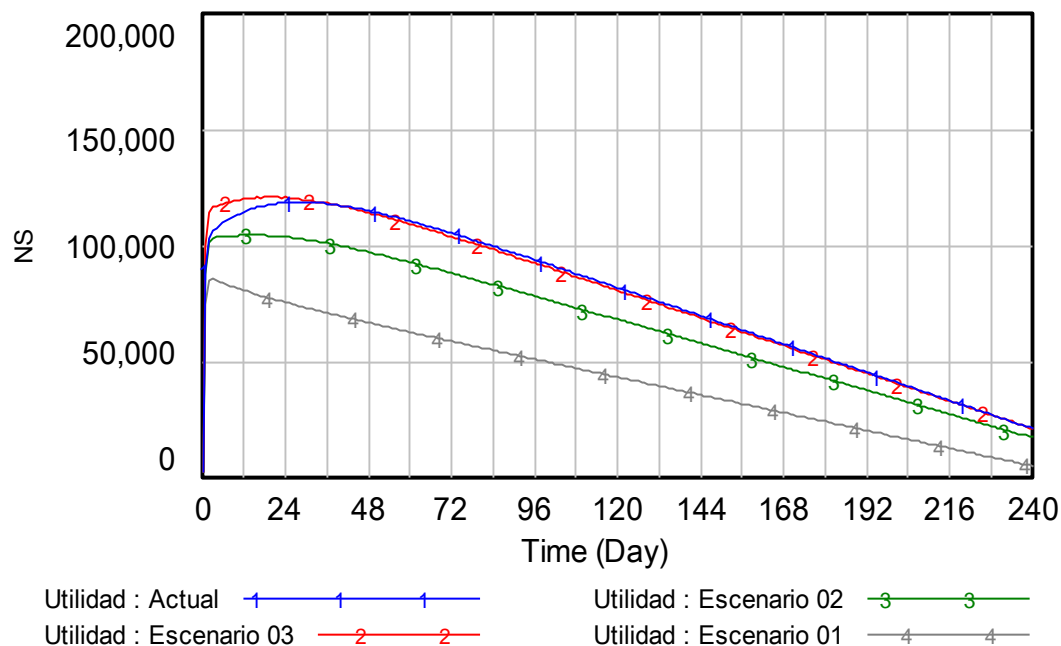
La figura (51), muestra la variación de la Utilidad en el tiempo, en ella se puede apreciar que las expectativas de utilidad en el día cero son altas hasta el día 48 aproximadamente, esto sucede debido a que al inicio los peces en estado alevino no requieren mucha alimentación, sin embargo a los 240 días, tiempo en el que alcanza la madurez deseada, la utilidad es neta, siendo mayor para el Escenario 03, aunque no existe mucha diferencia con el Escenario Actual.

**Figura 50:** Árbol causal de la Utilidad en el macro sistema de la corporación San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Figura 51:** Curva del cambio de la Utilidad en el macro sistema de gestión integral de truchas en la empresa San Miguel.



Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

La evaluación de la rentabilidad de la empresa Corporación San Miguel EIRL, se evaluó a través de la utilidad en comparación a la comparación actual con los escenarios propuestos, los resultados de se muestran en la tabla (16).

Por otra parte en la tabla (16), se muestra los resultados de la simulación de los escenarios propuestos, en ella se puede apreciar que la utilidad actual por campaña o lote que maneja la empresa asciende a 21064.4 N.S., logrando obtener un peso por lote de 11906.7 kg de trucha para venta en el mercado a un precio de 12.00 N.S., con un peso promedio de 376 g por unidad (trucha), asimismo reporta una cantidad de peces muertos del orden de 626.67 kg

Al realizar la comparación del escenario actual con los propuestos, se puede concluir que no existe diferencia significativa entre, ya que  $p\text{-value} > 0.05$ , tal como se muestra en la tabla (17).



**Tabla 16:** Valores de los parámetros evaluados en la simulación de los diferentes escenarios

Parámetro	ACTUAL	Escenario 01	Escenario 02	Escenario 03	Unidad
Utilidad	21064.4	13907.1	17254.5	21153.9	N.S.
Peso de lote	11906.7	13607.6	11906.7	13372.9	Kg
Costos totales	121815.0	94954.0	101812.0	119261.0	N.S.
Peso de peces muertos	626.67	716.19	626.7	742.6	Kg
Peso promedio de truchas	0.376	0.376	0.376	0.391	Kg
Precio	12	8.00	9.99	10.5	N.S.
Perdida de kg por muerte	5.26	5.26	5.26	5.55	%
Rendimiento de utilidad	17.29	14.64	16.94	17.73	%

Fuente: Elaboración propia - Software VENSIMPLE

**Tabla 17:** Comparación de los escenarios propuestos frente al actual

Escenario	Propuesta	<i>p-value</i> *
Actual	1	0.27411
Actual	2	0.26861
Actual	3	0.78628

Fuente: Elaboración propia, evaluado usando utilitarios de Excel 2010. (anexo 01)

## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación de un modelo para la dinámica del sistema de la gestión integral de la crianza de truchas, realizada en la empresa Corporación San Miguel, y su consecuente simulación, inicia con la identificación de las variables y factores que contempla el actual manejo de la empresa, en ese sentido se las denomina políticas, para Martínez *et al.*, ( 2011), en la actualidad las cadenas de suministro (CS) de la industria agroalimentaria (IAA) con sus particulares características, tienen el reto de incrementar sus niveles de productividad, calidad innovación, a nivel global y local, para satisfacer los requerimientos alimenticios y nutricionales de la población.

La consideración de dos sistemas de operación tales como la crianza de truchas y el Mercado, tiene una relación en lo que concierne a la utilidad de la empresa, esto es, el macro sistema al estar dividido en estos dos sistemas, y estos a su vez en 04 y 03 subsistemas respectivamente, se interrelacionan unos a otros tal como se muestra en la figura (3.38), Melado (2008), en la evaluación del modelo de cultivo de palma aceitera(*Elaeis guineensis Jacq.*) en Honduras, divide en dos niveles o sistemas : nivel biótico (palma y pasto herbáceo) y nivel abiótico (clima y suelo). El nivel biótico se ha calibrado a partir de datos bibliográficos. Dentro del nivel abiótico, el sistema clima aporta datos diarios de temperatura, precipitación y radiación, generados a partir de datos reales mensuales y el sistema edáfico, datos reales de suelo.

La evaluación de los modelos permite considerar los factores o variables que inciden directamente en la utilidad de la empresa así como en sus políticas, más aun cuando se prueban diferentes escenarios o casos, tales factores son: Precio mínimo de la trucha en el mercado, el Precio máximo, la Tasa de demanda, la Demanda, la Frecuencia de alimentación, la cantidad de Alimento diario, el Precio de alimento, el Nivel deseado de oxígeno y la Densidad de siembra, Del depósito (2010), consideró como factores importante en la política de la comercialización y elaboración de Yerba Mate: la capacidad de producción, aumentar la jornada laboral y aumentar el porcentaje de compras a secaderos pequeños, mientras que para la evaluación de la cadena de abastecimiento de granadilla en Cundimarca – Colombia, Huertas *et al.*,

(2011), considera que el clima, el pH del suelo, la humedad relativa y el número de jornales son los factores más incidentes.

La propuesta de los escenarios muestra que el escenario 03 es el que reporta mejores utilidades, este hecho sucede porque el peso de lote aumenta de 11906.7 kg a 13372.9 kg, debido a que se ha propuesto un incremento mínimo de alimento en 0.5 g con respecto a lo que maneja actualmente la empresa, esta propuesta de incremento de peso se realizó ya que para el escenario 03, se ha incrementado la densidad de siembra hasta 38 peces/m<sup>2</sup>, y esto conlleva a una mayor porción de alimento, por otra parte esto hace que se incremente el nivel de oxígeno en 0.5 ppm, MAXIMIXE (2010), considera que el incremento de oxígeno disuelto mejora el estrés de los peces y por ende el mejor desarrollo, para lograr ellos se debe considerar la implementación de sistemas de bombeo, no obstante esta solución conlleva al incremento de inversión y gastos por manejo y operación. Por otro lado Del Depósito (2010), simula 02 escenarios a fin de demostrar la dinámica de la producción de Yerba Mate, considerando valores para los parámetros más incidentes considerados en el párrafo anterior, de la misma manera Abaunza (2011), analiza el efecto a largo plazo de los esquemas estratégicos sobre los ingresos de los caficultores a través de un modelo de dinámica de sistemas, teniendo en cuenta diferentes escenarios en cuanto a precios del café y costos de producción, evaluando la rentabilidad en la producción de café.

No obstante el peso de los peces muertos se ha incrementado en el escenario 03 de 626.67 kg a 742.6 kg, así como el peso promedio de las truchas para venta hasta 391 g, presentando un precio de venta de 10.5 N.S./kg.

El hecho de que el peso sea mayor en el escenario 03, se debe a que el nivel de oxígeno es mayor, a pesar de presentar una mayor densidad de siembra (38 peces/m<sup>2</sup>) en comparación a los demás que es de 35 peces/m<sup>2</sup>, y un incremento de cantidad de alimento a 4.5 g/pez con una frecuencia de alimentación igual para todos los casos (3 veces por día).

Asimismo en la tabla (3.11), se puede apreciar que para las condiciones iniciales del escenario 02, este logra el menor Peso del lote y la menor utilidad, mientras que el

escenario 01, presenta menor valor de los Costos totales en comparación de lo reportado actualmente por la empresa

Está claro que un incremento de precio generara un menor demanda y por ende una disminución de la utilidad, es así que el Escenario 01 reporta el menor precio por ende una menor rendimiento de utilidad del 14.64% (tabla 3.11), aunque el escenario 03, muestra un mejor rendimiento de utilidad del 17.73% para un precio de 10.5 N.S./kg de trucha.

Por otra parte el rendimiento de utilidad es mayor en el escenario 03, (tabla 3.11), este hecho se debe a que se ha incrementado la densidad de siembra a 38 peces/m<sup>2</sup>, a fin de contrarrestar el mayor consumo de alimento debido al incremento de numero de peces en los estanques, se ha ajustado el nivel de oxígeno en el agua a 5.5 ppm, este cambio hace que la utilidad sea mayor en comparación a los otros que casos, a pesar de haber incrementado la cantidad de alimento en 0.5 g/pez, conllevando esto al incremento de los gastos totales, para Melado (2008), la simulación de escenarios, sugiere el incremento del rendimiento de la palma, en kilogramos de materia seca por hectárea y por año, es un poco más elevada que los rendimientos medios observados en Honduras. Asimismo, el Índice de Área Foliar simulado es mayor que los observados en campo. Esto es debido a que se ha considerado un modelo ideal, sin poda de hojas, con la nutrición de suelo adecuada y sin incidencia de plagas ni enfermedades. A pesar de esto, parece que los resultados obtenidos se ajustan relativamente bien a la realidad.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- El modelamiento y simulación de la gestión integral de la crianza de truchas en la empresa Corporación San Miguel, presentó los sistemas de estudio: Crianza de truchas y el Mercado, estos a su vez presentaron subsistemas consistentes que fueron probados con el software VensimPLE, tales como evaluación del Peso, Tamaño de lote, Utilidad y demanda de Oxígeno en el agua de estanque, para el sistema Crianza de truchas; mientras que para el estudio del Mercado se consideró la Oferta del producto en el mercado, la Demanda y la evaluación del Precio.
- Las variables más incidentes en la gestión de la producción de truchas en la empresa Corporación San Miguel EIRL, fueron el Precio mínimo y máximo de la trucha en el mercado que para efectos de simulación vario entre 6.0 a 12.0 N.S., la Tasa de demanda de 10%, la Frecuencia de alimentación considerada como tres veces por día, la cantidad de Alimento diario cuyo valor recomendado es de 4.5 g/pez al día, el Precio de alimento como 2.5 N.S., el Nivel deseado de oxígeno de 5.5 ppm y la Densidad de siembra de 35 a 38 peces/m<sup>2</sup>.
- Se ha modelado y simulado 03 escenarios considerando las variables o factores más incidentes, estos modelos califican los resultados de los factores: Utilidad, Peso de lote, Costos totales, Peso de peces muertos, Peso promedio de truchas, Precio, Perdida de kg por muerte y Rendimiento de utilidad
- De acuerdo a la simulación y análisis de los 03 Escenarios propuestos y considerando las condiciones actuales de operación del empresa que presenta una rentabilidad del 17.29%, se concluye que una ligera modificación en la densidad de siembra de 35 a 38 peces/m<sup>2</sup>, en el oxígeno disuelto de 5.0 a 5.5 ppm y la cantidad de alimento de 4.0 a 4.5 g/pez al día, que generara mayor rentabilidad (17.73%), cuando no se varié el costo del alimento, la frecuencia de alimentación y la tasa de demanda.

## **CAPÍTULO VI**

### **RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS**

- Agregar al modelo otras posibles estrategias, como por ejemplo la de convertir la producción en una producción orgánica, la posibilidad de reemplazar la trucha por otro cultivo, permitiendo así al usuario empresario enfrentarse con una mayor gama de situaciones. Esto es, establecer la posibilidad de generar valor agregado a la producción tradicional.
- Refinar la realimentación de información que el tesista hace al usuario por medio de más pruebas, para que así el usuario pueda tomar mejores decisiones de inversión.
- Agregar al modelo variaciones en los precios de los insumos y en los costos y precio de venta de los otros cultivos para que así el entorno sea más parecido a la realidad.
- Desarrollar la interfaz en base a otro lenguaje de programación que permita un ambiente con mayor diseño visual y mayores funcionalidades que las proporcionadas por las herramientas de VEMSINPLE.

## CAPÍTULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AECl (2002). Agencia Española de Cooperación Internacional “Crianza de Truchas en Jaulas” – Manual de Capacitación.
- Akkermans H. y Dellaert N. (2005). The rediscovery of industrial dynamics: The contribution of system dynamics to supply chain management in a dynamic and fragment world. *System Dynamics Review*.
- Angerhofer B. y Angelides M. (2000). System Dynamics Modelling in Supply Chain Management: Research Review. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation*.
- Blanco C. (2005) “La Trucha Cría Industrial”. Manual de Capacitación. Argentina.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. (2007). Administración y Logística en la cadena de suministro (segunda ed.). México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Carmona G.; Montoya J.; Asuad M.; Botero S. (2010). Modelo de Dinámica de Sistemas para evaluar el impacto de la ampliación de un proceso productivo de una panificadora. Universidad EAFIT.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. 3era edic. México: Pearson Educación.
- Delgado P. (2002). Procesado de la Trucha Arco Iris. Programa especial de investigación Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. México. 13 p.
- Del Depósito L. (2010). Modelado y Simulación mediante Dinámica de Sistemas del Funcionamiento General de un Establecimiento de Elaboración Primaria de Yerba Mate. Trabajo de Titulación para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío – Chile.

- DIREPRO (2013). Dirección regional de producción Cusco, marzo del 2013
- EUROFISH FAO GLOBEFISH. (2008). Reporte de Mercado de la trucha en Europa, Mayo.
- FAO – GLOBEFISH (2006). Reporte de mercado de trucha Unión europea, agosto.
- Forrester, J. W. (1971). Dinámica Industrial. Argentina: Ateneo.
- García, J. M. (2003) Teoría Y Ejercicios Prácticos De Dinámica De Sistemas. Edición de autor. Barcelona, España.
- Gutiérrez, Humberto y De la Vara R. (2008). Análisis y diseño de Experimentos. 2a ed. México, Ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández R; Fernández C; y Baptista P (1997). Metodología de la Investigación. 1ª ed. México, Ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Huertas I.; Forero C.; Verástegui M.R. (2010). Modelo de Dinámica de Sistemas para las hierbas orgánicas - la manzanilla. Universidad EAFIT.
- Huertas I.; Clavijo J.; Buitrago J.A. (2011). Modelo de dinámica de sistemas para la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca, Colombia. 9º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Bogotá – Colombia
- Instituto Tecnológico Piscícola El Ingenio (2009) “Manual de Crianza de truchas en ambientes controlados”.
- Martínez J.; Esteve M.A. (2010). Gestión integrada de cuencas costeras: dinámica de los nutrientes en la cuenca del Mar Menor (sudeste de España). Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. España.



- Martínez M.; Rodríguez C.; Morris A.; Gil M. (2001). La dinámica de sistemas en la modelización de la influencia de la gestión del conocimiento en la industria agroalimentaria. 5th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management.
- MAXIMIXE CONSULT (2010). Elaboración del estudio de mercado de la Trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno. Por encargo de Ministerio de la Producción PRODUCE – Perú.
- Melado A. (2008). Modelo de cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*) en Honduras. Universidad politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. España.
- Mendoza H.; Espinosa M. (2008). Características organolépticas de productos elaborados con carne de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) Universidad Autónoma de Chihuahua. Tecnociencia Vol. II, No. 3.
- Morecroft, J. (2007). Strategic Modelling and Business Dynamics: A feedback systems approach. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Panné S.; Luchini L. (2012). Análisis económico para producción de “Trucha Arco-Iris” Trabajo elaborado dentro del Proyecto: “Incremento de actividad de acuicultura en las regiones NEA, NOA y Centro”. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – Argentina
- Ramírez S.; Carmona G.; Castro J. (2010). Simulación de la cadena de abastecimiento de una empresa de producción y distribución de baterías eléctricas. Universidad EAFIT.
- Sanhueza L.; F. Michalus, J.C. Santelices, I. Lozano, G. (2009). Simulación mediante Dinámica de Sistemas de una PYME, caso particular de establecimiento de elaboración primaria de yerba mate. En: III SIMPOSIO INTERNACIONAL de Ingeniería Industrial. 2009. Tunja, Boyacá, Universidad de Boyacá, Colombia.

- Scenna, G, 1999. Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos. Edit. UTN. Argentina.
- Senge, P. M (1995) La quinta disciplina en la práctica. Cómo construir una organización inteligente. Ediciones Juan Granica, S.A., Barcelona, España.
- Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science (35), 321-329.
- Zapata S.; Franco C.; Flórez A. (2010). Modelo de producción de palma de aceite. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.
- Zúñiga, L. Lozano, G. Michalus, J.C. & Santelices Malfanti, I. (2009) “Aplicación de dinámica de sistemas a un establecimiento de elaboración primaria de yerba mate”. En: XXII ENCUENTRO NACIONAL de Docentes en Investigación Operativa y XX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. 2009. Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional Argentina.

### **WEBGRAFIA**

.Aracil, J. (1995) Dinámica de Sistemas. 1ª ed. España: ISDEFE. [En línea]  
<http://www.isdefe.es>. consultado Enero 2013

FISHSTATPLUS. Disponible en  
<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/es>. Consultado febrero 2013.

FONDEPES (2004) Programa de transferencia de tecnología en Acuicultura para pescadores Artesanales y Comunidades Campesinas. Disponible en [www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/.../manua\\_trucha\\_jaulas.pd...](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/.../manua_trucha_jaulas.pd...)

Gulino, E. G., Dottori, C.; Willis, E. & Vergara, F. (2006): Análisis de una empresa del sector maderero desde la Dinámica de Sistemas. Revista

de Dinámica de Sistemas Vol. 2 Núm. 2, 2006. Editor: Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad de Talca. [http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/RDS\\_home.htm](http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/RDS_home.htm). consulta: diciembre 2012

TRADE STATISTICS FOR INTERNATIONAL BUSINESS DEVELOPMENT. Disponible <http://www.trademap.org/>. Consultado febrero 2013.

Zamorano, H. (2004): La dinámica de sistemas y los modelos de simulación por computadora. [http://es.geocities.com/galleano\\_zamorano/sociocib.pdf](http://es.geocities.com/galleano_zamorano/sociocib.pdf). consulta: enero 2013.

[http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/RDS\\_home.htm](http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/RDS_home.htm). consulta: diciembre 2012

## ANEXOS

### ANEXO 01: ANOVA DE COMPARACIÓN DE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS

	<i>ACTUAL</i>	<i>Escenario 01</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>Escenario 02</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>Escenario 03</i>
Media	19430.962	15401.6458	19430.962	16454.0583	19430.962	19320.5714
Varianza	1772038227	1071094861	1772038227	1234239360	1772038227	1694826306
Observaciones	8	8	8	8	8	8
Coefficiente de correlación de Pearson	0.99836981		0.99979357		0.99989378	
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	7		7		7	
Estadístico t	1.18656		1.20156		0.28175	
P(T<=t) una cola	0.13705		0.13430		0.39314	
Valor crítico de t (una cola)	1.89458		1.89458		1.89458	
P(T<=t) dos colas	0.27411		0.26861		0.78628	
Valor crítico de t (dos colas)	2.36462		2.36462		2.36462	

**ANEXO 02: ECUACIONES UTILIZADAS EN LA SIMULACIÓN DEL MODELO  
PROPUESTO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE CRIANZA DE  
TRUCHAS DE LA CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL.**

(01)	Alimento diario= Units: kg/pez	0.005
(02)	Area de estanque 1= Units: m2	250
(03)	Area de estanque 2= Units: m2	250
(04)	Area de estanque 3= Units: m2	250
(05)	Area de estanque 4= Units: m2	250
(06)	Cambio de precio= Units: NS/kg	(Precio objetivo-Precio)/Demora
(07)	Cobertura= Units: Dmnl	4
(08)	"Conv. alimento"= Units: 1/pez	0.85
(09)	Costo de alimento= Units: NS	(Alimento diario*Peces en lote)*Precio de alimento
(10)	Costo fijo diario= Units: NS	90.83
(11)	Costos diarios= Units: NS	Costo de alimento+Costo fijo diario
(12)	Costos totales= INTEG ( Units: NS	Costos diarios,0)
(13)	Crecimiento= Units: kg/pez	Tasa de crecimiento*Frecuencia

- (14) Demanda= Demanda potencial\*Efecto de demanda  
Units: kg
- (15) Demanda oferentes= 15  
Units: kg/Oferentes
- (16) Demanda potencial= Demanda oferentes\*Numero de oferentes  
Units: kg
- (17) Demora= 20  
Units: Dmnl
- (18) Densidad de siembra=35  
Units: pez/m2
- (19) Diferencia= Nivel deseado de oxigeno-Oxigeno disuelto  
Units: ppm/Day
- (20) Efecto de demanda=Precio\*Tasa de demanda de trucha  
Units: Dmnl
- (21) Efecto de densidad=0.01  
Units: Dmnl
- (22) Efecto de oxigeno= 0.01\*Oxigeno disuelto  
Units: 1/ppm
- (23) Efecto de precio= RadioDeInvent  
Units: Dmnl
- (24) FINAL TIME = 240  
Units: Day  
The final time for the simulation.
- (25) Frecuencia= 3  
Units: Dmnl
- (26) Ganancia de oxigeno= IF THEN ELSE(Oxigeno disuelto<5, Tasa de  
aireación\*Diferencia,0)  
Units: ppm/Day
- (27) IncremOferta= Ventas productores  
Units: kg/Day
- (28) INITIAL TIME = 0

Units: Day  
The initial time for the simulation.

- (29)  $\text{Inventario Deseado} = \text{Demanda} * \text{Cobertura}$   
Units: kg/Day
- (30)  $\text{Inventario Oferta} = \text{INTEG} ( \text{IncremOferta} - \text{VentasDemand}, 0 )$   
Units: kg
- (31)  $\text{Muertes} = \text{Efecto de oxigeno} * \text{Peces inicio}$   
Units: pez
- (32)  $\text{Nivel deseado de oxigeno} = 5$   
Units: ppm/Day
- (33)  $\text{Numero de oferentes} = 20$   
Units: Oferentes
- (34)  $\text{Oxigeno disuelto} = \text{INTEG} ( \text{Ganancia de oxigeno} - \text{Perdida oxigeno por densidad}, 4 )$   
Units: ppm/Day
- (35)  $\text{Peces en lote} = \text{Peces inicio} - \text{Muertes}$   
Units: pez
- (36)  $\text{Peces inicio} = ( \text{Area de estanque 1} + \text{Area de estanque 2} + \text{Area de estanque 3} + \text{Area de estanque 4} ) * \text{Densidad de siembra}$   
Units: pez
- (37)  $\text{Peces muertos} = \text{INTEG} ( \text{Muertes}, 0 )$   
Units: pez
- (38)  $\text{Perdida oxigeno por densidad} = \text{Oxígeno disuelto} * \text{Efecto de densidad}$   
Units: ppm/Day
- (39)  $\text{Peso de Lote} = \text{Peces en lote} * \text{Peso Total} - \text{Peso de peces muertos}$   
Units: kg
- (40)  $\text{Peso de peces muertos} = \text{Muertes} * \text{Peso Total}$   
Units: kg
- (41)  $\text{Peso inicial} = 0.001$   
Units: kg/pez
- (42)  $\text{Peso Promedio} = \text{INTEG} ( \text{Crecimiento} - \text{PesoTotal} + \text{Peso inicial}, 0.01 )$

Units: kg/(Day\*pez)

- (43)  $\text{Peso Total} = \text{Peso Promedio} * \text{Conv. alimento}$   
Units: kg/(Day\*pez)
- (44)  $\text{Porcentaje corporal} = (\text{Peso Total} - \text{Peso inicial}) / \text{Peso inicial}$   
Units: Dmnl
- (45)  $\text{Precio} = \text{INTEG}(\text{Cambio de precio}, 8.5)$   
Units: NS/kg
- (46)  $\text{Precio de alimento} = 2.5$   
Units: NS/kg
- (47)  $\text{Precio deseado} = \text{Precio} * \text{Efecto de precio}$   
Units: NS/kg
- (48)  $\text{Precio maximo} = 12$   
Units: NS/kg
- (49)  $\text{Precio m\u00ednimo} = 8$   
Units: NS/kg
- (50)  $\text{Precio objetivo} = \text{IF THEN ELSE}(\text{Precio deseado} > \text{Precio m\u00ednimo}, \text{Precio m\u00ednimo}, \text{IF THEN ELSE}(\text{Precio deseado} < \text{Precio maximo}, \text{Precio maximo}, \text{Precio deseado}))$   
Units: NS/kg
- (51)  $\text{RadioDeInvent} = \text{InventarioOferta} / \text{InventarioDeseado}$   
Units: Dmnl
- (52)  $\text{SAVEPER} = \text{TIME STEP}$   
Units: Day [0,?]  
The frequency with which output is stored.
- (53)  $\text{Tasa de aireacion} = 0.2$   
Units: Dmnl
- (54)  $\text{Tasa de crecimiento} = 0.125$   
Units: 1/pez
- (55)  $\text{Tasa de demanda de trucha} = 0.8$   
Units: Dmnl
- (56)  $\text{TIME STEP} = 1$



Units: Day [0,?]  
The time step for the simulation.

(57) Utilidad= (Precio\*Peso de Lote)-Costos totales  
Units: NS

(58) Ventas productores= Demanda  
Units: kg/Day

(59) VentasDemand= Demanda  
Units: kg/Day

ANEXO 03: PROPOSICIÓN DE ECUACIONES EN RELACIÓN AL MACRO SISTEMA  
DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE CRIANZA DE TRUCHAS DE LA  
CORPORACIÓN SAN MIGUEL EIRL

La función objetivo, está referida a la utilidad que presenta la empresa, cuya ecuación propuesta es la siguiente:

$$UT = a_0 * PL + b * CT + c * P + d * P * PL + e * P * CT + f * PL * CT + g * P * PL * CT$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$CT = a_1 * CD$$

$$PL = a_2 * PP * PEL$$

$$P = a_3 * CP$$

$$CP = a_4 * (PO - P) / DM$$

$$PMI < PO < PMA$$

$$PRD = a_5 * P * EP$$

$$EDD = a_6 * P * TDT$$

$$DP = a_7 * DO * NO$$

$$D = a_8 * DP * EDD$$

$$ID = a_9 * D * CB$$

$$RI = a_{10} * IVO / ID$$

$$ICO = a_{11} * ICO + b_1 * VD$$

$$VD = a_{12} * DP * EDD$$

$$CR = a_{13} * AD * CA$$

$$PP = a_{14} * CR + b_2 * PT + c_1 * P_0$$

$$PT = a_{15} * PP * PEL$$

$$PC = a_{16} * (PT - P_0) / P_0$$

$$PEL = a_{17} * PEL - b_3 * MT$$

$$PM = a_{18} * MT$$

$$MT = a_{19} * EO * PEL$$

$$PPM = a_{20} * MT * PT$$

$$N_0 = a_{21} * DS * AE$$

$$CSA = a_{22} * AD * PEL * PA$$

$$CD = a_{23} * PA + b_4 * CFD$$

$$CT = a_{24} * CFD$$

$$OD = a_{25} * GO + b_5 * PD$$

$$0 < GO < TAR$$

$$DIF = a_{26} * NOD + b_6 * OD$$

$$PD = a_{27} * OD * ED$$

$$EO = 0.01 * OD$$

$$P_0 = 0.001$$

$$6.0 < P < 12.0$$

$$8 < TD < 15$$

$$15 < DO < 20$$

$$FR = 3$$

$$0.004 < AD < 0.005$$

$$2.0 < PA < 2.5$$

$$5.0 < NOD < 5.5$$

$$30 < DS < 38$$

$$TAR = 0.2$$

$$ED = 0.01$$

$$CA = 0.85$$

$$AE = 250$$

$$DM = 20$$

$$EP = 0.8$$

$$TD = 0.08$$

$$NO = 12$$