



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico sobre la productividad de alevines de

Oncorhynchus mykiss

Padilla González, Carolina Doménica

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Dr. Ortíz Tirado Juan Cristobal (Dir.)

Ing. Rivera Mayo Patricia Margarita (Codir.)

27 de enero del 2022



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

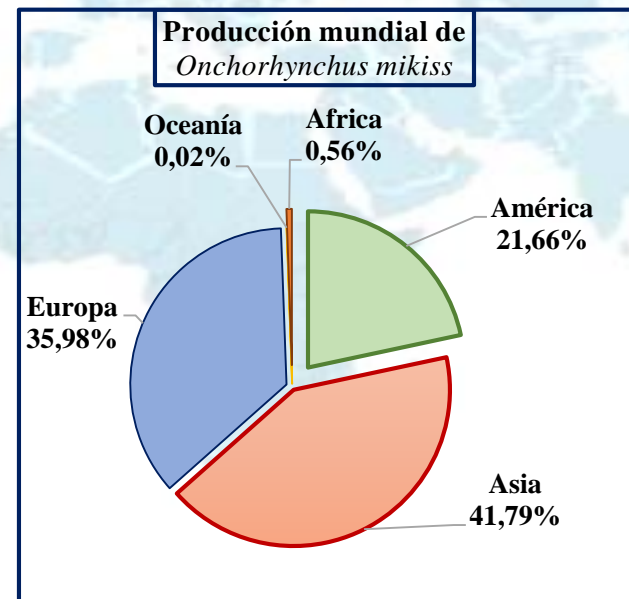
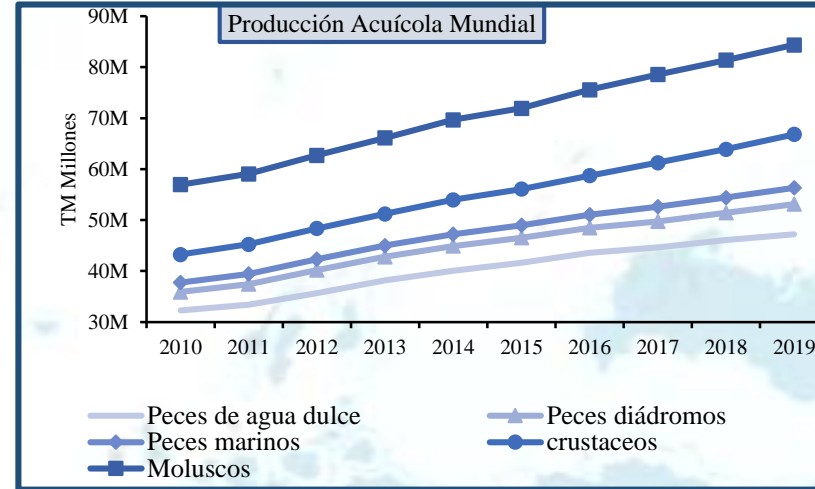
CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



INTRODUCCIÓN

ACUICULTURA- SITUACIÓN MUNDIAL



Crecimiento exponencial de la población

Aumentó en el consumo per cápita en 20,5 Kg

La producción acuícola fue de 85,3 millones de toneladas en 2019

Tasa de crecimiento anual media de 3,7% 2016-2019

La producción mundial de trucha arcoíris fue de 9 mil toneladas en el 2019

Fuente: FAO (2021) FishStatJ.



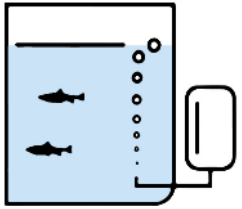
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



ACUICULTURA- SITUACIÓN NACIONAL

Onchorhynchus mikiss

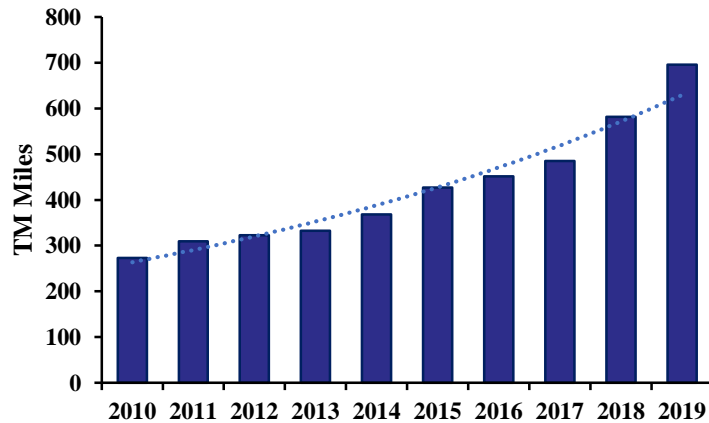
5 % PIB

Producción

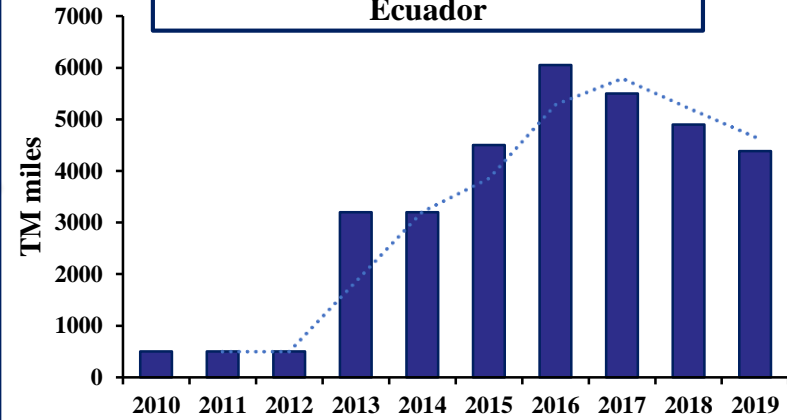



 7 mil TM
 2 millones de dólares

Producción Acuícola Nacional



Producción de *Onchorhynchus mikiss* en Ecuador



 4 mil TM

 28 mil dólares

Fuente: (FAO, 2021)



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA



Agua geotermal de fuentes naturales originarias del complejo volcánico Chacana

Alternativas para fomentar la producción

Mejorar crecimiento

Disminuir mortalidad

Capacitaciones y asesorías

Provisión de semilla de trucha arcoíris

Época invernal

Baja calidad de agua

Elevadas tasas de mortalidad



Justificación



Época invernal



Reducción de la tasa metabólica

Retraso en los ciclos de producción

Cambios en la calidad de agua de cultivo

AGUAS GEOTERMALES

Su uso podría mejorar las características fisicoquímicas del agua entre ellas la temperatura.

Incrementará:

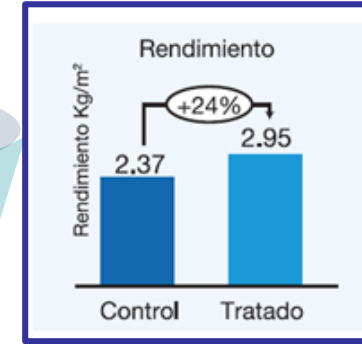
La tasa de digestión

Secreciones en el intestino

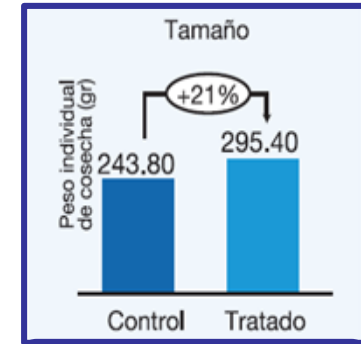
>
Crecimiento y Eficiencia

(Smith & Stearley, 1989).

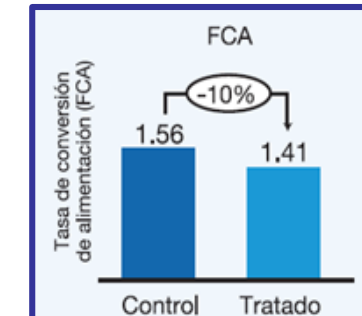
PROBIÓTICOS



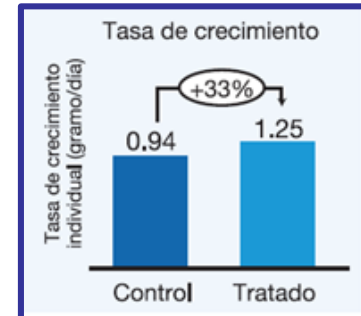
Incrementa el rendimiento



Incrementa el peso individual



Mejora el FCA



Incrementa la tasa de crecimiento

(Novozymes, 2020).





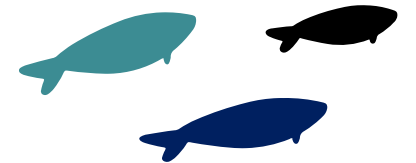


General

Evaluar el efecto del uso de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico sobre la productividad de alevines de *Oncorhynchus mykiss*.

Específicos

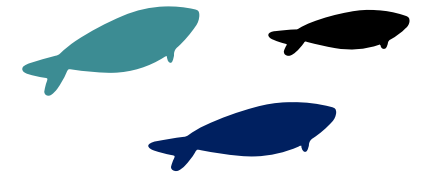
-  Determinar la influencia del agua geotermal, natural y dieta con probiótico sobre parámetros morfométricos en alevines de *Oncorhynchus mykiss*.
-  Determinar la influencia del agua geotermal, natural y dieta con probiótico sobre parámetros productivos en alevines de *Oncorhynchus mykiss*.



HIPÓTESIS

H₀: Los alevines de *Oncorhynchus mykiss* criados bajo la influencia del agua geotermal y dieta con probiótico presentan similar crecimiento y mortalidad que los alevines criados con agua natural y dietas convencionales.

H₁: Los alevines de *Oncorhynchus mykiss* criados bajo la influencia del agua geotermal y dieta con probiótico presentan mayor crecimiento y baja mortalidad que los alevines criados con agua natural y dietas convencionales.



METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO



Figura 1. Centro de Investigaciones Acuícolas-CENIAC
Fuente: (Google Earth, 2021).

Coordenadas Referenciales

Latitud:

• 0°22'37" S

Longitud:

• 78°08'26" O

Altitud:

• 3380 m.n.s.m.

Información ecológica

Precipitación anual:

• 1615 mm

Temperatura media:

• 9,4 ± 4,6°C

Humedad relativa:

• 86%

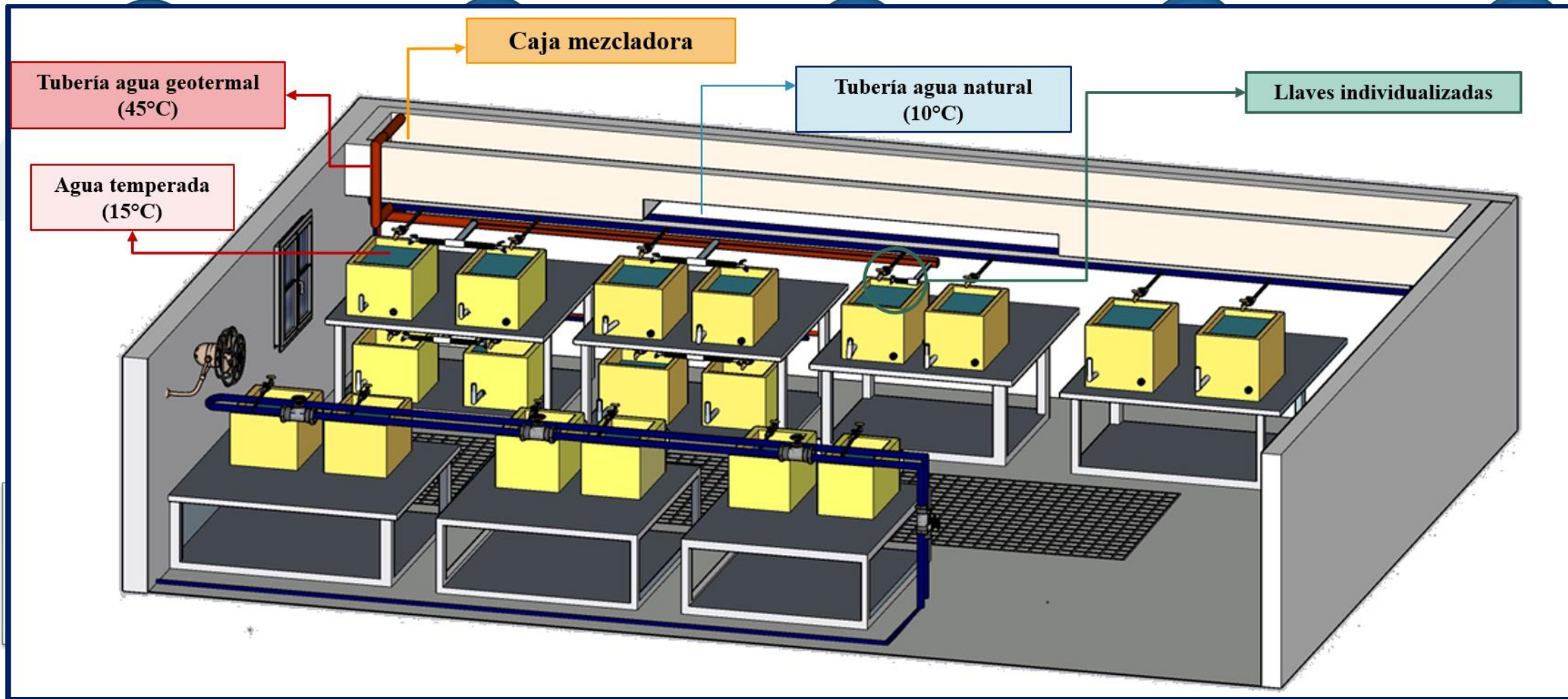
(FONAG, 2021)



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Instalación del ensayo





Inicio del período de adaptación

- Regulación de temperatura (15°C)
- Peso promedio de $0,22 \pm 0,05\text{g}$
- 7 días



Final del período de adaptación

- Se tomaron las primeras biometrías
- Peso promedio inicial de $0,34 \pm 0,05\text{g}$

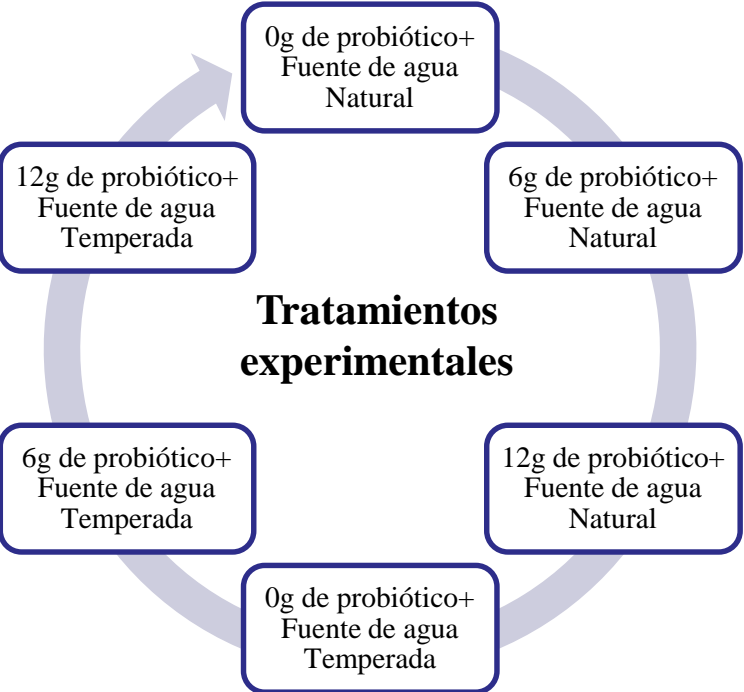


Siembra de alevines

- 18 unidades experimentales en tinas de $0,24\text{ m}^3$ de capacidad
- Densidad de 30 alevines por unidad experimental

METODOLOGÍA

Alimentación



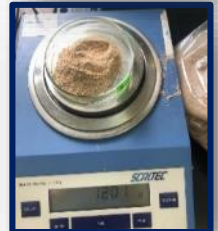
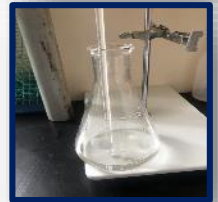
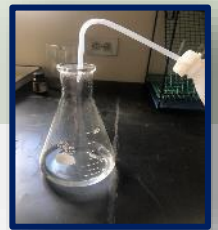
Tratamientos experimentales

Cálculo de la alimentación cada 15 días

Peso (g)	Temperatura (°C)	
	10	15
0.18-1.5	4.2	6
1.5-5.1	3.3	4.9
5.1-12	2.6	3.8

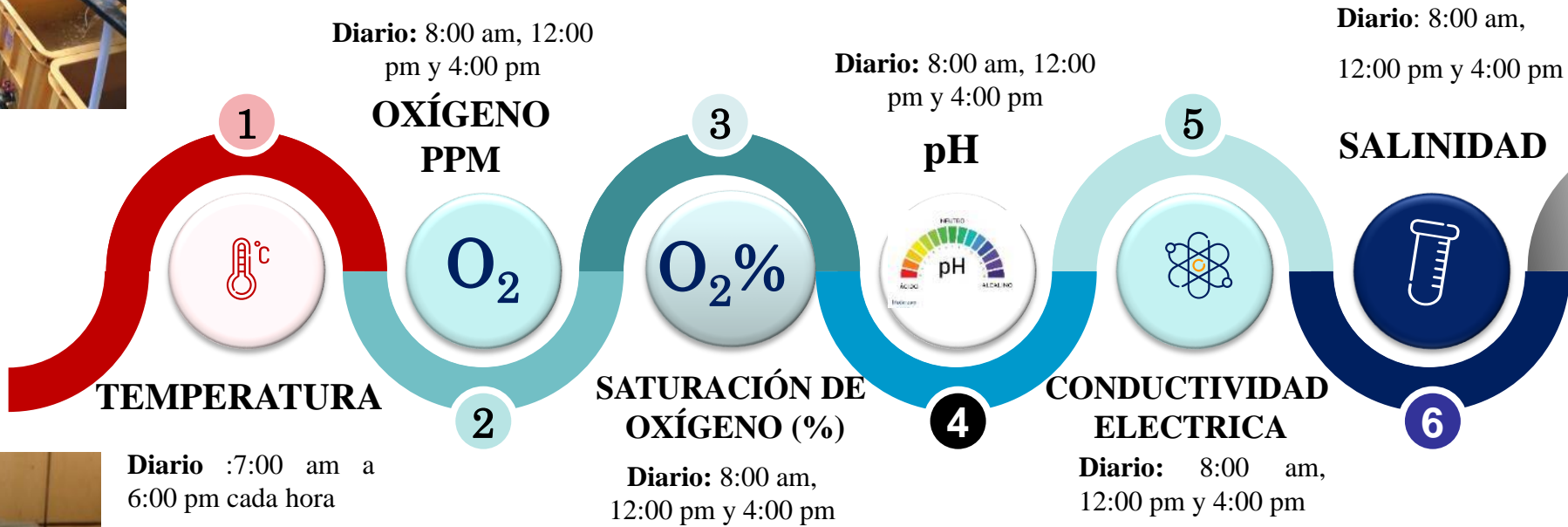
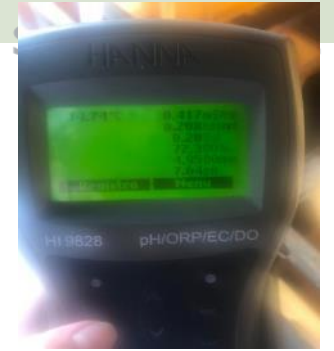
Frecuencia de alimentación: 8 veces

PREPARACIÓN DE 1 KG DE ALIMENTO MÁS PROBIÓTICO



METODOLOGÍA

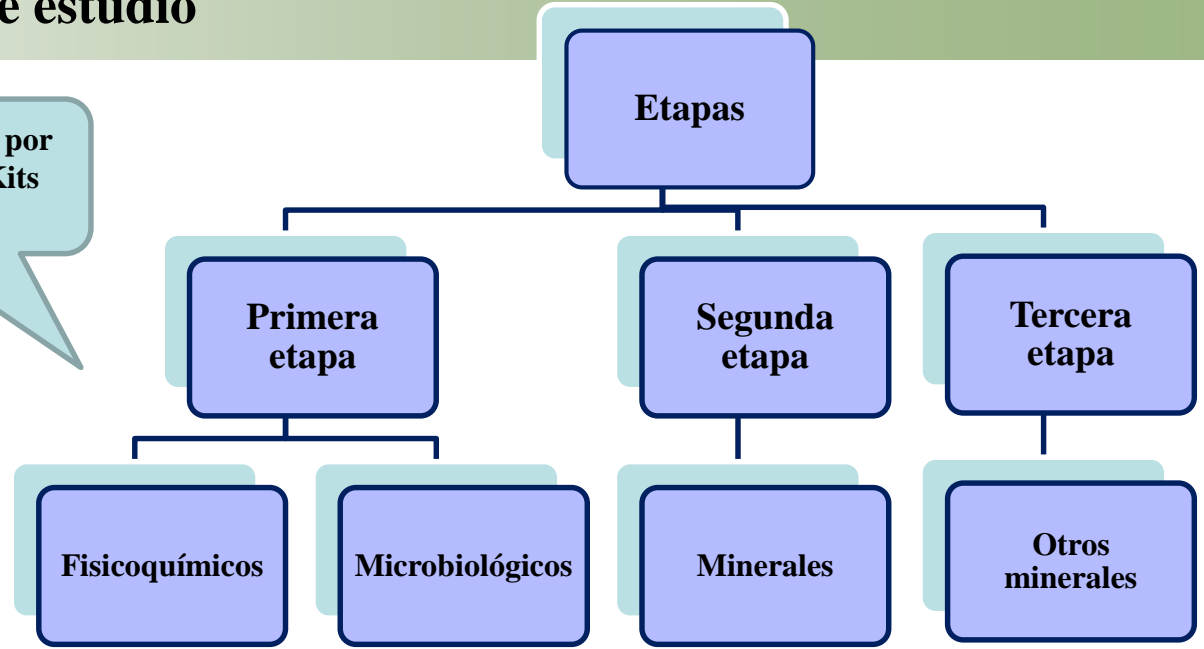
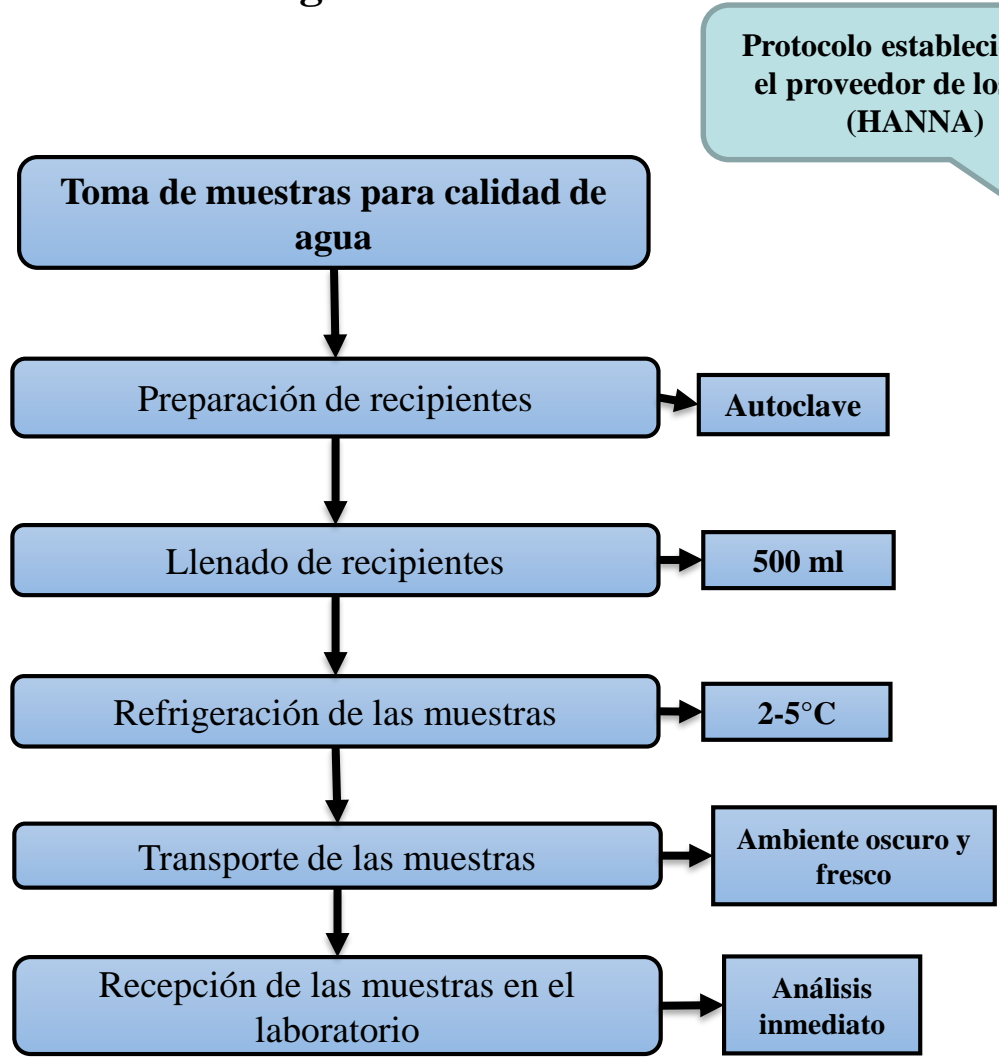
Medición de parámetros fisicoquímicos in situ



METODOLOGÍA

Variables de estudio

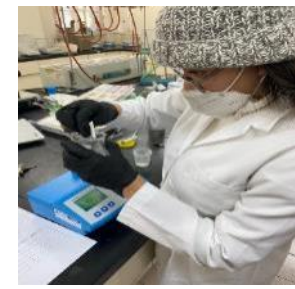
Análisis de calidad de agua



- ❖ pH
- ❖ Conductividad eléctrica
- ❖ Sólidos disueltos
- ❖ Nitritos
- ❖ Nitratos
- ❖ Fosfatos
- ❖ Dureza total
- ❖ Amonio

- ❖ Enterobacterias lactosa (+), *Enterobacter sp.*,
- ❖ Enterobacterias lactosa (+), *Citrobacter sp.*,
- ❖ Aerobios totales (*Bacillus sp.*),
- ❖ hongos y levaduras

- ❖ Cloro total,
- ❖ Hierro,
- ❖ Aluminio,
- ❖ Zinc,
- ❖ Cobre.
- ❖ Sulfuros



Norma NTE-INEN-2169: 2013



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Parámetros morfométricos

Se seleccionaron 10 alevines por unidad experimental,

Solución de eugenol en dosis de 0,5ml/10 litros de agua,

Cada 15 días durante 3 meses

Peso (g)

Longitud (cm)

Ancho (cm)



Parámetros Productivos

Ganancia de peso

$$GP = \frac{PF - PI}{T}$$

Coefficiente térmico de crecimiento

$$TGC = \frac{(BW_2^{\frac{1}{3}} - BW_1^{\frac{1}{3}}) * 1000}{\sum Temp(^{\circ}C) * días}$$

(Cho, 1992)

Índice de condición corporal

$$ICC = \frac{PT(g)}{LT^3(cm)} * 100$$

(Murillo et al., 2016)

Tasa de crecimiento específico

$$TCE(\%) = \frac{(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial}))}{tF - ti(\text{días})} * 100$$

(Arce & Figueroa, 2003)

Factor de conversión alimenticia

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento(g) en un período } t}{\text{Ganancia de peso (g) en el período } t}$$

Eficiencia alimenticia

$$ECA = \frac{1}{FCA} * 100$$

(Trelles et al., 2019)

Supervivencia

$$TS\% = \frac{\text{Número de alevines vivos}}{\text{Total de alevines por tratamiento}} * 100$$



METODOLOGÍA

Diseño experimental

Tabla 1

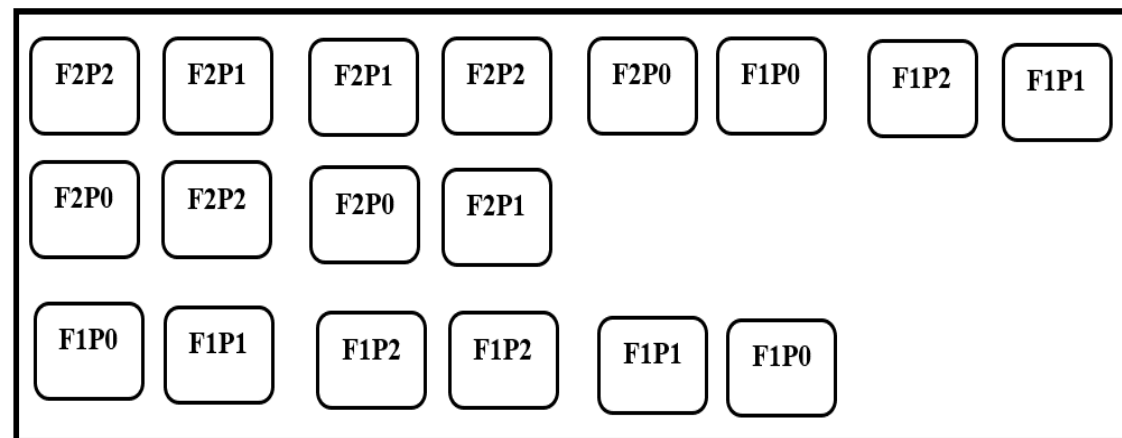
Descripción de los factores y niveles de estudio

Fuentes de agua	Dosis de probiótico	Nomenclatura	Tratamiento
Agua natural del río Papallacta- F1	0 g/Kg (P0)	F1P0	Tratamiento 1
	6 g/Kg (P1)	F1P1	Tratamiento 2
	12g/Kg (P2)	F1P2	Tratamiento 3
Mezcla de agua natural y geotermal-	0 g/Kg (P0)	F2P0	Tratamiento 4
	6 g/Kg (P1)	F2P1	Tratamiento 5
	12g/Kg (P2)	F2P2	Tratamiento 6

Nota. F= Fuente de agua; P= Probiótico.

Tipo de Diseño: Diseño Completamente al Azar (DCA)

Croquis Experimental



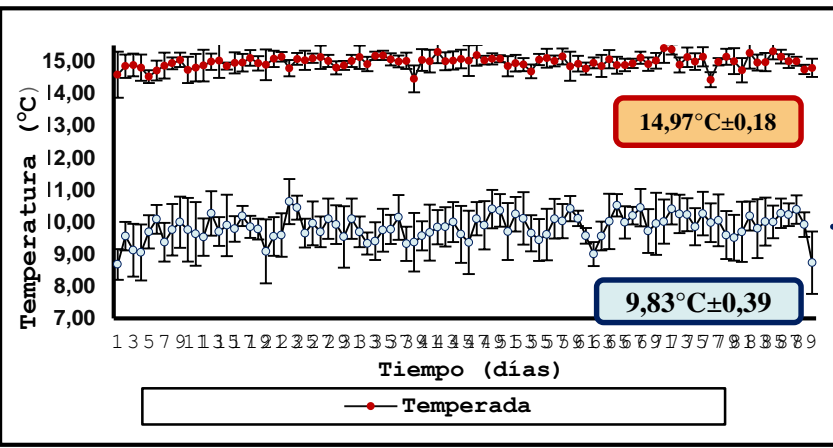
Análisis de la Información: DCA con arreglo factorial 3x2 y tres repeticiones

- ❖ Estadística descriptiva
- ❖ Análisis de varianza ANAVA
- ❖ Pruebas de comparación de medias Tukey 5%
- ❖ Análisis de regresión
- ❖ INFOSTAT y su interfase con el software R

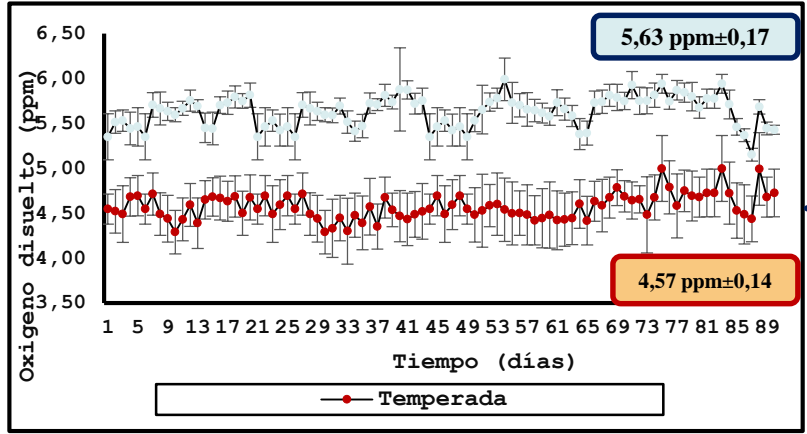


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

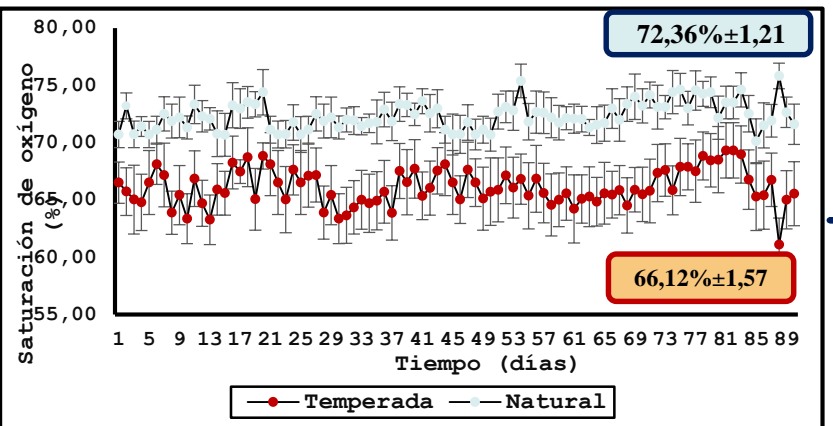
Parámetros Fisicoquímicos medidos "in situ"



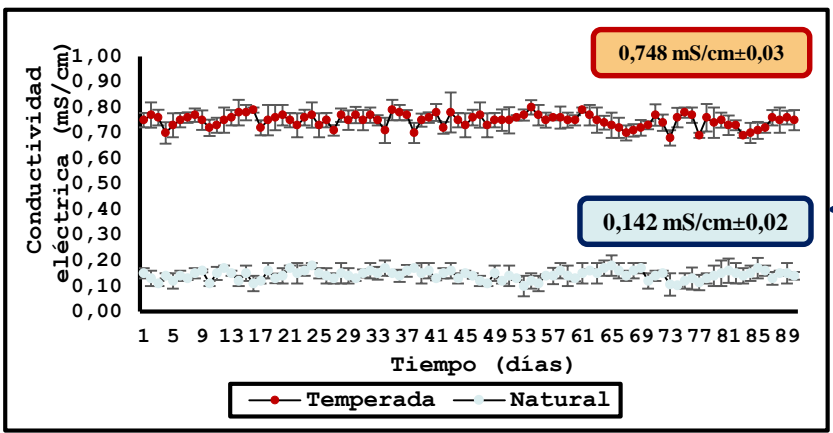
- ❖ (Arregui, 2013) Rangos óptimos: 10 a 15°C para trucha arcoíris
- ❖ (Réalís et al., 2016) Temperatura y crecimiento
- ❖ (Kuska et al., 2020) Alteraciones por temperatura



- ❖ (Hepher et al., 1993) Rangos óptimos: 6 a 7 mg/l, tolerancia: 4 a 8 mg/l
- ❖ (De La Oliva, 2011) (Jonsson & Jonsson, 2011) (Brijs et al., 2018) O₂ VS Temperatura
- ❖ (Vásquez et al., 2016) O₂ Vs altitud Vs presión



- ❖ (Masser et al., 1999) Saturación superiores al 60%
- ❖ (Glencross, 2009) Saturación de oxígeno (42-78%)
- ❖ Ingesta de alimento disminuye



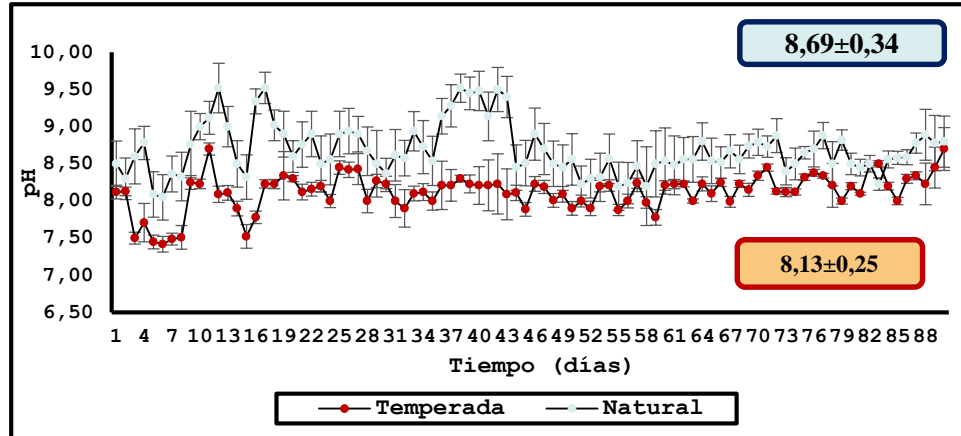
- ❖ (Vásquez et al., 2016) Rangos óptimos: 0,543 a 0,853 mS/cm
- ❖ (Boyd, 2019) Conductividad electrica Vs Temperatura Vs Salinidad



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Físicoquímicos medidos “in situ”

(Labrador et al., 2020)



❖ pH Vs Temperatura

(Parrado, 2016)

❖ Rango óptimo: 6,5-9

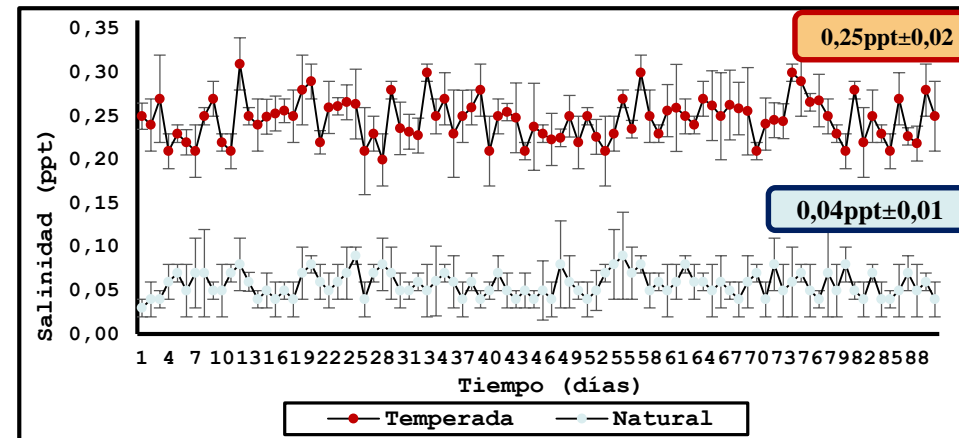
Jacobsen (1977)

Dockray et al. (1996)

❖ Alta resistencia a cambios drásticos de pH

(Wurts & Durborow, 1992)

❖ Carbonatos y bicarbonatos (20-50 mg/L)



(De La Oliva, 2011)

❖ Rangos óptimos: 0-35 ppt

(Hepher et al., 1993)

❖ Rangos fuera de los límites afectan el crecimiento

(Mckay & Gjerde, 1985)

❖ 20 ppt influyen de manera perjudicial en el crecimiento



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Físicoquímicos de las fuentes de agua

Tabla 2

Análisis físicoquímico inicial de las 3 fuentes de agua empleadas en el estudio

Parámetros	Unidad	M1	M2	M3	Límite máximo permisible	Normativa legal aplicada
pH	-	8,37	8,06	8,21	6,5-9	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Conductividad eléctrica	μS/cm	154	1551	741	543 - 853	-
Sólidos disueltos	mg/l	110	642	520	400	Acuerdo CE-CCA-001/89 Tabla 2
Nitritos (NO ₂)	mg/l	0,009	0,013	0,008	0,2	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Nitratos (NO ₃)	mg/l	0,06	0,08	0,04	13	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0,48	0,54	0,40	0,05	Acuerdo CE-CCA-001/89
Dureza total (CaCO ₃)	mg/l	8	21	8	5,0-200	Acuerdo CE-CCA-001/89 TABLA 2
Amonio (NH ₃)	mg/l	0,026	0,039	0,030	0,02	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Sulfuro	mg/l	<0,30	<0,30	<0,30	0,0002	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Cloro total	mg/l	0,09	0,12	0,06	0,01	TULSMA, Anexo 1, Tabla 10.
Hierro (Fe)	mg/l	0,28	0,05	0,15	0,3	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Aluminio (Al)	mg/l	0,03	0,00	0,01	0,1	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Zinc (Zn)	mg/l	0,01	0,01	0,06	0,18	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Cobre	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,02	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3

Esta tabla muestra la diferencia de parámetros físicoquímicos iniciales de tres fuentes de agua (M1: Agua natural del río Papallacta; M2: Agua geotermal; M3: Agua temperada) empleadas en el estudio.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 3 Parámetros Físicoquímicos de las fuentes de agua

Análisis físicoquímico final de las 3 fuentes de agua empleadas en el estudio

Parámetros	Unidad	M1	M2	M3	Límite máximo permisible	Normativa legal aplicada
pH	-	8,57	8,03	8,41	6,5-9	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Conductividad eléctrica	µS/cm	145	1549	733	543 - 853	-
Sólidos disueltos	mg/l	100	652	504	400	Acuerdo CE-CCA-001/89 Tabla 2
Nitritos (NO ₂)	mg/l	0,007	0,0125	0,006	0,2	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Nitratos (NO ₃)	mg/l	0,06	0,07	0,05	13	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0,50	0,56	0,41	0,05	Acuerdo CE-CCA-001/89
Dureza total (CaCO ₃)	mg/l	9	22	9	5.0-200	Acuerdo CE-CCA-001/89 Tabla 2
Amonio (NH ₃)	mg/l	0,028	0,040	0,034	0,02	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Sulfuro (S ⁻²)	mg/l	<0,30	<0,30	<0,30	0,5	TULSMA, Anexo 1, tabla 2
Cloro total	mg/l	0,06	0,08	0,04	0,01	TULSMA, Anexo 1, Tabla 10.
Hierro (Fe)	mg/l	0,39	0,01	0,17	0,3	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Aluminio (Al)	mg/l	0,00	0,04	0,02	0,1	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Zinc (Zn)	mg/l	0,03	0,00	0,00	0,18	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3
Cobre	mg/l	0	0,02	0,01	0,02	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3

De acuerdo con el Acuerdo Ministerial 097A (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua)

El agua geotermal por sí sola no cumple con los requerimientos ambientales para el cultivo de trucha arcoíris.

(Miraj et al., 2017)
❖ Relación conductividad eléctrica y los sólidos disueltos
(Redding et al., 1987)
❖ Los efectos de sólidos suspendidos sobre los salmónidos

(Janampa et al., 2011)
❖ Fosfatos vs O₂

(Ruiz et al., 2006)
❖ Amonio vs Temperatura

Su incremento no afectó el bienestar y crecimiento de los animales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros microbiológicos de las fuentes de agua

Las 3 fuentes presentan una diversidad microbiana baja o escasa siendo apta para el desarrollo del cultivo de trucha arcoíris.

Tabla 4

Análisis microbiológico inicial de las 3 fuentes de agua empleadas en el estudio

Parámetros	Unidad	M1	M2	M3	Límite máximo permisible
Enterobacterias lactosa (+) <i>Enterobacter sp.</i>	UFC/100 ml	0	0	0	<1000
Enterobacterias lactosa (+) <i>Citrobacter sp.</i>	UFC/100 ml	8	0	3	<1000
Aerobios totales (<i>Bacillus sp.</i>)	UFC/100 ml	<25	2	0	-
Hongos	UFC/100 ml	0	0	0	-
Levaduras	UFC/100 ml	0	0	0	-

Tabla 5

Análisis microbiológico final de las 3 fuentes de agua empleadas en el estudio

Parámetros	Unidad	M1	M2	M3	Límite máximo permisible
Enterobacterias lactosa (+) <i>Enterobacter sp.</i>	UFC/100 ml	0	0	0	<1000
Enterobacterias lactosa (+) <i>Citrobacter sp.</i>	UFC/100 ml	9	0	4	<1000
Aerobios totales (<i>Bacillus sp.</i>)	UFC/100 ml	<25	4	0	-
Hongos	UFC/100 ml	0	0	0	-
Levaduras	UFC/100 ml	0	0	0	-

(Ortíz, 2019)

- ❖ Biodiversidad microbiana en el agua termal del balneario Terjamanco 1 Papallacta

(Arias 2016)

- ❖ Bacterias termófilas y mesófilas del agua geotermal de Papallacta

Kovács (2019)

- ❖ Propiedades de *Bacillus subtilis*



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso corporal

El análisis estadístico para la masa corporal (peso) presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 29,22, p = 0,0002$)

Tabla 6

Medias \pm desviación estándar del peso corporal de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	0,65 \pm 0,04	0,64 \pm 0,04	0,55 \pm 0,06	0,71 \pm 0,08	0,75 \pm 0,07	0,73 \pm 0,07
30	0,85 \pm 0,11	0,90 \pm 0,05	0,82 \pm 0,03	1,02 \pm 0,08	1,20 \pm 0,15	0,88 \pm 0,12
45	1,70 \pm 0,11	1,76 \pm 0,08	1,44 \pm 0,14	1,97 \pm 0,66	1,98 \pm 0,36	1,75 \pm 0,19
60	1,80 \pm 0,15	1,88 \pm 0,09	1,50 \pm 0,14	2,31 \pm 0,79	4,13 \pm 0,39	2,03 \pm 0,49
75	2,41 \pm 0,16	2,60 \pm 0,21	2,08 \pm 0,07	4,13 \pm 1,33	4,25 \pm 0,60	3,38 \pm 0,95
90	3,27 \pm 0,17	3,46 \pm 0,32	2,87 \pm 0,04	5,90 \pm 1,51	5,51 \pm 0,91	4,69 \pm 1,04

Incremento de peso total final del 67,50 %

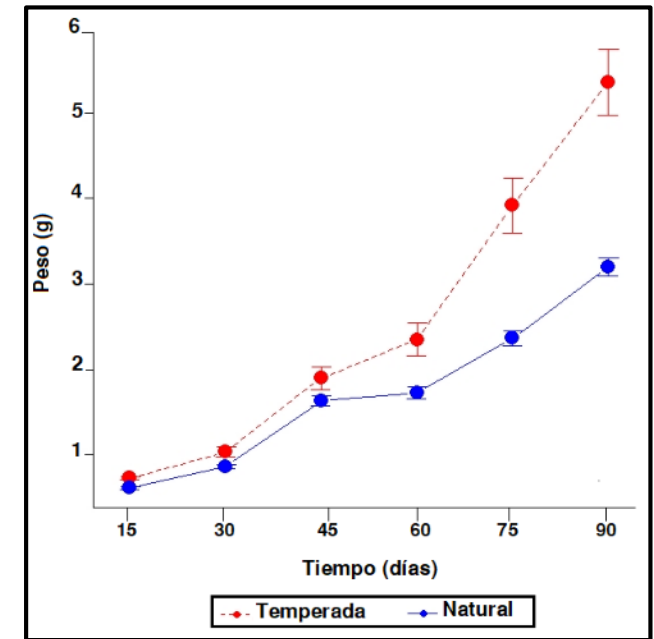


Tabla 7

Medias \pm desviación estándar del peso corporal de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	Peso corporal (g)
Temperada	5,36 \pm 1,15 a
Natural	3,20 \pm 0,32 b

(Wood & McDonald, 1997)

- Los animales para poder satisfacer la nueva demanda energética y metabólica consumieron más alimento

(Zdanovich et al., 2011)

- Temperatura constante de 17°C presentan un mayor peso final

(Edsall & Cleland, 2000)

- Mayor relación peso-talla manteniendo una temperatura de 14,98°C

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud (cm)

. El análisis estadístico para la longitud total presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 32,78, p \leq 0,05$).

Tabla 8

*Medias \pm desviación estándar de la longitud de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico*

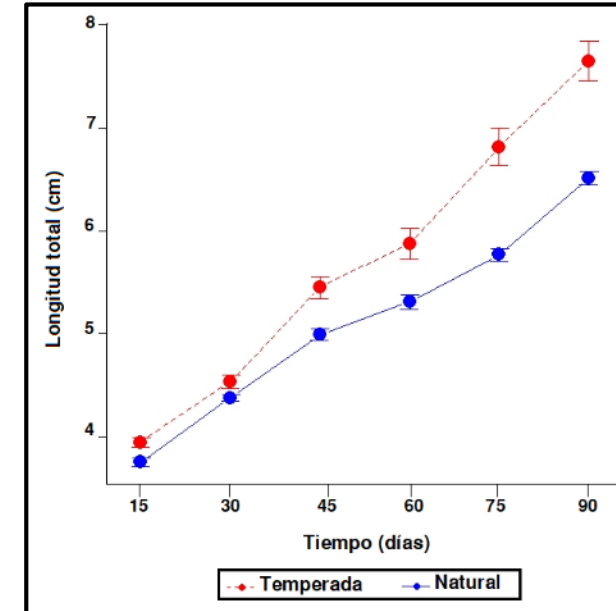
Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	3,86 \pm 0,14	3,86 \pm 0,14	3,72 \pm 0,11	3,88 \pm 0,14	4,05 \pm 0,17	3,91 \pm 0,01
30	4,37 \pm 0,11	4,37 \pm 0,11	4,44 \pm 0,09	4,53 \pm 0,05	4,71 \pm 0,15	4,38 \pm 0,20
45	5,04 \pm 0,21	5,04 \pm 0,21	5,10 \pm 0,16	5,58 \pm 0,50	5,50 \pm 0,26	5,27 \pm 0,18
60	5,41 \pm 0,18	5,41 \pm 0,18	5,45 \pm 0,04	5,90 \pm 0,65	6,11 \pm 0,33	5,62 \pm 0,25
75	5,75 \pm 0,07	5,75 \pm 0,07	5,96 \pm 0,11	6,97 \pm 0,72	6,97 \pm 0,28	6,50 \pm 0,64
90	6,56 \pm 0,09	6,56 \pm 0,09	6,68 \pm 0,10	7,93 \pm 0,76	7,72 \pm 0,45	7,31 \pm 0,52

Tabla 9

*Medias \pm desviación estándar de la longitud de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo*

Fuentes de agua	Longitud total (cm)
Temperada	7,65 \pm 0,58 a
Natural	6,51 \pm 0,19 b

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



Incremento
17,51 %

Magoulick & Wilzbach, 1998
❖ Incremento del 34,74% de longitud total a una temperatura de 18°C

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ancho

El análisis estadístico para el ancho tuvo un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 41,87, p \leq 0,05$)

Tabla 10

Medias \pm desviación estándar del ancho de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	0,76 \pm 0,06	0,73 \pm 0,04	0,66 \pm 0,03	0,78 \pm 0,09	0,83 \pm 0,04	0,80 \pm 0,02
30	0,91 \pm 0,03	0,94 \pm 0,02	0,89 \pm 0,02	0,96 \pm 0,03	1,05 \pm 0,08	0,93 \pm 0,03
45	1,06 \pm 0,04	1,06 \pm 0,03	1,00 \pm 0,01	1,25 \pm 0,09	1,21 \pm 0,10	1,09 \pm 0,04
60	1,22 \pm 0,04	1,22 \pm 0,01	1,12 \pm 0,04	1,43 \pm 0,12	1,39 \pm 0,07	1,26 \pm 0,05
75	1,39 \pm 0,03	1,45 \pm 0,05	1,36 \pm 0,03	1,62 \pm 0,16	1,65 \pm 0,05	1,55 \pm 0,11
90	1,48 \pm 0,03	1,55 \pm 0,06	1,42 \pm 0,02	1,75 \pm 0,13	1,76 \pm 0,10	1,68 \pm 0,10

Incremento
16,89%

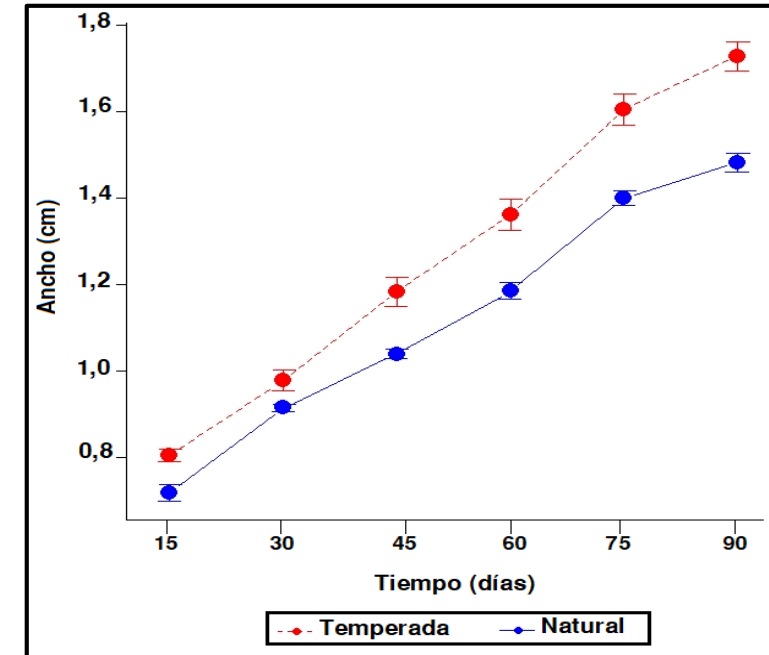


Tabla 11

Medias \pm desviación estándar del ancho de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	Ancho total (cm)
Temperada	1,73 \pm 0,10 a
Natural	1,48 \pm 0,07b

Meka & McCormick, 2005
❖ Temperatura y tamaño del pez

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso

El análisis estadístico para la ganancia de peso presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 15,43, p = 0,00016$)

Tabla 12

Medias \pm desviación estándar de la ganancia de peso de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	0,020 \pm 0,03	0,020 \pm 0,001	0,014 \pm 0,004	0,025 \pm 0,005	0,027 \pm 0,004	0,026 \pm 0,005
30	0,014 \pm 0,008	0,018 \pm 0,003	0,018 \pm 0,003	0,021 \pm 0,009	0,031 \pm 0,006	0,010 \pm 0,004
45	0,057 \pm 0,002	0,057 \pm 0,004	0,041 \pm 0,008	0,063 \pm 0,013	0,052 \pm 0,03	0,058 \pm 0,03
60	0,006 \pm 0,005	0,008 \pm 0,002	0,004 \pm 0,003	0,022 \pm 0,009	0,143 \pm 0,008	0,019 \pm 0,014
75	0,041 \pm 0,012	0,048 \pm 0,014	0,039 \pm 0,004	0,121 \pm 0,045	0,008 \pm 0,016	0,090 \pm 0,041
90	0,058 \pm 0,001	0,057 \pm 0,02	0,052 \pm 0,006	0,118 \pm 0,017	0,084 \pm 0,028	0,088 \pm 0,012

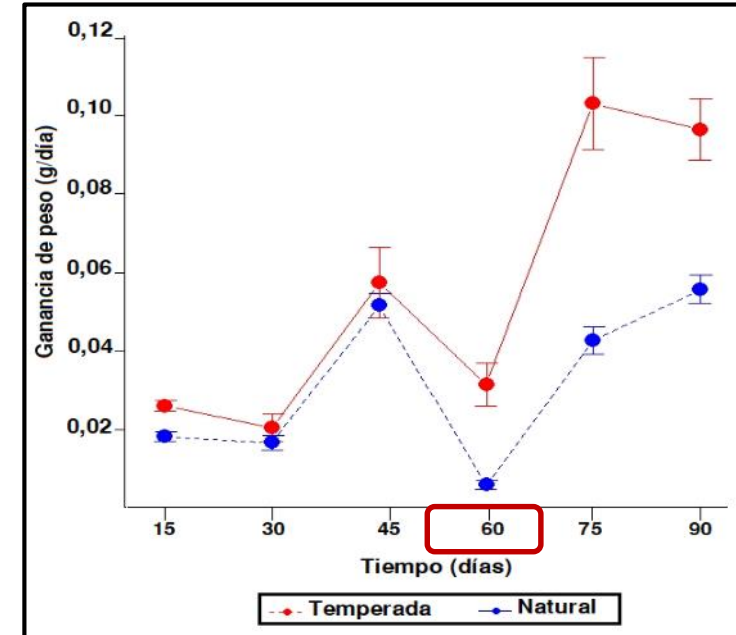
Tabla 13

Medias \pm desviación estándar del ancho de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	Ganancia de peso (g/día)
Temperada	0,056 \pm 0,039 a
Natural	0,032 \pm 0,029 b

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).

Temperatura
 Agua
 temperada=9°C
 Agua natural: 7,8°C



(Zdanovich et al., 2011)

- Temperatura a 19-21°C conduce a una disminución significativa de la ganancia de peso diaria.

(Azevedo et al., 1998)

- Mayor ganancia de peso por día a una temperatura de 15°C
- Rangos inferiores a esta disminuían la ganancia de peso de los animales.



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de condición corporal

El análisis estadístico para el índice de condición corporal no presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 1,43, p = 0,26$) ni el probiótico ($F_{5,12} = 0,054, p = 0,95$).

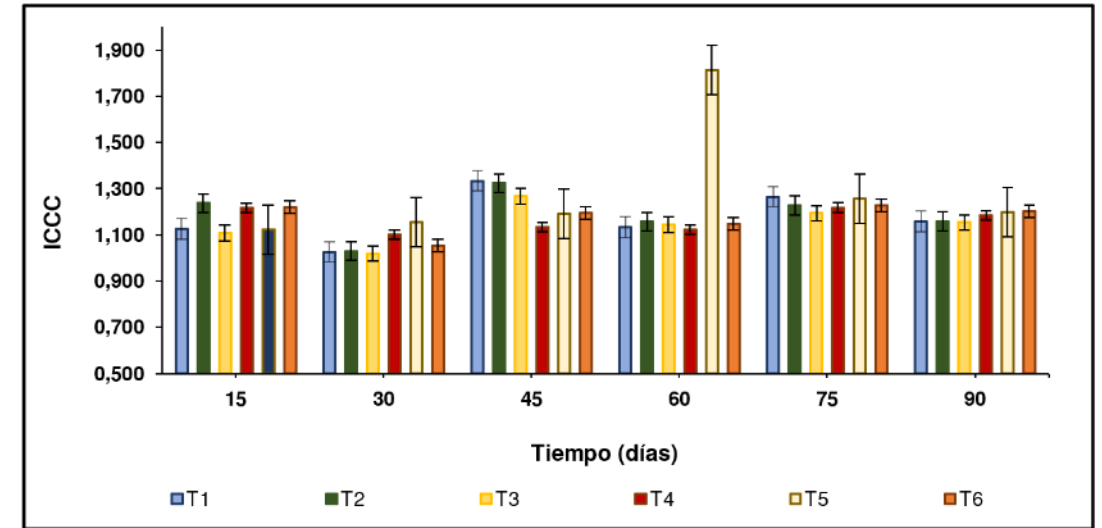
Tabla 14

Medias \pm desviación estándar del índice de condición corporal de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tratamientos	ICC
T1	1,18 \pm 0,02 a
T2	1,19 \pm 0,05 a
T3	1,15 \pm 0,03 a
T4	1,20 \pm 0,02 a
T5	1,18 \pm 0,02 a
T6	1,17 \pm 0,04 a

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).

Los peces al final del experimento presentaron un índice de condición corporal de 1,18 \pm 0,02



Según Barnham & Baxter (2003), se encuentra dentro de un rango aceptable.

(Robinson et al., 2008)

- ❖ (*Oncorhynchus clarkii henshawi*) en etapa juvenil a un máximo térmico de 25,7°C.
- ❖ Índices K de 0,974 y 0,952 con pesos de 6,89-8,49 g y longitudes de 8,82 y 9,61 cm



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de crecimiento específico

El análisis estadístico para la tasa de crecimiento específico presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 3,80, p = 0,04$).

Tabla 15

Medias \pm desviación estándar de la tasa de crecimiento específico de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	4,29 \pm 0,41	4,19 \pm 0,22	3,24 \pm 0,74	4,93 \pm 0,71	5,23 \pm 0,60	5,07 \pm 0,63
30	1,86 \pm 0,89	2,33 \pm 0,41	2,66 \pm 0,66	2,41 \pm 1,07	3,19 \pm 0,30	1,29 \pm 0,40
45	4,60 \pm 0,44	4,44 \pm 0,26	3,71 \pm 0,47	4,37 \pm 0,97	3,32 \pm 0,76	4,55 \pm 0,23
60	0,35 \pm 0,24	0,45 \pm 0,13	0,27 \pm 0,23	1,05 \pm 0,09	4,90 \pm 0,41	1,01 \pm 0,66
75	1,95 \pm 0,59	2,17 \pm 0,55	2,22 \pm 0,37	3,88 \pm 1,08	0,19 \pm 0,22	3,38 \pm 0,90
90	2,06 \pm 0,10	1,90 \pm 0,65	2,12 \pm 0,27	2,37 \pm 0,53	1,73 \pm 0,38	2,19 \pm 0,49

Tabla 16

Medias \pm desviación estándar de la tasa de crecimiento específico de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	TCE
Agua natural	2,49 \pm 0,20 a
Agua temperada	3,04 \pm 0,17 b

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



(Hepher et al., 1993)

- ❖ Influencia de la temperatura se debe a dos hormonas:

Somatotropina: hipófisis

Tiroxina: glándula tiroides

- ❖ Metabolismo y crecimiento
- ❖ Rapidez del transporte de alimento

(Hokanson et al., 1977)

- ❖ Mayor TCE a 15°C (5,24%/día).

(Castillo et al., 2015)

- ❖ 2,36 g/día a una temperatura de 15°C.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficiente de crecimiento térmico

El análisis estadístico para la tasa de crecimiento térmico no presentó un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 0,006, p = 0,94$) ni el probiótico ($F_{5,12} = 2,25, p = 0,148$).

Tabla 17

*Medias \pm desviación estándar de la tasa de crecimiento específico de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo*

Fuentes de agua	TGC
T1	0,62 \pm 0,04 a
T2	0,65 \pm 0,02 a
T3	0,49 \pm 0,07 a
T4	0,55 \pm 0,01 a
T5	0,60 \pm 0,02 a
T6	0,50 \pm 0,07 a

(Azevedo et al., 1998)

❖ **Alimentación*temperatura del agua:**
coeficiente de crecimiento térmico no significativo.

(Jobling et al., 1994, como se citó en Venegas et al., 2008)

❖ No es idóneo para proyecciones de crecimiento
❖ Temperaturas constantes

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor de conversión alimenticia

El análisis estadístico para el factor de conversión alimenticia mostró un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 4,34, p = 0,05$).

Tabla 18

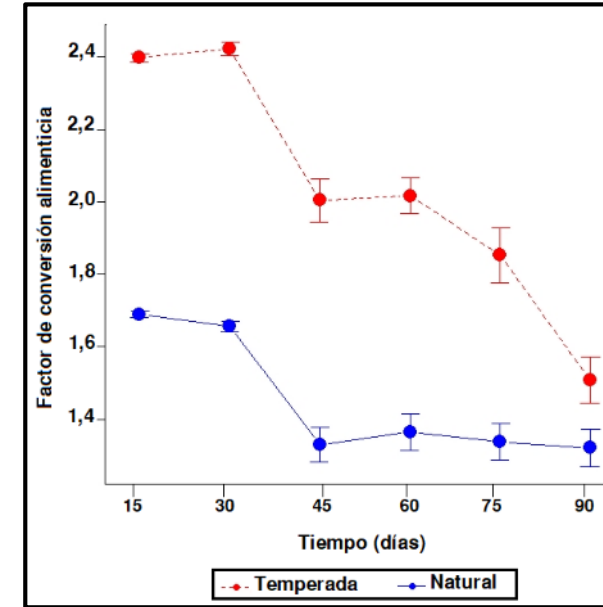
Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	1,68 \pm 0,04	1,68 \pm 0,03	1,71 \pm 0,01	2,39 \pm 0,04	2,41 \pm 0,01	2,45 \pm 0,05
30	1,65 \pm 0,02	1,68 \pm 0,07	1,64 \pm 0,42	2,37 \pm 0,06	2,44 \pm 0,01	2,39 \pm 0,05
45	1,27 \pm 0,03	1,27 \pm 0,05	1,44 \pm 0,23	1,91 \pm 0,32	1,99 \pm 0,08	1,98 \pm 0,04
60	1,31 \pm 0,03	1,26 \pm 0,07	1,46 \pm 0,23	1,85 \pm 0,27	1,97 \pm 0,04	1,96 \pm 0,03
75	1,29 \pm 0,02	1,25 \pm 0,09	1,46 \pm 0,22	1,83 \pm 0,46	1,47 \pm 0,01	1,86 \pm 0,07
90	1,29 \pm 0,03	1,22 \pm 0,12	1,42 \pm 0,24	1,52 \pm 0,13	1,52 \pm 0,20	1,48 \pm 0,29

Tabla 19

Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	FCA
Agua natural	1,32 \pm 0,16 a
Agua temperada	1,50 \pm 0,19 b



(Castillo et al., 2015)

ⓐ Temperatura 15 °C:
• FCA: 1,49

(Figueroa et al., 1997)

ⓐ Temperatura 19 °C:
• FCA: 1,49

(Hepher et al., 1993)

ⓐ Cualquier factor que influya en la ganancia de peso también influirá en el FCA

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia alimenticia

El análisis estadístico para el factor de conversión alimenticia mostró un efecto significativo para la fuente de agua ($F_{5,12} = 4,88, p = 0,047$)

Tabla 19

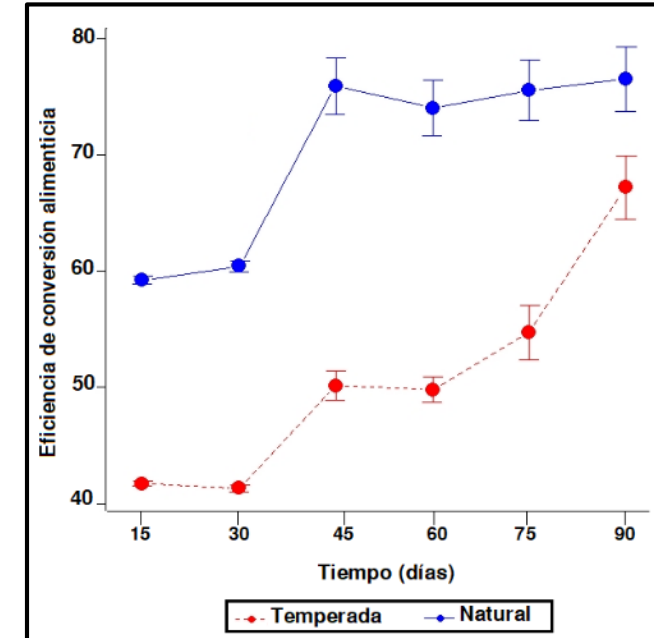
Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de *Oncorhynchus mikyss* bajo el efecto de dos fuentes de agua y dieta con diferentes dosis de probiótico

Tiempo (días)	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
15	59,57 \pm 1,27	59,54 \pm 1,12	58,53 \pm 0,29	41,83 \pm 0,79	41,43 \pm 0,12	40,83 \pm 0,91
30	60,64 \pm 0,84	59,50 \pm 2,39	61,03 \pm 1,01	42,15 \pm 1,13	40,96 \pm 0,08	41,86 \pm 0,87
45	78,60 \pm 1,70	78,52 \pm 3,13	69,31 \pm 1,58	52,36 \pm 1,89	50,18 \pm 2,26	50,51 \pm 0,96
60	76,16 \pm 1,62	79,22 \pm 1,04	68,66 \pm 1,96	54,05 \pm 1,98	50,76 \pm 1,14	51,14 \pm 0,80
75	77,26 \pm 1,50	80,00 \pm 2,01	68,66 \pm 1,15	54,64 \pm 1,34	67,94 \pm 0,08	53,69 \pm 2,03
90	77,33 \pm 1,54	81,97 \pm 1,63	70,25 \pm 1,23	65,66 \pm 1,59	65,80 \pm 1,52	67,42 \pm 1,23

Tabla 20

Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de *Oncorhynchus mikyss* bajo dos fuentes de agua a través del tiempo

Fuentes de agua	EA
Agua natural	76,51 \pm 8,35 a
Agua temperada	67,18 \pm 8,20 b



(Hepher et al., 1993)

- ❖ FCA y nivel de alimentación

(Arzel et al., 1998)

- ❖ Alevines de trucha marrón
- ❖ Al aumentar la tasa de consumo de alimento disminuirá la eficiencia de conversión.

Nota. Columnas con letras semejantes son estadísticamente iguales (Tukey; $p > 0,05$).



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

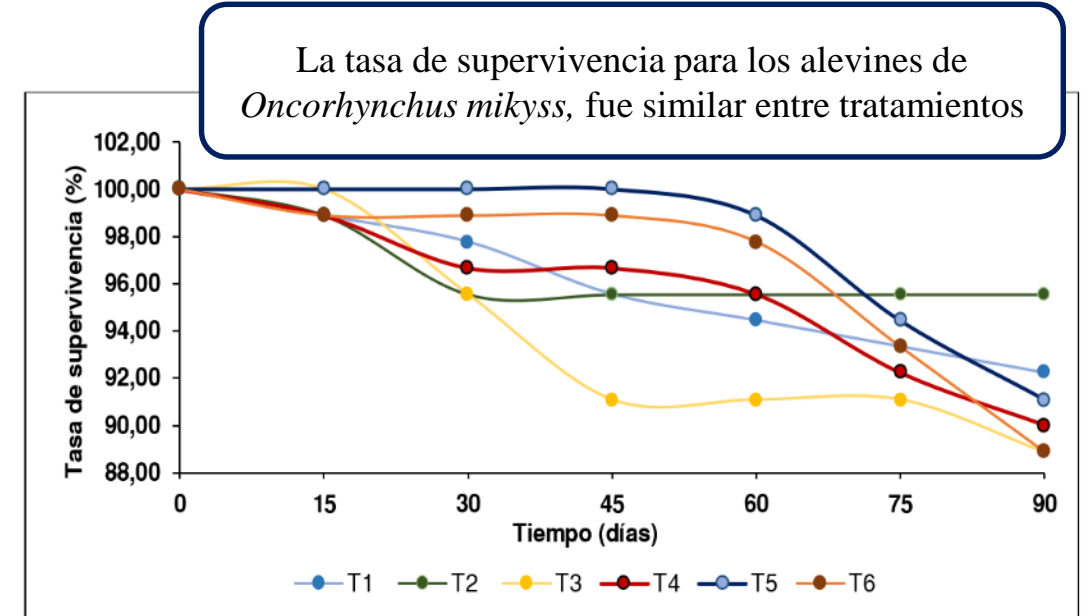
Tasa de supervivencia

El análisis estadístico para la tasa de supervivencia no presentó un efecto significativo para la fuente ($F_{5,12} = 0,77, p = 0,3986$) ni el probiótico ($F_{5,12} = 1,02, p = 0,3694$)

Tabla 20

Medias \pm desviación estándar de la tasa de supervivencia (%) de *Oncorhynchus mikyss* por cada tratamiento al final del experimento

Tratamiento	Descripción	Número de peces	Tasa de supervivencia (%)
T1	6g+Agua natural	90	92,22 \pm 7,39 a
T2	12g+Agua natural	90	95,56 \pm 1,93 a
T3	0g+Agua natural	90	88,89 \pm 6,94 a
T4	6g+Agua temperada	90	90,00 \pm 6,67 a
T5	12g+Agua temperada	90	91,11 \pm 1,92 a
T6	0g+Agua temperada	90	88,89 \pm 1,92 a



Se observó una tendencia a una mayor supervivencia en los animales del T2

(Naseri et al., 2013)

❖ *Bacillus licheniformis* y *B. subtilis*: 99% de supervivencia

(Bagheri et al., 2008)

❖ Mayor supervivencia con dietas con probióticos a base de *Bacillus subtilis*

Zhou & Wang (2012)

❖ Cualquier factor que influya en la ganancia de peso también influirá en el FCA



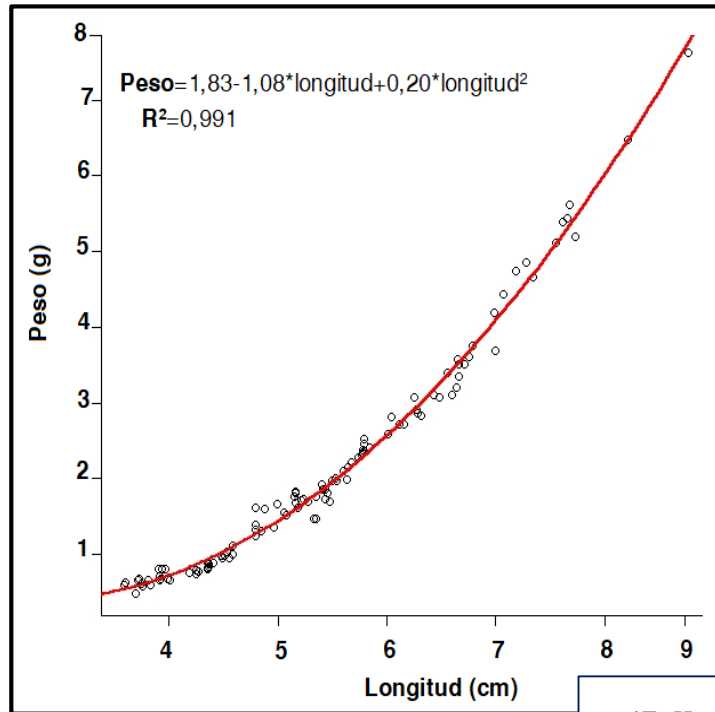
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de regresión

Longitud-peso

La longitud se relacionó con el peso de los alevines de trucha arcoíris mediante el siguiente modelo de regresión cuadrático:
 $\text{Peso} = 1,83 - 1,08 (\text{longitud}) + 0,20 (\text{longitud})^2 + E$ ($R^2 = 0,991$; $p < 0,05$)

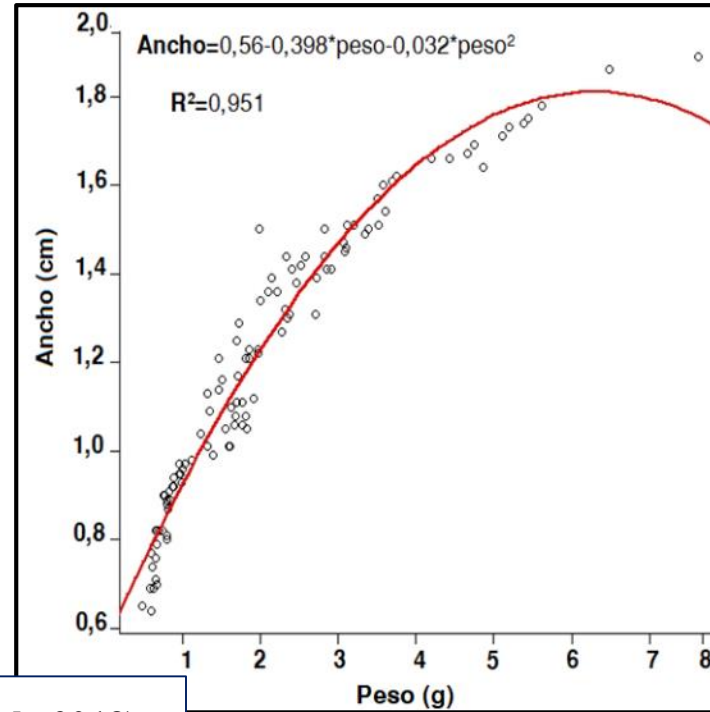


(Jellyman et al., 2013)

- ❖ Deducción de edades
- ❖ Tasas de crecimiento

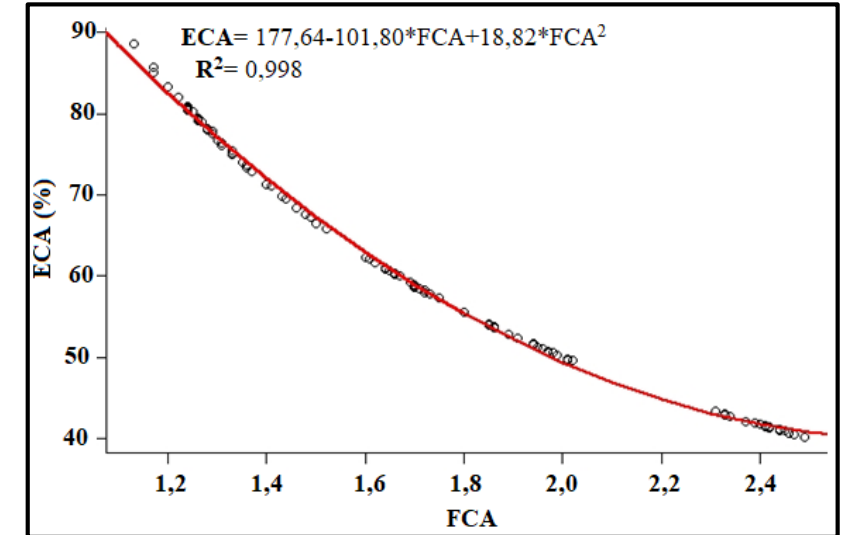
Ancho-peso

El ancho se relacionó con el peso de los alevines de trucha arcoíris mediante el siguiente modelo de regresión cuadrático:
 $\text{Ancho} = 0,56 - 0,398 (\text{peso}) - 0,03 (\text{peso})^2 + E$ ($R^2 = 0,951$; $p < 0,05$)



FCA-ECA

El (FCA) se relacionó con el ECA de los alevines de trucha arcoíris mediante el siguiente modelo de regresión cuadrático:
 $\text{ECA} = 177,64 - 101,80 (\text{FCA}) + 18,82 (\text{FCA})^2 + E$ ($R^2 = 0,998$; $p < 0,05$)



Craig et al. (2017)

- ❖ Costos de producción
- ❖ Aprovechamiento del alimento



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

1 Determinar la influencia del agua geotermal, natural y dieta con probiótico sobre parámetros morfométricos en alevines de *Oncorhynchus mykiss*.

El uso de una fuente de agua de cultivo temperada con agua geotermal generó un efecto positivo en los parámetros morfométricos de los alevines de trucha arcoíris. De tal forma que, se pudo obtener un incremento del peso corporal de 67,50 %, 17,51% de longitud total y 16,89% de ancho total con respecto a los animales sometidos a la fuente de agua natural.

2 Determinar la influencia del agua geotermal, natural y dieta con probiótico sobre parámetros productivos en alevines de *Oncorhynchus mykiss*.

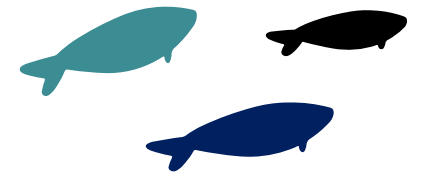
El uso de una fuente de agua de cultivo temperada con agua geotermal y fuente de agua natural generó un efecto positivo en algunos parámetros productivos de los alevines de trucha arcoíris.

- ❖ Al utilizar una fuente de agua temperada se pudo obtener 75% de mejora de ganancia de peso diaria, 22% de incremento en la tasa de crecimiento diaria, 13,63% de beneficio en el FCA, respecto a los valores obtenidos con fuente de agua natural.
- ❖ Finalmente, la tasa de supervivencia no se vio afectada por la dosis de probiótico, ni por las fuentes de agua empleadas. No obstante, la tasa de supervivencia registró una tendencia a ser mayor con el uso de probióticos.



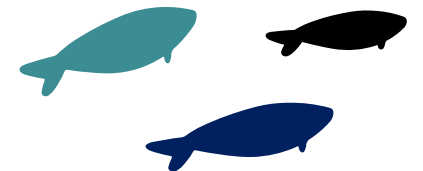
RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la fuente de agua de cultivo temperada con agua geotermal a una temperatura promedio de 15°C para promover un crecimiento óptimo y la inclusión del probiótico Fresh Plus® en dosis de 6 a 12g para aumentar la supervivencia de los animales en el centro de investigaciones CENIAC-Papallacta.
- Para futuros estudios, se recomienda usar la fuente de agua de cultivo temperada con agua geotermal a una temperatura promedio de 15°C sobre el crecimiento de trucha arcoíris con pesos promedios iniciales de 80 g.
- Considerando los análisis de agua presentados en este estudio, se recomienda utilizar el agua geotermal a una menor temperatura sobre cultivos hidropónicos, acuapónicos y microalgas.



RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar análisis hematológicos, bioquímicos e histológicos de animales sometidos a probióticos, fuentes de agua geotérmicas y la interacción de las mismas.
- ❖ En caso de instalaciones con agua geotermal se debe evitar el taponamiento de tuberías que causarían la disminución de oxígeno en las tinas de alevinaje mediante limpiezas diarias





¡Gracias!



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

