

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

“EVALUACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA PARA  
OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INCUBACIÓN Y ECLOSIÓN DE  
OVAS DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN  
EL CENTRO PISCÍCOLA “EL INGENIO” DISTRITO DE  
INGENIO - HUANCAYO, REGIÓN DE JUNÍN”

TESIS

Presentada por:

Bach. Delia Nelly Laura Quispe

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

TACNA - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA PESQUERA

TESIS

EVALUACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA PARA  
OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INCUBACION Y ECLOSION DE  
OVAS DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN  
EL CENTRO PISCÍCOLA “EL INGENIO” DISTRITO DE  
INGENIO – HUANCAYO, REGIÓN DE JUNÍN

Tesis sustentada y aprobada el 16 de setiembre del 2020;  
estando el jurado calificador y asesor integrado por:

Presidente : .....  
Ing. Nikita Iván Morales Cabrera

Secretario : .....  
MSc. Luis Alberto Rivera Chipana

Vocal : .....  
MSc. Luis Antonio Espinoza Ramos

Asesor : .....  
Blgo.Pesq.Nelver Coronel Flores

## **DEDICATORIA**

A Dios.

A mis Padres: José y Tomasa por ser mis guías, por su apoyo, sacrificio, trabajo durante todos estos años, que me permitieron cumplir mi objetivo.

A mis hermanos: Elvis, Vanesa, Cleila y Elisa por estar siempre a mi lado y ser mis fieles compañías.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Escuela de Ingeniería Pesquera, por haberme impartido conocimientos para mi vida profesional.

Al Biólogo Pesquero Nelver Coronel Flores por haberme brindado generosamente su tiempo y conocimientos en la ejecución y elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradezco al MSc. Luis Antonio Espinoza Ramos, docente de la Escuela de Ingeniería Pesquera.

A la Dirección Regional de la Producción de Junín, por haberme permitido realizar el trabajo de investigación en el Centro Piscícola “El Ingenio”.

A las personas que me apoyaron con la información correspondiente para la ejecución del trabajo de investigación, especialmente a Jorge Luis Flores y al Sr. Nilo Barja.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3. Delimitación de la investigación.....	7
1.4. Justificación.....	8
1.5. Limitaciones.....	8
1.6. Objetivos.....	9
1.6.1. Objetivo general.....	9
1.6.2. Objetivos específicos.....	9

<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b> .....	11
2.1. Hipótesis general y específica.....	11
2.1.1. Hipótesis general .....	11
2.1.2. Hipótesis específicas .....	11
2.2. Diagrama de variables .....	12
2.3. Indicadores de las variables .....	13
2.3.1. Variables independientes.....	13
2.3.2. Variable dependiente .....	13
2.4. Operacionalización de variables.....	13
<b>CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	15
3.1. Conceptos generales y definiciones.....	15
3.2. Enfoques teóricos- técnicos .....	16
3.2.1. Parámetros generales y calidad del recurso hídrico .....	16
3.2.2. La trucha.....	16
3.2.3. Fertilización de las ovas.....	18
3.2.4. Sala de incubación .....	20
3.2.5. Incubación de ovas en la trucha arco iris.....	20
3.2.6. Pruebas de fertilización.....	21
3.2.7. Huevos embrionarios .....	22
3.2.8. Cuidado durante la incubación .....	22
3.2.9. Eclosión .....	23

3.2.10. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	24
3.2.11. Parámetros biológicos.....	28
3.2.12. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua.....	32
3.2.13. Manejo de ovas embrionadas y en eclosión y la UTA.....	33
3.2.14. Análisis de regresión.....	36
3.2.15. La optimización de respuestas.....	38
3.3. Marco referencial.....	40
3.3.1. Internacionales.....	40
3.3.2. Nacionales.....	41
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
4.1. Lugar de ejecución y duración de la investigación.....	46
4.2. Tipo de investigación.....	46
4.3. Población y muestra.....	47
4.4. Técnicas aplicadas en la recolección de la información.....	47
4.4.1. Métodos de análisis.....	47
4.4.2. Método de investigación experimental.....	49
4.4.3. Materiales.....	56
4.4.4. Equipos.....	57
4.4.5. Método de análisis de datos.....	57

<b>CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
5.1. Resultados .....	59
5.1.1. Conductividad .....	61
5.1.2. Temperatura .....	62
5.1.3. Oxígeno .....	63
5.1.4. Dureza total .....	64
5.1.5. Alcalinidad total.....	65
5.1.6. Potencial de hidrógeno .....	66
5.1.7. Coliformes totales .....	67
5.1.8. Efecto de los coliformes totales y el potencial de hidrógeno sobre la optimización del proceso de incubación y eclosión.....	68
5.1.9 Características de mortalidad de las ovas en proceso de incubación y eclosión.....	70
5.2. Discusión.....	73
5.2.1. Características fisicoquímicas .....	73
5.2.2. Características biológicas.....	74
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Relación causa efecto de las variables.....	12
Figura 2. Ovas fertilizadas en las que aparece el cordón de un embrión con unos ocho días de desarrollo .....	22
Figura 3. Diagrama de dispersión para los datos de resistencia a la tensión.....	38
Figura 4. Conteo de las ovas de trucha con la regla de Von Bayer. ....	51
Figura 5. Incubación de las ovas en los bastidores .....	51
Figura 6. Ubicación de las ovas en las artesas y bastidores .....	52
Figura 7. Medición de temperatura en la fase de incubación.....	52
Figura 8. Extracción de las ovas muertas .....	53
Figura 9. Inicio de eclosión de ovas.....	54
Figura 10. Alevinos de trucha arco iris.....	55
Figura 11. Diseño de investigación cuasiexperimental para el estudio....	56
Figura 12. Modelo cuadrático que relaciona la conductividad del agua con la mortalidad de las ovas.....	61
Figura 13. Modelo cuadrático que relaciona la temperatura del agua con la mortalidad de las ovas.....	62

Figura 14. Modelo cuadrático que relaciona el oxígeno del agua con la mortalidad de las ovas.....	63
Figura 15. Modelo cuadrático que relaciona la dureza total del agua con la mortalidad de las ovas.....	64
Figura 16. Modelo lineal que relaciona la alcalinidad total del agua con la mortalidad de las ovas.....	65
Figura 17. Modelo cuadrático que relaciona el pH del agua con la mortalidad de las ovas.....	66
Figura 18. Modelo cuadrático que relaciona los coliformes totales con la mortalidad de las ovas .....	67
Figura 19. Efecto del pH y los coliformes totales sobre la mortalidad de las ovas .....	69
Figura 20. Gráfica de optimización para el proceso de incubación y eclosión (coliformes totales y pH) según la mortandad de ovas .....	70
Figura 21. Distribución porcentual de ovas durante el proceso de incubación.....	72
Figura 22. Distribución porcentual de ovas durante el proceso de eclosión.....	72
Figura 23. Distribución porcentual de la mortandad de las ovas .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable: características del agua de incubación y eclosión .....	14
Tabla 2. Comportamiento de la trucha en función a la temperatura del agua de crianza.....	24
Tabla 3. Comportamiento de la trucha en función al pH del agua de crianza .....	28
Tabla 4. Parámetros recomendados para el agua de incubación de truchas .....	28
Tabla 5. Valores de muestreo de Coliformes totales en el río Chía - Ingenio .....	32
Tabla 6. Duración de la incubación según la temperatura media del agua .....	34
Tabla 7. UTA según tiempo de eclosión y temperatura del agua .....	35
Tabla 8. Repeticiones de conteo para la determinación de la cantidad de ovas por litro .....	50
Tabla 9. Resultados fisicoquímicos y biológicas del agua y mortalidad de ovas.....	60
Tabla 10. Distribución de las condiciones de las ovas en proceso de incubación y eclosión.....	71

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue analizar las características fisicoquímicas y biológicas del agua durante el proceso de incubación y eclosión de ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). La muestra fue volumen del caudal de agua circulando en las fases de incubación y eclosión de la trucha arco iris. Los datos se procesaron mediante el análisis de regresión con el programa MINITAB 19. En conclusión que las características fisicoquímicas del agua durante las fases de incubación y eclosión presentan niveles aceptables comparadas con lo recomendado por diferentes autores y sobre la mortalidad de las ovas el potencial de hidrógeno resultó ser un factor significativo ( $p$  valor  $< 0,1$ ). Con respecto a las características biológicas no se determinaron efectos significativos ( $p$  valor  $>0,1$ ) aunque un incremento de los coliformes totales da entender que las operaciones requieren de la aplicación de las buenas prácticas. Para optimizar el proceso de incubación y eclosión minimizando la mortalidad de las ovas a menos de 2,17 % por día, los parámetros son: pH mayor a 7 y el contenido de coliformes menor a 4 ufc (unidad formadora de colonias). El proceso de incubación resultó con 345,9 UTA, valor por debajo de los 360 UTA recomendados.

**Palabras clave:** incubación, eclosión, características fisicoquímicas, ovas.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to analyze the physicochemical and biological characteristics of water during the incubation and hatching process of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs. The sample was the volume of water flow circulating in the incubation and hatching phases of rainbow trout. The data were processed through regression analysis with the MINITAB 19 program. In conclusion the physicochemical characteristics of water during the incubation and hatching phases present acceptable levels comparison of those recommended ones different authors and on the mortality of the eggs the potential of hydrogen resulted out to be a significant factor (p value < 0,1). about the biological characteristics, the significant effects were not determined (p value > 0,1) even an increase in total coliforms suggests that operations require the application of good practices. For optimizing incubation and hatching process, minimizing egg mortality less than 2,17 % per day, the parameters are: pH greater than 7 and coliform content less than 4 cfu (colony forming unit). The incubation process resulted in 345,9 AU value below the recommended 360 AU.

Keyword: Incubation, eclosion, physical, chemical, characteristics, eggs.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la acuicultura se ha convertido en una fuente importante de alimentos, nutrición, ingresos y medio de vida para muchas personas a nivel mundial. El Perú no es ajeno a esta realidad ya que según el Ministerio de la Producción (PRODUCE) en el año 2015 se llegó a cosechar 90 996 toneladas métricas (TM) de recursos hidrobiológicos, de los cuales las especies de mayor producción fueron la trucha, concha de abanico, langostino y tilapia, donde la primera representó el 41 % de la cosecha de ese año (PRODUCE, 2016).

Nuestro país, a lo largo de la cordillera de los andes presenta una distribución de recursos hídricos lénticos y lóticos con características bioecológicas muy especiales, según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN (1981), se estima que Perú cuenta con 12 201 ambientes lénticos, y asimismo se cuenta con alrededor de 1 367 recursos hídricos lóticos (ríos).

La actividad de crianza de truchas en el Perú, viene creciendo vertiginosamente en los 10 últimos años, principalmente a nivel intensivo, identificando 02 sistemas de cultivo en ambientes convencionales

(estanques de concreto, mampostería de piedra, tierra y otros) y otro en ambientes no convencionales (jaulas flotantes). Este último sistema ha logrado un mayor desarrollo, siendo la región Puno la que cuenta con el 98% de unidades productivas en jaulas flotantes. Para el caso de estanques de concreto, mampostería y tierra, la región Junín cuenta con el mayor número de unidades productivas convencionales. El aporte de ambas regiones constituye alrededor del 88,4 % de la producción nacional de truchas Puno 18 471,2 TM / año y Junín 3 412,53 TM / año en el 2012 (FONDEPES, 2014).

Al respecto, según el manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris, señala que durante el proceso de crianza de los peces se debe evitar la existencia de peligros biológicos (bacterias, virus, parásitos) y químicos (residuos de medicamentos, plaguicidas, metales pesados) en el producto final, para el cual se debe implementar sistemas de reducción de riesgos y buenas prácticas de producción acuícola (Rojas y Rivera, 2015).

Por tanto, dentro del control de inocuidad en la fase de producción primaria se requiere el cumplimiento de un conjunto de medidas orientadas a evitar la presencia de contaminantes para el desarrollo de las buenas prácticas de producción acuícola. En tal sentido, los procedimientos

incluyen la selección adecuada del área de cultivo, programas de monitoreo y control del agua, de alimentos, fármacos y procesos, también la inspección final del producto (Rojas y Rivera, 2015).

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

En el Centro Piscícola “El Ingenio” ubicado en el Distrito de Ingenio – Huancayo, Región Junín, según referencias del personal técnico de dicho centro, se viene produciendo desde hace bastante tiempo una elevada mortalidad de ovas embrionadas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), alrededor del 40 %. Según referencias del mismo personal, es aceptable una mortalidad máxima del 20 %, cantidad que es común en otros centros piscícolas de la zona y del país (Personal Técnico de Centro Piscícola el Ingenio, 2017)

Esta tasa relativamente alta de mortalidad se debe posiblemente a que el agua utilizada no sería de muy buena calidad en cuanto a sus características fisicoquímicas y biológicas (Personal Técnico de Centro Piscícola el Ingenio, 2017).

El Centro Piscícola “El Ingenio” presenta problemas de falta de interés por parte del Gobierno Regional de Junín, para fomentar el crecimiento sostenible del Centro Piscícola, ya que el Centro cuenta con áreas en

estado de abandono, además identificaron la existencia de impactos negativos ambientales que afecta al desarrollo de la actividad acuícola de trucha, puesto que las truchas están rodeadas de diversas especies que se perjudican directamente con las acciones de trabajadores o público en general. La infraestructura y tecnología es inadecuada y obsoleta en el Centro Piscícola “El Ingenio”, por la falta de presupuesto o simplemente porque no se dirigen los fondos completos en las mejoras del Centro (Huamani y Mantilla, 2017).

El recurso hídrico con el que cuenta, el Centro Piscícola es el río Chiapuquio, el cual, como afirma Baldeón (2013), a lo largo de su recorrido viene soportando diversas presiones como: el vertido de aguas servidas y de residuos sólidos que provienen de la ganadería, porque ya que los ganaderos utilizan las riberas del río para pastar a sus animales, que defecan junto a él. Y la apertura de centros de esparcimiento, restaurantes y venta ambulatoria ha generado mayor contaminación del río Chiapuquio, cuyas aguas ingresan directamente al Centro Piscícola, afectando la calidad microbiológica.

Gamarra y Uceda (2017) sustentan que, los grados de concentración de los minerales pesados Pb y Cd en las vísceras blandas de las 16 muestras de truchas arco iris "*Oncorhynchus mykiss*" no sobrepasaron los

parámetros máximos admisibles considerados en la legislación mundial y nacional, no obstante, se mostró que sí sobrepasaron en el agua del afluente Chiapuquio del ingenio, Huancayo. El valor de pH fue de 7,25, conductividad 256,5 pS/cm, sólidos suspendidos completos 26,20 mg/L y nitrato 1,28 mg/L, cifras que se muestran por debajo del límite máximo permisible (LMP) del Ministerio del Ambiente. El nivel de carga microbiológica de *Escherichia coli* en el agua fue < a 300 el número más probable NMP/100 mL, dichas cifras se mostraron dentro del LMP (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Por lo tanto, se propuso evaluar desde el punto de vista del rendimiento en ovas nacionales de trucha arco iris, como es que el manejo de las características del agua del río Chiapuquio, por parte del Centro Piscícola “El Ingenio”, referida a su calidad fisicoquímica y biológica explican la elevada mortalidad de las ovas, a fin de determinar cuáles serían las condiciones óptimas que minimicen esa mortalidad.

## **1.2 Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Qué relaciones existen entre las características fisicoquímicas y biológicas del agua con la mortalidad de ovas de trucha arco iris

(*Oncorhynchus mykiss*) durante el proceso de incubación y eclosión en el Centro Piscícola El Ingenio, Huancayo?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la relación de las características fisicoquímicas del agua sobre la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión?
  
- ¿Cuál es la relación de las características biológicas del agua sobre la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión?
  
- ¿Cuáles son las condiciones óptimas de las características fisicoquímicas y biológicas del agua de las fases de incubación y eclosión que pueden minimizar la mortalidad de ovas?

### **1.3 Delimitación de la investigación**

- Delimitación temporal: Para la obtención de datos, se tomó en cuenta el tiempo de incubación y eclosión de las ovas de truchas nacionales, en un periodo de 31 días, durante el cual se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos y biológicos.

- Delimitación espacial: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Piscícola “El Ingenio” Distrito de Ingenio – Huancayo, región de Junín.
- Delimitación teórica: Previo al estudio se centró exclusivamente en las características fisicoquímicas del agua que cubren las artesas durante las fases de incubación y eclosión de las ovas a fin de analizar su relación con la mortalidad.

#### **1.4 Justificación**

El trabajo de investigación realizado puede servir para verificar el problema detectado de la alta mortalidad de ovas embrionadas de trucha que viene produciéndose en el Centro Piscícola El Ingenio, que se debe probablemente a la calidad deficiente del agua utilizada en dicho centro. Luego de dicha comprobación se planteará alternativas de solución a dicho problema, como un aporte para mejorar la producción truchícola en dicho centro y por consiguiente elevar la rentabilidad económica.

#### **1.5 Limitaciones**

El Centro Piscícola el Ingenio no cuenta con un laboratorio propio, lo cual fue limitante para el número de análisis del agua de las fases de

incubación y eclosión de las ovas de trucha arco iris, obligando a la adquisición del servicio de análisis de laboratorio externo, siendo esto otro limitante de tipo económico.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Evaluar la relación entre las características fisicoquímicas y biológicas del agua con la mortalidad de ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante el proceso de incubación y eclosión en el Centro Piscícola El Ingenio, Huancayo.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Determinar la relación de las características fisicoquímicas del agua y la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión.
  
- Determinar la relación de las características biológicas del agua y la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión.

- Determinar las condiciones óptimas de las características fisicoquímicas y biológicas del agua, durante las fases de incubación y eclosión, que minimizan la mortalidad de ovas.

## **CAPÍTULO II**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **2.1 Hipótesis general y específica**

##### **2.1.1 Hipótesis general**

Las características fisicoquímicas y biológicas del agua se relacionan con la mortalidad de ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante el proceso de incubación y eclosión en el Centro Piscícola “El Ingenio”, Huancayo.

##### **2.1.2 Hipótesis específicas**

- Las características fisicoquímicas del agua se relacionan con la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión.
  
- Las características biológicas del agua se relacionan con la mortalidad de las ovas de trucha arco iris durante las fases de incubación y eclosión.

- Es posible determinar las condiciones óptimas de las características fisicoquímicas y biológicas del agua, de las fases de incubación y eclosión, que minimizan la mortalidad de ovas.

## 2.2 Diagrama de variables

La Figura 1 muestra la relación causa efecto entre las variables en estudio y la variable respuesta.

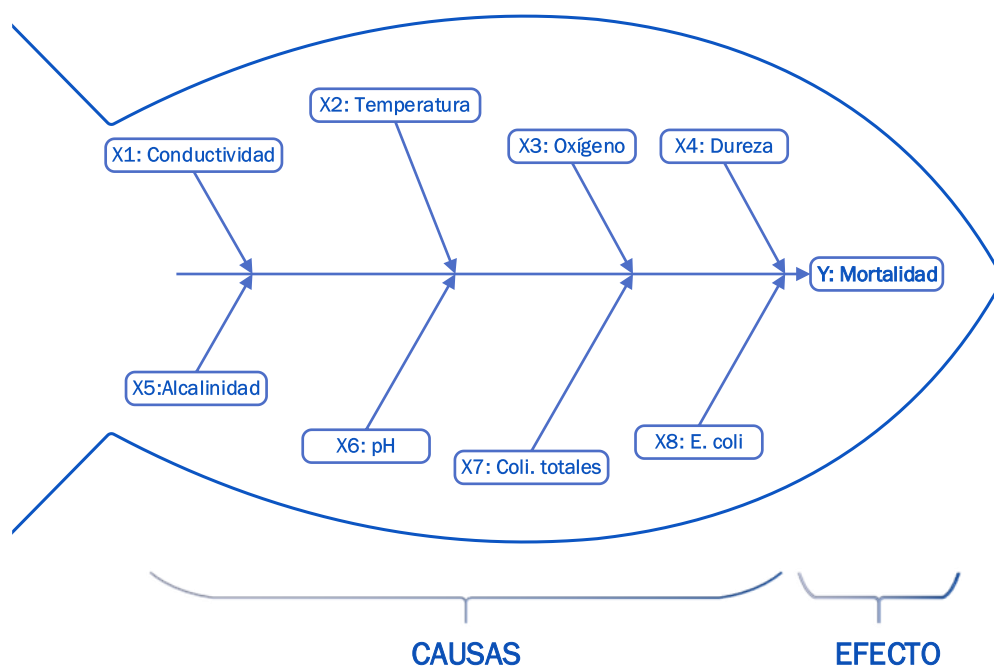


Figura 1. Relación causa efecto de las variables

Fuente: Elaboración propia (2019)

## **2.3 Indicadores de las variables**

### **2.3.1 Variables independientes**

- Características fisicoquímicas:
  - Conductividad
  - Temperatura
  - Oxígeno disuelto
  - Dureza total
  - Alcalinidad total
  - Potencial de hidrógeno (pH)
  
- Características biológicas:
  - Coliformes totales
  - E. coli

### **2.3.2 Variable dependiente**

- Procesos de incubación y eclosión:
  - Mortalidad de ovas.

## **2.4 Operacionalización de variables**

En la tabla 1 se muestra la forma como se operacionalizaron los indicadores de la variable en estudio.

**Tabla 1**

*Operacionalización de la variable: características del agua de incubación y eclosión*

<b>Variables</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento de medición</b>
VI: Características fisicoquímicas	Son las características fisicoquímicas del agua utilizada en la incubación, eclosión de ovas	o Conductividad	Multiparámetro
		o Temperatura	Termómetro digital
		o Oxígeno	Multiparámetro
		o Dureza	Volumétrico
		o Alcalinidad	Multiparámetro
		o pH	pHmetro digital
VI: Características biológicas	Son las características biológicas del agua utilizada en la incubación, eclosión	o Coliformes totales	Método colilert
		o E. coli	Método colilert
VD: Proceso de incubación y eclosión de ovas	Son los recuentos de ovas muertas registradas en las etapas de incubación y eclosión.	o Mortalidad de ovas	Conteo manual

Fuente: Elaboración propia (2019).

## **CAPÍTULO III**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1 Conceptos generales y definiciones**

- Acuicultura: “la actividad acuícola se define como el conjunto de actividades tecnológicas orientadas al cultivo o crianza de especies acuáticas que abarca su ciclo biológico completo o parcial, y se realiza en un medio seleccionado y controlado, en ambientes hídricos naturales o artificiales, como en aguas marinas, dulces o salobres. Se incluyen las actividades de poblamiento o siembra y repoblamiento o resiembra, así como también las actividades de investigación” (Klaur y Zevillanos, 2004).
- Alevino: Etapa de vida de los peces posterior a la absorción del saco vitelino, en la cual el pez presenta características de adulto.
- Artesas: Estructuras de concreto o de madera donde se mantienen las ovas y primeros estadios larvales de los peces.
- Eclosión: Consiste en el rompimiento de la membrana del huevo por movimientos del alevín (Mendoza, 2007).
- Ova: Son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva (Mendoza, 2007)

- Ovas embrionadas: Ovas de peces en que son viables los ojos del embrión. También se denominan ovas con ojos (Mendoza, 2007).

## **3.2 Enfoques teóricos- técnicos**

### **3.2.1 Parámetros generales y calidad del recurso hídrico**

Esta especie de truchas, prefieren las aguas de corrientes moderadas con pH entre 6,5 y 8,5 (alcalinidad, presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales originan que el agua de crianza sea alcalina o mantenga el pH alto, sobre 7; oxígeno disuelto 6,5 – 9 ppm y dureza de 50 – 300 mg/L CaCO<sub>3</sub>, además su preferencia por las aguas frías inclusive en temperaturas bajas 0 y 2 °C y, en temperaturas altas hasta los 18 °C. La temperatura más apropiada para la etapa de incubación de los huevos de trucha es entre 7,8 °C y 12 °C. Cuando la temperatura es menor a 11 °C el crecimiento de las truchas es lento de 12 °C a 17 °C el crecimiento es óptimo; de 18 °C a 21 °C el crecimiento también es lento y se proliferan microorganismos que generan enfermedades, y a más de 23 °C la temperatura es letal (Blanco, 1994).

### **3.2.2 La trucha**

La trucha "*Oncorhynchus mikiss*", es la especie de los salmónidos que más se adapta a las aguas de la región, y cuyo ciclo biológico se puede controlar en cautiverio. Es un pez de cuerpo fusiforme, cubierto de escamas

y mucus; el dorso es de color azulado y los flancos laterales de color plateado iridiscente, la parte ventral es de color blanco cremoso. Tanto en el dorso como en los flancos, presenta manchas lunares negras y marrones. El macho se diferencia de la hembra por tener el cuerpo más alargado y la cabeza triangular. En cambio la hembra tiene el cuerpo más ensanchado y cabeza redonda (Klaur y Zevillanos, 2004).

La trucha es ovípara. La reproducción artificial es una de las actividades del proceso por la cual fecundan los huevos de las hembras, homogenizándolas con el esperma de los machos. Es un animal carnívoro y voraz, que en cautiverio puede cambiar fácilmente su régimen alimentario a los alimentos secos concentrados en forma de gránulos o pelets (Stickney, 2000).

Mediante el producto trucha, se puede obtener una amplia gama de productos entre los cuales se destaca: Trucha entera refrigerada y/o congelada, trucha eviscerada refrigerada y/o congelada, trucha en filetes refrigerada y/o congelada, trucha enlatada, ahumada, seco salado, otros.

La trucha en su desarrollo pasa por varias etapas:

- Alevines: Con un peso promedio de 5 g y edad de 1 mes.

- Juveniles 1: Con un peso de 5 g a 20 g y una edad de 3 a 4 meses.
- Juveniles 2: De 20 g a 142 g de peso que lo alcanzan en 5 a 6 meses.
- Adulto: De 142 g a 300 g de peso que lo logran en 7 a 9 meses.

El mayor peso y el menor tiempo depende de varios factores: Condiciones físicas y químicas del agua, manejo, alimentación y variedad del pez (Klaur, y Zevillanos, 2004).

La importación de ovas embrionadas de trucha se ha incrementado considerablemente en los últimos 4 años, esto debido a que la producción ha crecido en el mismo ritmo. La importación de ovas embrionadas son de procedencia de Estados Unidos de Norteamérica principalmente de la empresa TroutlodgelnC y una proporción menor de Dinamarca, estos productos son certificados y de buena calidad (DIREPRO, 2010).

### **3.2.3 Fertilización de las ovas**

Consiste en manipular las ovas y espermatozoides de los reproductores a fin de realizar una adecuada fertilización. De esta forma

asegurar una mayor tasa de ovas fértiles listas para el proceso embrionario (FONDEPES, 2020).

Los huevos se van fertilizando mientras van siendo expulsados por la hembra, el espermatozoide se hace activo cuando entra en contacto con el agua, siendo atraído por el ovulo. El espermatozoide solo tiene un minuto de vida, una vez entrando con el agua y además solo penetra en el huevo por un solo punto llamado micrópilo (Mendoza, 2007).

Una vez que el micrópilo entre en contacto con el agua este se va cerrando. A pesar de las dificultades se calcula que hay una fertilidad del 90 % (Mendoza, 2007).

Una vez que el huevo esta fecundado, se hace impermeable al agua y el embrión comienza su desarrollo gracias a las reservas nutritivas de la yema de huevo. El embrión necesita un importante aporte de oxígeno para sobrevivir, que no solo entra por difusión del agua, sino que es necesaria una cierta circulación de agua por su superficie, para renovar el agua cuyo oxígeno ya ha sido consumido. De esta manera los huevos situados a más profundidad en el nido, tienen una circulación más reducida, por lo que su desarrollo puede ser más lento (Mendoza, 2007).

### **3.2.4 Sala de incubación**

Es un recinto cerrado protegido de la luz solar, cuyo tamaño depende de la cantidad de semilla a producir. Dentro de este se encuentran las incubadoras y los canales para recibir las ovas embrionadas y/o las larvas recién eclosionadas. Se recomiendan que el agua a utilizar sea previamente filtrada. (Rosado ,1988).

### **3.2.5 Incubación de ovas en la trucha arco iris**

INCOPECA (2010) señala que, la incubación que comprende desde la fecundación del huevo hasta el nacimiento del alevín, tiene una duración aproximada de 34 días dependiendo de la temperatura del agua (a mayor temperatura menor tiempo y viceversa). Esta etapa es delicada y requiere de mayor cuidado pues necesita que el agua corra constantemente y sea de la mejor calidad posible. Por lo general se utilizan filtros con el fin de retener sólidos suspendidos y la temperatura debe estar idealmente entre los 9 y 13°C. Aproximadamente a los 17 días se observa la aparición de los ojos y la formación de la columna vertebral, entonces se le llama "ova embrionada". En esta etapa la ova es fuerte y se puede manipular transportándola hacia otros lugares.

### 3.2.6 Pruebas de fertilización

Según Rosado (1988) no todas las ovas obtenidas son finalmente fertilizadas, aún cuando los procedimientos de manejo hayan sido realizados eficientemente. Esto se debe a varios factores, entre los cuales especial importancia tiene el que las hembras son trabajadas en diferentes días después de la ovulación, lo cual significa que existe un variable potencial entre las mismas para alcanzar elevados porcentajes de fertilización. La determinación del número real de ovas con el que se cuenta es fundamental para lograr una adecuada planificación de la producción.

Según Rosado (1988) las pruebas de fertilización se realizan entre las seis y ocho días de incubación dependiendo de la temperatura. Para el efecto se retira una muestra correspondiente al 1 a 2 % de las ovas presentes y se sumerge en una solución de metanol: ácido acético: agua (proporción 1:1:1). Trascurridos uno o dos minutos aparece en las ovas fertilizadas una línea blanca que corresponde al cordón neural del embrión en formación (Figura 2). Los huevos no fertilizados se muestran traslúcidos. El número real de ovas fertilizadas se encuentra por las siguientes formulas:

$$\text{Factor de fertilización (FF)} = \frac{\text{Número de ovas con embrión normal}}{\text{Número de ovas de la muestra}}$$

El producto entre el factor fertilización (FF) y el número total de ovas en incubación muestra el número real de ovas fertilizadas en el desove.

***Número real de ovas fértiles = FF \* Número total de ovas en incubación***



Figura 2. Ovas fertilizadas en las que aparece el cordón de un embrión con unos ocho días de desarrollo

Fuente: Pérez, (2015).

### **3.2.7 Huevos embrionarios**

Previo al desove e incubación, las artesas o incubadoras deben ser lavadas, desinfectadas y aireadas, por lo menos una hora antes de colocar los huevos, deben enjuagarse y hacer correr el agua. Como desinfectante se puede utilizar solución yodada a 100 ppm (Mendoza, 2007).

### **3.2.8 Cuidado durante la incubación**

Utilizar agua de óptimas condiciones, especialmente en cuanto a temperatura (9° a 12°C) y pureza (menor a 3 mg/L de solido en

suspensión). Mantener un adecuado flujo de agua para satisfacer la demanda de oxígeno de los embriones en desarrollo (un mínimo de un 1 L/min por cada 10 000 ovas a una temperatura menor de 11°C. Mantener los bastidores de incubación protegidos de la luz, especialmente la luz solar, ya que el espectro ultra violeta de la luz blanca daña el ADN de las ovas y esto produce altos % de mortalidad. Mantener bajo control la proliferación de hongos. No es conveniente utilizar el verde de malaquita para este tipo de tratamiento, porque a pesar de ser eficaz como anti fúngico, han sido demostrado sus efectos cancerígenos en el ser humano, poniendo en riesgo la salud de los operarios, como sustituto se puede usar tratamiento por goteo o soluciones salinas (Mendoza, 2007).

### **3.2.9 Eclosión**

Al término de la incubación el alevín rompe la membrana externa con la cola y emerge del cascarón (Huet 1988). La eclosión dura alrededor de 50 grados por día aproximadamente una semana, en esta manera, primero aparece la cabeza del alevín, luego se abre paso con dificultad pudiendo morir, entre los alevinos que nacen primero, es entre los que se producen mayor número de malformaciones.

### 3.2.10 Parámetros fisicoquímicos del agua

a. **Temperatura (°C):** La temperatura es un parámetro físico, que regula la vida de los organismos acuáticos, dentro o fuera del agua, según el ciclo de vida. Su exigencia dependerá de la especie seleccionada, así como de cada una de las fases de desarrollo, en las que se necesitará contar con una temperatura óptima o adecuada. Las especies de aguas frías, como la trucha, presentan su mejor crecimiento a temperaturas constantes de 15 a 17°C y para reproducción de 9 a 11 °C; aunque el rango puede ser más amplio en la práctica (DIREPE- Junín, 2002).

Según el FONDEPES (2014), los criterios de temperaturas para la incubación de las ovas son los siguientes (Tablas 2):

**Tabla 2**

*Comportamiento de la trucha en función a la temperatura del agua de crianza*

Temperatura	Consecuencia
1 a 3	Muere
4 a 8	Crecimiento lento
9 a 14	Crecimiento óptimo, buena incubación
15 a 17	Velocidad de crecimiento disminuye
18 a 20	Stress/bajo contenido de O <sub>2</sub>

Fuente: FONDEPES (2014)

**b. Conductividad eléctrica (CE):** La conductividad es la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica, su símbolo es “ $\sigma$ ”, mide la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material portante. Los metales pesados son transportadores de electrones aún con vínculos débiles permiten en su trayecto su conducción; sin embargo, éstas dependen de otros factores físicos propios de materiales y de la temperatura. El agua pura tiene muy poca conductividad, por eso que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma (Guo et al., 2017).

**c. Alcalinidad total (ppm):** Alcalinidad total se refiere a la concentración total de las bases existentes en el medio acuático, expresadas como carbonatos. Aunque existen muchos compuestos químicos que actúan como base, los carbonatos y bicarbonatos son los más abundantes en las aguas de cultivo y prácticamente ellos son los responsables de la alcalinidad total de las mismas. Es importante contar con la evaluación de este factor, especialmente al elegir el sitio y la aptitud del agua de abastecimiento para cultivo. Para eso, se debe efectuar análisis

químicos, llevándose a cabo estos análisis en laboratorios especializados (DIREPE-Junín, 2002).

- d. Dureza total (Ppm):** La dureza total es otro parámetro principal que debe tener en cuenta durante la elección de la fuente de abastecimiento. La dureza total está determinada por la concentración de iones metálicos, principalmente por el Calcio (Ca) y el Magnesio (Mg) que están presentes en el agua. Este factor se encuentra asociado a la alcalinidad total o sea a los iones carbonatos y bicarbonatos asociados a metales como el Sodio (Na) y Potasio (K) principalmente. Otros, como los sulfatos, nitratos, cloruros, etc., también son expresados como tales (DIREPE- Junín, 2002). La dureza total se indica en ppm o mg/l, se considera como mínimo 50 ppm, óptimo 100 ppm y máximo 280 ppm para la truchicultura. Se le expresa en mg/ de  $\text{CaCO}_3$  y está referida a la concentración de calcio (DIREPE- Junín, 2002).
- e. Potencial hidrógeno o pH:** Este factor indica el "potencial de iones hidrógenos" existentes en el medio acuático y se mide dentro de una escala convencional de 0 a 14. El pH del agua es ácido (por debajo del 6) es básica (por encima de 7). El punto neutro es pH 7 y es el que más conviene elegir para un cultivo. Un pH ácido, por ejemplo, por debajo de

6, no es conveniente para efectuar cultivo de organismos acuáticos. En general, el rango entre 6,5 al 9,0 es el pH más favorable para la producción de truchas. Los valores por debajo o por encima de estos puntos son perjudiciales y disminuyen el crecimiento de los animales y su producción, mientras los valores muy bajos (menores a 5) o los muy altos (mayores de 11) son letales produciendo la muerte. Por efecto del abundante fitoplancton y debido al proceso de fotosíntesis efectuado por estos microorganismos (igual que en plantas verdes superiores), los valores básicos de pH serán altos, durante el día o bien bajos, durante la noche cuando donde aumenta la respiración y se produce ácido carbónico (DIREPE- Junín, 2002).

Según el FONDEPES (2014), los criterios de pH para la incubación de las ovas son los siguientes (Tabla 3):

**Tabla 3***Comportamiento de la trucha en función al pH del agua de crianza*

pH	Condición
4 a 5	Mucho estrés, crecimiento lento
5,1 a 6,5	Estrés, crecimiento lento
6,6 a 7,9	Óptimo desarrollo
8 a 10	Crecimiento lento, muere

Fuente: FONDEPES (2014)

f. **Oxígeno disuelto (mg/L):** El rango óptimo de oxígeno disuelto, está entre 6,5 a 9,0 mg/L (Tabla 4). Como la crianza de truchas se realiza con grandes densidades de peces es recomendable que la cantidad de oxígeno disuelto no sea menor de 5,0 mg/L (Conroy, 2013).

**Tabla 4***Parámetros recomendados para el agua de incubación de truchas*

Parámetros	Rango 1	Rango 2
Temperatura del agua	: 5,5 - 16°C	-----
Oxígeno disuelto	: mayor 6,5 - 9 ppm	6,5 – 9 ppm
pH	: 6,5 - 8,5	6,5 – 8,5
CO <sub>2</sub>	: < 7ppm	: < 7ppm
Alcalinidad	20 - 200 mg/L CaCO <sub>3</sub>	20 - 200 mg/L CaCO <sub>3</sub>
Dureza	60 - 300 mg/L CaCO <sub>3</sub>	60 - 300 mg/L CaCO <sub>3</sub>

Fuente: Rango 1 Conroy (2013) y Rango 2 FAO (2002)

**3.2.11 Parámetros biológicos**

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica. La actividad natural como la humana contribuyen a la

contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos y detergentes.

- a. **Bacterias:** Son microorganismos algo más complejos que los virus y, a diferencia de ellos son capaces de vivir en un medio determinado sin la necesidad de pasar por un medio por un huésped intermedio (Terán, 2013). El nivel de contaminación por bacterias en el pescado dependerá del medio ambiente y de la calidad del agua en la cual los peces son cultivados. Entre los factores más importantes que afectan el contenido de bacterias patógenas están la temperatura y salinidad del agua, la proximidad de la granja acuícola a las áreas de asentamientos humanos (García y Calvario, 2003). Las bacterias procariotas, son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria (división simple). Presentan una amplia diversidad de tamaños, que va desde 0,5 a 2  $\mu\text{m}$  y algunas pueden llegar a 10  $\mu\text{m}$  (Madigan et al., 1997).

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y de los animales y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su

capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha buscado un grupo alternativo de indicadores que sean de más rápida y fácil detección. El grupo más utilizado es el de las bacterias coliformes (Madigan et al., 1997).

- b. **Coliformes totales:** El grupo coliforme se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 – 37 °C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativa y no forman esporas (Ministerio de Salud, 1998). La prueba más relevante utilizada para la identificación del grupo Coliformes es la hidrólisis de la lactosa. El rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima 15 β-D-Galactosidasa. Ambos monosacáridos son posteriormente metabolizados mediante el ciclo glicolítico y el ciclo del citrato. Los productos metabólicos de estos ciclos son ácidos y CO<sub>2</sub> (Carrillo y Lozano, 2008).
  
- c. **Escherichia coli:** Fue aislada por primera vez en 1985 a partir de heces de niños. Son bacilos cortos de 1,1 a 1,5 μm de diámetro y de 2 a 6 μm de longitud, se encuentran solos o en parejas, Gram

negativos, móviles por flagelos peritricos o inmóviles, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo (Murria et al., 1999). Perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, son coliformes capaces de producir indol a partir de triptófano en 24 horas a 45°C, también poseen la enzima  $\beta$ -Galactosidasa, que reacciona positivamente en el ensayo de rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L-glutámico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono (Carrillo y Lozano, 2008).

Oré (2016) determinó que los parámetros biológicos del agua de río Chíapuquio (Tabla 5) se hallan dentro de los límites de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – 2015 (Anexo 3), al no advertirse alteraciones o serios problemas de contaminación por la actividad truchícola, y que éstas son apropiadas para todo tipo de potabilización, recreación, riego de vegetales, bebida de animales y cultivo de especies hidrobiológicas.

**Tabla 5***Valores de muestreo de Coliformes totales en el río Chía - Ingenio*

Parámetros	Estación Nº 01	Estación Nº 02	Estación Nº 03
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	310	382	404
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	11	11,1	11,2
Oxígeno disuelto ( $\text{O}_2$ ) mg/L	8,4	8,2	7,2
Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ) mg/L	188	236	240
Alcalinidad total ( $\text{CaCO}_3$ ) mg/L	226	252	264
Potencial de hidrogeno (pH)	7,8	8	7,7
Coliformes totales (NMP/100 mL)	150	350	1000
E. Coli (NMP/100 mL)	20	28	50

Fuente: Oré (2016)

### 3.2.12 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua

El artículo 31 de la ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (Ministerio del ambiente – MINAM, 2017).

**Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua:** Para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

- **Categoría 4: Conservación del ambiente acuático:**  
Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.
- **Subcategoría E2: Ríos:** Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:
- **Ríos de la costa y sierra:** Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

### **3.2.13 Manejo de ovas embrionadas y en eclosión y la UTA**

La duración de la incubación no es por el número de días, sino que es un sumatorio de un gradiente de temperatura del agua, Unidad Térmica Acumulada, (UTA). Así, un huevo de trucha necesita una media de 400-460 UTAs. En cuanto a las ovas embrionadas en reincubación, desde su

llegada tardan en eclosionar entre 50-100 UTA, si la temperatura del agua de la unidad productiva se encuentra en 10°C en promedio (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Duración de la incubación según la temperatura media del agua*

Temperatura °C	Ovas en estado embrionario		Ovas en eclosión	
	Día	Acumulación de temperatura °C	Días	Acumulación de temperatura °C
6	30	180	60	360
7	25	175	50	350
8	21	168	42	336
9	18	162	36	324
10	16	160	32	320
11	14	154	28	319
12	13	156	26	312
13	12	156	24	312

Fuente: Imaki (2003).

Las ovas son despachadas con 245 UTAs, lo cual significa que llegarán con 65 UTAs (6,5 días a 10 °C) faltantes antes de la eclosión. Durante este lapso se van extrayendo los huevos muertos con una bombilla para evitar la contaminación de los huevos sanos y aumente la mortalidad. Las variaciones bruscas de temperatura suelen ser mortales. Los huevos son muy sensibles a los choques mecánicos en sus primeros estadios hasta la fase de ojo. Esta fase se denomina así porque pueden distinguirse los ojos del pez a través de la cáscara (Carhuaricra, 2018).

**Tabla 7***UTA según tiempo de eclosión y temperatura del agua*

Temp.C°	Días	UTAs
5,0	70	353,4
5,5	65	357,8
6,0	59	359,7
6,5	55	359,3
7,0	51	357,3
7,5	47	354,0
8,0	43	349,6
8,5	40.	344,7
9,0	37	339,4
9,5	35	334,0
10,0	32	328,6
10,5	30	323,7
11,0	29	319,1
11,5	27	315,3
12,0	26	312,1
12,5	24	309,8
13,0	23	308,4
13,5	22	307,8

Fuente: Kato y Kamler, (1983).

En la fase de eclosión, la membrana (cascaron) de la ova se rompe por disolución enzimática, y por coleteo del embrión, eclosionando la larva de 18 mm de largo, el tiempo ya dijimos, depende de la temperatura del agua (FONDEPES, 2014). Esta fase puede durar entre 15 a 30 días, dependiendo de la temperatura del agua de cultivo, o 300 UTAs si la temperatura del agua de la unidad productiva es 10 °C en promedio (Tabla 7). A partir de este momento, los peces van a vivir una de las fases más

crítica de su vida, pues la eclosión implica la reabsorción de la vesícula vitelina, el despegue del fondo y el inicio de la alimentación.

#### **3.2.14 Análisis de regresión**

En la búsqueda de mejoras o en la solución de problemas es necesario investigar la relación entre factores (o variables). Para lo cual existen varias herramientas estadísticas, entre las que se encuentran el diagrama de dispersión, el análisis de correlación y el análisis de regresión. El análisis de regresión, tiene como objetivo modelar en forma matemática el comportamiento de una variable de respuesta en función de una o más variables independientes (factores) (Gutiérrez y De La Vara, 2004).

Por ejemplo, cuando el rendimiento de un proceso químico está relacionado con la temperatura de operación. Si mediante un modelo matemático se puede describir tal relación, entonces este modelo puede ser usado para propósitos de predicción, optimización o control. El análisis de regresión puede usarse para explicar la relación entre variables. Para ello son necesarios los datos, los cuales pueden obtenerse de experimentos planeados, de observaciones de fenómenos no controlados o de registros históricos (Gutiérrez y De La Vara, 2004).

Asimismo, Regalado et al. (2008) mencionan que una de las razones para obtener un modelo es la adecuación del cálculo del supuesto comportamiento de un proceso para determinadas condiciones, el cálculo depende de la aplicación. De esta forma podemos mostrar que la importancia de los modelos matemáticos radica en que:

- Nos revela a veces relaciones que no son evidentes a primera vista.
- Una vez construido el modelo, es posible extraer de él propiedades y características de las relaciones que de otra forma permanecerían ocultas.
- En aquellas situaciones del mundo real en las que no es posible experimentar con la realidad, ofrecen un marco teórico para evaluar la toma de decisiones, así como sus consecuencias.

Los métodos de regresión se utilizan con frecuencia para analizar datos de experimentos no planeados (Figura 3), la observación de fenómenos no controlados o de registros históricos. Los métodos de regresión también son muy útiles en experimentos diseñados cuando algo "salió mal" o cuando el experimentador tiene interés en desarrollar una ecuación de interpolación para la variable de respuesta (Montgomery, 2001).

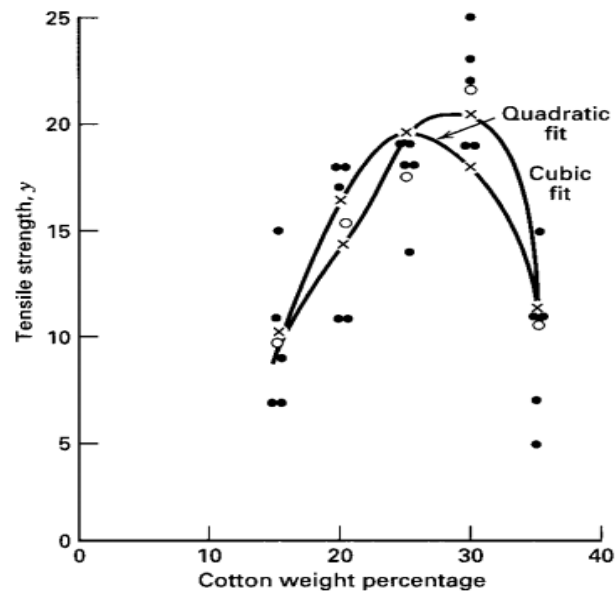


Figura 3. Diagrama de dispersión para los datos de resistencia a la tensión  
Fuente: Montgomery (2001).

### 3.2.15 La optimización de respuestas

La optimización de respuestas ayuda a identificar los valores de configuración de las variables que en combinación, optimizan una respuesta individual o un conjunto de respuestas. Es útil cuando se necesita evaluar el impacto de múltiples variables en una respuesta. Para poder optimizar, primero debe ajustar un modelo. Si desea optimizar múltiples respuestas, debe ajustar un modelo para cada respuesta por separado ((Minitab.com, (2019).

La optimización puede usarse para buscar las respuestas óptimas con base en los requisitos definidos para cada respuesta:

- Minimizar la respuesta (menor es mejor; por ejemplo, el costo)
- Lograr la respuesta objetivo (el objetivo es lo mejor; por ejemplo, dimensión de las partes)
- Maximizar la respuesta (mayor es mejor; por ejemplo, el sabor).

Los softwares estadísticos ayudan a optimizar calculando una deseabilidad individual para cada respuesta y ponderan cada una de acuerdo con la importancia que se le asigne. Estos valores se combinan para determinar la deseabilidad compuesta, o general, del sistema de múltiples respuestas. Una solución óptima se obtiene cuando la deseabilidad compuesta alcanza su nivel máximo. Usando una gráfica de optimización, puede ajustar la configuración de las variables y determinar la manera en que los cambios afectan la respuesta. La optimización de respuesta es más efectiva cuando se interpreta de manera combinada con la experiencia relevante en la materia, incluyendo antecedentes, principios teóricos y conocimiento obtenido a través de la observación o experimentos anteriores (Minitab.com, (2019)).

### **3.3 Marco referencial**

#### **3.3.1 Internacionales**

Pérez (2002) evaluó la eficacia y seguridad de Bronopol en ova verde de Salmón del Atlántico (*Salmo salar*) en un periodo de incubación de 90 a 170 Unidades Térmicas Acumuladas (UTA). El ensayo que tuvo una duración de 14 días, se realizó en la piscicultura Río Sur ubicado en la X Región, comuna de Puerto Varas. Para ello se seleccionaron aleatoriamente ovas de igual cepa (stock genético) de diferentes estanques con igual fecha de desove y de aproximadamente 90 Unidades Térmicas Acumuladas; los que se dividieron en 2 grupos, uno de ellos mantenido como control sin tratamiento y el otro sometido a tratamiento con Bronopol. El grupo sometido a tratamiento recibió baños con Bronopol por 30 minutos los días 1, 3, 5 y 7 del estudio en dosis de 50 ppm en un sistema abierto, de flujo continuo sin recirculación de agua. Con el fin de calificar el grado de fungosis y mortalidad de ovas, se hizo una evaluación visual semanal de los 6 estanques destinados al ensayo, en los cuales para los grupos tratamiento y control se obtuvo una calificación de fungosis leve, al igual que para mortalidad, que solo en el control fue moderada, por lo que no se observaron diferencias notables a simple vista. Para determinar esta cantidad, se realizó un conteo directo, obteniéndose de esta forma porcentajes representativos de cada grupo. En los resultados porcentuales

se determinó que, el grupo sometido a tratamiento con Bronopol presentó una mortalidad total de 0,223 % y un 0,095 % por hongos en comparación con el 0,321 % y 0,180 % obtenidos respectivamente en el grupo control. Estos resultados fueron analizados estadísticamente lográndose diferencias significativas entre ambos grupos. Al finalizar el estudio se concluyó que Bronopol es eficaz y seguro para ser utilizado en el control de cuadros de hongos durante un periodo de ova verde.

### **3.3.2 Nacionales**

Carhuaricra (2018) determinó y comparó los índices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas, desde la fase ocular, en la obtención de alevines idóneos para ser trasladados para su cría y engorde; se ha evaluado en tamaño (diámetro, peso y tamaño), supervivencia a eclosión, supervivencia de larvas hasta la absorción de saco vitelino, de igual forma la calidad de alevines por supervivencia, talla, peso, condición, conversión alimenticia y uniformidad; mediante semillas obtenidas de reproductores del Establecimiento Piscícola Monte Azul, Ninacaca-Pasco, lo cual denominamos “nacionales” y de la Compañía Aqua search Dinamarca, lo cual llamamos “importadas”. Para tal efecto, se empleó para este fin 150 000 ovas embrionadas: 75 000 nacionales y 75 000 importadas. Se dio la correlación positiva en tamaño de ova: a mayor

diámetro mayor es el peso y el volumen: En cuanto a diámetro el promedio de las ovas nacionales fue de 5,0 mm; en las importadas, el promedio fue de 5,16 mm. El peso promedio por ova nacional fue de 0,10 g y de 0,11 g por ova importada. Finalmente, las ovas nacionales promediaron 65,45 mm<sup>3</sup>; y las importadas 71,94 mm<sup>3</sup> por unidad. En etapa ovas, las ovas nacionales han mostrado inferioridad respecto a las importadas en supervivencias: a) En 1ra fase fue de 91,7 % frente al 93,2 %; b) En 2da.fase, fue de 92 % frente al 92,6 %. En etapa alevines. Las evaluaciones de supervivencia determinaron que existe una leve superioridad por parte de los alevines de ovas nacionales: a) Fase alevines I, la mortalidad fue del 7,2 % en las nacionales y 9,1 % en las importadas; b) Fase alevín logrado la mortalidad fue de 3,5 % en las nacionales y de 4,1 % en las importadas. Considerando esto, la mejor tasa de supervivencia lo han tenido los alevines de ovas nacionales en 1,5 % respecto a las importadas.

Gutiérrez (2014) en el trabajo de investigación "Factores que influyen en la producción y calidad de alevinos de trucha en la región Puno 2013", realizado en dos laboratorios formales que se dedican a la producción de alevinos de trucha, el laboratorio A, ubicado en la comunidad de Camacani, distrito de Plateria, provincia de Puno y el laboratorio B, ubicado el distrito de Pomata, provincia de Chucuito, ambos de la región de Puno. Determinó

los parámetros fisicoquímicos, manejo productivo, infraestructura y equipamiento de los laboratorios, el mismo que abarcó desde la etapa de reincubación – ciclo inicial de la trucha; mostrando en detalle los principales elementos que conforman esta etapa, con una descripción, análisis y resultados; en los valores de los parámetros fisicoquímicos medidos para el laboratorio A “Camacani” fueron: pH = 7,79, oxígeno disuelto = 5,82 mg/L y temperatura 10,94°C; mientras que el laboratorio B “Pomata” presentó: pH 6,79; oxígeno disuelto 6,17 mg/L y temperatura 10,34°C. En el manejo productivo; el laboratorio A “Camacani” es inadecuado debido que presenta una mortandad del 2 % en cada traslado para la venta generalmente a los productores de la zona, sin embargo, el laboratorio B “Pomata”, tiene un mejor manejo productivo ya que su mortandad no supera del 0,5 %. En infraestructura y equipamientos el laboratorio A “Camacani”, su caudal es de 1Ls<sup>-1</sup>, lo que permite usar 03 artesas (dobles), en el laboratorio B “Pomata”, su caudal es de 1,2 Ls<sup>-1</sup> las 02 artesas (dobles); los factores que influyen en la producción y calidad de alevinos de trucha en la región Puno 2013, son los parámetros fisicoquímicos, luego el manejo productivo que realizan y como soporte la infraestructura y equipamiento con lo que cuentan los centros de producción. En el caso de la presente investigación se concluye que el laboratorio B “Pomata”, registra mejores factores productivos en consecuencia mejor calidad de alevinos de trucha.

García (2012) en el trabajo de investigación “Eclosión de ovas embrionadas nacionales e importadas y supervivencia de larvas de trucha arco iris en la Piscigranja gruta Milagrosa Acopalca – Huancayo” evaluó la mortalidad durante la eclosión. Las mortalidades más altas ocurren durante la fase de incubación y para optimizar la producción, se tiene que reducir este porcentaje de mortalidad, debido a otros factores, características propias de los huevos, manipulación y condiciones físico-químicas del agua circundante, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la investigación de acuerdo a las observaciones de Bastardo (1993), quien al analizar la sobrevivencia de las ovas de trucha arco iris desde la fertilización hasta 391 días de edad, reporta que hasta el día 11 de incubación la mortalidad fue elevada, alcanzando un 65 %, después de esta edad y hasta los 39 días la mortalidad fue descendiendo hasta estabilizarse en un 12%, habiendo una diferencia de 9,64 % para la muestra nacional y de 3,32 % para la muestra importada, teniendo en cuenta que la mortalidad en ovas nacionales es de 21,64 % y en ovas importadas es de 15,32%, existiendo una diferencia de 6,32 % entre la muestra nacional e importada.

Montalvo (2013) en el Centro Piscícola “El Ingenio” ubicado en el distrito de Ingenio, provincia de Huancayo, región Junín, a una altitud de 3440 m.s.n.m., de febrero a junio de 2013 evaluó los índices productivos

en el proceso de producción de alevinos de trucha procedentes de ovas nacionales desde ovas hasta alevinos de 5 cm de longitud, para lo cual se utilizó como material biológico 71 280 ovas nacionales, fueron obtenidas del plantel de reproductores del Centro Piscícola "El Ingenio". Se determinaron los porcentajes de fecundación, de embrionamiento y de eclosión de ovas, de supervivencia de larvas, mortalidad de alevinos, se registró la temperatura del agua diariamente, en los horarios de 7 de la mañana, 1 de la tarde y 5 de la tarde, donde las temperaturas en la sala N°1, 7 am, 1pm, 5pm fue constante registrando una temperatura de 11,8°C en la sala N° 2 en horas 7 am es de 11,1°C, 1pm es de 12,8°C, 5 pm es de 12,1°C y en la sala N°3 las temperaturas se registraron a horas de 7am 10,8°C; 1pm es de 12,15°C, 5 pm es de 11,5°C, a fin de obtener el promedio para usar la tabla de alimentación. Los índices productivos obtenidos fueron los siguientes: fecundidad, 83 %; embrionamiento, 68 %; eclosión de ovas, 94,7 %; supervivencia de larvas, 79 %; mortalidad de alevinos, 9 % y la conversión alimenticia fue de 1,26. Por lo cual los índices productivos en el proceso de producción de alevinos de trucha están dentro de los rangos establecidos, teniendo algunas variaciones por diferentes factores como es temperatura del agua y manejo, los cuales afectan la producción de truchas.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 Lugar de ejecución y duración de la investigación**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Piscícola “El Ingenio”, ubicado en:

- Región : Junín
- Provincia : Huancayo.
- Distrito : Ingenio
- Altitud : 3440 m.s.n.m

La duración de la investigación fue del 01 de setiembre del 2019 y finalizó el 1 de octubre del 2019.

**Infraestructura de sala de incubación:** El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Piscícola “El Ingenio”, utilizando la sala N° 2, empleando 1 artesa de concreto cuyas dimensiones fueron: 4,65 m de largo x 0,67 m de ancho x 0,50 m de profundidad y 4 bastidores, con un caudal (Q) de 0,41 L/s por artesa. Las dimensiones de los bastidores son: largo 0,79 m; ancho 0,44 m y profundidad 0,06 cm.

#### **4.2 Tipo de investigación**

- Tipo de investigación: Es observacional

- Nivel de investigación: Es explicativo.
- Diseño de la investigación: Según Supo (2012) es cuasiexperimental, pues se evaluó la relación causa-efecto entre las variables en estudio, los rangos de concentraciones a ensayar son los registrados en base a la experimentación.

### **4.3 Población y muestra**

- Para la evaluación del agua: Las muestras fueron caudales de agua de las artesas en fase de incubación y eclosión de ovas de trucha arco iris.
- Para la evaluación de la mortalidad en ovas: La población fue de 20 000 ovas nacionales obtenidas del Centro Piscícola el Ingenio y la muestra fue la misma cantidad porque no hubo mayor dificultad en utilizarlas en su totalidad para su incubación.

### **4.4 Técnicas aplicadas en la recolección de la información**

#### **4.4.1 Métodos de análisis**

##### **A. Características fisicoquímicas del agua**

- **Temperatura:** Para el registro de la temperatura del agua se utilizó un termómetro digital, se realizó 3 veces por día la toma de datos

siendo estos a horas de 7:00 am, 12:00 pm y 16:00 pm, en la sala de incubación N° 2 del Centro Piscícola el Ingenio.

- **Oxígeno disuelto (OD), Potencial Hidrogeno (pH), conductividad:** En las determinaciones de las concentraciones de oxígeno, pH y conductividad del agua se usó el Multiparameter Waterproof Meter (medidor impermeable multiparámetro) marca HANNA HI98194 de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, en el laboratorio de Investigación de agua.
- **Alcalinidad y dureza:** En lo que respecta a la medición de alcalinidad y dureza se utilizó equipo de titulación de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, en el laboratorio de Investigación de agua.

## **B. Características biológicas de agua**

**Coliformes totales, Escherichia coli (E. coli):** La determinación de Coliformes totales y E. coli se realizó mediante el método del Número Más Probable (NMP), en la Universidad Nacional del Centro del Perú –Huancayo, en el laboratorio de Investigación de agua. Este método tiene la ventaja de proporcionar una estimación estadística de la densidad microbiana presente en la muestra.

### C. Mortalidad de las ovas

- **Porcentaje de incubación:** Se calculó relacionando el número total de ovas fecundadas de la muestra y el número total de ovas de la fase de incubación, utilizando la regla de Von Bayer.

$$Ovas\ incubadas\ (\%) = \frac{N^{\circ}\ \text{total de ovas incubadas}}{N^{\circ}\ \text{total de ovas fertilizadas}} \times 100$$

- **Porcentaje de eclosión:** Se calculó relacionando el número total de ovas eclosionadas dividido entre el número total de ovas fecundadas.

$$Ovas\ eclosionadas\ (\%) = \frac{N^{\circ}\ \text{total de ovas eclosionadas}}{N^{\circ}\ \text{total de ovas incubadas}} \times 100$$

#### 4.4.2 Método de investigación experimental

- Recepción de ovas fecundadas:** El material biológico para la investigación fue de 20 000 ovas nacionales el cual fue obtenido del plantel de reproductores de 5 machos y 7 hembras de la tercera campaña del Centro Piscícola “El Ingenio”.
- Fase de incubación:** Una vez fecundado las ovas se trasladó a la sala de incubación N° 2, luego se hace el conteo de ovas, bajo el método de Von Bayer (Tabla 8), que consiste en colocar en fila tantos como alcancen en una canaleta de Von Bayer en forma de “V” (Figura 4) que

mide exactamente 12 pulgadas o 305 mm, contando posteriormente el número de ovas. Se debe realizar 5 ensayos y luego se saca un promedio. Una vez obtenida el valor del promedio con el cual se ingresa a la tabla de Von Bayer (Anexo 4). Y se determina la cantidad de huevos total en una unidad de volumen. En esta fase las ovas se distribuyeron en 4 bastidores en una artesa, cada bastidor con 5 000 ovas aproximadamente (Figuras 5 y 6) y una vez iniciada la incubación se da inicio al control diario de la temperatura (Figura 7).

**Tabla 8**

*Repeticiones de conteo para la determinación de la cantidad de ovas por litro*

Conteo	Cantidad
1er	59
2do	58
3er	59
3to	57
5to	58
Promedio	58,2
<b>Tabla</b>	<b>58</b>

Fuente. Elaboración propia (2019)



Figura 4. Conteo de las ovas de trucha con la regla de Von Bayer.

Fuente: Elaboración propia (2019)



Figura 5. Incubación de las ovas en los bastidores

Fuente: Elaboración propia (2019)



Figura 6. Ubicación de las ovas en las artesas y bastidores

Fuente: Elaboración propia (2019)



Figura 7. Medición de temperatura en la fase de incubación

Fuente: Elaboración propia (2019)

En esta la fase de incubación para la extracción de las ovas muertas, la técnica adecuada es el uso de la bombilla (Figura 8) porque se adapta para la extracción de ovas muertas, esto consiste en una bombilla de jebe con un tubo de vidrio largo, donde se irán succionando uno por uno las ovas muertas evitando mover los sanos y fértiles.



Figura 8. Extracción de las ovas muertas

Fuente: Elaboración propia (2019)

### **c. Fase de eclosión**

Al término de la incubación el embrión rompe la membrana externa con la cola y emerge del cascaron (Figura 9). La eclosión duró más de una semana, así lo primero que aparece es la cabeza, la larva se abre paso con dificultad, pudiendo morir, entre las larvas que nacen primero. Es en esta etapa donde se produce el mayor número de malformaciones.



Figura 9. Inicio de eclosión de ovas

Fuente: Elaboración propia (2019)

Las larvas eclosionadas (Figura 10) se mantienen en los bastidores (canastillas), hasta que reabsorban el saco vitelino, para dar inicio a su alimentación y comiencen a nadar. Cuando los alevinos aceptan el alimento balanceado su nado se hace más vigoroso y resistente, se debe observar que todos se encuentren nadando en la superficie, para que sea el momento de colocarlos en las artesas (Estanques rectangulares).



Figura 10. Alevinos de trucha arco iris

Fuente: Elaboración propia (2019)

En la Figura 11 se observa el Diseño de investigación cuasiexperimental para el estudio. Dicho proceso cuasiexperimental tiene como propósito final obtener los parámetros de las características fisicoquímicas y/o biológicas que harán óptimo el proceso de incubación y eclosión de ovas de trucha arcoíris.

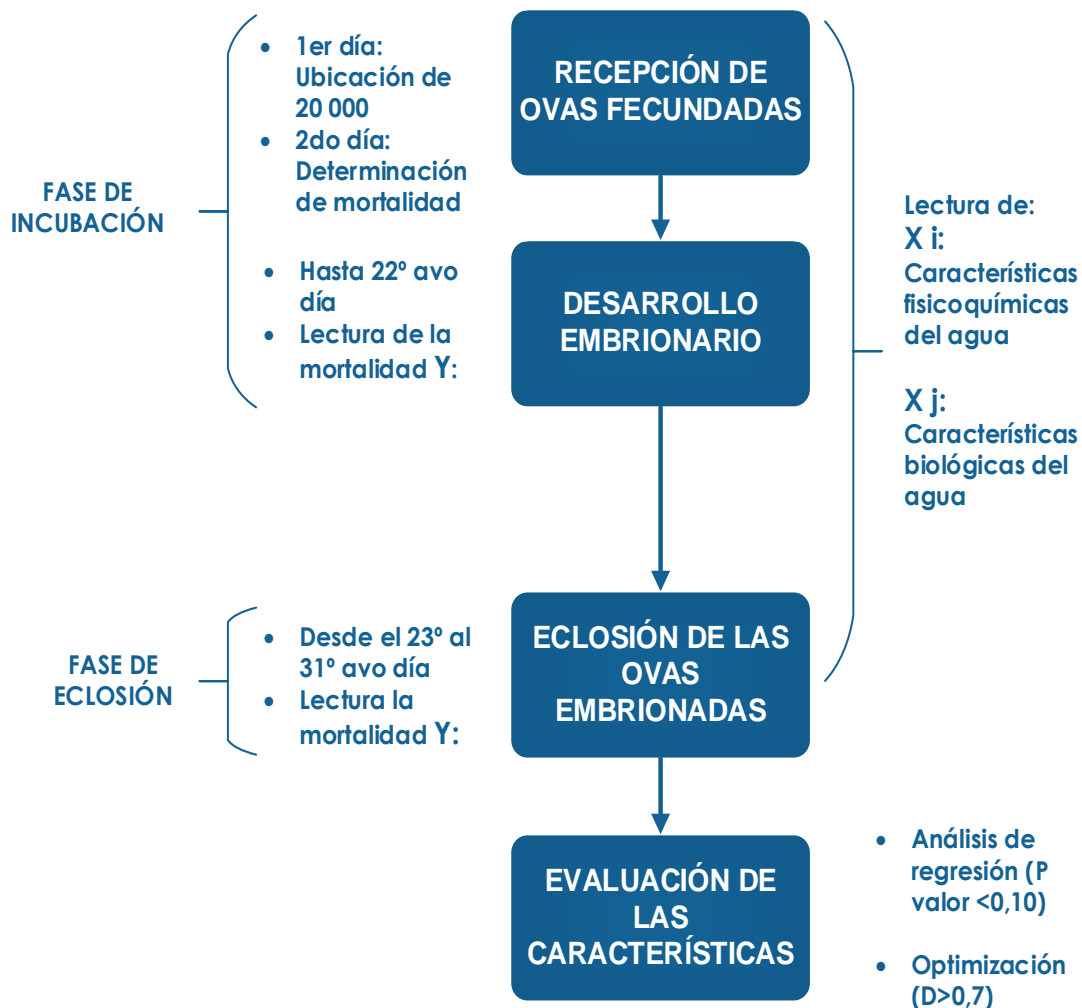


Figura 11. Diseño de investigación cuasiexperimental para el estudio

Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.4.3 Materiales

- Canaleta
- Tabla de Von Bayer.
- Baldes.
- Jarra volumétrica.

- Botellas de vidrio esterilizadas.
- Bombilla de goma.
- Pluma de ave.
- Bastidores.

#### **4.4.4 Equipos**

- Termómetro digital marca ISOLAB.
- pHmetro digital.
- Multiparámetro.
- Cámara fotográfica digital.
- Equipo de titulación.
- Incubadora y selladora de placa en bandeja.

#### **4.4.5 Método de análisis de datos**

Se desarrollaron modelos de regresión en las cuales para medir su predicción se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ), que se obtienen a partir del ANOVA. Y para interpretar estos coeficientes se cumple que  $0,0 < R^2_{aj} < R^2 < 100,0$  que cuantifican el porcentaje de variabilidad presente en los datos y que es explicado por el modelo. Por ello, son deseables valores próximos a 100.

Con respecto a la significancia de los modelos se evaluaron mediante la prueba F al nivel de significancia al 0,05 y 0,10. Y para fines de predicción Gutiérrez y De la Vara (2008) recomiendan un coeficiente de determinación ajustado para los modelos de al menos 70 %.

Para la optimización se aplicará el procedimiento recomendado por Granato y Ares (2014) que es la aplicación de la optimización por función deseada donde la solución que obtenga un valor D mayor a 0,7 se le puede considera como óptima.

Para los cálculos se utilizaron los programas MS Excel y Minitab 19.

## **CAPÍTULO V**

### **TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1 Resultados**

Las lecturas de los análisis de las características fisicoquímicas y biológicas del agua durante las fases de incubación y eclosión se reportan en la tabla 9. En esta tabla se demuestra el efecto en la mortandad, exceptuando el resultado biológico de *E. coli* puesto que en todos los casos se registró lecturas por debajo de 1 y no ameritaba por tanto mayor análisis estadístico.

Los diferentes valores, que indican rangos registrados de las características del agua que ingresa a las artesas en comparación con los criterios sugeridos por diferentes autores como se observan en la Tabla 9, (que indican rangos recomendados) no sobrepasan dichos rangos, es decir que en general el agua utilizada para las fases de incubación y eclosión no muestra variaciones notables.

**Tabla 9***Resultados fisicoquímicos y biológicas del agua y mortalidad de ovas*

Lectura	X1: Conductividad μS/cm	X2: Temperatura (°C)	X3: Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> ) mg/l	X4: Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) mg/l	X5: Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> ) mg/l	X6: Potencial de hidrogeno (pH)	X7: Coliformes totales (NMP/100 ml)	Y: Mortalidad (%/día)
1	310,0	11,20	8,40	188,0	12,60	7,95	4,20	2,44
2	382,0	11,00	8,20	236,0	12,58	8,05	4,00	2,17
3	404,0	10,90	7,20	240,0	12,62	7,05	4,00	2,56
4	362,0	11,60	8,64	210,0	12,20	7,45	4,40	2,62
5	362,5	11,60	7,62	207,5	12,40	7,30	4,35	2,56
6	363,0	10,04	8,61	205,0	12,50	7,75	4,10	2,40
FAO (2002)			6,5 a 9	60 a 300	20 a 200	6,5 a 8,5		
FONDEPES (2014)		9 a 14	6 a 8,5			6,6 a 7,9		
MINAM (2008)		--	5 a mas			6,5 a 8,5	3000	
Ortiz (2015)	20 a 500							
Ore (2016)	150						310	

Fuente: Elaboración propia (2020)

Los diferentes rangos recomendados de las características del agua no evidencian que la utilizada en las fases de incubación y eclosión pudieran estar fuera de control. Por ello, se aplicó en análisis estadístico de regresión ajustando modelos de segundo orden a fin de explicar la relación que existe entre las características y la mortalidad. Los modelos fueron evaluados al 0,10 de nivel de significancia ( $\alpha$ ) para poder establecer la influencia de un factor sobre la respuesta (mortalidad de ovas).

### 5.1.1 Conductividad

Para explicar el comportamiento de la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión por efecto de la conductividad del agua, se propuso el ajuste de un modelo cuadrático (Figura 12) donde el análisis de varianza de dicho modelo (Anexo 8) resultó con un valor p (0,99) muy superior al nivel de significancia de 0,10 se llegó a la conclusión que el modelo no ajusta adecuadamente la mortalidad en función a la conductividad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 0,1 % resultó muy lejano al 100 %, confirmando que el modelo cuadrático no es útil para predecir la mortalidad (%). En resumen, no existe una relación significativa entre la conductividad del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

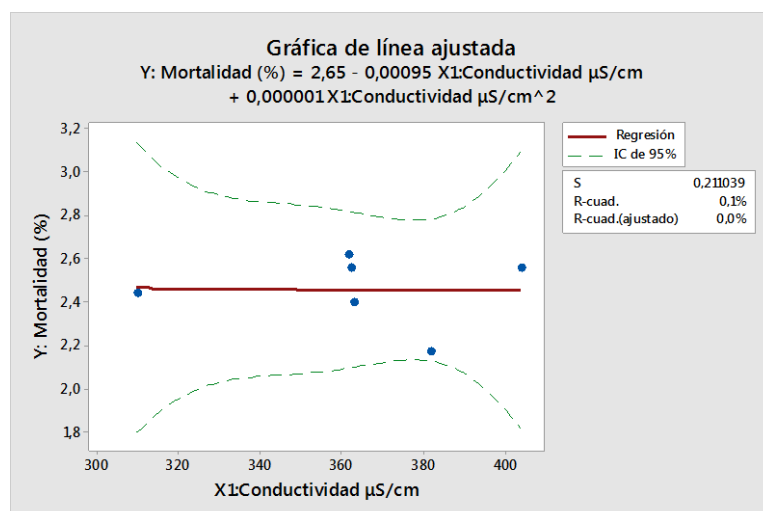


Figura 12. Modelo cuadrático que relaciona la conductividad del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### 5.1.2 Temperatura

Para explicar el comportamiento de la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión por efecto de la temperatura del agua, se propuso el ajuste de un modelo cuadrático (Figura 13) donde el análisis de varianza de dicho modelo (Anexo 9) resultó con un valor p (0,508) muy superior al nivel de significancia de 0,10 y por tanto. en conclusión el modelo no ajusta adecuadamente los datos de la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 36,3 % resultó muy lejano al 100 %, confirmando que el modelo cuadrático no es útil para predecir la mortalidad (%). Es decir que no existe una relación significativa entre la temperatura del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

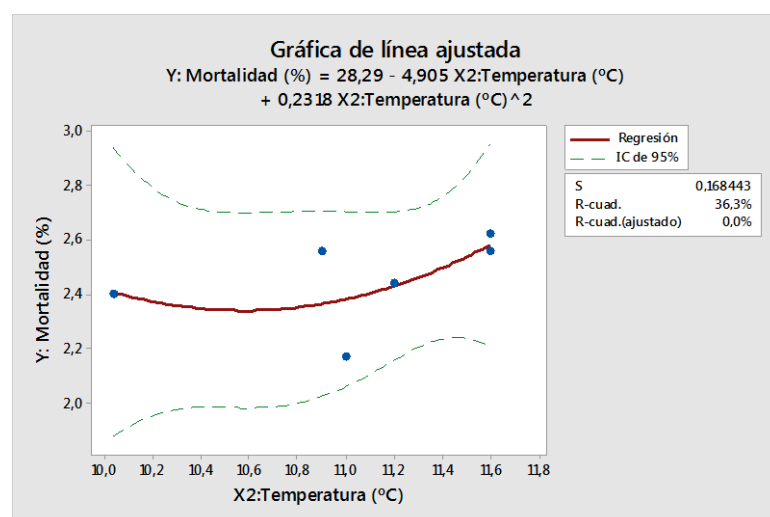


Figura 13. Modelo cuadrático que relaciona la temperatura del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### 5.1.3 Oxígeno

Para explicar el comportamiento de la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión por efecto de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, se propuso el ajuste de un modelo cuadrático (Figura 14) donde el análisis de varianza de dicho modelo (Anexo 10) resultó con un valor p (0,497) muy superior al nivel de significancia de 0,10; indicando que el modelo propuesto se no ajusta a la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 37,3 % resultó muy lejano al 100 %, confirmando que el modelo cuadrático no es útil para predecir la mortalidad (%). Es decir que no existe una relación importante entre el oxígeno del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

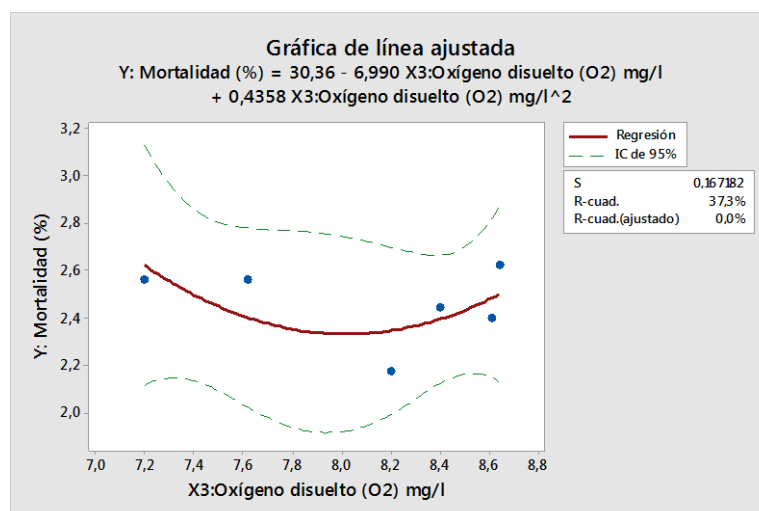


Figura 14. Modelo cuadrático que relaciona el oxígeno del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: Elaboración propia (2020)

#### 5.1.4 Dureza total

Al explicar la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión por efecto de la dureza total del agua, donde el análisis de varianza (Anexo 11) del modelo cuadrático (Figura 15) propuesto resultó con un el valor p (0,819) muy superior al nivel de significancia de 0,10 y, por tanto, se concluye que el modelo no ajusta adecuadamente los datos de la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 12,5 % resultó muy lejano al 100 % confirmando que el modelo cuadrático no es útil para predecir la mortalidad (%). Es decir que no existe una relación significativa entre la dureza total del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

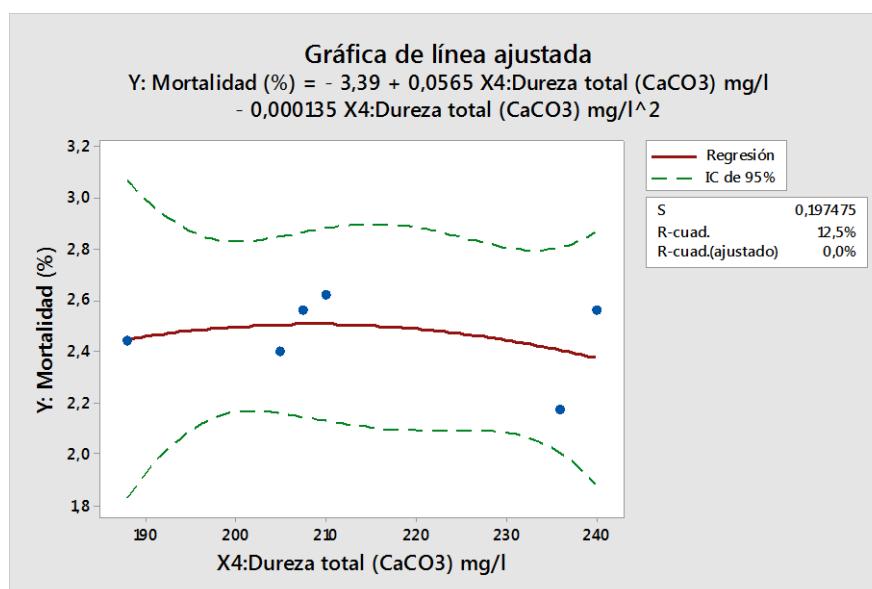


Figura 15. Modelo cuadrático que relaciona la dureza total del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### 5.1.5 Alcalinidad total

Al explicar la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión por efecto de la alcalinidad total del agua, se propuso un modelo cuadrático (Figura 16), pero el análisis de varianza para el modelo (Anexo 12) resultó con un el valor p (0,558) muy superior al nivel de significancia de 0,10. Por tanto, se concluye que el modelo propuesto no explica los datos de la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 32,23 % resultó muy lejano al 100 %, confirmando que el modelo no es útil para predecir. Es decir que no existe una relación importante entre la alcalinidad total del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

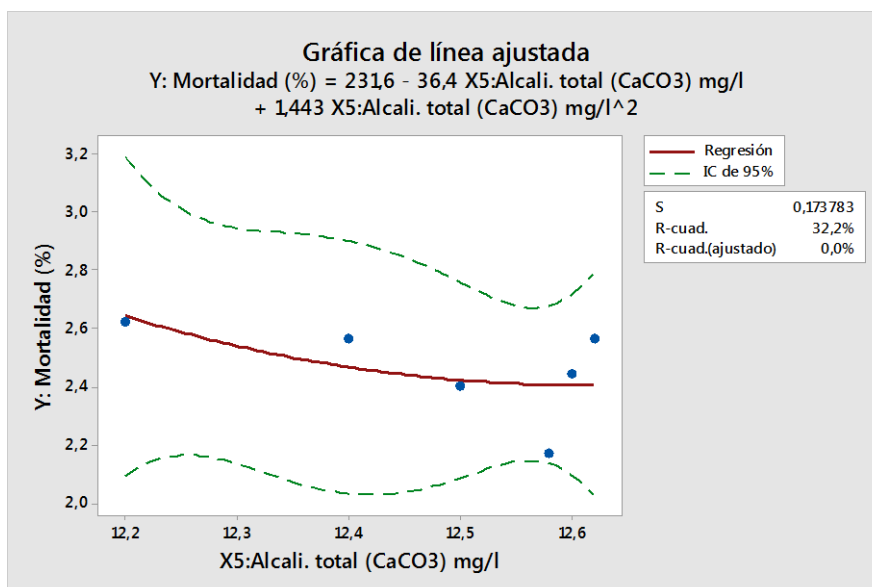


Figura 16. Modelo lineal que relaciona la alcalinidad total del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### 5.1.6 Potencial de hidrógeno

Al explicar la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión por efecto de la dureza total del agua, se propuso un modelo cuadrático (Figura 17), donde el análisis de varianza de dicho modelo (Anexo 13) resultó con un el valor p (0,079) inferior al nivel de significancia de 0,10 y, por lo tanto, se concluye que el modelo propuesto si ajusta adecuadamente los datos de la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación (R2) del 81,6 % resultó cerca al 100 %, confirmando que el modelo es útil para predecir. Es decir, existe una relación importante entre el pH del agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

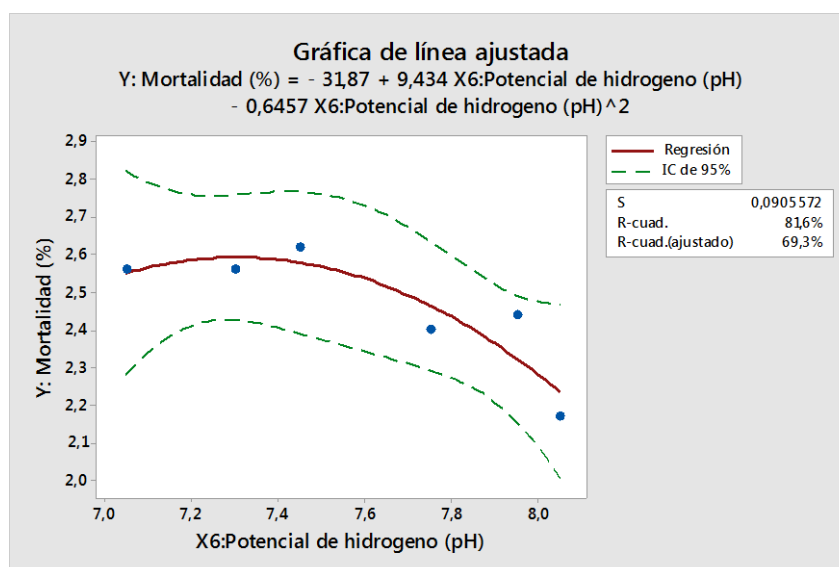


Figura 17. Modelo cuadrático que relaciona el pH del agua con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### 5.1.7 Coliformes totales

Al explicar la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubado y eclosión (Figura 18) por efecto de los coliformes, se propuso un modelo cuadrático, donde el análisis de varianza para el modelo (Anexo 14) resultó con un valor p (0,43) muy superior al nivel de significancia de 0,10 y por tanto, se concluye que el modelo no explica todos los datos de la mortalidad. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 43,04 % resultó lejano al 100 %, confirmando que el modelo no es útil para predecir la mortalidad (%). Es decir, no existe una relación importante entre el contenido de coliformes en el agua y la mortalidad de las ovas durante los procesos de incubación y eclosión.

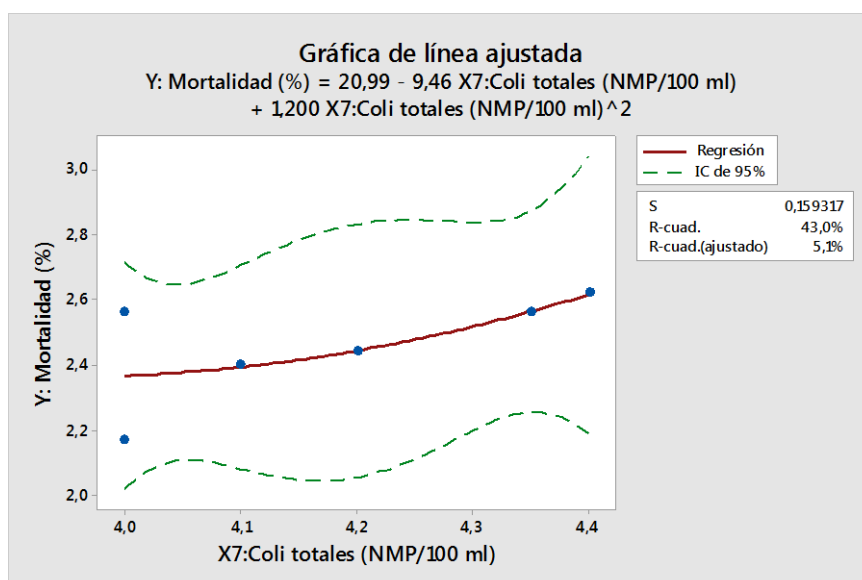


Figura 18. Modelo cuadrático que relaciona los coliformes totales con la mortalidad de las ovas

Fuente: elaboración propia (2020)

### **5.1.8 Efecto de los coliformes totales y el potencial de hidrógeno sobre la optimización del proceso de incubación y eclosión**

Se escogió las variables coliformes totales y potencia de hidrógenos por presentar las probabilidades de error relativamente más bajas, aunque no significativos, para realizar un análisis simultaneo del efecto combinado de ambas variables sobre la mortandad de las ovas de trucha arco iris. Se propuso un modelo cuadrático, donde el análisis de varianza de dicho modelo (Anexo 15) resultó con un el valor p (0,008) muy inferior al nivel de significancia de 0,10. Por tanto, se concluye que el modelo propuesto si ajusta adecuadamente los datos de la mortalidad. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 98,73 % resultó muy cercano al 100 %, confirmando que el modelo cuadrático en función a los coliformes totales y pH es útil para predecir la mortalidad (%) de las ovas de trucha arco iris durante los procesos de incubación y eclosión.

La Figura 19 de superficie de respuesta muestra la tendencia de en qué región se hace mínima la mortandad de las ovas. Destaca que mientras más alcalino sea el agua y menor sea la presencia de los coliformes, menor será la mortandad de las ovas durante las etapas de incubación y eclosión.

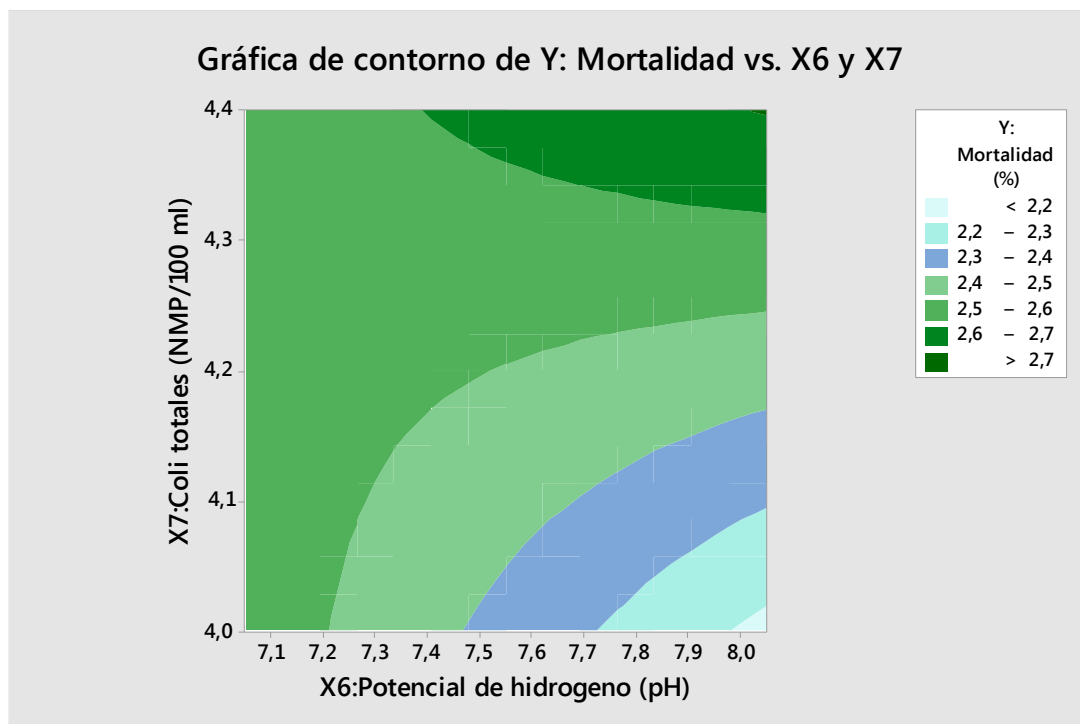


Figura 19. Efecto del pH y los coliformes totales sobre la mortalidad de las ovas  
Fuente: elaboración propia (2020)

Para la optimización de los parámetros de proceso de incubación y eclosión se tomaron las siguientes restricciones:

- Variables independientes: mantener en el rango de datos registrados a los coliformes totales y el potencial de hidrogeno.
- Variables dependientes: minimizar el recuento de ovas muertas.

Aplicando el método de la función deseada mediante el software Minitab 18, se obtuvo la respuesta de las condiciones óptimas de contenido de coliformes y pH tal como se muestra en la Figura 20.

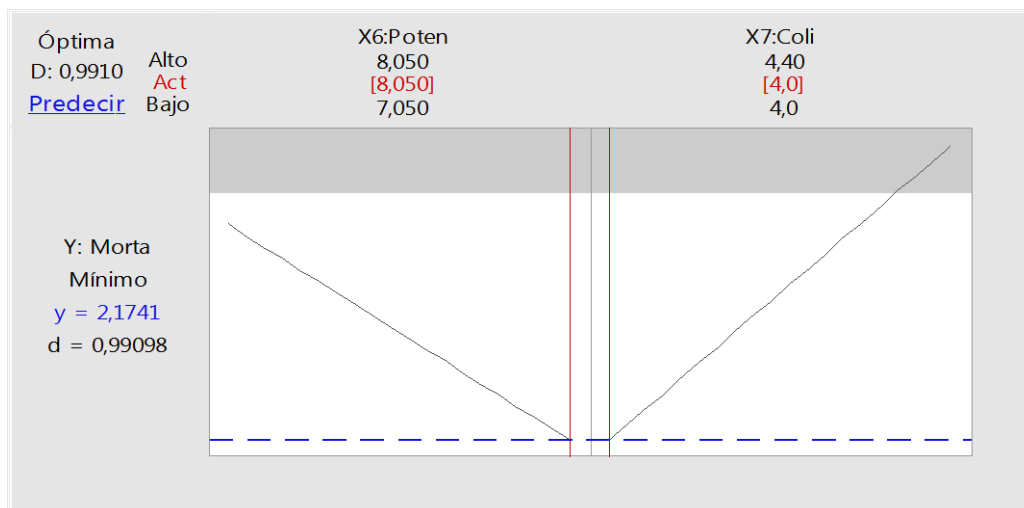


Figura 20. Gráfica de optimización para el proceso de incubación y eclosión (coliformes totales y pH) según la mortandad de ovas  
Fuente: elaboración propia (2020)

Considerando lo recomendado por Granato y Ares (2014) quienes indican que un valor D mayor a 0,7 para considerar como solución óptima y dado que la solución obtenida resultó con D=0,991 y por lo tanto, se considera como parámetros de calidad del agua de incubación y eclosión un pH mayor a 8,05 con un contenido de coliformes de 4,0 NMP. Dichas condiciones generan una mortandad diaria menor de 2,17 % durante los procesos de incubación y eclosión de ovas de trucha arco iris.

### 5.1.9 Características de mortalidad de las ovas en proceso de incubación y eclosión

Durante el tiempo de incubación y de posterior eclosión de la muestra en estudio de 20 000 ovas fecundadas, que duró 31 días, también

se determinó la mortalidad en ovas embrionadas y eclosionadas que se distribuyeron de la siguiente manera (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Distribución de las condiciones de las ovas en proceso de incubación y eclosión*

Proceso	Condición de ovas	Cantidad	Porcentaje
Ovas fecundadas		20 000	100 %
Incubación	Ovas no embrionadas	10090	50,5 %
	Ovas embrionadas	9910	49,6 %
Eclosión	Ovas no eclosionadas	4240	42,8 %
	Ovas eclosionadas	5670	57,2 %
Mortandad total de ovas		14330	72 %
Alevinos		5670	28 %

Fuente: Elaboración propia (2019)

La Figura 21 muestra que del total de ovas fecundadas solo el 50 % se llegó a desarrollarse como embrión, seguidamente de tales embriones, solo el 57 % llegó a eclosionar (Figura 22), dicha evolución de las ovas dio como resultado final una mortalidad del 72 % (Figura 23).

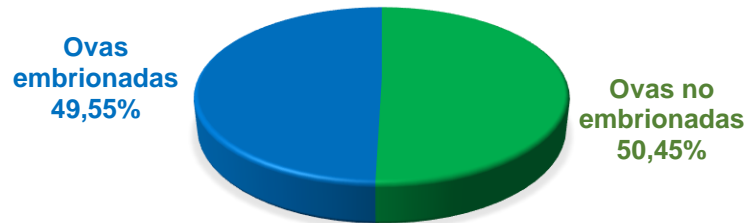


Figura 21. Distribución porcentual de ovas durante el proceso de incubación

Fuente: Elaboración propia (2019)

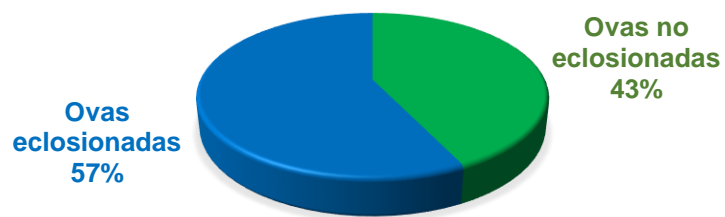


Figura 22. Distribución porcentual de ovas durante el proceso de eclosión

Fuente: Elaboración propia (2019)

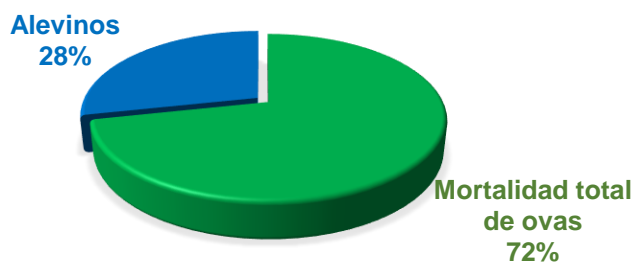


Figura 23. Distribución porcentual de la mortandad de las ovas

Fuente: Elaboración propia (2019)

## **5.2 Discusión**

### **5.2.1 Características fisicoquímicas**

El presente estudio ha determinado que la concentración de oxígeno a la entrada de la artesa está por encima del límite mínimo (6,5 ppm) exigido por FAO (2002) por tanto, no se puede considerar como un factor de influencia que puede afectar negativamente en la mortandad de las ovas durante su incubación, además que el análisis estadístico confirmó su nula influencia ( $p$  valor  $> 0,10$ ) sobre la mortalidad. García (2012) menciona que otro importante proceso en esta etapa es mantener limpias las unidades, lo que incluye retirar periódicamente las cáscaras y ovas muertas. La presencia de ovas muertas podría permitir el desarrollo de hongos en las incubadoras, lo que a su vez puede ser una probable causa de las mortalidades excesivas de ovas.

Con respecto al pH el óptimo hallado de 8,08 es relativamente superior al reportado por Gutiérrez (2014) de 7,79 y 6,79 en Camacani y Pomata en la región Puno.

Asimismo, si bien los rangos de pH y coliformes están dentro de lo recomendado, los resultados obtenidos recomiendan mantener un agua con características alcalinas y con el más bajo contenido de coliformes, con

el fin de controlar el índice de mortalidad diario de ovas, es decir que una ligera variación de los parámetros hallados de pH= 8,08 y 4 NMP de coliformes indica que las ovas de origen nacional son sensibles a la variación de dichos valores incidiendo en la mortandad de ovas eclosionadas que resultó de 57 %, valor muy bajo en comparación con lo obtenido por Montalvo (2013) en la misma piscigranja de Ingenio pero evidentemente en contexto del tiempo de 6 años de diferencia con respecto al actual estudio.

### **5.2.2 Características biológicas**

Asenjo (2015) determinó que el porcentaje de eclosión de ovas, sobrevivencia de larvas y crecimiento de alevinos de *O. mykiss* "trucha arco iris", fue afectado por la procedencia. Es mejor su desarrollo en el lote importado, obteniéndose una menor mortalidad: 13,97 %, mayor porcentaje de eclosión: 98,38 %, sobrevivencia de larvas: 97,12 %.

García (2012) determinó los porcentajes de eclosión y supervivencia de larvas logradas, porcentaje de mortalidad durante la eclosión y reabsorción del saco vitelino. Los resultados para las ovas embrionadas importadas y nacionales fueron los siguientes: porcentaje de eclosión 95,3 y 94,62, supervivencia de larvas 88,85 y 82,81, porcentaje de mortalidad

durante la eclosión y reabsorción del saco vitelino 15,32 %. Se determinó que con las ovas embrionadas importadas se obtuvieron los mejores resultados en los parámetros reproductivos y productivos. Para el caso del estudio realizado las ovas fueron nacionales y su mortandad comparativamente fue muy elevada con un porcentaje de eclosión del 57 %, mortalidad que no se atribuye directamente a factores fisicoquímico si no que pueden proceder de otros factores que en el presente estudio no se evaluaron como la aplicación de buenas prácticas acuícolas y características de los reproductores utilizados.

De Avadí, et al. (2015) identifican que la acuicultura peruana es una actividad que presenta bajos niveles en tecnología. Los resultados pueden afirmarlo, porque que el Centro Piscícola no cuenta con tecnología moderna para realizar diferentes procesos en las etapas de crianza de trucha arcoíris. Por otro lado, los estanques del Centro Piscícola El Ingenio se encuentran en mal estado, el techo debería estar construido con materiales térmicos aislantes para que las variaciones de temperatura no afecten a las ovas.

Con respecto a los registros diarios de ovas muertas la mayoría de datos superan el valor óptimo estimado de mortalidad de 2,17 %; sin embargo, algunos registros están por debajo inclusive del recomendado

para 360 UTA que equivale a 0,60 %. Es probable que dicha variación sea consecuencia de acciones de las labores de mantenimiento de las ovas por parte del personal o que probablemente el agua haya discurrido en mejores condiciones que otros días, ello implicaría mayores estudios a nivel fúngico o viral para descartar posibles causas de la mortalidad de las ovas, pues tal como lo indican Torres y Fajardo (2011) durante la fase de incubación de ovas de *Oncorhynchus mykiss*, uno de los mayores problemas que se originan lo constituye el ataque producido por hongos oportunistas presentes en el agua. Los hongos pertenecientes al género *Saprolegnia* son los patógenos que atacan más frecuentemente las ovas de salmónidos. La saprolegniasis se manifiesta con la formación de un revestimiento de hifas en las ovas muertas. Se traslada este rápidamente a las ovas sanas más cercanas, causando pérdidas que oscilan entre 20 y 100 %. La implementación de medidas sanitarias y profilácticas en acuicultura, especialmente en la piscicultura, juegan un papel importante en la prevención y control de las enfermedades, impidiendo que agentes patógenos ataquen ovas, alevinos y peces sanos.

## CONCLUSIONES

1. Las características fisicoquímicas del agua durante las fases de incubación y eclosión de ovas de trucha arco iris resultaron condiciones aceptables comparadas con lo recomendado por diferentes autores, y no se determinaron efectos significativos ( $p$  valor  $> 0,1$ ) sobre la mortalidad de las ovas, a excepción del potencial de hidrógeno que si resulto ser factor influyente sobre la mortalidad ( $p$  valor  $< 0,1$ ).
2. Con respecto a las características biológicas durante las fases de incubación y eclosión de ovas de trucha arco iris no se determinaron efectos significativos ( $p$  valor  $> 0,1$ ), aunque un incremento de los coliformes totales da a entender que las operaciones requieren de la aplicación de las buenas prácticas en el manejo del proceso de incubación.
3. Para optimizar el proceso de incubación y eclosión minimizando la mortalidad de las ovas a menos de 2,17 %, los parámetros deben ser: potencial de hidrógeno mayor a 8 y contenido de coliformes menor a 4 NMP/100 ml.

## **RECOMENDACIONES**

1. La capacitación periódica del personal en buenas prácticas acuícolas permitiría el mejor desempeño en los procesos de incubación y eclosión con el propósito de disminuir la mortalidad de las ovas.
2. Se recomienda equipar la piscigranja de Ingenio con equipos de medición como un potenciómetro, oxímetro portátil o termómetro para el control diario de las características fisicoquímicas del agua.
3. Se recomienda a realizar controles microbiológicos del agua a nivel de bacteriológico y fúngico a fin de descartar posibles causas de la mortalidad de las ovas.
4. Se recomienda instalar un sistema de tratamiento de agua y equipamiento de los laboratorios para adecuar las características del agua captada del río a las condiciones óptimas propuestas por la presente investigación a fin de minimizar la mortalidad de las ovas de trucha arco iris.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asenjo J. (2015). *Eclosión, sobrevivencia y crecimiento de alevinos de (Oncorhynchus mykiss) trucha arco iris a partir de ovas procedentes de dos laboratorios*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- Baldeón J. (2013). *Calidad bacteriológica del agua de cultivo de (Oncorhynchus mykiss) del centro piscícola "El Ingenio", Huancayo Junín*. Perú.
- Blanco, C. (1994). *La trucha Cría Industrial*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Carhuaricra G. (2018). *Evaluación de índices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas en la producción de alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), en la Piscicultura Monte Azul, Ninacaca, Pasco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú.
- Carrillo, E. y Lozano C. (2008). *Validación del método de detección de coniformes totales y fecales en agua utilizando agar Chromocult*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Conroy G. (2013). *Curso Internacional Diagnóstico y Manejo de Enfermedades en Peces, Prevención y Control*, Trujillo, Perú.

De Avadí, A., Pelletier, N., Aubin, J., Ralite, S., Núñez, J., & Fréon, P. (2015). *Comparative environmental performance of artisanal and commercial feed use in Peruvian freshwater aquaculture*. *Aquaculture*, 435, 52-66.

DIREPE-Junín Dirección Regional de Pesquería (2002). *Manual de Crianza de Truchas en Ambientes Controlados*. I.T. "El Ingenio" Huancayo, Perú.

FAO (2002). *Informe de la Reunión Ad Hoc de la Comisión de Pesca Continental para América Latina sobre la Expansión de los Diferentes Tipos de Acuicultura Rural en Pequeña Escala como Parte del Desarrollo Rural Sostenido*. Panamá, República de Panamá, 21-24 de mayo de 2002. FAO Informe de Pesca. No. 694. Santiago, FAO. 37p

FONDEPES (2014). *Manual de Crianza de truchas convencionales*, Perú.

FONDEPES (2020). *Experiencias en la producción de Alevines de Trucha Nacional en la Ceja de la Selva del VRAEM*.

Gamarra, N. y Uceda, R. (2017). *Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris "Oncorhynchus mykiss" del río Chiapuquio de ingenio*,

*Huancayo*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Huancayo, Junin, Perú.

García A. y Calvario O. (2003). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Trucha para la Inocuidad Alimentaria*. SENASICA. México.

García M. (2012). *Eclosión de ovas embrionadas nacionales e importadas y supervivencia de larvas de trucha arco iris en la piscigranja gruta Milagrosa Acopalca, Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Granato D. y Ares G. (2014). *Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, UK.

Guo, W., Andersen, M., Qi, X., Li, P., Li, Z., Fan, X., & Zhou, Y. (2017). *Effects of reclaimed water irrigation and nitrogen fertilization on the Chemical properties and microbial community of soil*. Journal of Integrative Agriculture, 16(3), 679-690.

Gutiérrez H. y De la Vara R. (2004). *Análisis y diseño de experimentos*. 1ra edición, McGraw Hall. México.

Gutiérrez H. y De la Vara R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. 2da edición, McGraw Hall. México.

- Gutiérrez S. (2014). *Factores que influyen en la producción y calidad de alevinos de trucha en la región puno 2013*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Huamaní M. y Mantilla S. (2017). *Importación de ovas de trucha arco iris y la sostenibilidad del centro piscícola el ingenio del distrito de ingenio – Junín*. Lima, Perú.
- Huet, M. (1988). *Tratado de piscicultura*. Ediciones Mundi-Prensa 2da Edición Madrid, España.
- Imaki, A., (2003). *Manual de Manejo y Crianza de Trucha arco iris*. Quito, Ecuador.
- INCOPESCA (2010). *Producción y Manejo de alevines de Trucha Arco Iris (Oncorhynchus mykiss), en el Centro Trucha de Ojo de Agua de Dota por Alvaro Otarola*. Departamento de Acuicultura. Costa Rica.
- Kato T. y Kamler, E. (1983). *Criteria for evaluation of fish egg quality, as exemplified for Salmo gairdneri (Rich.)*. Bull. Nati. Res. Inst. Aquaculture. Pp, 78.
- Klaur B, Zevillanos R. (2004). *Manual de Crianza de Truchas en Jaulas Flotantes*. Editorial Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
- Madigan, M.; Martinku, J. Y Parker, J. (1997). “Biología de los microorganismos”. Prentice Hall. Madrid. Octava edición.

- Mendoza, C. (2007). *Manual del cultivo de truchas (Oncorhynchus mykiss) a nivel intensivo*
- Ministerio del ambiente – MINAM, (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.*  
Decreto supremo. N° 003-2017-MINAM
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2008). *Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.*  
Anexo I, categoría 4: conservación del ambiente acuático.  
Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.
- Minitab.com (2019). *¿Qué es la optimización de respuestas?*  
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/using-fitted-models/supporting-topics/response-optimization/what-is-response-optimization/>
- Montalvo R. (2013). *Evaluación productiva y económica del proceso de producción de alevinos de trucha (Oncorhynchus mykiss) procedentes de ovas nacionales en el centro piscícola el ingenio.*  
Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Montgomery, D. (2001). *Diseño y Análisis de Experimentos.* 5ta Edición.  
John Wiley & Sons, INC. Arizona- EEUU.

- Murria, P. R., Kobayashi G. S., Pfaller, M. A. y K. S. RosenthsI. (1999). *Microbiología Médica*. Edic. 2da. Edit. EdiDe, S. L. Barcelona – España.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN (1981). *Recursos naturales del Perú*. Lima, Perú.
- Oré J. (2016). *Evaluación de la contaminación del agua ocasionada por actividades piscícolas del río chía en el distrito de ingenio - Huancayo*”. Universidad Nacional del Centro del Perú”. Huancayo, Perú.
- Ortiz J. (2015). *Acuicultura*. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Ecuador.
- Pérez R. (2002). *Evaluación de la eficacia y seguridad de bronopol durante un periodo de incubación de 90 a 170 U.T.A en ova verde de Salmo salar*. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Pérez R. (2015). *Algunos aspectos de la crianza de alevines de la trucha arco iris*. Primer seminario internacional de la trucha. Puno, Perú.
- PRODUCE Ministerio de la Producción (2016). *Anuario estadístico pesquero y acuícola 2015*. Ministerio de la Producción. Perú. 196p.
- Regalado, A; Peralta, E; Gonzales, C. (2008). *Cómo hacer un modelo matemático*. Temas de Ciencia y Tecnología 12 (35): 9-18.

- Rojas H. y Rivera O. (2015). *Sistema remoto de alarma temprana para prevenir la reducción de oxígeno disuelto en agua de piscigranja con truchas en el distrito de huando*. Huancavelica, Perú.
- Rosado, R. (1988). *La trucha Arco Iris- Manual Básico sobre su cultivo*. Monografía. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.
- Sierra, R. (2007). *Técnicas de Investigación social*, Ed. Paraninfo. Madrid, España.
- Stickney, R. (2000). *Enciclopedia of Aquaculture, Texas*, State United of America.
- Supo J. (2012). *Seminarios de Investigación Científica*. Bioestadístico. Arequipa, Perú.
- Terán, I. (2013). *Identificación de riesgos ambientales*.
- Torres J. y Fajardo C. (2011). *Tratamientos profilácticos anti-saprolegniasis para mejorar la sobrevivencia embrionaria en ovas de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. *Zootecnia Tropical*. Mérida, Venezuela.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Resultados de calidad del agua de incubación y eclosión



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Laboratorio de Investigación de Aguas**  
 "Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

### REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

NOMBRE DEL PROYECTO	Nº DE REPORTE	137/2019	DATOS DEL SOLICITANTE	
EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE AGUA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INCUBACIÓN Y ECLOSIÓN DE OVAS DE TRUCHA ARCO IRIS ( <i>Orcorhynchus mykiss</i> ) EN EL CENTRO PISCICOLA "EL INGENIO" DISTRITO DE INGENIO- HUANCAYO, REGION DE JUNIN			DELIA NELLY LAURA QUISPE	
			FECHA DE MUESTREO	26/09/2019
FUENTE	SALA DE INCUBACION Nº 2	PUNTO DE MUESTREO		
LOCALIDAD	INGENIO	INGRESO ARTESA Nº 2		
DIST/PROV/DEP.	INGENIO/HUANCAYO/JUNIN			
PARAMETROS	FISICOQUIMICO/MICROBIOLÓGICO			
MUESTREADO POR	DELIA NELLY LAURA QUISPE			

### RESULTADOS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
DUREZA TOTAL	CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	205
ALCALINIDAD	CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	12.5
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	363
TEMPERATURA	°C	16.98
pH	pH	7.95
OXIGENO DISUELTO	ppm	4.61
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	4.1
E. coli	NMP/100mL	1

#### OBSERVACIONES:

- \*Las muestras fueron proporcionadas por el interesado(a)
- \*Método de ensayo: microbiológico. Método Colibert/IDEXX Quanti-Tray/2000. Tabla, número más probable (NMP) para coliformes totales, termotolerantes y E.coli
- \*Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017/9308-2:1990 ISO
- \*Parámetros no acreditados

  
 Dra. María Custodio Villanueva  
 COORDINADORA GENERAL

  
 Ing. Heidi De la Cruz Solano

*Parati Conforme*  
*RFB*  
 02/10/19  
 Roberto Flores Uscá



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Laboratorio de Investigación de Aguas**  
*"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"*

**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS**

NOMBRE DEL PROYECTO	Nº DE REPORTE	138/2019	DATOS DEL SOLICITANTE	
EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE AGUA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INCUBACIÓN Y ECLOSIÓN DE OVAS DE TRUCHA ARCO IRIS ( <i>Orcorhynchus mykiss</i> ) EN EL CENTRO PISCICOLA "EL INGENIO" DISTRITO DE INGENIO- HUANCAYO, REGION DE JUNIN			DELIA NELLY LAURA QUISPE	
			FECHA DE MUESTREO	26/09/2019
			FECHA DE ANALISIS	26/09/2019
FUENTE	SALA DE INCUBACION Nº 2		PUNTO DE MUESTREO	
LOCALIDAD	INGENIO		SALIDA ARTESA Nº 2	
DIST/PROV/DEP.	INGENIO/HUANCAYO/JUNIN			
PARAMETROS	FISICOQUIMICO/MICROBIOLÓGICO			
MUESTREADO POR	DELIA NELLY LAURA QUISPE			

**RESULTADOS**

PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
DUREZA TOTAL	CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	215
ALCALINIDAD	CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	10
CONDUCTIVIDAD	µS/cm.	368
TEMPERATURA	°C	16.62
pH	pH	8.07
OXIGENO DISUELTO	ppm	4.58
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	13.2
E. coli	NMP/100mL	<1

**OBSERVACIONES:**

- \*Las muestras fueron proporcionados por el interesado(a)
- \*Método de ensayo microbiológico: Método Colitert/IDEX Quanti-Tray/2000 Tabla, número más probable (NMP para Coliformes totales, termotolerantes y *E.coli*)
- \*Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017/9308-2:1990 ISO
- \*Parametros no acreditados

  
 Dra. María Custodio Villanueva  
 COORDINADORA GENERAL

  
 Ing. Heidi De la Cruz Solano

*Recibi conforme  
 P. Flores  
 02/10/19  
 Roberto Flores VEGA.*

## Anexo 2. Recuento de mortandad de las ovas de truchas y temperatura del agua

FECHAS	MORTALIDAD DE OVAS		HORAS			PROMEDIO DE T° /DIAS	
	DIAS		7.00 AM	12.00 PM	16.00 AM		
01/09/2019	1	487	10,5	11	12	1	11,2
02/09/2019	2	523	11,3	11,3	11,4	2	11,3
03/09/2019	3	510	10,1	11,6	11,3	3	11
04/09/2019	4	510	11,5	11,8	12	4	11,8
05/09/2019	5	590	11	11,2	10,9	5	11
06/09/2019	6	433	11	10,9	11	6	11
07/09/2019	7	430	11,3	11	11,4	7	11,2
08/09/2019	8	522	11,6	11,6	11,9	8	11,7
09/09/2019	9	488	10,3	10,7	11,7	9	10,9
10/09/2019	10	509	9,8	11,6	10,9	10	10,8
11/09/2019	11	511	10	11,4	11,4	11	10,9
12/09/2019	12	430	11,2	11,6	11,3	12	11,4
13/09/2019	13	583	11,1	11,4	11,6	13	11,4
14/09/2019	14	430	11	10,4	11,5	14	11
15/09/2019	15	577	11,6	11,9	11,7	15	11,7
16/09/2019	16	523	11,2	11,6	12,1	16	11,6
17/09/2019	17	91	10	11	13,3	17	11,4
18/09/2019	18	500	10,7	11,5	13	18	11,7
19/09/2019	19	430	11,2	11,4	11,2	19	11,3
20/09/2019	20	301	10,4	11,3	11,2	20	11
21/09/2019	21	512	11,6	11,7	11,4	21	11,6
22/09/2019	22	200	9,7	10	11,3	22	10,3
23/09/2019	23	370	11,6	11,11	11,3	23	11,3
24/09/2019	24	525	10,2	11,9	11,6	24	11,2
25/09/2019	25	410	10,1	9,7	11	25	10,3
26/09/2019	26	480	10,2	10	10,9	26	10,4
27/09/2019	27	411	11,3	11	11	27	11,1
28/09/2019	28	500	10,1	11,6	11,3	28	11
29/09/2019	29	530	10,3	11,3	11,8	29	11,1
30/09/2019	30	524	11	11,4	11,6	30	11,3
1/10/2019	31	490	10,1	11,7	11	31	10,9
TOTAL		14330	PROMEDIO DE TEMPERATURA				11,2
			UTAS				345,9

## Anexo 3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

### CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS			ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA		ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>							
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10	
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08	
Temperatura	Celsius					delta 3 °C	
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4	
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500		
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00	
<b>INORGÁNICOS</b>							
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---	
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	---	
Clorofila A	mg/L	10	---	---	---	---	
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001		
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093	
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente	
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28	
<b>INORGÁNICOS</b>							
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		---	---	
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082	
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081	
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7	
Sulfuro de Hidrógeno ( H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06	
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081	
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>							
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30	
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000		

NOTA : Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

Nitrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

Amonio: Como NH3 no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

232538-1

Fuente: Ministerio del Ambiente MINAM. (2008).

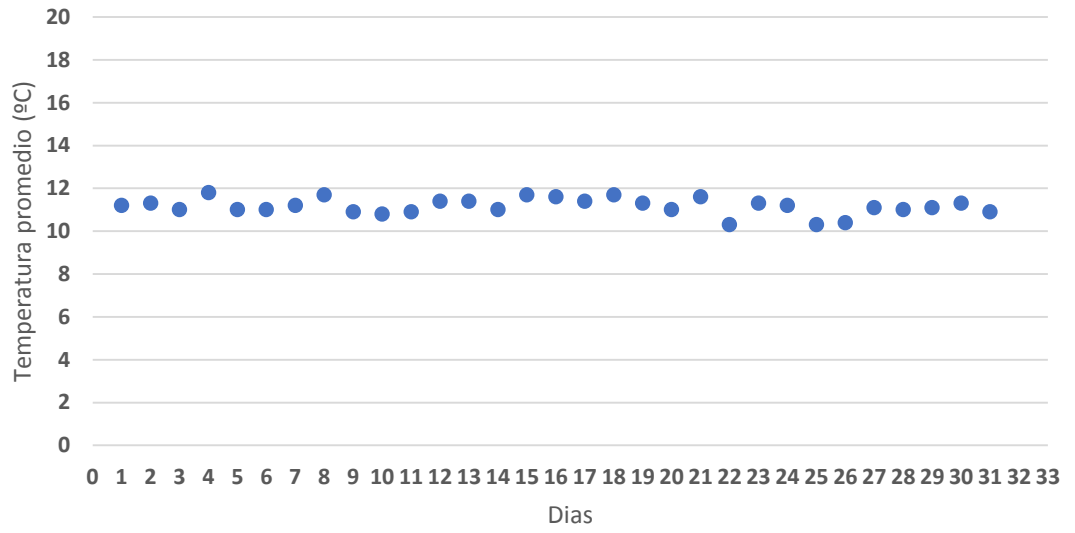
#### Anexo 4. Tabla de Von Bayer

Número de ovas	Diámetro de las ovas	Número de ovas / L	Número de ovas / 100 ml
34	8,95	1625	162
35	8,71	1772	176
36	8,45	1939	193
37	8,23	2105	210
38	8,02	2268	226
39	7,65	2447	244
40	7,62	2650	254
41	7,44	2845	284
42	7,26	3058	304
43	7,09	3295	328
44	6,94	3518	352
45	6,78	3760	375
46	6,62	4025	402
47	6,47	4320	433
48	6,35	4580	457
49	6,22	4870	487
50	8,1	5175	517
51	5,9	5510	551
52	5,87	5800	582
53	5,74	6200	619
54	5,64	6535	653
55	5,54	6905	690
56	5,44	7300	730
57	5,36	7620	761
58	5,26	8070	805
59	5,16	8550	855
60	5,08	8950	893
61	5	9360	937
62	4,92	9800	980
63	4,85	102060	1028
64	4,77	10750	1075
65	4,7	11300	1130
66	4,62	11880	1188
67	5,54	12475	1248
68	4,49	12900	1289
69	4,42	13590	1357
70	4,34	14325	1430
71	4,29	14840	1480
72	4,24	15380	1535
73	4,16	16239	1620
74	4,12	16830	1680
75	4,06	17480	1745
76	4,01	18140	1812
77	3,69	18850	1883
78	3,91	19500	1950
79	3,8	20380	2035
80	3,71	20130	2120

Anexo 5. Registro diario de la temperatura del agua de incubación y eclosión

Días	Horas			Temperatura promedio (°C)
	7.00 am	12.00 pm	16.00 pm	
1	10,5	11,0	12,0	11,2
2	11,3	11,3	11,4	11,3
3	10,1	11,6	11,3	11,0
4	11,5	11,8	12,0	11,8
5	11,0	11,2	10,9	11,0
6	11,0	10,9	11,0	11,0
7	11,3	11,0	11,4	11,2
8	11,6	11,6	11,9	11,7
9	10,3	10,7	11,7	10,9
10	9,8	11,6	10,9	10,8
11	10,0	11,4	11,4	10,9
12	11,2	11,6	11,3	11,4
13	11,1	11,4	11,6	11,4
14	11,0	10,4	11,5	11,0
15	11,6	11,9	11,7	11,7
16	11,2	11,6	12,1	11,6
17	10,0	11,0	13,3	11,4
18	10,7	11,5	13,0	11,7
19	11,2	11,4	11,2	11,3
20	10,4	11,3	11,2	11,0
21	11,6	11,7	11,4	11,6
22	9,7	10,0	11,3	10,3
23	11,6	11,11	11,3	11,3
24	10,2	11,9	11,6	11,2
25	10,1	9,7	11,0	10,3
26	10,2	10,0	10,9	10,4
27	11,3	11,0	11,0	11,1
28	10,1	11,6	11,3	11,0
29	10,3	11,3	11,8	11,1
30	11,0	11,4	11,6	11,3
31	10,1	11,7	11,0	10,9
			Promedio	11,2
			UTA	345,9

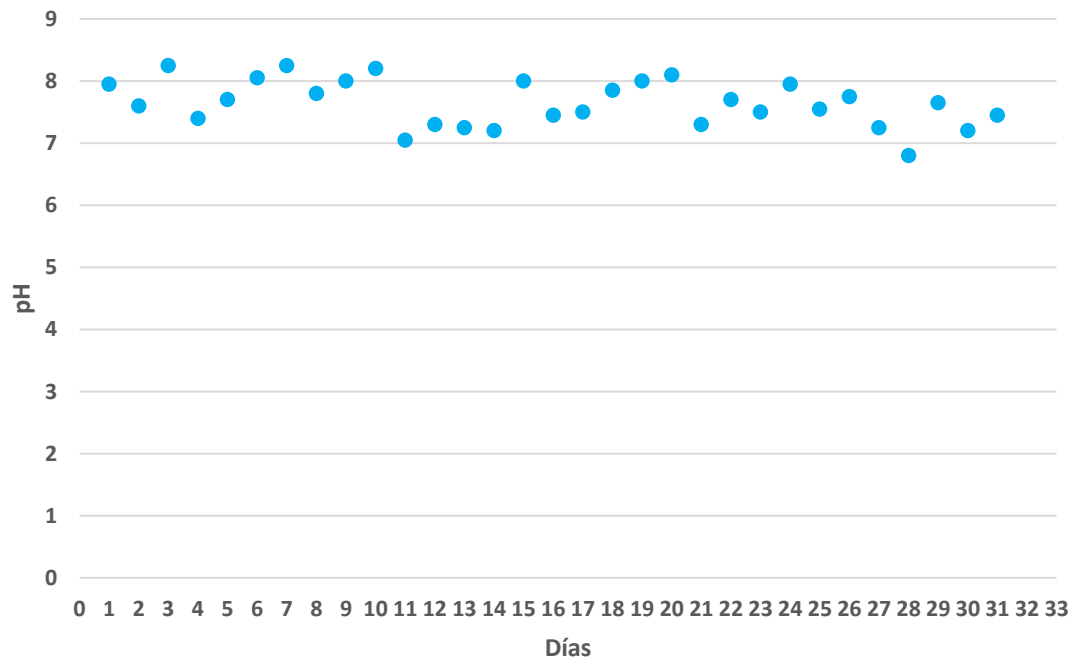
Fuente: Elaboración propia (2019)



## Anexo 6. Registro diario del pH del agua de incubación y eclosión

Días	horas		Promedio de pH/días
	7.00 AM	16.00 AM	
1	8,10	7,80	7,95
2	7,20	8,00	7,60
3	8,00	8,50	8,25
4	7,60	7,20	7,40
5	7,00	8,40	7,70
6	8,60	7,50	8,05
7	8,50	8,00	8,25
8	8,00	7,60	7,80
9	7,50	8,50	8,00
10	8,60	7,80	8,20
11	7,00	7,10	7,05
12	7,60	7,00	7,30
13	7,10	7,40	7,25
14	7,00	7,40	7,20
15	8,00	8,00	8,00
16	7,30	7,60	7,45
17	7,00	8,00	7,50
18	7,60	8,10	7,85
19	8,50	7,50	8,00
20	7,60	8,60	8,10
21	7,20	7,40	7,30
22	8,00	7,40	7,70
23	7,50	7,50	7,50
24	8,60	7,30	7,95
25	7,10	8,00	7,55
26	7,50	8,00	7,75
27	7,00	7,50	7,25
28	7,60	6,00	6,80
29	7,50	7,80	7,65
30	7,00	7,40	7,20
31	7,30	7,60	7,45

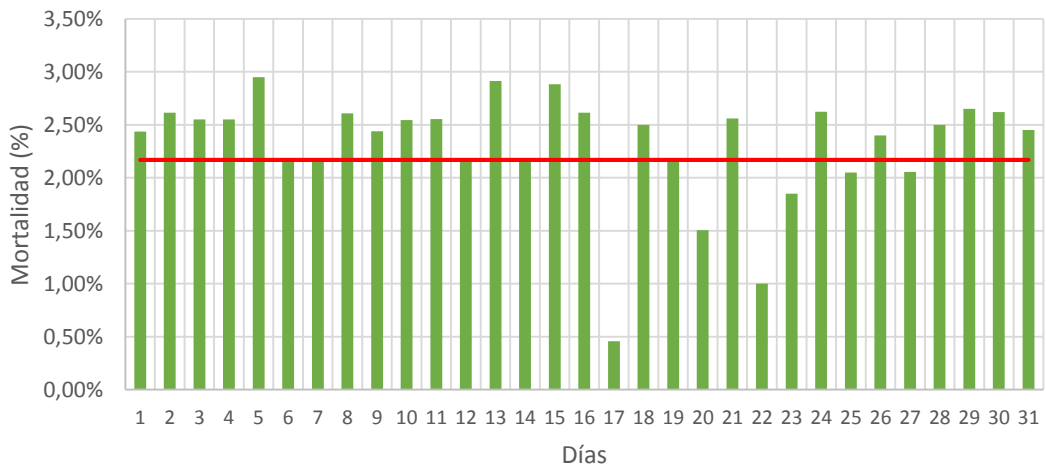
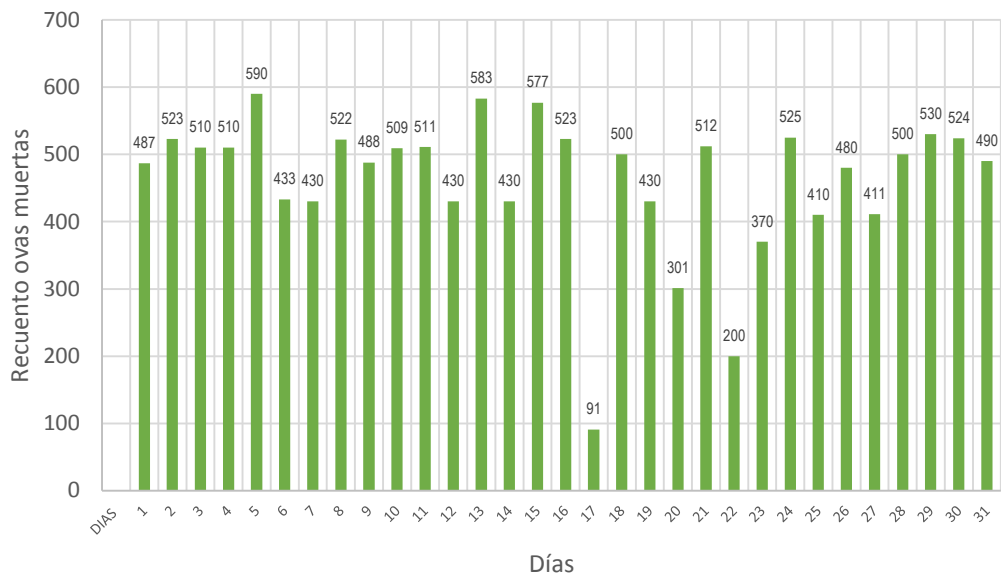
Fuente: Elaboración propia (2019)



Anexo 7. Registro diario de la mortalidad en ovas durante las fases de incubación y eclosión

Fecha	Días	Mortalidad de ovas por día	Mortalidad porcentual
01/09/2019	1	487	2,44%
02/09/2019	2	523	2,62%
03/09/2019	3	510	2,55%
04/09/2019	4	510	2,55%
05/09/2019	5	590	2,95%
06/09/2019	6	433	2,17%
07/09/2019	7	430	2,15%
08/09/2019	8	522	2,61%
09/09/2019	9	488	2,44%
10/09/2019	10	509	2,55%
11/09/2019	11	511	2,56%
12/09/2019	12	430	2,15%
13/09/2019	13	583	2,92%
14/09/2019	14	430	2,15%
15/09/2019	15	577	2,89%
16/09/2019	16	523	2,62%
17/09/2019	17	91	0,46%
18/09/2019	18	500	2,50%
19/09/2019	19	430	2,15%
20/09/2019	20	301	1,51%
21/09/2019	21	512	2,56%
22/09/2019	22	200	1,00%
23/09/2019	23	370	1,85%
24/09/2019	24	525	2,63%
25/09/2019	25	410	2,05%
26/09/2019	26	480	2,40%
27/09/2019	27	411	2,06%
28/09/2019	28	500	2,50%
29/09/2019	29	530	2,65%
30/09/2019	30	524	2,62%
01/10/2019	31	490	2,45%
TOTAL		14330	
Mortalidad		72 %	

Fuente: Elaboración propia (2019)



## Anexo 8. Análisis estadísticos de la relación entre la variable mortalidad y la conductividad del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X1: Conductividad $\mu\text{S/cm}$

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = 2,65 - 0,00095 X1: Conductividad  $\mu\text{S/cm}$  + 0,000001 X1: Conductividad  $\mu\text{S/cm}^2$

#### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	2,65	11,1	0,24	0,827
X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$	-0,0009	0,0629	-0,02	0,989
X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$ *X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$	0,000001	0,000089	0,01	0,990

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,211039	0,05%	0,00%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,000070	0,000035	0,00	0,999
X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$	1	0,000010	0,000010	0,00	0,989
X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$ *X1:Conductividad $\mu\text{S/cm}$	1	0,000008	0,000008	0,00	0,990
Error	3	0,133613	0,044538		
Total	5	0,133683			

## Anexo 9. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y la temperatura del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X2: Temperatura (°C)

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = 28,29 - 4,905 X2: Temperatura (°C) + 0,2318 X2: Temperatura (°C)^2

#### Coefficientes

Término	Coef	EE del	Valor T	Valor p
		coef.		
Constante	28,3	29,2	0,97	0,404
X2:Temperatura (°C)	-4,90	5,40	-0,91	0,430
X2:Temperatura (°C)*X2:Temperatura (°C)	0,232	0,249	0,93	0,420

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,168443	36,33%	0,00%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,048564	0,024282	0,86	0,508
X2:Temperatura (°C)	1	0,023433	0,023433	0,83	0,430
X2:Temperatura (°C)*X2:Temperatura (°C)	1	0,024605	0,024605	0,87	0,420
Error	3	0,085120	0,028373		
Falta de ajuste	2	0,083320	0,041660	23,14	0,145
Error puro	1	0,001800	0,001800		
Total	5	0,133683			

## Anexo 10. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y el oxígeno del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X3: Oxígeno disuelto (O2) mg/l

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = 30,36 - 6,990 X3: Oxígeno disuelto (O2) mg/l + 0,4358 X3: Oxígeno disuelto (O2) mg/l<sup>2</sup>

#### Coefficientes

Término	EE del		Valor T	Valor p
	Coef	coef.		
Constante	30,4	22,4	1,36	0,268
X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l	-6,99	5,67	-1,23	0,305
X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l*X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l	0,436	0,357	1,22	0,309

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,167182	37,28%	0,00%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,04983	0,02492	0,89	0,497
X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l	1	0,04255	0,04255	1,52	0,305
X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l*X3:Oxígeno disuelto (O2) mg/l	1	0,04173	0,04173	1,49	0,309
Error	3	0,08385	0,02795		
Total	5	0,13368			

## Anexo 11. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y la dureza del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X4: Dureza total (CaCO3) mg/l

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = - 3,39 + 0,0565 X4: Dureza total (CaCO3) mg/l - 0,000135 X4: Dureza total (CaCO3) mg/l<sup>2</sup>

#### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	-3,4	13,4	-0,25	0,817
X4:Dureza total (CaCO3) mg/l	0,056	0,125	0,45	0,682
X4:Dureza total (CaCO3) mg/l*X4:Dureza total (CaCO3) mg/l	-0,000135	0,000289	-0,47	0,671

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,197475	12,49%	0,00%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,016694	0,008347	0,21	0,819
X4:Dureza total (CaCO3) mg/l	1	0,007972	0,007972	0,20	0,682
X4:Dureza total (CaCO3) mg/l*X4:Dureza total (CaCO3) mg/l	1	0,008566	0,008566	0,22	0,671
Error	3	0,116990	0,038997		
Total	5	0,133683			

## Anexo 12. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y la alcalinidad del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X5: Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = 231,6 - 36,4 X5:Alcali. total (CaCO3) mg/l + 1,443 X5:Alcali. total (CaCO3) mg/l<sup>2</sup>

#### Coefficientes

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p
		coef.			
Constante	232	640		0,36	0,741
X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l	-36	103		-0,35	0,748
X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l*X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l	1,44	4,16		0,35	0,751

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,173783	32,23%	0,00%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,043082	0,021541	0,71	0,558
X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l	1	0,003753	0,003753	0,12	0,748
X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l*X5:Alcalinidad t. (CaCO3) mg/l	1	0,003640	0,003640	0,12	0,751
Error	3	0,090602	0,030201		
Total	5	0,133683			

## Anexo 13. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y el potencial de hidrogeno del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X6:pH

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = - 31,87 + 9,434 X6: Potencial de hidrogeno (pH) - 0,6457 X6: Potencial de hidrogeno (pH)^2

#### Coefficientes

Término	EE del		Valor T	Valor p	FIV
	Coef	coef.			
Constante	-31,9	21,9	-1,46	0,241	
X6:pH	9,43	5,79	1,63	0,202	3114,12
X6:pH*X6:pH	-0,646	0,383	-1,69	0,190	3114,12

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0905572	81,60%	69,33%	33,10%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,10908	0,054541	6,65	0,079
X6:pH	1	0,02178	0,021782	2,66	0,202
X6:pH*X6:pH	1	0,02337	0,023365	2,85	0,190
Error	3	0,02460	0,008201		
Total	5	0,13368			

## Anexo 14. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y coliformes totales del agua

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)

#### Ecuación de regresión

Y: Mortalidad (%) = 20,99 - 9,46 X7: Coli totales (NMP/100 ml) + 1,200 X7: Coli totales (NMP/100 ml)<sup>2</sup>

#### Coefficientes

Término	EE del		Valor T	Valor p
	Coef	coef.		
Constante	21,0	72,1	0,29	0,790
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	-9,5	34,4	-0,27	0,801
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)*X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1,20	4,10	0,29	0,789

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,159317	43,04%	5,07%	0,00%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,057537	0,028769	1,13	0,430
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1	0,001917	0,001917	0,08	0,801
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)*X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1	0,002172	0,002172	0,09	0,789
Error	3	0,076146	0,025382		
Falta de ajuste	2	0,000096	0,000048	0,00	0,999
Error puro	1	0,076050	0,076050		
Total	5	0,133683			

## Anexo 15. Análisis estadístico de la relación entre la variable mortalidad y las variables potencial de hidrogeno con coliformes totales

### Análisis de regresión: Y: Mortalidad (%) vs. X6:pH. X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)

#### Ecuación de regresión

$$Y: \text{Mortalidad (\%)} = 44,04 - 5,861 X6:\text{pH} - 9,69 X7:\text{Coliformes t. (NMP/100 ml)} + 1,368 X6:\text{pH} * X7:\text{Coliformes t. (NMP/100 ml)}$$

#### Coefficientes

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.	Valor T			
Constante	44,04	6,07	7,26	0,018		
X6:pH	-5,861	0,817	-7,17	0,019	1494,15	
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	-9,69	1,49	-6,50	0,023	970,27	
X6:pH*X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1,368	0,201	6,82	0,021	1954,18	

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0184515	99,49%	98,73%	92,26%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	0,133002	0,044334	130,22	0,008
X6:pH	1	0,017518	0,017518	51,45	0,019
X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1	0,014382	0,014382	42,24	0,023
X6:pH*X7:Coliformes t. (NMP/100 ml)	1	0,015830	0,015830	46,50	0,021
Error	2	0,000681	0,000340		
Total	5	0,133683			

## Anexo 16. Características metodológicas de la investigación

Según tipo de investigación:

## Tipos de investigación

Toda clasificación operativa debe cumplir dos condiciones: exhaustivas y excluyentes, significa que todos los estudios deben ser clasificados en algunas de las dos opciones de estas cuatro clasificaciones; del mismo modo no hay ningún estudio que pertenezca a los dos grupos de estas clasificaciones.

### 1. Según la intervención del Investigador:

Observacional: No existe intervención del investigador; los datos reflejan la evolución natural de los eventos, ajena a la voluntad del investigador.

Experimental: Siempre son prospectivos, longitudinales, analíticos y de nivel investigativo "explicativo" (causa – efecto); además de ser "controlados".

### 2. Según la planificación de la toma de datos

Prospectivo: Los datos necesarios para el estudio son recogidos a propósito de la investigación (primarios). Por lo que, posee control del sesgo de medición.

Retrospectivo: Los datos se recogen de registros donde el investigador no tuvo participación (secundarios). No podemos dar fe de la exactitud de las mediciones.

### 3. Según el número de ocasiones en que mide la variable de estudio

Transversal: Todas las variables son medidas en una sola ocasión; por ello de realizar comparaciones, se trata de muestras independientes.

Longitudinal: La variable de estudio es medida en dos o más ocasiones; por ello, de realizar comparaciones (antes – después) son entre muestras relacionadas.

### 4. Según el número de variables de interés

Descriptivo: El análisis estadístico, es univariado porque solo describe o estima parámetros en la población de estudio a partir de una muestra.

Análítico: El análisis estadístico por lo menos es bivariado; porque plantea y pone a prueba hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores.

IMPORTANTE: "Descriptivo no es sinónimo de observacional". Un estudio observacional puede ser analítico. Ejm: El estudio de los casos y controles.

Fuente: Supo (2012)

Según niveles de investigación:

## Niveles de investigación

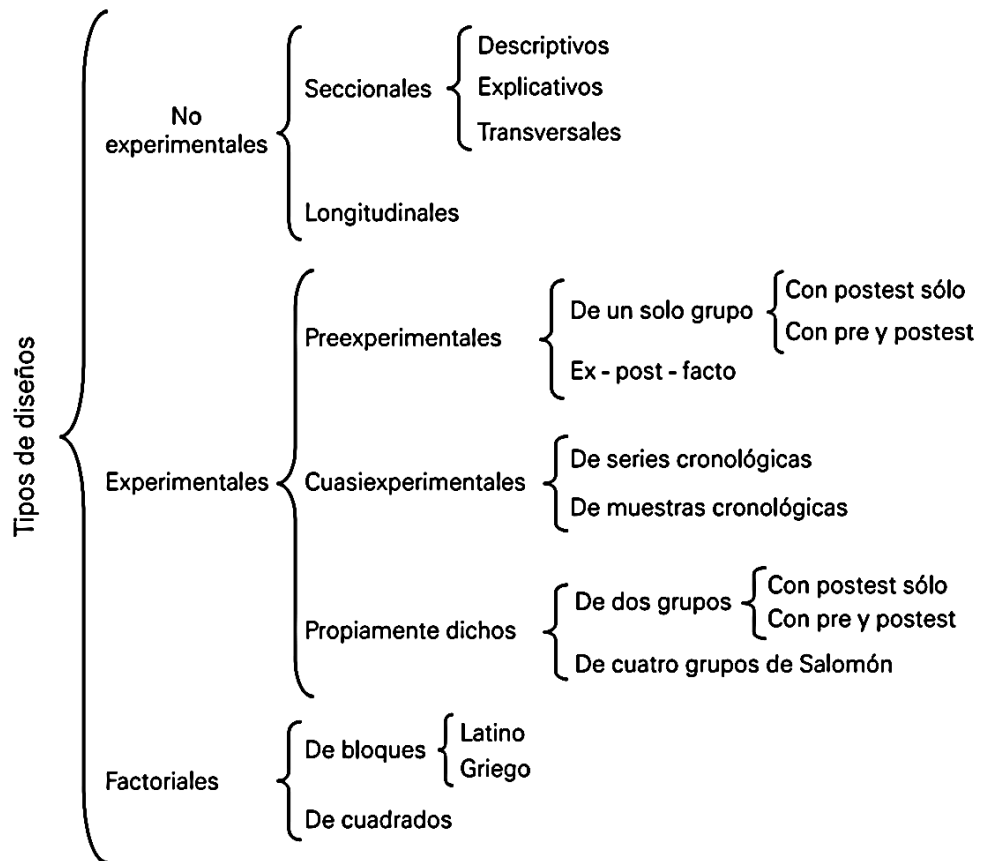
Los niveles de la investigación están en concordancia con la línea de investigación, con el análisis estadístico y con los objetivos estadísticos.

1. **Exploratorio:** Se plantea cuando se observa un fenómeno que debe ser analizado, por tanto es fenomenológico; su función es el reconocimiento e identificación de problemas.  
Desestima la estadística y los modelos matemáticos, se opone al estudio cuantitativo de los hechos, por tanto es hermenéutico. Se trata de investigación cualitativa.
2. **Descriptivo:** Describe fenómenos sociales o clínicos en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Su finalidad es describir y/o estimar parámetros.  
Se describen frecuencias y/o promedios; y se estiman parámetros con intervalos de confianza. Ejm. los estudios de frecuencia de la enfermedad: Incidencia y Prevalencia.
3. **Relacional:** No son estudios de causa y efecto; solo demuestra dependencia probabilística entre eventos; Ejm. los estudios de asociación sin relación de dependencia.  
La estadística bivariada nos permite hacer asociaciones (Chi Cuadrado) y medidas de asociación; correlaciones y medidas de correlación (Correlación de Pearson).
4. **Explicativo:** Explica el comportamiento de una variable en función de otra(s); por ser estudios de causa-efecto requieren control y debe cumplir otros criterios de causalidad.  
El control estadístico es multivariado a fin de descartar asociaciones aleatorias, casuales o espurias entre la variable independiente y dependiente. Ejm.  $\chi^2$  de Mantel-Haenszel.
5. **Predictivo:** Se encarga de la estimación probabilística de eventos generalmente adversos, de ocurrencia como la enfermedad o en función al tiempo como el tiempo de vida media.  
Se aplican técnicas estadísticas específicas. Ejm. La regresión de COX, las series de tiempo, el análisis de supervivencia de Kaplan Meier y los riesgos de Hazard.
6. **Aplicativo:** Plantea resolver problemas o intervenir en la historia natural de la enfermedad. Enmarca a la innovación técnica, artesanal e industrial como la científica.  
Las técnicas estadísticas apuntan a evaluar el éxito de la intervención en cuando a: proceso, resultados e impacto. Para ello debemos identificar los indicadores apropiados.

Fuente: Supo (2012)

Según diseño de investigación:

## TIPOS DE DISEÑOS



Fuente: Sierra (2007).