



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Uso de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas y su efecto en la calidad de la reproducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Hcda. El Prado**

Castro Flores, Kevin Alberto

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario







Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

Agosto 2021

### Document Information

Analyzed document	Tesis Castro K. (urkund).docx (D111247839)
Submitted	8/13/2021 2:51:00 PM
Submitted by	Ortiz Tirado Juan Cristobal
Submitter email	jcortiz@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	jcortiz.espe@analysis.urkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Borrador-Tesis-2020F.pdf</b> Document Borrador-Tesis-2020F.pdf (D62363657)	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/668/1/T-ESPE-020342.pdf">https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/668/1/T-ESPE-020342.pdf</a> Fetched: 5/16/2020 9:41:14 AM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/imagenes/adjuntos/libros/reproduccion_en_peces_obra_completa_web.pdf">https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/imagenes/adjuntos/libros/reproduccion_en_peces_obra_completa_web.pdf</a> Fetched: 7/23/2020 6:45:47 AM	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Gualichicomín-Urkund 1.docx</b> Document Gualichicomín-Urkund 1.docx (D46204236) Submitted by: jcortiz@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.urkund.com	 24
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Barrera-Barros-Tesis final (2).docx</b> Document Barrera-Barros-Tesis final (2).docx (D46393831) Submitted by: jcortiz@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.urkund.com	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS URKUND.docx</b> Document TESIS URKUND.docx (D23344959) Submitted by: galarrea@espe.edu.ec Receiver: galarrea.espe@analysis.urkund.com	 1

Firma:



Firma de jcortiz@espe.edu.ec por:  
**JUAN CRISTOBAL  
ORTIZ TIRADO**

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Uso de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas y su efecto en la calidad de la reproducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Heda. El Prado." Fue realizado por el señor Castro Flores, Kevin Alberto el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 13 de agosto del 2021

Firma:



Escaneé y controlé la firma con:  
**JUAN CRISTÓBAL  
ORTIZ TIRADO**

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

C. C 1709998163



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Castro Flores, Kevin Alberto con cédula de ciudadanía n° 1718926924, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Uso de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas y su efecto en la calidad de la reproducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Hcda. El Prado", es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 13 de agosto del 2021

Firma

Castro Flores, Kevin Alberto

C.C.: 1718926924



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Castro Flores, Kevin Alberto con cédula de ciudadanía n°1718926924, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Uso de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas y su efecto en la calidad de la reproducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Hcda. El Prado" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 13 de agosto del 2021

Firma

Castro Flores, Kevin Alberto

C.C.: 1718926924

**DEDICATORIA**

A mis padres, quienes día a día me alentaron para cumplir mis sueños

A mi hermano quien con su alegría me permitió seguir adelante

A mi mamita Fanny que desde el cielo me cuida

A mi eterno amor Elizabeth

A mi Familia

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Doctor Juan Ortiz por permitirme realizar mi proyecto de titulación y quien con paciencia supo guiarme con sus conocimientos para la culminación de mi proyecto

A la Ingeniera Daysi Muñoz quien me abrió las puertas del laboratorio de Recursos Acuáticos y quien con su guía me permitió culminar el trabajo de titulación

A mi madre Rosario quien con su constante apoyo, amor y dedicación supo guiarme para poder culminar esta etapa de mi vida, gracias por ser siempre mi norte y guiarme día a día para ser un hombre de bien, Te amo.

A mi padre Winston quien con su esfuerzo y amor me permitió cumplir mis sueños, gracias por ser un gran ejemplo, Te amo.

A mi hermano Nicolás quien con sus ocurrencias, su amor y su inocencia me ayudo a ser una mejor persona, luchar por mis sueños y seguir adelante día a día, Te amo.

A mi mamita Fanny no me alcanzaran nunca las palabras para agradecerte por todo el amor que me diste, gracias por cuidarme desde el cielo, Te extraño y Te amo.

A Elizabeth mi eterno amor, gracias por formar parte de mi vida y permitirme ser parte de la tuya, tu constante amor y cariño me permitieron seguir adelante. Gracias por ser mi guía sin ti esta etapa de mi vida no podría ser cumplida, te amare toda la vida. Gracias por tanto.

A mi ñaño Guillo, gracias por ser como un padre, nunca podré pagarte todo lo que has hecho por mí, gracias por tu gran corazón y tu generosidad, Te amo.

A mi familia Benítez Muñoz Flores Baldeon, su constante apoyo, sus palabras de aliento, sus consejos y su amor me alentaron a luchar cada día para llegar hasta a la meta, gracias por todo familia, viviré eternamente agradecido.

Kevin Alberto Castro Flores

## Índice de contenido

Carátula .....	1
Reporte Urkund.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	15
Resumen.....	19
Abstract .....	20
Capítulo I .....	21
Introducción .....	21
Antecedentes .....	21
Justificación.....	22
Objetivos .....	23
<i>Objetivo General</i> .....	23
<i>Objetivo Específico</i> .....	24
Hipótesis.....	24



	9
Capítulo II .....	26
Revisión de la Literatura .....	26
Trucha Arco Iris .....	26
Características de la reproducción.....	27
<i>Proceso de espermatogénesis</i> .....	28
<i>Proceso de ovogénesis</i> .....	29
La suplementación en la reproducción de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	30
<i>Nucleótidos</i> .....	30
<i>Vitaminas</i> .....	32
Vitamina C (Ácido ascórbico).....	32
Vitamina E (alfa tocoferol) .....	34
La suplementación en alimentos relacionada al bienestar animal.....	36
Capítulo III .....	39
Metodología.....	39
Ubicación del lugar de investigación .....	39
<i>Ubicación y descripción del área de estudio</i> .....	39
<i>Establecimiento del proyecto</i> .....	39
Variables a evaluar .....	41
<i>Reproductivas</i> .....	41
Machos.....	41
Hembras.....	41
<i>Hematológicas</i> .....	42

	10
Análisis de la información.....	44
Capítulo IV.....	45
Resultados y Discusión.....	45
Resultados .....	45
<i>Variables reproductivas Macho</i> .....	45
Volumen Seminal. ....	45
Tiempo de activación.....	46
Concentración espermática.....	47
Movilidad.....	49
Mortalidad espermática.....	50
<i>Variables reproductivas hembra</i> .....	52
Tamaño de ova .....	52
Color de ova.....	53
Peso de ovas. ....	54
Fecundidad.. ....	55
<i>Variables hematológicas</i> .....	57
Glucosa.....	57
Proteína.....	62
Micro hematocrito.. ....	72
Conteo Celular.....	76
Cortisol.....	77
<i>Correlación de variables</i> .....	81

	11
<b>Variables Hematológicas.....</b>	<b>81</b>
<b>Variables Reproductivas machos.....</b>	<b>81</b>
<b>Variables Reproductivas Hembras.....</b>	<b>82</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>83</b>
<b><i>Variables Reproductivas Machos</i>.....</b>	<b>83</b>
<b>Volumen seminal.....</b>	<b>83</b>
<b>Tiempo de activación y concentración espermática.....</b>	<b>83</b>
<b>Movilidad y mortalidad espermática.....</b>	<b>85</b>
<b><i>Variables Reproductivas Hembras</i>.....</b>	<b>86</b>
<b>Tamaño de ova.....</b>	<b>86</b>
<b>Color de ova.....</b>	<b>87</b>
<b>Peso de ova.....</b>	<b>87</b>
<b>Fecundidad.....</b>	<b>88</b>
<b>Proteína y albúmina.....</b>	<b>89</b>
<b>Cortisol.....</b>	<b>90</b>
<b>Capítulo V.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>93</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>94</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>96</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Promedio $\pm$ error estándar de mortalidad de espermatozoides evaluados en <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus kiss</i> ).....	45
<b>Tabla 2</b> Promedio $\pm$ error estándar del tiempo de actividad espermática evaluada en <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	46
<b>Tabla 3</b> Promedio $\pm$ error estándar de la concentración de espermatozoides evaluados en <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	48
<b>Tabla 4</b> Promedio $\pm$ error estándar de la movilidad en espermatozoides evaluados en <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	49
<b>Tabla 5</b> Promedio $\pm$ error estándar de mortalidad de espermatozoides evaluados en <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	51
<b>Tabla 6</b> Promedio $\pm$ error estándar del tamaño de ovas de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	52
<b>Tabla 7</b> Promedio $\pm$ error estándar de la colorimetría, observada en ovas de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	53
<b>Tabla 8</b> Promedio $\pm$ error estándar del peso de ovas observada de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	54
<b>Tabla 9</b> Promedio $\pm$ error estándar de la fecundidad absoluta y fecundidad relativa de hembras de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	56
<b>Tabla 10</b> Promedio $\pm$ error estándar de glucosa en sangre de reproductores de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	58
<b>Tabla 11</b> Promedio $\pm$ error estándar de glucosa en sangre de reproductores de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	59
<b>Tabla 12</b> Promedio $\pm$ error estándar de glucosa en sangre de reproductores de <i>Trucha arcoíris</i> ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	60

<b>Tabla 13</b> Promedio $\pm$ error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	62
<b>Tabla 14</b> Promedio $\pm$ error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	63
<b>Tabla 15</b> Promedio $\pm$ error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	64
<b>Tabla 16</b> Promedio $\pm$ error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	66
<b>Tabla 17</b> Promedio $\pm$ error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	67
<b>Tabla 18</b> Promedio $\pm$ error estándar de albumina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	68
<b>Tabla 19</b> Promedio $\pm$ error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	69
<b>Tabla 20</b> Promedio $\pm$ error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	71
<b>Tabla 21</b> Promedio $\pm$ error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ), durante el periodo de evaluación .....	72
<b>Tabla 22</b> Promedio $\pm$ error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ), durante el periodo de evaluación .....	73
<b>Tabla 23</b> Promedio $\pm$ error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ), durante el periodo de evaluación.....	74
<b>Tabla 24</b> Promedio $\pm$ error estándar de células sanguíneas de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	76
<b>Tabla 25</b> Promedio $\pm$ error estándar del cortisol medido en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ), durante el periodo de evaluación .....	78

<b>Tabla 26</b> Promedio $\pm$ error estándar del cortisol medido en sangre de reproductores de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ), durante el periodo de evaluación .....	79
<b>Tabla 27</b> Coeficiente de correlación de Pearson para variables hematológicas de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	81
<b>Tabla 28</b> Coeficiente de correlación de Pearson para variables reproductivas en machos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	82
<b>Tabla 29</b> Coeficiente de correlación de Pearson para variables reproductivas en hembras de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	82

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Comparación macho y hembra de <i>Oncorhynchus mykiss</i></i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Croquis experimental</i> .....	40
<b>Figura 3</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el volumen seminal en machos de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	46
<b>Figura 4</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el tiempo de activación de espermatozoides en machos de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	47
<b>Figura 5</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre concentración de espermatozoides en machos de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	48
<b>Figura 6</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la movilidad de espermatozoides en machos de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	50
<b>Figura 7</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la mortalidad espermática en machos de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	51
<b>Figura 8</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el tamaño de ova en hembras de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	52
<b>Figura 9</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre colorimetría de ova en hembras de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	53
<b>Figura 10</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre peso total de ova en reproductores de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	54
<b>Figura 11</b> <i>Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre peso de 20 ovas en reproductores de <i>Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i></i> .....	55

- Figura 12** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la fecundidad absoluta en hembras reproductoras de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 56
- Figura 13** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la fecundidad relativa en hembras reproductoras de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 57
- Figura 14** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 58
- Figura 15** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 59
- Figura 16** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 61
- Figura 17** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 61
- Figura 18** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 62
- Figura 19** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 63
- Figura 20** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 65
- Figura 21** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 65
- Figura 22** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 66



- Figura 23** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 67
- Figura 24** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 68
- Figura 25** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 70
- Figura 26** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 70
- Figura 27** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 71
- Figura 28** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 72
- Figura 29** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 73
- Figura 30** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 75
- Figura 31** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 75
- Figura 32** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la cantidad de células sanguíneas de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 76
- Figura 33** Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el conteo celular en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 77

**Figura 34** *Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre cortisol en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)..... 78*

**Figura 35** *Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre cortisol en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)..... 80*

## Resumen

En la acuicultura el uso de aditivos o compuestos como suplementos alimenticios se ha convertido en nuevas tecnologías para poder mejorar la calidad de los parámetros reproductivos en diferentes especies, mejorando y asegurando así la reproducción. En el presente ensayo se evaluó la inclusión de vitaminas (2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E) y nucleótidos (4 g) en dietas balanceadas de reproductores (machos y hembras) de *Oncorhynchus mykiss*. Para el ensayo se utilizaron 36 peces adultos, donde 12 de ellos eran macho con un peso promedio de (600 a 800 g) y 24 hembras (en estado de vitelogénesis o maduración estado III), distribuidos en 24 unidades experimentales. Se determinaron variables reproductivas y hematológicas de cada uno de los individuos evaluados durante un tiempo de 90 días además se realizó un manual digital para la divulgación de la información. Los machos de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con vitaminas (2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E) presentaron mejores valores respecto a las variables de volumen seminal ( $p < 0.05$ ), Tiempo de activación ( $p < 0.05$ ), Concentración espermática ( $p < 0.05$ ), Movilidad espermática ( $p < 0.05$ ) y menor cantidad en la mortalidad espermática ( $p < 0.05$ ) que el tratamiento control. Por otro lado las hembras de *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con vitaminas (2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E) presentan mejores valores respecto a las variables de tamaño de ova ( $p < 0.05$ ), color de ova ( $p < 0.05$ ), peso de ova ( $p < 0.05$ ), y fecundidad tanto relativa como absoluta ( $p < 0.05$ ) que el tratamiento control. Además las variables hematológicas como glucosa, proteína, albumina, hematocrito, conteo de glóbulos rojos y cortisol fue mayor en los reproductores de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con vitaminas.

**Palabras clave:** *Vitaminas, Nucleótidos, Trucha arco iris, Suplementación*

### Abstract

In aquaculture, the use of additives or compounds as feed supplements has become new technologies to improve the quality of reproductive parameters in different species, thus improving and assuring reproduction. In the present trial, the inclusion of vitamins (2400 UI of vitamin C and 900 UI of vitamin E) and nucleotides (4 g) in balanced diets of *Oncorhynchus mykiss* broodstock (males and females) was evaluated. Thirty-six adult fish were used for the trial, where 12 of them were males with an average weight of (600 to 800 g) and 24 females (in vitellogenesis stage or stage III maturation), distributed in 24 experimental units. Reproductive and hematological variables were determined for each of the individuals evaluated during a period of 90 days and a digital manual was created for the dissemination of the information. The *Oncorhynchus mykiss* males supplemented with vitamins (2400 IU of vitamin C and 900 IU of vitamin E) presented better values with respect to the variables of seminal volume ( $p<0.05$ ), activation time ( $p<0.05$ ), sperm concentration ( $p<0.05$ ), sperm motility ( $p<0.05$ ) and lower sperm mortality ( $p<0.05$ ) than the control treatment. On the other hand, *Oncorhynchus mykiss* females supplemented with vitamins (2400 IU of vitamin C and 900 IU of vitamin E) presented better values with respect to the variables of egg size ( $p<0.05$ ), egg color ( $p<0.05$ ), egg weight ( $p<0.05$ ), and relative and absolute fecundity ( $p<0.05$ ) than the control treatment. In addition hematological variables such as glucose, protein, albumin, hematocrit, red blood cell count and cortisol was higher in *Oncorhynchus mykiss* broodstock supplemented with vitamins.

**Keywords:** *Vitamins, Nucleotides, Rainbow trout, Supplementation*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Se conoce a la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como uno de los salmónidos más representativos respecto a su producción a lo largo de la serranía ecuatoriana (Jiménez et al., 2015). Según el censo realizado en el año 2006 por el Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC) el Ecuador produce en promedio 982.3 toneladas al año de esta especie. Para el año 2019 la producción aumenta a 6000 toneladas al año representando el 1% de la producción acuícola total del Ecuador (FAO, 2019).

Se conoce que es originaria del Océano Pacífico y fue introducida en el año 1928 a nuestro país, como parte de un programa para potenciar actividades como la pesca y la acuicultura en una variedad de ríos y lagos en nuestro país (Sicilia et al., 2009). En el año 1992 el ministerio de industria, comercio, integración y pesca (MICIP) establece el primer programa de reproducción artificial de trucha arcoíris en su estación piscícola “Arco Iris” con el fin de abastecer de alevines a piscicultores dedicados a la cría de esta especie en la provincia de Azuay (Osorio C. et al., 2009).

Respecto a la reproducción los machos de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se caracterizan por ser de menor tamaño (Gualavisí, 2009). Una vez alcanzada la madurez sexual desarrollan dimorfismo sexual, dando así un proceso de prolongación del maxilar inferior. Los machos pueden adquirir una madurez sexual a los 15 o 18 meses (Hernandez & Aquino-Martínez, 2008). Sin embargo estudios señalan que los machos de trucha arco iris pueden llegar a madurar sexualmente entre los 9 a 12 meses de edad, llegando a formar nuevos gametos sexuales entre los 15-25 días (Bravo, 2018).

Por otra parte las hembras pueden llegar a una madurez sexual en un mínimo de dos años. La reproducción de la trucha es sexual y externa, donde la hembra y el macho depositan libremente sus gametos sexuales (espermatozoides y óvulos), en nidos previamente preparados por la hembra (Bastardo de C., 1994).

Cabe señalar que la reproducción de la trucha arcoíris es cíclica, es decir que tiene lugar una vez al año (Blanco, 1994), dependiendo de varios factores como: Agua fresca, bien oxigenada, temperatura de 6-11° C, luminosidad (0-20 lux), oxígeno disponible a saturación (80%), cantidad y calidad de alimento (Blanco, 1994)

### **Justificación**

Las poblaciones de peces cultivados depende mucho de la calidad de la reproducción que esta pueda manejarse dentro de un programa asistido de reproducción en las diferentes explotaciones acuícolas (Kjørsvik, 2007). En el caso del semen este se caracteriza por presentar un color blanco, de consistencia lechosa en algunos casos viscosa, el cual está conformado por varios componentes entre ellos los espermatozoides (Bustamante et al., 2018). Por otro lado las ovas aptas para este proceso se caracterizan por presentar una buena coloración, con un buen tamaño y un estado de madurez idóneo dando así como resultado una reproducción exitosa (Rosado, 2019).

Varios estudios han demostrado que la reproducción incluyendo la calidad de los gametos (masculinos y femeninos) se ven afectados por nutrientes como proteínas, lípidos, minerales, vitaminas y carbohidratos (Barber, 2005). Para el caso de las vitaminas se ha determinado que juegan un papel importante para la reproducción, como es el caso de la vitamina C, la cual ayuda a una buena formación y coloración de los gametos femeninos (ovas), así como también un buen desarrollo en el proceso de vitelogenénesis (Bravo, 2018)

En el caso de los gametos masculinos (espermatozoides) la vitamina C actúa a nivel de plasma seminal, así como también protege las células del esperma durante el proceso de espermatogénesis hasta el momento de la fecundación (Ciereszko & Dabrowski, 1994). En el caso de la vitamina E su inclusión ayuda al aumento de lípidos totales en el óvulo, además de prevenir la degeneración peroxidativa de las grasas en las células, y ayudar así a la sobrevivencia larvaria reduciendo la probabilidad de anormalidades (Robles, 2020).

En el caso del macho la inclusión de vitamina E ayuda a la motilidad de los espermatozoides debido a su acción antioxidante (Ubilla & Valdebenito, 2011). Por otro lado la inclusión de nucleótidos en dietas para Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ayuda a la inmunología de esta especie, puesto que esta otorga una resistencia ante infecciones (virales, bacterianas y parasitarias) que comúnmente pueden afectar a la producción acuícola (Burrells et al., 2001)

Por lo tanto el presente estudio busca evaluar cómo influye la aplicación de nucleótidos, vitamina C y vitamina E en los parámetros reproductivos y hematológicos en reproductores de *Oncorhynchus mykiss*. Se cree que los reproductores de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con nucleótidos, vitamina C y vitamina E durante la etapa de maduración sexual mejoran la calidad de sus gametos sexuales y perfil hematológico en comparación a los reproductores no suplementados.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar el efecto de dietas enriquecidas con nucleótidos y/o vitaminas sobre la calidad de la reproducción y el perfil hematológico de trucha arco iris durante la maduración sexual (*Oncorhynchus mykiss*)

### **Objetivo Específico**

Determinar el efecto de nucleótidos, vitamina C y vitamina E sobre parámetros reproductivos en machos y hembras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante la etapa de maduración sexual

Evaluar el perfil hematológico en machos y hembras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) suplementados con nucleótidos, vitamina C y vitamina E durante la etapa de maduración sexual.

Elaborar una guía digital para la transferencia de tecnología sobre la suplementación de nucleótidos, vitamina C y vitamina E en trucha Arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) desarrollado en el laboratorio de Recursos acuáticos de la ESPE

### **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Los reproductores machos de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración sexual presentan similar mortalidad espermática que los reproductores machos no suplementados

**H<sub>1</sub>:** Los reproductores machos de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración sexual presentan mayor mortalidad espermática que los reproductores machos no suplementados

**H<sub>0</sub>:** Las reproductoras hembras de *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración sexual presentan similar diámetro de ova que las reproductoras hembras no suplementadas

**H<sub>1</sub>:** Las reproductoras hembras de *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración presentan mayor diámetro de ova que las reproductoras hembras no suplementadas



**H<sub>0</sub>:** Los reproductores de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración sexual presentan similar cantidad de cortisol que reproductores no suplementados

**H<sub>1</sub>:** Los reproductores de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con nucleótidos y/o vitaminas durante la etapa de maduración sexual presentan mayor cantidad de cortisol que reproductores no suplementados

## Capítulo II

### Revisión de la Literatura

#### Trucha Arco Iris

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) pertenece al grupo de los salmónidos, originario de América del norte (Ramírez, 2016). Su nombre se atribuye al color presente en su piel (Figura 1), el cual puede variar dependiendo del medio, la talla el sexo, el tipo de alimentación e incluso el grado de maduración sexual que esté presente (Blanco, 1994)

#### Figura 1

*Comparación macho y hembra de Oncorhynchus mykiss* (Chabela, 2020)



Su cuerpo se encuentra cubierto por escamas finas de forma fusiforme (forma de huso). La trucha arco iris se encuentra en ambientes naturales como cascadas y lagos en zonas de alta montaña, donde predominan aguas frías y claras, siendo así adaptadas a regiones elevadas y de montaña (Padrón & Lacruz, 2010).

De acuerdo a la (FAO, 2005) la clasificación taxonómica es:

Orden : *Salmoniformes*

Familia : *Salmonidae*

Subfamilia : *Salmoninae*

Espécie : *Oncorhynchus mykiss*

Nombre común: Trucha arco iris

### **Características de la reproducción**

Al ser un salmónido su reproducción es sexual y externa, de esta manera la hembra y el macho depositan libremente sus gametos sexuales (espermatozoides y óvulos) en ríos, lagos, arroyos, etc preparando nichos que permitan resguardar a los futuros alevinos (Hernandez & Aquino-Martínez, 2008) Algo muy peculiar es que presentan un gonocorismo indiferenciado, esto quiere decir que durante los primeros estadios de vida no presentan una diferencia sexual, esto refiere a que microscópicamente sus glándulas sexuales no podrán distinguirse hasta los cuatro meses entre testículos u ovarios (Cuevas, 2013).

Su reproducción también se caracteriza por ser cíclica, esto quiere decir que se da una vez al año y en una época determinada, por lo general el desove de este salmónido se da en el periodo comprendido entre los meses de noviembre a febrero, cabe recalcar que este proceso reproductivo está sujeto a la influencia de las condiciones ambientales (Blanco, 1994)

La etapa de reproducción presenta una sintomatología, la hembra presenta un vientre notoriamente ensanchado (debido a que aloja los huevos), el poro genital se vuelve turgente y se torna de color rosáceo. Por otro lado el macho sufre un alargamiento en su cuerpo y su aleta dorsal se torna de un color blanquecino (Batallas, 2018).

La cantidad de ovas obtenidas depende de las características que pueda presentar una hembra, hembras jóvenes podrán desovar de 1000 a 1500 huevos por kilogramo de peso, hembras de dos a tres años y con pesos que van de 1 kg a 2 kg podrán desovar en promedio 3000 a 3500 huevos (Vargas, 2003).

El macho por otro lado en su líquido seminal presenta una alta concentración, la cual puede oscilar entre  $9$  y  $26 \times 10^9$  espermatozoos/mL indiscriminadamente del peso del animal, más sin embargo su madurez será un factor importante para la obtención de sus gametos (Bastardo et al., 2004). Según Ortiz, (2020) el macho puede ser apto para la producción de espermatozoides entre los 9 a 12 meses de vida.

### ***Proceso de espermatogénesis***

En el caso de los salmónidos dentro de los testículos se pueden identificar: espermatogonias, espermatocitos, espermátides y espermatozoides. En el proceso de espermatogénesis las espermatogonias, conocidas como las células madres (espermatogonias primarias) en cada proceso de mitosis son renovadas, dando lugar a otras espermatogonias (Mantra, 2009).

Durante la espermatogénesis, las espermatogonias reduce el diámetro del núcleo finalizando con la formación de las espermátides (células haploides), estas espermátides son liberadas en los túbulos seminíferos donde se realizará el proceso de espermatogénesis dando así origen a los espermatozoides (Tabares et al., 2005).

Existen procesos primordiales que inician y finalizan el ciclo testicular; estos procesos son conocidos como espermatogénesis y espermiación (Bastardo et al., 2004). La espermatogénesis se caracteriza por la formación de células sexuales o espermatozoos y la espermiación refiere a la liberación de las células desde los testículos (Velasco, 2015).

La espermatogénesis se inicia cuando la GTH-I actúa sobre las células de Leydig iniciando así la producción de keto-testosterona dando así la señal de maduración testicular. Una vez alcanzados los niveles plasmáticos más altos de GTH-I inicia la fase de espermiación, de esta manera se estimula la producción

de la 17 alfa 20 beta dihidroxiprogesterona, la cual ayuda en el transporte de sodio y potasio requeridos para conservar e inmovilizar a los espermatozoides (Díaz & Neira, 2020). Estos dos estadios se ven temporalmente distanciados por un estadio de maduración entre espermatozoo, durante el cual estos experimentan cambios fisiológicos, esto quiere decir que un nuevo ciclo de espermiación se da únicamente cuando los espermatozoos se han liberado de los testículos (sea por un proceso normal de expulsión/extracción o reabsorción intratesticular) (Billard, 1992).

### ***Proceso de ovogénesis***

El proceso de maduración en los ovarios de peces se conoce como ovogénesis, este proceso tiene dos fases las cuales son: Pre-vitelogénesis y vitelogénesis, estos procesos comprenden seis estadios (Salamanca, 2020). Para el caso de la trucha arco iris la ovogénesis se da de manera sincrónica, esto quiere decir que todos los ovocitos tendrán un mismo estado de desarrollo, dando así como resultado una puesta total de todos sus gametos (L. W. González & Lugo, 1997).

Dentro del proceso de ovogénesis actúa el sistema neuroendocrino, sistema en el cual actúan hormonas del hipotálamo, la hipófisis y las gónadas. Por un lado el hipotálamo actúa sobre la hipófisis a manera de regulador/estimulante mediante la gonadotropina (Gn-RH) y como inhibidor por la dopamina (Díaz & Neira, 2020). Por otro lado la hipófisis produce GTH, la cual será la responsable de la maduración de los ovocitos, esta se presenta en forma de GTH-I y GTH-II. En el proceso de ovogénesis la GTH-I actúa sobre las células tecales del ovario y las células granulosas de los folículos, produciendo así la síntesis de 17 beta-estradiol la cual actúa sobre el hígado dando así el inicio a la constante síntesis de vitelogenina en el ovocito (Lethimonier et al., 2004) .

Por otro lado la GTH-II se encarga de la captura de vitelogenina sanguínea para así incorporar al ovocito. El 17 beta-estradiol también produce una señal para el proceso de producción de gonadotropina, la cual ayuda al proceso de maduración gonadal (King & Millar, 1992). En una fase final, se da la maduración de los ovocitos, en donde se incrementa el nivel de GTH-I dando así un estímulo a las células tecales para producir 17 alfa 20 beta dihidroxiprogesterona, la cual se encargara de la haploidización previa a la ovulación (Díaz & Neira, 2020).

### **La suplementación en la reproducción de *Oncorhynchus mykiss***

#### ***Nucleótidos***

Se conoce como nucleótidos a todas las formas que contienen purina (adenina, guanina, hipoxantina y xantina) o bases pirimidinas (Uracilo, timina y citosina). Las purinas y las pirimidinas pueden formar nucleótidos mediante un enlace glucosídico entre el nitrógeno y el carbono de la pentosa dejando así al grupo hidroxilo se esterifique con el grupo fosfórico (Macas & Molina, 2015).

La suplementación en reproductores puede ser muy beneficioso, por ejemplo en la ovogénesis, es un proceso intensivo de división celular, donde se da una gran formación de ácido nucleico y requiere de un alto contenido de este compuesto. De esta manera diversos experimentos han demostrado que la inclusión de nucleótidos ayuda a la calidad de las ovas, la fecundidad, la calidad de las larvas e incluso la supervivencia de las mismas (González, 2005).

La inclusión de nucleótidos en dietas tiene diferentes acciones respecto a los reproductores, en el caso de las hembras a más de mejorar la salud del animal y mejorar parámetros metabólicos aporta con grandes cantidades de energía las cuales le sirven para el proceso de maduración gonadal; el cual será importante para el proceso de vitelogénesis, esto en respuesta a la canalización metabólica de los triglicéridos plasmáticos y el glucógeno hepático (Arshadi et al., 2018).

En el caso del macho, respecto a sus gametos sexuales (espermatozoides), este ayuda mucho a la movilidad espermática (Pardo Carrasco & Martínez, 2010). En salmónidos la activación espermática es un proceso que inicia con la disminución de potasio extracelular produciendo un choque hiposmótico de este elemento generando así la reacción de movilidad en el espermatozoide (Alavi & Cosson, 2006).

En este caso los nucleótidos ayudan a proporcionar la energía necesaria para cumplir con actividades de trabajo, fuerza y desplazamiento del espermatozoide, así como también ayudan a una constante fosforilación de proteínas las cuales permiten mantener el proceso de activación y movilidad de manera idónea hasta poder llegar al proceso de fecundación (Hayashi et al., 1987).

En lo que respecta a parámetros hematológicos, la inclusión de nucleótidos en la alimentación puede mejorar la capacidad metabólica de los reproductores; esto debido a que se da el aumento de los niveles plasmáticos de hemoglobina y albúmina (Kohyani et al., 2012). Por otro lado Leonardí et al (2003) señala que la inclusión de nucleótidos en la dieta de salmónidos ayuda a la capacidad osmorreguladora, así como también reduce los niveles de cortisol que se producen en momentos de estrés del animal.

Los nucleótidos marca NuPro son de la casa comercial "AllTech" son compuestos derivados del extracto de levadura (no-GM) ricos en aminoácidos y péptidos de alto valor biológico, que se caracteriza por ser altamente digestibles. En su composición cabe recalcar que presentan entre el 5 al 7% de nucleótidos, 50 % de proteína bruta, 30% de aminoácidos libres y 30% de péptidos. Además al poseer ácido glutámico, sodio y nucleótidos se ha determinado que poseen una elevada palatabilidad (AllTech, 2020).

### **Vitaminas**

Se conoce como vitaminas aquellos compuestos orgánicos que se pueden encontrar de forma natural en el hábitat donde se pueden desarrollar diferentes especies, las cuales son capaces de estimular prácticamente todos los procesos bioquímicos de un animal (Brown & Challem, 2007). Los peces pueden consumir estas vitaminas desde fuentes acuáticas naturales en el caso de encontrarse en su entorno natural o en el caso de encontrarse en criaderos mediante dietas preparadas o enriquecidas (Izquierdo & Fernández-Palacios, 2004).

Se considera a un grupo de 15 vitaminas como esenciales en dietas para peces, sin embargo hoy en día se han determinado y estudiado que existe un grupo de vitaminas que influyen en mayor proporción, entre ellas tenemos: Retinol (Vit A), Colecalciferol (Vit D), tocoferol (Vit E), Menadiona (Vit K) y ácido ascórbico (Vit C) (Lazo, 2000).

**Vitamina C (Ácido ascórbico).** El 2,3-enediol-Lgulónico o conocido como ácido ascórbico, es un compuesto hidrosoluble, el cual puede ser crítico en la dieta de los peces, esto debido a la incapacidad de poderlos sintetizar, a nivel productivo niveles deficientes de ácido ascórbico pueden producir crecimientos reducidos y deformidades esqueléticas (Rodríguez & Rojas, 2014). La demanda de ácido ascórbico en *Oncorhynchus mykiss* se ve aumentada en la etapa de reproducción, donde se observa que los requerimientos de la misma se pueden elevar hasta ocho veces más en relación a individuos en etapas juveniles (Krautz, 2015)

Diferentes estudios demuestran que se puede incluir ácido ascórbico en relación de 2 a 3% del peso seco de la dieta ya que las pérdidas pueden ser del orden de 20 a 80% (Brown & Challem, 2007). Sin embargo (Bravo, 2018) recomienda adicionar 2400 UI de ácido ascórbico por kilogramo de



alimento para reproductores generando respuestas favorables respecto a gametos sexuales evaluados.

El ácido ascórbico es considerado como un elemento que puede influir en la reproducción de los salmónidos y mucho más cuando se trata de su reproducción (Orvay, 1993). Las necesidades de ácido ascórbico (vitamina C) puede correlacionarse con la ontogenia de los peces, como puede ser el caso de la maduración gonadal o el desarrollo de los futuros alevinos (Noriega et al., 2020).

Estudios indican que también pueden influir en la calidad de los gametos y la fertilización de los mismos (Gammanpila et al., 2010). En el caso de hembras reproductoras juega un papel importante en los procesos de esteroidogénesis y la vitelogénesis (Krautz, 2015). Este proceso de vitelogénesis se lo define como el proceso de rápido crecimiento de oocitos dándose de esta manera el aprovechamiento y empaquetamiento de sustancias hepáticas de la hembra dentro de sus ovas, de esta manera las reservas de nutrientes maternos son críticos para la calidad de las ovas y a posterior el desarrollo embrionario (Dabrowski & Blom, 1994).

Soliman et al., (1986) señala que en el proceso de ovogénesis la demanda de nutrientes específicos así como también de ácido ascórbico (vitamina C) se ven aumentadas, en donde una deficiencia de estos provocara daños a nivel bioquímico y morfológico tanto en ovas como en los embriones. Además en un estudio realizado por el mismo autor, señala que hembras de *Oreochromis niloticus* suplementadas con vitamina C presentaron altos niveles de ácido ascórbico tanto en ovas como en alevinos obtenidos. Halver et al (1975) mediante autorradiografía demostró que el ácido ascórbico es absorbido a través del ovario y este se fija en las membranas que recubren a las ovas de

*Oncorhynchus mykiss*. De esta manera las mejoras respecto a parámetros como la tasa de fecundidad y la calidad de la ova (color, tamaño, etc.) se la atribuye a la formación de radicales de oxígeno durante la biosíntesis de hormonas esteroidales (Izquierdo & Fernández-Palacios, 2004).

Para machos reproductores el ácido ascórbico ha demostrado una mejora en las células espermáticas durante el proceso de espermiogénesis, una vez producidos los gametos sexuales (espermatozoides) se puede observar que su calidad (motilidad y concentración) mejora (Carrillo, 2016). Incluso en el proceso de fertilización puede ser muy beneficioso, todo esto se atribuye a que el ácido ascórbico posee una función antioxidante, que impide la per-oxidación de los componentes lipídicos lo cual favorece a la calidad del espermatozoide (Izquierdo & Fernández-Palacios, 2004).

Respecto a los perfiles hematológicos, se conoce que el ácido ascórbico al contribuir en el funcionamiento del sistema inmunológico ayuda a la síntesis y con ello el aumento en la cantidad de glóbulos rojos (Cuaical et al., 2013). Chagas & Val (2003) señalan que la suplementación de alimentos con ácido ascórbico es proporcional a los valores de hematocrito relacionando así los valores bajos con enfermedades como la anemia. Los niveles de glucosa también se pueden ver disminuidos al utilizar diferentes cantidades de ácido ascórbico esto debido a que se disminuye el impacto del estrés evitando así la disminución de las reservas de glucógeno y que esté a su vez produzca la liberación de glucosa en la sangre (Por et al., 2021).

**Vitamina E (alfa tocoferol).** Conocidos también como tocoferoles y tocotrienoles, son compuestos liposolubles con una cadena lateral del tipo isoprenoide (Duran & Borja, 1993). Se conoce que la Vitamina E no puede ser sintetizada por lo que generalmente se

administra de forma alfa-tocoferol, este a su vez solo es absorbido en el lumen del intestino y la mucosa entre un 20 a 50% (Izquierdo & Fernández-Palacios, 2004).

La vitamina E es adicionada en alimentos balanceados por sus características antioxidantes, además de su efecto reductor del estrés (Espinosa de los Monteros & Labarta, 1997). La adición de vitamina E en dietas afecta positivamente a la síntesis de astaxantinas en el músculo, el cual en las hembras en etapas de reproducción son movilizadas al ovario y con ello a los óvulos (Eguía, 2017).

La vitamina E se moviliza a los ovarios mediante lipoproteínas, cargando favorablemente de lípidos al óvulo, de esta manera ayuda a evitar la degeneración peroxidativa de las grasas en los óvulos. Dando así una mejora en la calidad de gametos (ovas) (Rodríguez & Rojas, 2014). El metabolismo de la vitamina E se ve mediada por lipoproteínas que transportan este elemento en pequeños grupos, este se da generalmente de manera exógena y endógena (Palace & Werner, 2006). El metabolismo endógeno se encarga de transportar lípidos desde el intestino al hígado en forma de ácidos grasos unidos a proteínas transportadoras (Brown & Challem, 2007).

El metabolismo exógeno por otro lado exporta estos lípidos desde el hígado a los tejidos periféricos los cuales se transportan en pequeños paquetes de lipoproteínas de baja y alta densidad, estos últimos son conocidos como los principales precursores del proceso de vitelogénesis y la formación de lípidos en ovas (Palace & Werner, 2006). Es necesario recalcar que el contenido de vitamina E se encuentran en grandes cantidades en las ovas depositadas por salmónidos, y bajo tejidos de reproductores alimentados con dietas ricas en vitamina E después del periodo de puesta (Clerton et al., 2001).

Respecto a la reproducción del macho, la vitamina E tiene un rol fundamental, se caracteriza por dar una protección de las células del espermatozoide durante la etapa de espermatogénesis y hasta el momento de la fecundación, reduciendo el riesgo de peroxidación de los lípidos causando así una baja mortalidad del espermatozoide (Clerton et al., 2001), su déficit causa degeneraciones en los embriones, bajas tasas de eclosión e incluso pueden llegar a afectar a la expulsión de células germinativas epiteliales de los testículos (Carrillo, 2009).

Las bajas cantidades de vitamina E pueden causar también una posible esterilidad y un descenso en la producción de prostaglandinas (Schowen, 1993). Lee & Dabrowski (2004) dan como resultado en estudios de *Perca flavescens* con dietas deficientes en vitamina E niveles extremadamente bajos de tocoferol en el plasma espermático perjudicando así la viabilidad del espermatozoide.

En lo que respecta a parámetros hematológicos García et al (2007) señalan que la inclusión de vitamina E en dietas de *Oncorhynchus mykiss* influencia positivamente en los valores de hematocrito, y la cantidad de glóbulos rojos así como también disminuye la cantidad de cortisol debido a su capacidad antioxidante. Respecto a las cantidades de albúmina, índices altos pueden indicar un daño hepático respecto a la suplementación de dietas, sin embargo en estudios realizados en ratas se pudo apreciar que la adición de vitamina E mantiene estables y con ello también mejora los niveles de albúmina (Fernández, 2008)

### **La suplementación en alimentos relacionada al bienestar animal**

El sistema inmunológico en los vertebrados cumple funciones de protección ante infecciones producidas por agentes externos, los cuales pueden causar graves alteraciones en las funciones vitales del individuo, incluso pudiendo llevar al mismo a la muerte (Penagos et al., 2009). Hoy en día la suplementación en la

alimentación de peces con diversos materiales como vitaminas, nucleótidos, probióticos, micro minerales e inmuno-estimulantes se ha convertido en algo esencial para el crecimiento normal y mantener un estado de salud óptimo de los animales en un criadero (Macas & Molina, 2015).

Respecto a la suplementación con nucleótidos, específicamente en salmónidos, permite generar resistencia a infecciones virales, bacterianas y parasitarias, con ello también mejorar la capacidad de la osmorregulación (González, 2005). Se conoce también que los nucleótidos adicionados en el alimento balanceado, son identificados y procesados en el tracto digestivo del animal, pasando así al torrente sanguíneo y distribuyéndose hacia ganglios linfáticos y células. Estos compuestos pueden intervenir en las diversas funciones bioquímicas esenciales, dando una señal para la respuesta inmune y mejorando la resistencia de los peces, al ser atacados por agentes patógenos (Siegel, 2011).

Otros de los elementos de suplementación son las vitaminas, la vitamina C o ácido ascórbico ayuda a evitar en el desarrollo de peces enfermedades como escoliosis, la lordosis, hemorragias internas, etc .Por otro lado la vitamina E en truchas precisamente incrementa la mortalidad, y reduce también los niveles de hematocrito (Car, 2018).

Se ha demostrado que la vitamina C en altas concentraciones presenta efectos positivos en el sistema inmunológico mejorando la resistencia frente a cuadros de estrés y enfermedades (Ai et al., 2006). La vitamina E en truchas precisamente incrementa la mortalidad, y reduce también los niveles de hematocrito (Poston et al., 1976). Ambos al ser componentes antioxidantes ayudan a contrarrestar el efecto del estrés, incidiendo así en niveles de glucosa en la sangre, esto debido a que el efecto del estrés aumenta la excreción del

cortisol, éste a su vez aumenta la glucogénesis movilizando el metabolismo de la glucosa, resultando así niveles elevados de glucosa circulante en la sangre (Mommsen et al., 1999)

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del lugar de investigación

##### ***Ubicación y descripción del área de estudio***

El estudio se realizó en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA-1, ubicada en el cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha, Ecuador. Se localiza en las coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR M 787833.19 m E, 99957478.26 m S, la zona corresponde a un clima templado-húmedo (Cevallos & Tufiño, 2019), tiene una precipitación anual de 1200 mm, una temperatura de 16°C, humedad relativa de 65% y una altitud de 2932 m.s.n.m (Terán, 2006)

##### ***Establecimiento del proyecto***

Los reproductores de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) fueron seleccionados del proyecto de producción acuícola Pailones-IASA 1. Para la experimentación se utilizó un total de 36 animales, 12 machos (de 600 a 800 g) y 24 hembras (estado de vitelogénesis o maduración estado III) distribuidos en 24 unidades experimentales (1 m x 2 m x 2 m), en donde se colocaron los reproductores de acuerdo al sexo en una relación de 2:1 (2 hembras y 1 macho).

Una vez seleccionado los reproductores fueron identificados mediante la marcación digital (chips "D.A.T.A.M.A.R.S") y fueron alimentados durante 90 días con cuatro tipos de dietas: Machos-dieta balanceada comercial (T<sub>1</sub>), Hembras-dieta balanceada comercial (T<sub>2</sub>), Machos-dieta balanceada comercial más 4 g de nucleótidos (T<sub>3</sub>), Hembras-dieta balanceada comercial más 4 g de nucleótidos (T<sub>4</sub>), Machos-dieta balanceada comercial más 2400 UI de vitamina C y 900 UI vitamina E (T<sub>5</sub>), Hembras-dieta balanceada comercial más 2400 UI de vitamina C y 900 UI

vitamina E (T<sub>6</sub>), Machos-dieta balanceada comercial más 4 g de Nucleótidos, 2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E (T<sub>7</sub>) y Hembras-dieta balanceada comercial más 4 g de Nucleótidos, 2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E (T<sub>8</sub>) (Guzmán, 2013; Barrera & Barros, 2018).

Para la inclusión de nucleótidos y/o vitaminas a la dieta balanceada comercial se utilizó una solución de gelatina sin sabor con agua a proporción 1:100, la cual se mezcló con el alimento.

El proyecto se realizó mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones en parcela dividida 4x2 bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + e_{k(i)} + D_j + (SD)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

**$\mu$** : Media poblacional

**$S_i$** : Efecto principal del sexo

**$e_{k(i)}$** : Error de la dieta

**$D_j$** : Efecto principal de la dieta

**$(SD)_{ij}$** : Interacción de la dieta-sexo

**$e_{ijk}$** : error del sexo

La disposición del experimento se puede apreciar en la Figura 2.

**Figura 2**

*Croquis experimental*

	Control		Balan+Vit+Nucle		Balancado mas Vitaminas		Balanceado mas nucleotidos	
Bloque 1	Machos	Hembra	Machos	Hembras	Machos	Hembra	Machos	Hembras
	Balancado mas Vitaminas		Balanceado mas nucleotidos		Balan+Vit+Nucle		Control	
Bloque 2	Machos	Hembra	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembra
	Balanceado mas nucleotidos		Control		Balancado mas Vitaminas		Balan+Vit+Nucle	
Bloque 3	Machos	Hembras	Machos	Hembra	Machos	Hembra	Machos	Hembras



## **Variables a evaluar**

### ***Reproductivas***

**Machos.** De cada unidad experimental se tomó un macho al cual mediante la técnica unipersonal se extrajo los gametos masculinos (semen), para evaluar variables reproductivas como: Concentración espermática, mortalidad espermática, movilidad y tiempo de activación. Estas mediciones se realizarán cada 25 días.

La concentración espermática se evaluó mediante el conteo del número de células espermáticas por unidad de volumen, su determinación se realizó 2 horas después de la recolección del semen, se preparó una dilución 1:50 (20  $\mu$ L de semen y 980 de diluyente (sacarosa 0.6 molar y 10% DMSO)). Se utilizó 10  $\mu$ L de solución de semen en una cámara de Neubauer bajo un lente de 40x (Chicaiza, 2015).

La Mortalidad espermática se evaluó mediante la técnica de tinción de Eosina-Nigrosina, donde se tomó 10  $\mu$ L de semen, se mezcló en igual cantidad con la solución E-N y mediante frotis se examinó a 100x (Bravo, 2018)

Respecto a la movilidad esta fue medida en masa, para lo cual se preparó una solución salina (Cloruro de sodio al 0.8%) de esta manera se buscó activar a los espermatozoides. Esta dilución se observó y evaluó mediante un lente de 40x (Chicaiza, 2015).

Por último el tiempo de activación fue medido mediante un cronómetro, esta fue evaluada durante el tiempo de movimiento del espermatozoide desde su activación (mediante solución salina) hasta la pérdida de movimiento

**Hembras.** De cada unidad experimenta se evaluó dos hembras de las cuales se extrajeron los gametos sexuales (ovas) mediante la técnica unipersonal, de

esta manera se evaluó variables reproductivas como: Color de la ova, diámetro de la ova, peso de la ova, fecundidad absoluta y fecundidad relativa. Se realizó chequeos cada 15 días hasta la obtención de gametos sexuales (ovas).

Para evaluar el color de la ova, se utilizó el software ImageJ el cual con la función histograma permitió evaluar la intensidad, color rojo, color verde, color azul y R+G+B con muestras de 10 ovas al azar de cada hembra.

Respecto al diámetro de la ova se tomaron muestras al azar de cada hembra, los cuales fueron analizados mediante el programa de procesamiento de imagen digital ImageJ y su contador de píxeles.

Para el peso de la ova se tomó una muestra representativa al azar de cada hembra, los cuales fueron pesados mediante una balanza analítica en el laboratorio de acuicultura de la ESPE-IASA 1

Finalmente para el cálculo de la fecundidad absoluta se relacionó la cantidad de óvulos frente al peso individual del reproductor, mientras que la fecundidad relativa fue en función a una porción de ovas obtenidas frente al peso individual del reproductor.

### ***Hematológicas***

Las variables a evaluar fueron número de Eritrocitos, hematocrito, albúmina, glucosa, proteína total y cortisol. Se realizó la extracción de sangre de la vena caudal de los peces mediante una jeringa de 3 ml. La jeringa debe estar previamente heparinizada, con 5000 UI/mL de heparina sódica. Una vez extraída la sangre se colocó en tubos vacutainer con su respectiva rotulación y almacenadas a 4°C. Las muestras de sangre se tomaron cada 15 días.

El recuento de eritrocitos se realizó con la ayuda de microscopio óptico y cámara de Neubauer marca Numak (Maya, 2007). Para determinar el número de eritrocitos en sangre se utilizó la siguiente fórmula

$$\text{Número de eritrocitos en sangre} = \frac{\text{células} \times 10^6}{\mu\text{L}}$$

El análisis de Hematocrito se realizó mediante un capilar, este se colocó en una centrífuga MX 8624 a 3500 rpm durante 10 minutos y se analizó mediante una tabla de micro hematocrito, evaluando así a cada uno de los reproductores (Maya, 2007).

Para el análisis de proteína total, albúmina y hemoglobina se utilizó el método fotométrico colorimétrico, el cual fue medido con espectrofotómetro UV (Min & Kang, 2008).

Finalmente el análisis de cortisol se utilizó las muestras sanguíneas, las cuales fueron centrifugadas por 10 minutos a 3000 rpm para poder extraer el plasma sanguíneo (Zevallos De La Torre, 2018). La determinación de cortisol en plasma sanguíneo se realizó mediante el kit de ELISA (Flores, 2018).

Los parámetros físico-químicos del agua se registró diariamente los parámetros de agua durante todos los días a partir de las 9:00 am, 12:00, 14:00 y 18:00 para los siguientes parámetros: temperatura, pH. Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos. Para análisis de bases nitrogenadas estos análisis se realizaron cada semana (NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub>).

**Análisis de la información.**

Las variables morfológicas, reproductivas y hematológicas se caracterizaron con estadística descriptiva (media y desviación estándar). Para comparar las variables morfológicas, reproductivas y hematológicas entre tratamientos se realizó análisis de varianza y pruebas de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Todos los análisis se realizaron en el software INFOSTAT.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### Resultados

##### *Variables reproductivas Macho*

**Volumen Seminal.** Al realizar el análisis de varianza para el volumen seminal en Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mostró un efecto significativo ( $F=37.00$ ;  $p=0.0003$ ) para la interacción dieta\* volumen, teniendo así al tratamiento dieta comercial más vitaminas con la mayor cantidad de líquido seminal ( $1,50 \pm 0,03$  ml) en comparación al tratamiento control (dieta comercial) que presentó la menor cantidad de líquido seminal ( $1,13 \pm 0,03$  ml) (tabla 1).

**Tabla 1**

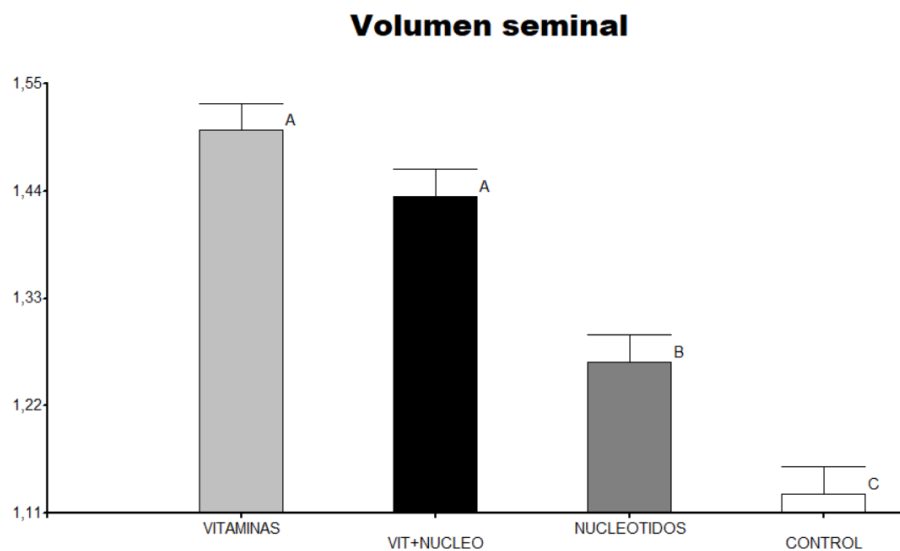
*Promedio  $\pm$  error estándar del volumen seminal evaluado en Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tratamiento	n	Volumen seminal (mL)	Peso promedio ( kg)
Vitaminas	3	1,50 $\pm$ 0,03 a	1,27 $\pm$ 0,02 a
Vit + Nucleótidos	3	1,43 $\pm$ 0,03 a	1,10 $\pm$ 0,02 b
Nucleótidos	3	1,27 $\pm$ 0,03 b	1,06 $\pm$ 0,02 b
Control	3	1,13 $\pm$ 0,03 c	1,01 $\pm$ 0,02 b

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 3**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el volumen seminal en machos de *Trucha arcoiris* (*Oncorhynchus mykiss*)



**Tiempo de activación.** El análisis de varianza para el tiempo de activación de espermatozoides de *Trucha arco iris* (*Oncorhynchus mykiss*) mostró un efecto significativo para la interacción dieta\* tiempo de activación ( $F=28.18$ ;  $p=0.0001$ ), en donde la dieta comercial más vitaminas presenta el mayor tiempo de activación de espermatozoides ( $167,33 \pm 3,10$  segundos) en comparación al tratamiento control (dieta comercial) que presentó el menor tiempo de activación de espermatozoides ( $84,67 \pm 3,10$  segundos) (tabla 2).

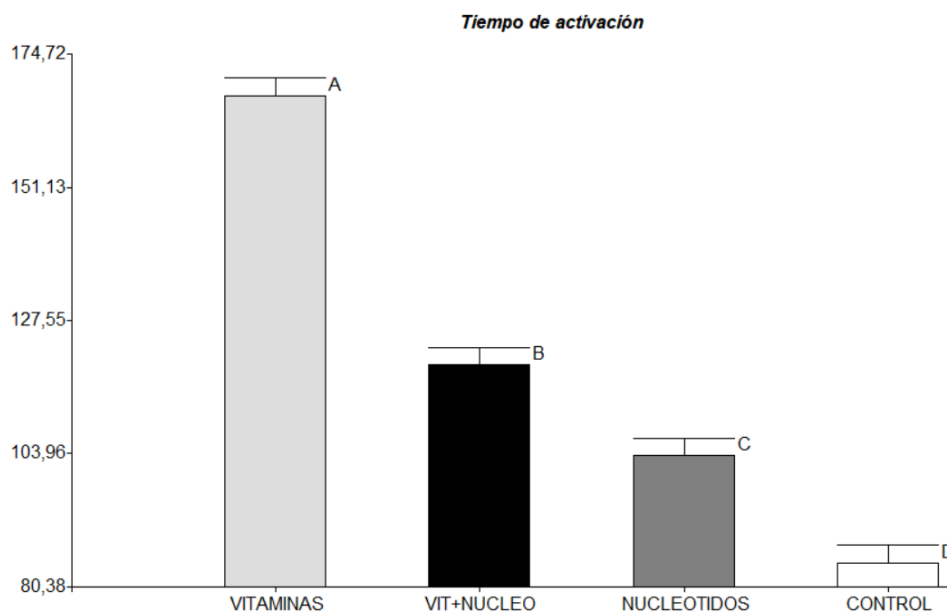
**Tabla 2**

Promedio  $\pm$  error estándar del tiempo de actividad espermática evaluada en *Trucha arcoiris* (*Oncorhynchus mykiss*)

Tratamiento	n	Tiempo de activación (segundos)
Vitaminas	3	$167,33 \pm 3,10$ a
Vit + Nucleótidos	3	$119,67 \pm 3,10$ b
Nucleótidos	3	$103,67 \pm 3,10$ c
Control	3	$84,67 \pm 3,10$ d

**Figura 4**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el tiempo de activación de espermatozoides en machos de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*



**Concentración espermática.** El análisis de varianza para los resultados obtenidos en las variables de concentración espermática mostró un efecto significativo para la interacción dieta\* concentración ( $F=164.49$ ;  $p<0.0001$ ), muestra diferencias significativas entre tratamientos evaluados, en donde la dieta comercial más vitaminas presentan mayor cantidad de células por mililitro ( $15,6 \pm 0,12 \times 10^6$ ) en comparación al a la dieta comercial (control) que presentó la menor cantidad de células por mililitro ( $12,2 \pm 0,12 \times 10^6$ ) (tabla 3).

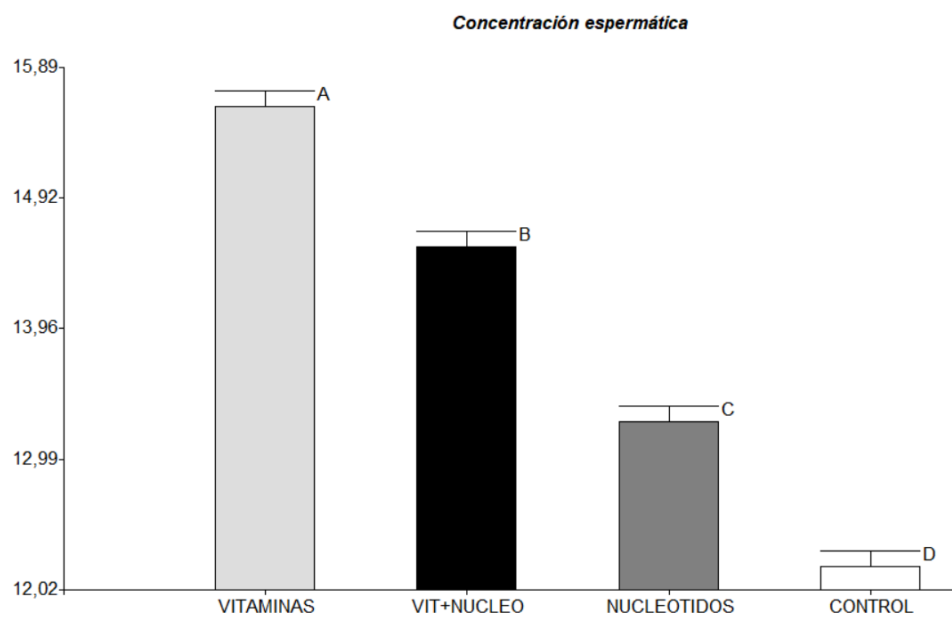
**Tabla 3**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la concentración de espermatozoides evaluados en Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*

Tratamiento	n	Concentración espermática (Cel/mL)
Vitaminas	3	15,6 $\pm$ 0,12 x 10 <sup>6</sup> a
Vit + Nucleótidos	3	14,57 $\pm$ 0,12 x 10 <sup>6</sup> b
Nucleótidos	3	13,27 $\pm$ 0,12 x 10 <sup>6</sup> c
Control	3	12,2 $\pm$ 0,12 x 10 <sup>6</sup> d

**Figura 5**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre concentración de espermatozoides en machos de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*





**Movilidad.** La movilidad espermática fue categorizada como móviles, semi-móviles e inmóviles, en donde el análisis de varianza obtenido mostró un efecto significativo para la interacción dieta\* movilidad ( $F=3.81$ ;  $p=0.0121$ ), donde muestra diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En el análisis realizado la dieta más vitaminas presenta el mayor porcentaje de espermatozoides móviles ( $34,66 \pm 2,62$ ) y semi-móviles ( $32,91 \pm 3,59$ ) en comparación a la dieta comercial que presenta la menor cantidad de espermatozoides móviles ( $14,89 \pm 1,97$ ) y semi-móviles ( $15,65 \pm 1,70$ ). Respecto a los espermatozoides inmóviles la dieta comercial presenta la mayor cantidad de espermatozoides ( $26,73 \pm 0,89$  a) a diferencia de la dieta comercial más vitaminas ( $22,87 \pm 0,40$ ) que presentan la menor cantidad de ellos (Tabla 4).

**Tabla 4**

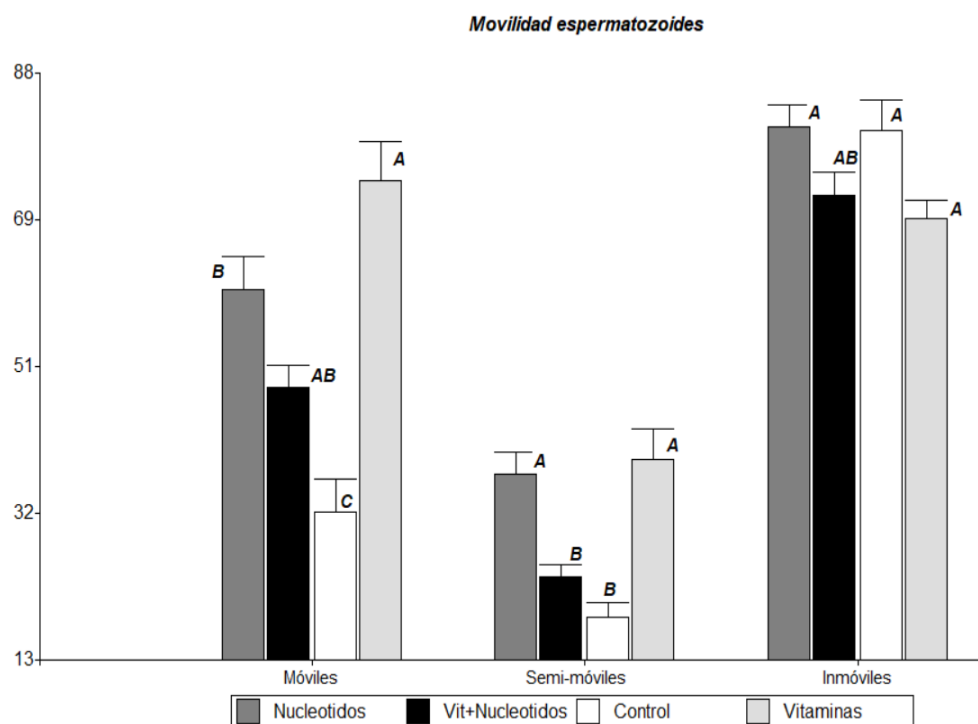
*Promedio  $\pm$  error estándar del porcentaje de movilidad en espermatozoides evaluados en Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tratamiento	n	Móviles (%)	Semi-móviles (%)	Inmóviles (%)
Vitaminas	3	$34,66 \pm 2,62$ a	$32,91 \pm 3,59$ a	$22,87 \pm 0,40$ a
Vit + Nucleótidos	3	$28,16 \pm 0,80$ b	$31,30 \pm 0,18$ b	$26,73 \pm 0,88$ a
Nucleótidos	3	$22,29 \pm 1,32$ ab	$20,14 \pm 2,15$ c	$23,84 \pm 0,75$ a
Control	3	$14,89 \pm 1,97$ c	$15,65 \pm 1,70$ c	$26,73 \pm 0,89$ a

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Figura 6

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la movilidad de espermatozoides en machos de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



**Mortalidad espermática.** El análisis de varianza para la mortalidad espermática en Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mostró un efecto significativo para la interacción dieta\*mortalidad ( $F=4.84$ ;  $p=0.0483$ ), en donde la mayor cantidad de espermatozoides muertos se presentó en el tratamiento control (dieta comercial), en comparación al tratamiento dieta comercial más vitaminas que presentó la menor cantidad de espermatozoides muertos y con ello la mayor cantidad de espermatozoides vivos (tabla 5)

Tabla 5

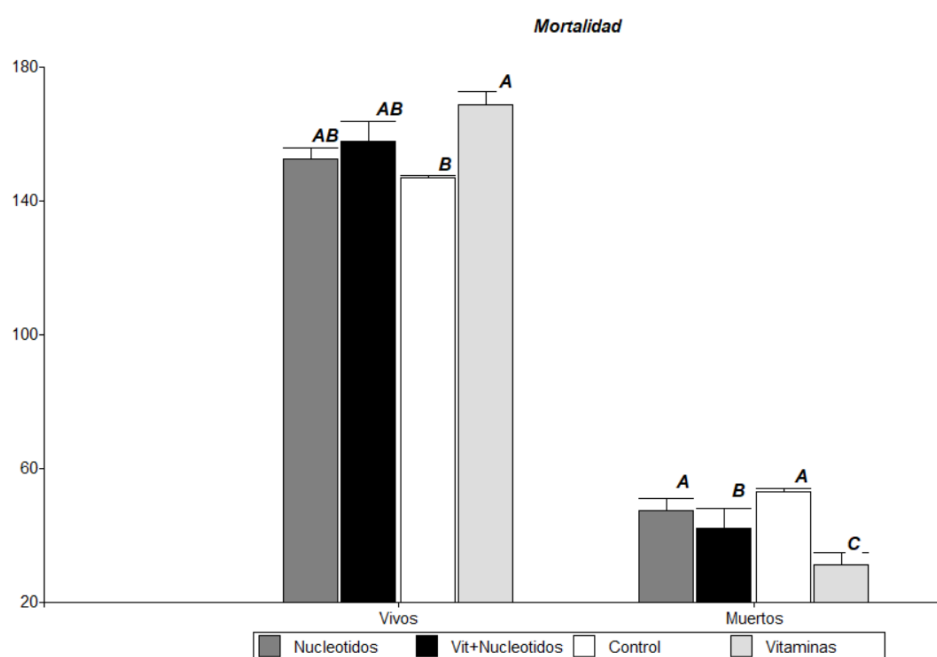
Promedio  $\pm$  error estándar de mortalidad de espermatozoides evaluados en Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Tratamiento	n	Espermatozoides	
		vivos	muertos
Vitaminas	3	168,67 $\pm$ 4,26 a	31,33 $\pm$ 4,26 b
Vit + Nucleótidos	3	157,67 $\pm$ 4,26 ab	42,33 $\pm$ 4,26 ab
Nucleótidos	3	152,33 $\pm$ 4,26 ab	47,67 $\pm$ 4,26 ab
Control	3	146,67 $\pm$ 4,26 b	53,33 $\pm$ 4,26 a

*n* = número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Figura 7

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la mortalidad espermática en machos de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



### Variables reproductivas hembra

**Tamaño de ova.** El análisis de varianza para el tamaño de ova en Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) mostró un efecto significativo para la interacción tratamiento\*tamaño de ova ( $F=16.49$ ;  $p<0.0001$ ), en donde la dieta comercial más vitaminas presentó el mayor tamaño de ova ( $6,5 \pm 0,01$  mm) mientras que la dieta comercial (tratamiento control) mostró el menor tamaño de ova ( $4,4 \pm 0,01$  mm). (Tabla 6)

**Tabla 6**

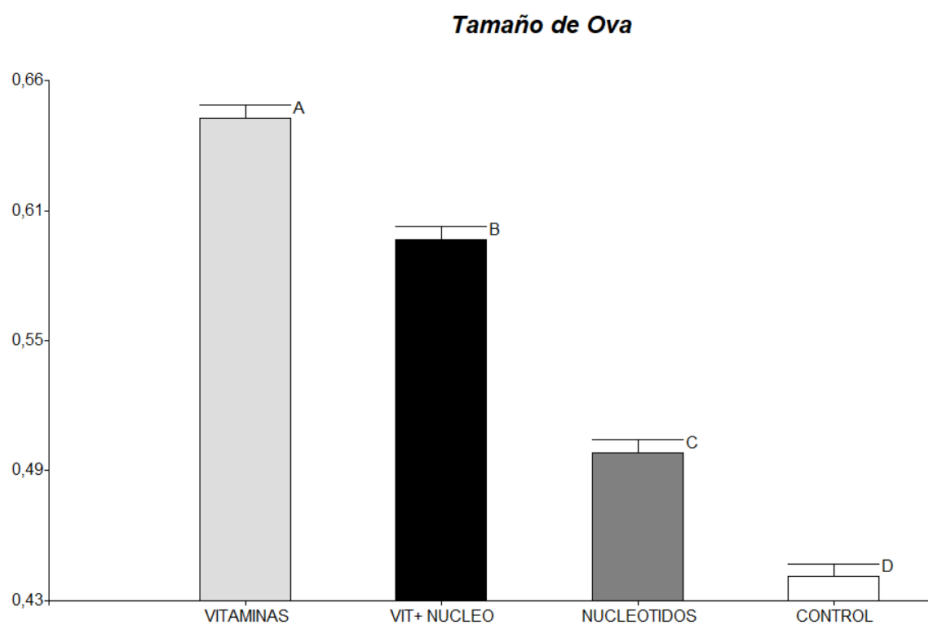
*Promedio  $\pm$  error estándar del tamaño de ovas de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tratamiento	n	Tamaño (mm)
Vitaminas	40	$6,5 \pm 0,01$ a
Vit + Nucleótidos	40	$5,9 \pm 0,01$ b
Nucleótidos	40	$5,0 \pm 0,01$ c
Control	40	$4,4 \pm 0,01$ d

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 8**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el tamaño de ova en hembras de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



**Color de ova.** El análisis de varianza para el color de ova determinó que existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos. Respecto a la Intensidad, color rojo, color verde, color azul y R+G+B el alimento comercial más vitaminas presentó mejores resultados ( $161,63 \pm 0,46$ ,  $165,13 \pm 0,82$ ,  $166,05 \pm 0,67$ ,  $123,03 \pm 0,71$  y  $165,88 \pm 0,68$  respectivamente); mientras que la dieta comercial (tratamiento control) presentó los menores resultados ( $124,68 \pm 0,46$ ,  $128,53 \pm 0,82$ ,  $124,28 \pm 0,67$ ,  $83,38 \pm 0,71$ ,  $119,98 \pm 0,68$  respectivamente). (Tabla 7.)

**Tabla 7**

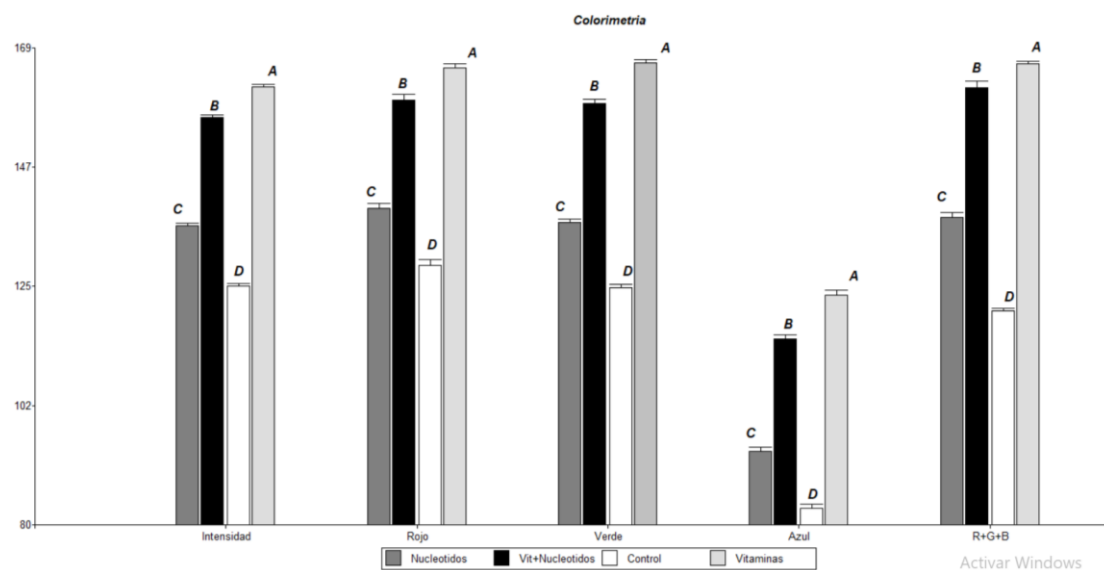
*Promedio  $\pm$  error estándar de la colorimetría observada en ovas de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tratamiento	Intensidad (bits)	Rojo (bits)	Verde (bits)	Azul (bits)	R+G+B (bits)
Vitaminas	$161,63 \pm 0,46$ a	$165,13 \pm 0,82$ a	$166,05 \pm 0,67$ a	$123,03 \pm 0,71$ a	$165,88 \pm 0,68$ a
Vit + Nucleótidos	$155,95 \pm 0,46$ b	$159,10 \pm 0,82$ b	$158,58 \pm 0,67$ b	$114,90 \pm 0,71$ b	$161,55 \pm 0,68$ b
Nucleótidos	$135,85 \pm 0,46$ c	$139,00 \pm 0,82$ c	$136,45 \pm 0,67$ c	$94,03 \pm 0,71$ c	$137,38 \pm 0,68$ c
Control	$124,68 \pm 0,46$ d	$128,53 \pm 0,82$ d	$124,28 \pm 0,67$ d	$83,38 \pm 0,71$ d	$119,98 \pm 0,68$ d

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 9**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre colorimetría de ova en hembras de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



**Peso de ovas.** El análisis de varianza para el peso de ova mostró un efecto significativo para la interacción tratamiento\*peso de ova ( $F=152$ ;  $p=0.0009$ ), y para tratamiento\*peso de ova (muestra) ( $F=12.12$ ;  $p=0.0349$ ), en donde la dieta comercial más vitaminas presentó el mayor peso de ova ( $95.00 \pm 2.83$ ) y mayor peso de ova (muestra) ( $1.43 \pm 0.03$ ) mientras que la dieta comercial (tratamiento control) mostró el menor peso de ova ( $62.00 \pm 1.41$ ) y menor peso de ova (muestra) ( $1.22 \pm 0,05$ )

**Tabla 8**

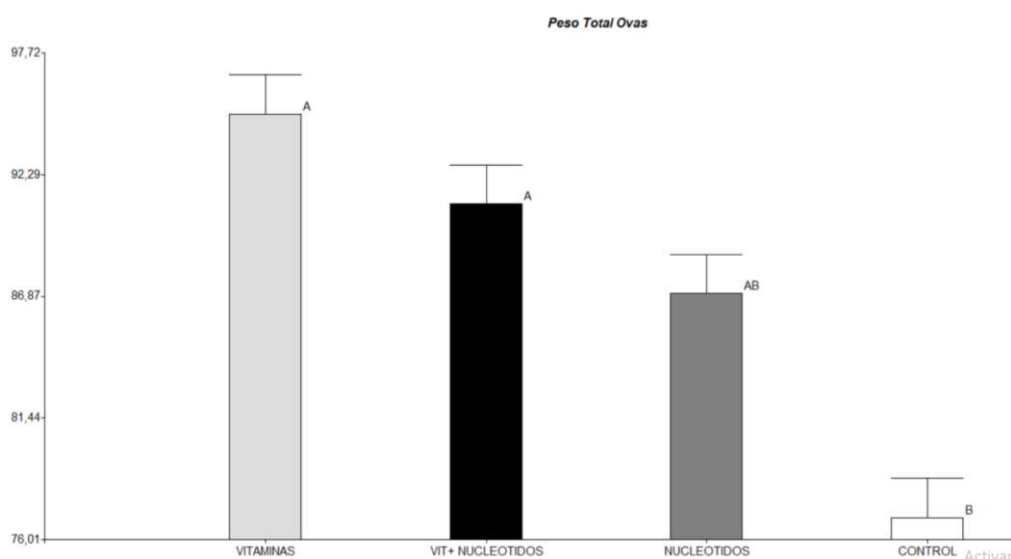
*Promedio  $\pm$  error estándar del peso de ovas observada de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*

Tratamiento	n	Peso de ova (muestra) g	Peso de ova (total) g
Vitaminas	2	$1.43 \pm 0,03$ a	$95,00 \pm 2,83$ a
Vit + Nucleótidos	2	$1.34 \pm 0,03$ ab	$84,00 \pm 1,41$ ab
Nucleótidos	2	$1.28 \pm 0,01$ ab	$95,00 \pm 1,41$ a
Control	2	$1.22 \pm 0,05$ b	$62,00 \pm 1,41$ c

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

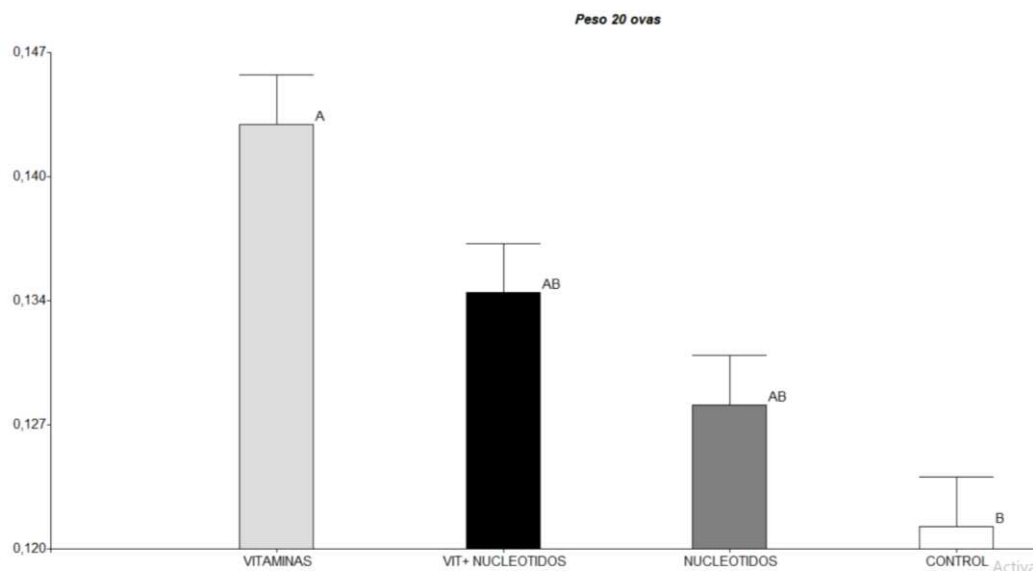
**Figura 10**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre peso total de ova en reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*



**Figura 11**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre peso de 20 ovas en reproductores de *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*)



**Fecundidad.** El análisis de varianza para la fecundidad en *Trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) mostró un efecto significativo para la interacción tratamiento\*fecundidad absoluta ( $F=52.75$ ;  $p=0.0042$ ), mas no para la interacción tratamiento\*fecundidad relativa ( $F=6.57$ ;  $p=0.0782$ ), en donde la dieta comercial más vitaminas presentó mayor fecundidad absoluta ( $6795 \pm 238,00$ ) y mayor fecundidad relativa ( $4605 \pm 117,38$ ) mientras que la dieta comercial (tratamiento control) mostró el menor fecundidad absoluta ( $3768,5 \pm 169,50$ ) y menor fecundidad relativa ( $3626 \pm 65,05$ ) (Tabla 9).

**Tabla 9**

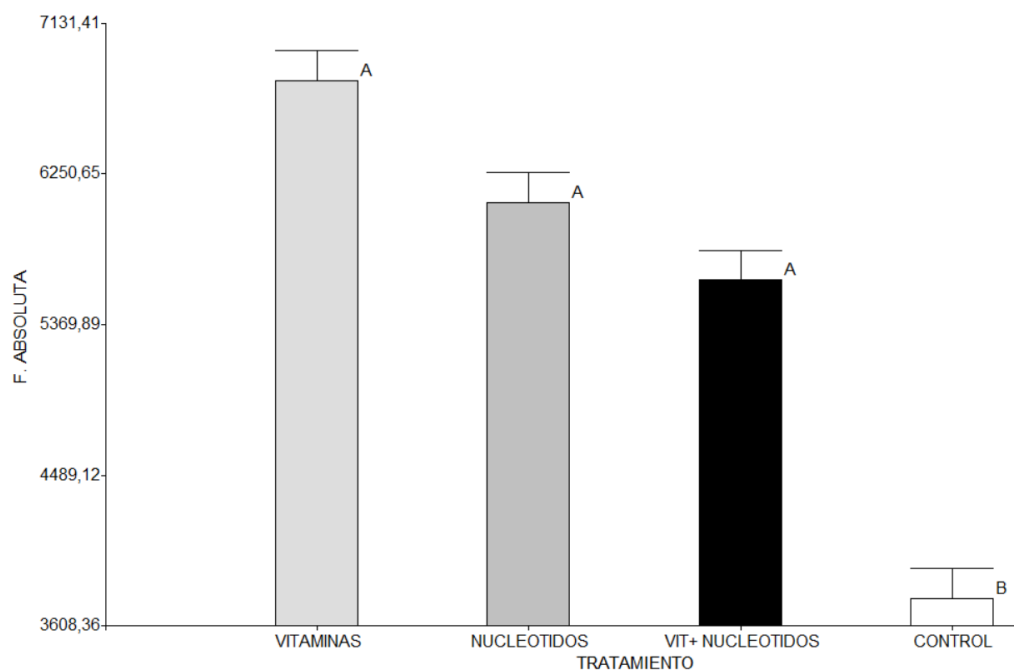
*Promedio  $\pm$  error estándar de la fecundidad absoluta y fecundidad relativa de hembras de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tratamiento	n	Fecundidad absoluta	Fecundidad relativa
		Ovocitos/kg ♀	Ovocitos/kg ♀
Vitaminas	2	6795 $\pm$ 238,00 a	4605 $\pm$ 117,38 a
Nucleótidos	2	6080,5 $\pm$ 111,50 a	5190 $\pm$ 236 a
Vit + Nucleótidos	2	5629 $\pm$ 151,00 a	4437,50 $\pm$ 379,50 a
Control	2	3768,5 $\pm$ 169,50 b	3626 $\pm$ 65,05 a

*n= Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 12**

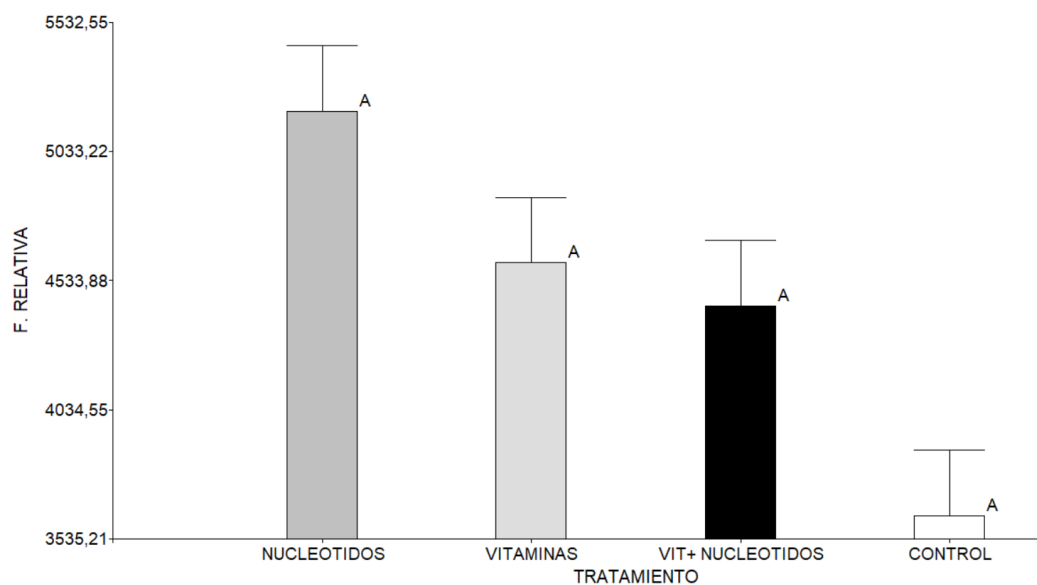
*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la fecundidad absoluta en hembras reproductoras de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*





**Figura 13**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la fecundidad relativa en hembras reproductoras de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*



### **Variables hematológicas**

**Glucosa.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=103.41$ ;  $p<0.0001$ ), donde las dietas comerciales más vitaminas presentan la mayor cantidad de glucosa en sangre ( $144,5 \pm 2,52$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $84,24 \pm 2,52$ ) (Tabla 10).

**Tabla 10**

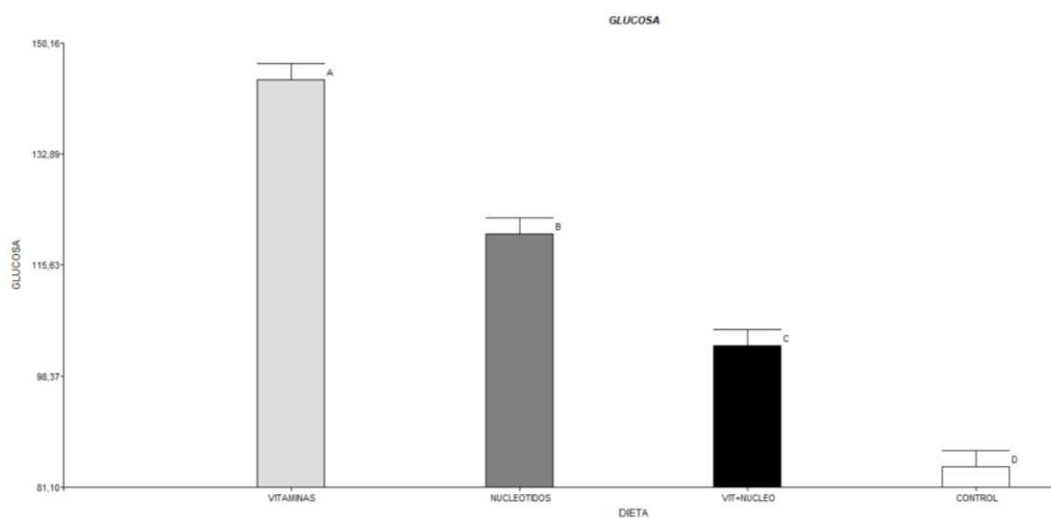
*Promedio  $\pm$  error estándar de glucosa en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), durante el periodo de evaluación*

<b>Tratamiento</b>	<b>n</b>	<b>Glucosa (mg/dL)</b>
Vitaminas	9	144,5 $\pm$ 2,52 a
Nucleótidos	9	120,41 $\pm$ 2,52 b
Vit+Nucleótidos	9	103,11 $\pm$ 2,52 c
Control	9	84,24 $\pm$ 2,52 d

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 14**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*



Al realizar el análisis anova se encuentra un efecto positivo del tiempo ( $F=215.09$ ;  $p<0.0001$ ). Donde la mayor cantidad de glucosa en sangre se presenta a los noventa días de evaluación ( $181,71 \pm 2,56$ ) respecto a los cero días de evaluación ( $65,16 \pm 2,56$ ) (Tabla 11).

Tabla 11

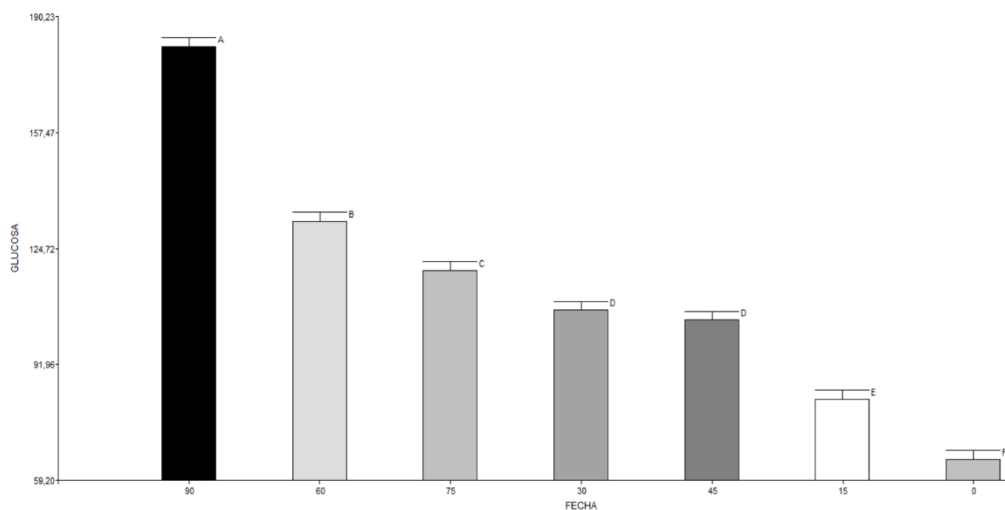
*Promedio  $\pm$  error estándar de glucosa en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), durante el periodo de evaluación*

Tiempo	n	Glucosa (mg/dL)
0	36	65,16 $\pm$ 2,56 f
15	36	82,06 $\pm$ 2,56 e
30	36	107,26 $\pm$ 2,56 d
45	36	104,43 $\pm$ 2,56 d
60	36	132,31 $\pm$ 2,56 b
75	36	118,53 $\pm$ 2,56 c
90	36	181,71 $\pm$ 2,56 a

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Figura 15

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre glucosa en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*



Por otro lado al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo para la interacción dieta\*tiempo ( $F=6.50$ ;  $p<0.0001$ ). Donde al realizar una prueba de comparación de Tukey, se determinó que existe una diferencia significativa para cada tratamiento, en donde el tratamiento dieta comercial más vitaminas a los noventa días de evaluación presentó la mayor cantidad de glucosa en sangre ( $231,45 \pm 4,08$ ) respecto al tratamiento dieta comercial (control) a los 15 días de evaluación ( $35,15 \pm 2,04$ ) (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Promedio  $\pm$  error estándar de glucosa en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tiempo (días)	Dieta	Glucosa (mg/dL)
0	Vitaminas	71,11 $\pm$ 2,30 l
	Nucleótidos	75,82 $\pm$ 3,34 ijkl
	Vit+Nucleótidos	73,95 $\pm$ 4,83 jkl
	Control	39,74 $\pm$ 4,82 m
15	Vitaminas	120,95 $\pm$ 3,19 efg
	Nucleótidos	99,54 $\pm$ 4,36 fghi
	Vit+Nucleótidos	72,59 $\pm$ 4,76 kl
	Control	35,15 $\pm$ 2,04 m
30	Vitaminas	122,5 $\pm$ 1,65 ef
	Nucleótidos	113,99 $\pm$ 1,18 efgh
	Vit+Nucleótidos	97,95 $\pm$ 0,80 fghijk
	Control	94,61 $\pm$ 0,83 hijkl
45	Vitaminas	130,49 $\pm$ 3,41 de
	Nucleótidos	114,01 $\pm$ 3,33 efgh
	Vit+Nucleótidos	98,59 $\pm$ 5,71 fghij
	Control	74,62 $\pm$ 0,88 ijkl
60	Vitaminas	177,42 $\pm$ 4,89 b
	Nucleótidos	139,4 $\pm$ 7,14 cde
	Vit+Nucleótidos	116,55 $\pm$ 3,93 efgh
	Control	95,89 $\pm$ 1,85 ghijkl
75	Vitaminas	157,57 $\pm$ 8,35 bc
	Nucleótidos	120,61 $\pm$ 5,46 efg
	Vit+Nucleótidos	101,62 $\pm$ 2,02 fgh
	Control	94,32 $\pm$ 1,94 hijkl
90	Vitaminas	231,45 $\pm$ 4,08 a
	Nucleótidos	179,54 $\pm$ 9,67 b
	Vit+Nucleótidos	160,5 $\pm$ 7,69 bc
	Control	155,37 $\pm$ 9,22 bcd



**Proteína.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=94.00$ ;  $p<0.0001$ ), donde las dietas comerciales más nucleótidos presentan la mayor cantidad de proteína en sangre ( $44,46 \pm 0,63$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $29,82 \pm 0,63$ )(Tabla 13).

**Tabla 13**

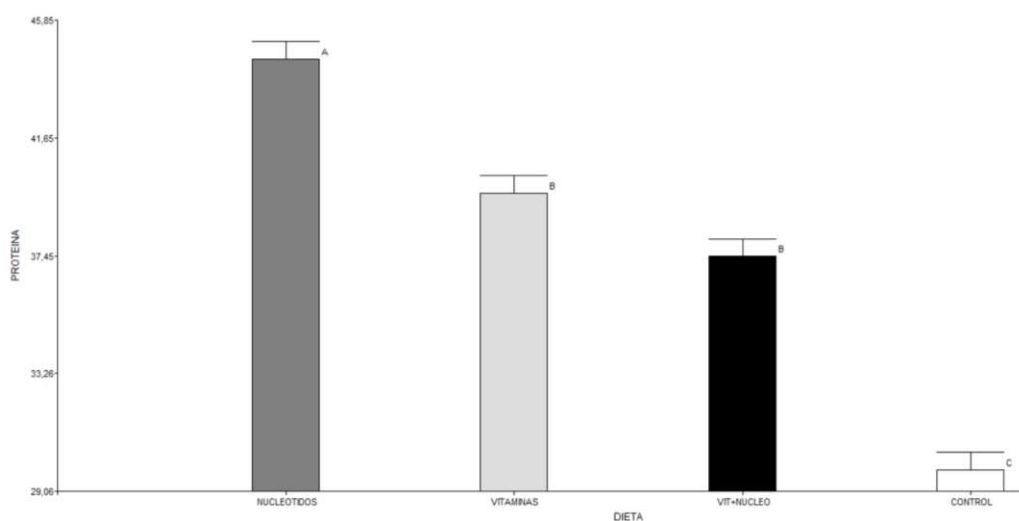
*Promedio  $\pm$  error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tratamiento	n	Proteína (mg/dL)
Nucleótidos	9	44,46 $\pm$ 0,63 a
Vitaminas	9	39,67 $\pm$ 0,63 b
Vit+Nucleótidos	9	37,43 $\pm$ 0,63 b
Control	9	29,82 $\pm$ 0,63 c

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 18**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



Al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo del tiempo ( $F=98.04$ ;  $p<0.0001$ ). Donde la mayor cantidad de proteína en sangre se presenta a los noventa días de evaluación ( $53,79 \pm 0,98$ ) respecto a los cero días de evaluación ( $27,83 \pm 0,98$ ) (Tabla 14).

**Tabla 14**

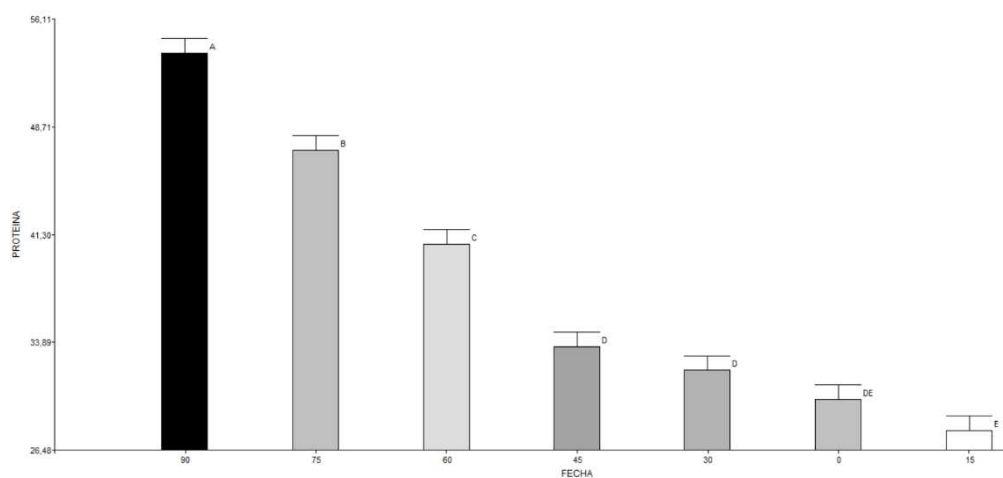
*Promedio  $\pm$  error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tiempo	n	Proteína (mg/dL)
0	36	$29,97 \pm 0,98$ de
15	36	$27,83 \pm 0,98$ e
30	36	$31,97 \pm 0,98$ d
45	36	$33,60 \pm 0,98$ d
60	36	$40,66 \pm 0,98$ c
75	36	$47,11 \pm 0,98$ b
90	36	$53,79 \pm 0,98$ a

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 19**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



Por otro lado al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo para la interacción dieta\*tiempo ( $F=6.31$ ;  $p<0.0001$ ). Donde al realizar una prueba de comparación de Tukey se determinó que existe diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, donde a los noventa días de evaluación la dieta comercial más vitaminas y nucleótidos presentan la mayor cantidad de proteína en sangre ( $66,23 \pm 1,69$ ) a comparación del tratamiento dieta comercial a los quince días de evaluación ( $23,82 \pm 0,81$ ) (Tabla 15).

**Tabla 15**

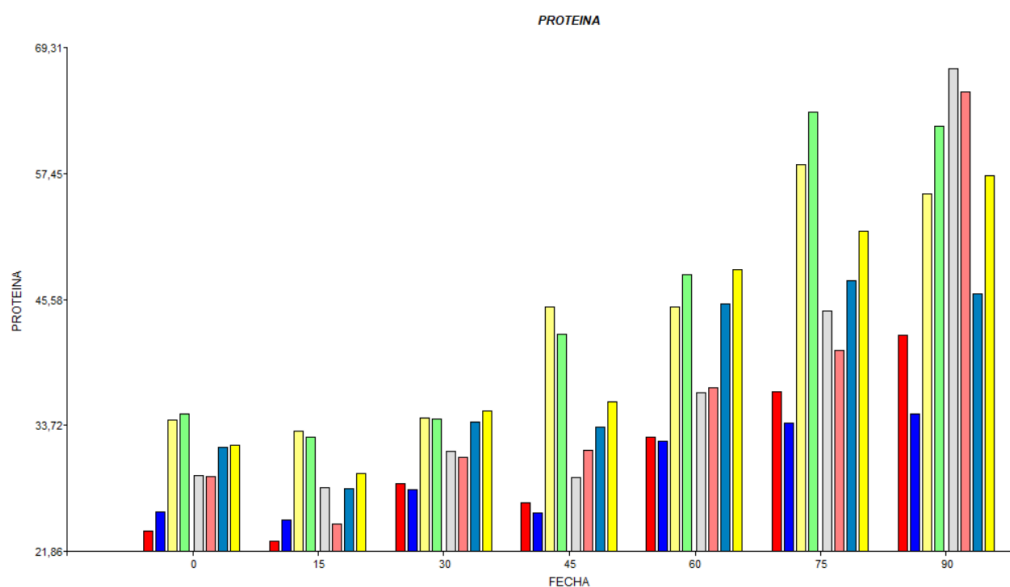
*Promedio  $\pm$  error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tiempo (días)	Dieta	Proteína (mg/dL)
0	Vitaminas	31,77 $\pm$ 0,5 hijkl
	Nucleótidos	34,51 $\pm$ 0,66 ghij
	Vit+Nucleótidos	28,91 $\pm$ 0,19 hijkl
	Control	24,67 $\pm$ 0,59 kl
15	Vitaminas	28,46 $\pm$ 0,45 ijkl
	Nucleótidos	32,9 $\pm$ 0,41 hijkl
	Vit+Nucleótidos	26,13 $\pm$ 1,23 jkl
	Control	23,82 $\pm$ 0,81 l
30	Vitaminas	34,58 $\pm$ 0,55 ghij
	Nucleótidos	34,36 $\pm$ 1,19 ghijk
	Vit+Nucleótidos	30,99 $\pm$ 0,76 hijkl
	Control	27,94 $\pm$ 0,84 ijkl
45	Vitaminas	34,79 $\pm$ 1,25 ghij
	Nucleótidos	43,59 $\pm$ 1,88 defg
	Vit+Nucleótidos	30,08 $\pm$ 0,90 hijkl
	Control	25,94 $\pm$ 0,59 jkl
60	Vitaminas	46,77 $\pm$ 2,16 de
	Nucleótidos	46,41 $\pm$ 2,09 def
	Vit+Nucleótidos	37,02 $\pm$ 1,18 fghi
	Control	32,43 $\pm$ 1,76 hijkl
75	Vitaminas	49,67 $\pm$ 1,34 cd
	Nucleótidos	60,72 $\pm$ 1,64 ab
	Vit+Nucleótidos	42,64 $\pm$ 1,20 defg
	Control	35,43 $\pm$ 1,05 ghij
90	Vitaminas	51,68 $\pm$ 5,27 bcd
	Nucleótidos	58,72 $\pm$ 3,08 abc
	Vit+Nucleótidos	66,23 $\pm$ 1,69 a
	Control	38,52 $\pm$ 4,22 efg



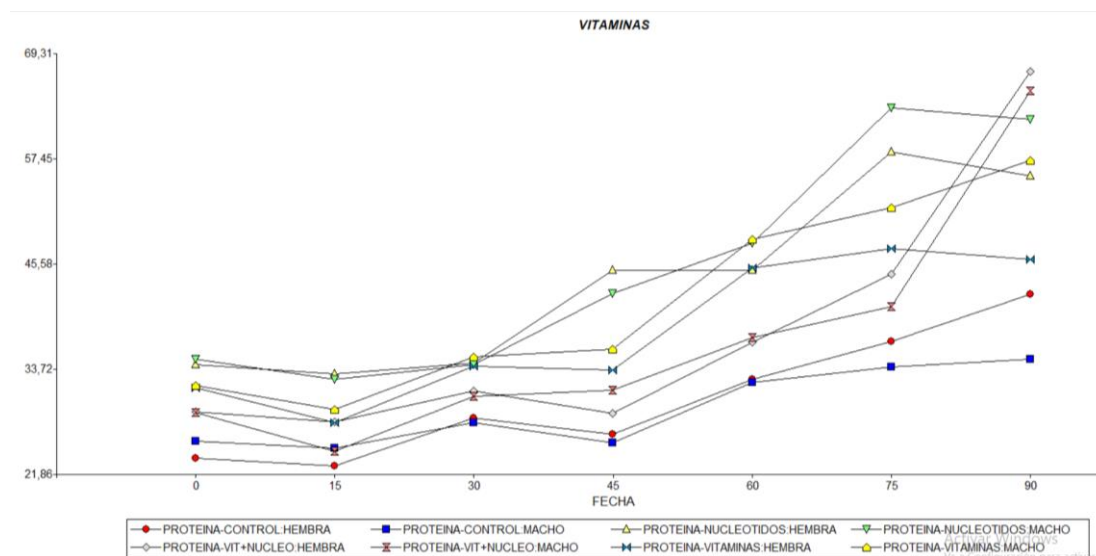
**Figura 20**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoiris* (*Oncorhynchus mykiss*)



**Figura 21**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de *Trucha arcoiris* (*Oncorhynchus mykiss*)



Al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo de la interacción dieta\*sexo ( $F=4.41$ ;  $p=0.0415$ ). Donde la mayor cantidad de proteína en sangre se presenta en machos ( $38,21 \pm 0,43$ ) respecto a las hembras ( $37,48 \pm 0,31$ ) (Tabla 16).

**Tabla 16**

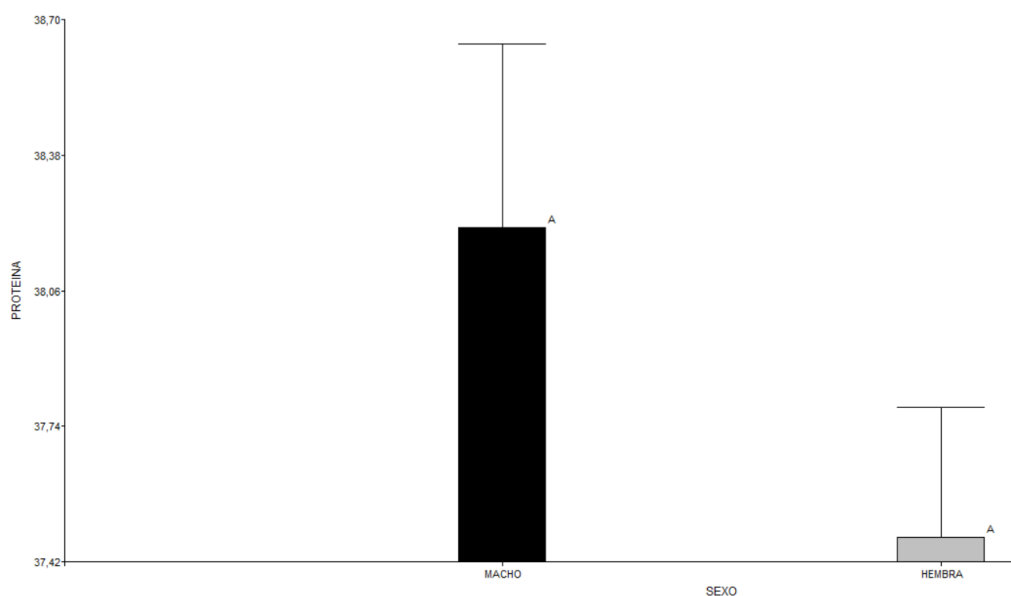
*Promedio  $\pm$  error estándar de proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

<b>Sexo</b>	<b>n</b>	<b>Proteína (mg/dL)</b>
Macho	12	38,21 $\pm$ 0,43 a
Hembra	24	37,48 $\pm$ 0,31 a

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

**Figura 22**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre proteína en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



**Albumina.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=40.12$ ;  $p=0.0002$ ), donde las dietas comerciales más vitaminas presentan la mayor cantidad de albúmina en sangre ( $23.67 \pm 0,48$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $16.96 \pm 0,0.48$ ) (Tabla 17).

**Tabla 17**

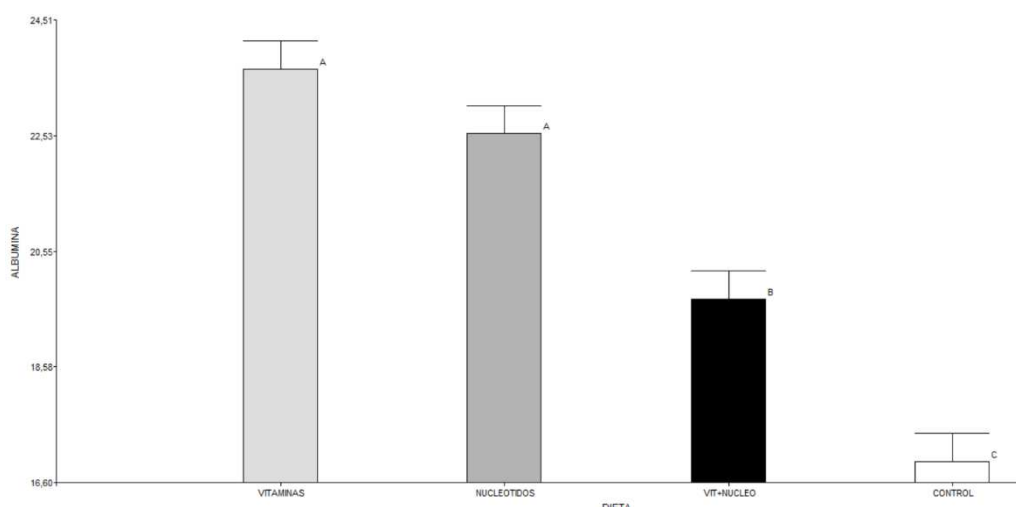
*Promedio  $\pm$  error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tratamiento	n	Albumina (mg/dL)
Vitaminas	9	23,67 $\pm$ 0,48 a
Nucleótidos	9	22,57 $\pm$ 0,48 a
Vit+Nucleótidos	9	19,74 $\pm$ 0,48 b
Control	9	16,96 $\pm$ 0,48 c

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 23**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



Al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo del tiempo ( $F=79.81$ ;  $p<0.0001$ ). Donde la mayor cantidad de albúmina en sangre se presenta a los cuarenta y cinco días de evaluación ( $25.00 \pm 0.39$ ) respecto a los cero días de evaluación ( $15.96 \pm 0,39$ ) (Tabla 18).

Tabla 18

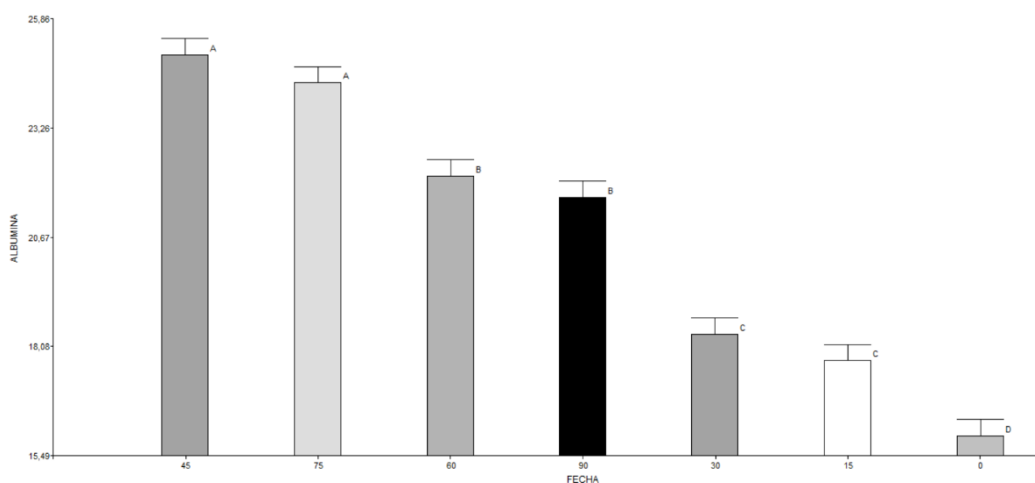
Promedio  $\pm$  error estándar de albumina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación

Tiempo	n	Albumina (mg/dL)
0	36	15,96 $\pm$ 0,39 d
15	36	17,74 $\pm$ 0,39 c
30	36	18,73 $\pm$ 0,39 c
45	36	25,00 $\pm$ 0,39 a
60	36	22,12 $\pm$ 0,39 b
75	36	24,34 $\pm$ 0,39 a
90	36	21,61 $\pm$ 0,39 b

n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Figura 24

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Por otro lado al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo para la interacción dieta\*tiempo ( $F=2.35$ ;  $p<0.0023$ ). Donde al realizar una prueba de comparación de Tukey se determinó que existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, donde a los setenta y cinco días de evaluación la dieta

comercial más vitaminas presentan la mayor cantidad de albúmina en sangre ( $28,53 \pm 0,97$ ) a comparación del tratamiento dieta comercial a los cero días de evaluación ( $12,78 \pm 0,43$ ) (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Promedio  $\pm$  error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tiempo (días)	Dieta	Albumina (mg/dL)
0	Vitaminas	$15,98 \pm 0,57$ lmno
	Nucleótidos	$18,74 \pm 0,89$ hijklm
	Vit+Nucleótidos	$16,33 \pm 0,84$ klmno
	Control	$12,78 \pm 0,43$ o
15	Vitaminas	$20,07 \pm 1,13$ fghijk
	Nucleótidos	$18,83 \pm 0,56$ hijklm
	Vit+Nucleótidos	$17,45 \pm 0,70$ ijklmn
	Control	$14,62 \pm 0,54$ no
30	Vitaminas	$21,51 \pm 0,52$ efgh
	Nucleótidos	$20,08 \pm 0,47$ fghijk
	Vit+Nucleótidos	$16,9 \pm 0,31$ jklmn
	Control	$15 \pm 0,39$ mno
45	Vitaminas	$28,3 \pm 1,31$ a
	Nucleótidos	$26,87 \pm 0,98$ abc
	Vit+Nucleótidos	$23,89 \pm 0,43$ bcdef
	Control	$20,94 \pm 0,62$ fghi
60	Vitaminas	$24,92 \pm 0,19$ abcde
	Nucleótidos	$23,23 \pm 0,18$ cdefg
	Vit+Nucleótidos	$21,41 \pm 0,18$ efgh
	Control	$18,92 \pm 0,22$ ghijkl
75	Vitaminas	$28,53 \pm 0,97$ a
	Nucleótidos	$27,23 \pm 1,84$ ab
	Vit+Nucleótidos	$22,02 \pm 0,52$ efgh
	Control	$19,59 \pm 0,24$ ghijkl
90	Vitaminas	$26,39 \pm 0,72$ abcd
	Nucleótidos	$23,01 \pm 0,68$ defg
	Vit+Nucleótidos	$20,18 \pm 0,49$ fghij
	Control	$16,88 \pm 0,61$ jklmn

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



Al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo de la interacción sexo ( $F=29.69$ ;  $p<0.0006$ ). Donde la mayor cantidad de proteína en sangre se presenta en machos ( $21.14 \pm 0,12$ ) respecto a las hembras ( $20.33 \pm 0,09$ ) (Tabla 20).

**Tabla 20**

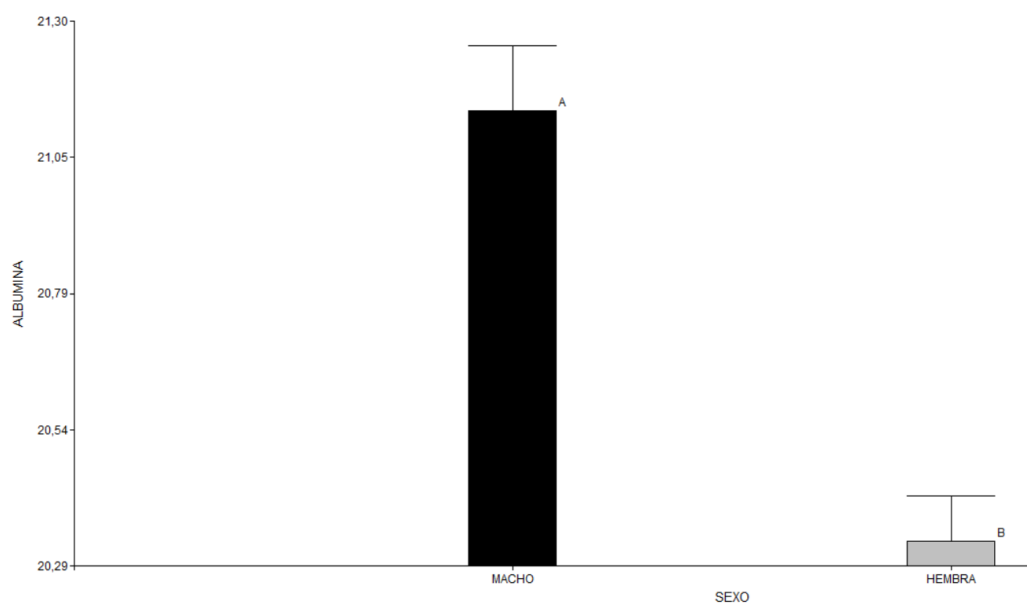
*Promedio  $\pm$  error estándar de albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Sexo	n	Albúmina (mg/dL)
Macho	12	$21,14 \pm 0,12$ a
Hembra	24	$20,33 \pm 0,09$ b

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Figura 27**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre albúmina en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



**Micro hematocrito.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=54.90$ ;  $p<0.0001$ ), donde las dietas comerciales más nucleótidos presentan mayor micro hematocrito en sangre ( $71.94 \pm 0,74$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $58.64 \pm 0,0.74$ ) (Tabla 21).

**Tabla 21**

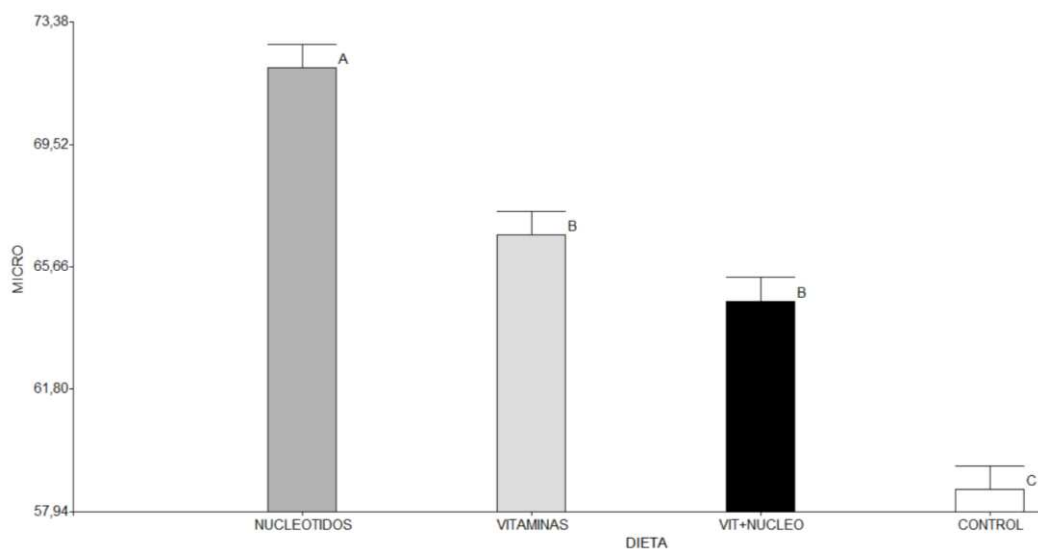
*Promedio  $\pm$  error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tratamiento	n	Micro hematocrito
Nucleótidos	9	$71,94 \pm 0,74$ a
Vitaminas	9	$66,67 \pm 0,74$ b
Vit+Nucleótidos	9	$64,58 \pm 0,74$ b
Control	9	$58,64 \pm 0,74$ c

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

**Figura 28**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*





Al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo del tiempo ( $F=79.81$ ;  $p<0.0001$ ). Donde la mayor cantidad de hematocrito en sangre se presenta a los cuarenta y cinco días de evaluación ( $25.00 \pm 0.39$ ) respecto a los cero días de evaluación ( $15.96 \pm 0,39$ )(Tabla 22).

**Tabla 22**

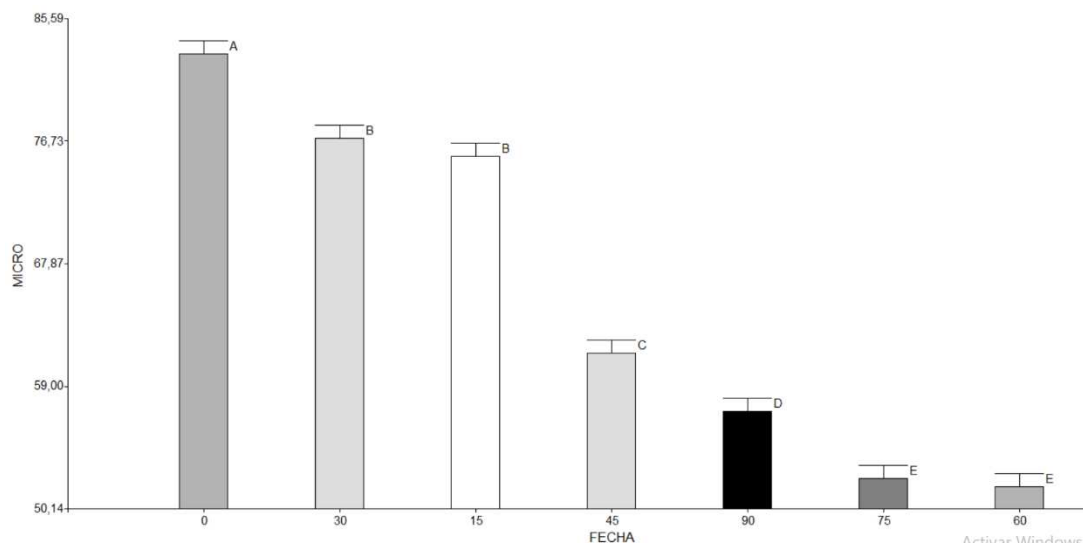
*Promedio  $\pm$  error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tiempo	n	Micro hematocrito
0	36	15,96 $\pm$ 0,39 d
15	36	17,74 $\pm$ 0,39 c
30	36	18,73 $\pm$ 0,39 c
45	36	25,00 $\pm$ 0,39 a
60	36	22,12 $\pm$ 0,39 b
75	36	24,34 $\pm$ 0,39 a
90	36	21,61 $\pm$ 0,39 b

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

**Figura 29**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



Por otro lado al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo para la interacción dieta\*tiempo ( $F=7.30$ ;  $p<0.0001$ ). Donde al realizar una prueba de comparación de Tukey se determinó que existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, donde a los cero días de evaluación la dieta comercial más nucleótidos presentan el mayor micro hematocrito en sangre ( $83.92 \pm 0,24$ ) a comparación del tratamiento dieta comercial a los setenta y cinco días de evaluación ( $40.42 \pm 2.91$ )(Tabla 23).

**Tabla 23**

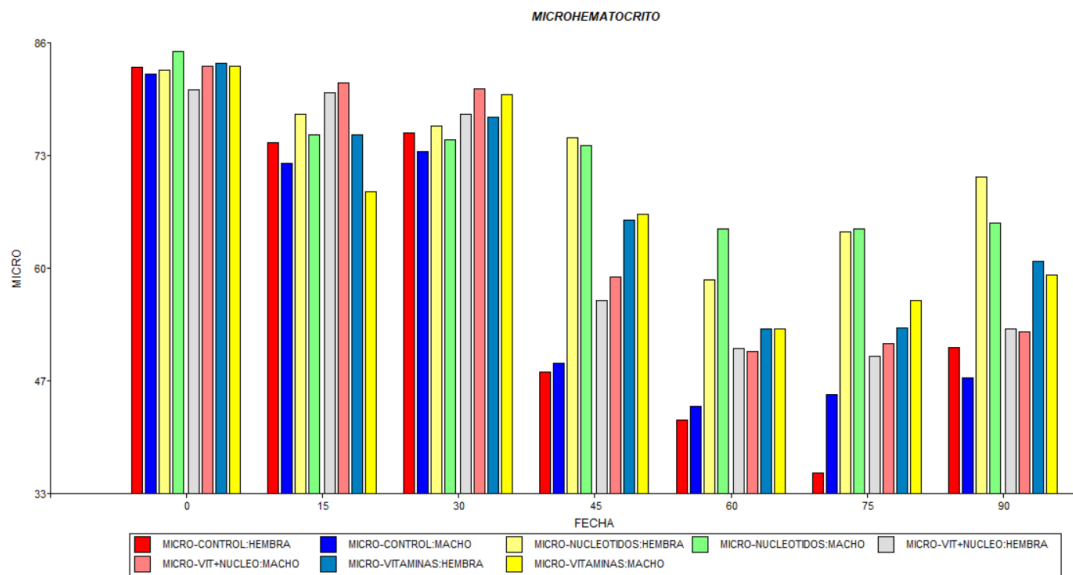
*Promedio  $\pm$  error estándar de micro hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), durante el periodo de evaluación*

Tiempo (días)	Dieta	Micro hematocrito
0	Vitaminas	$83,50 \pm 0,24$ a
	Nucleótidos	$83,92 \pm 0,91$ a
	Vit+Nucleótidos	$81,92 \pm 1,89$ ab
	Control	$82,75 \pm 1,06$ a
15	Vitaminas	$72,00 \pm 1,80$ cdef
	Nucleótidos	$76,50 \pm 2,41$ abcd
	Vit+Nucleótidos	$80,75 \pm 2,56$ abc
	Control	$73,17 \pm 1,24$ bcdef
30	Vitaminas	$78,67 \pm 0,78$ abc
	Nucleótidos	$75,50 \pm 1,30$ abcd
	Vit+Nucleótidos	$79,17 \pm 1,05$ abc
	Control	$74,42 \pm 1,66$ abcde
45	Vitaminas	$65,67 \pm 2,58$ efgh
	Nucleótidos	$74,50 \pm 1,29$ abcde
	Vit+Nucleótidos	$57,33 \pm 2,63$ hijk
	Control	$48,17 \pm 1,37$ klm
60	Vitaminas	$52,67 \pm 1,82$ ijk
	Nucleótidos	$61,33 \pm 1,76$ ghi
	Vit+Nucleótidos	$50,17 \pm 1,64$ kl
	Control	$42,83 \pm 1,25$ lm
75	Vitaminas	$54,42 \pm 2,72$ ijk
	Nucleótidos	$64,17 \pm 2,17$ fgh
	Vit+Nucleótidos	$50,25 \pm 2,29$ jkl
	Control	$40,42 \pm 2,91$ m
90	Vitaminas	$59,75 \pm 1,35$ ghij
	Nucleótidos	$67,67 \pm 1,66$ defg
	Vit+Nucleótidos	$52,50 \pm 0,80$ ijk
	Control	$48,75 \pm 1,45$ klm

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

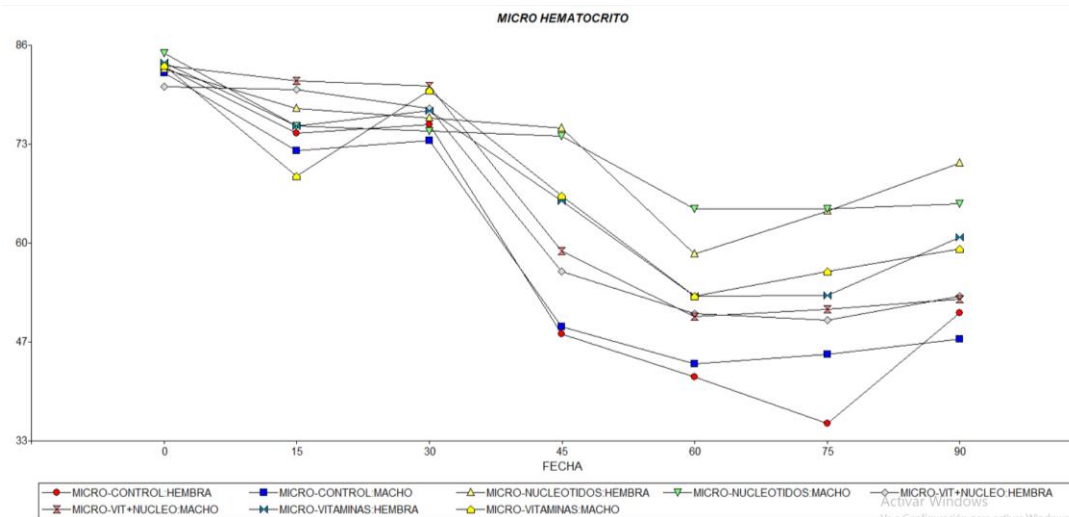
**Figura 30**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*



**Figura 31**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre hematocrito en sangre de reproductores de Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*



**Conteo Celular.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=29.82$ ;  $p<0.0005$ ), donde las dietas comerciales más vitaminas presentan mayor cantidad de células sanguíneas ( $13.50 \pm 0,40$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $8.59 \pm 0,40$ )(Tabla 24).

**Tabla 24**

*Promedio  $\pm$  error estándar de células sanguíneas de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

Tratamiento	n	Conteo e6
Vitaminas	9	13,50 $\pm$ 0,40 a
Nucleótidos	9	9,80 $\pm$ 0,40 b
Vit+Nucleótidos	9	11,83 $\pm$ 0,40 a
Control	9	8,59 $\pm$ 0,40 b

*n= número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

**Figura 32**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre la cantidad de células sanguíneas de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

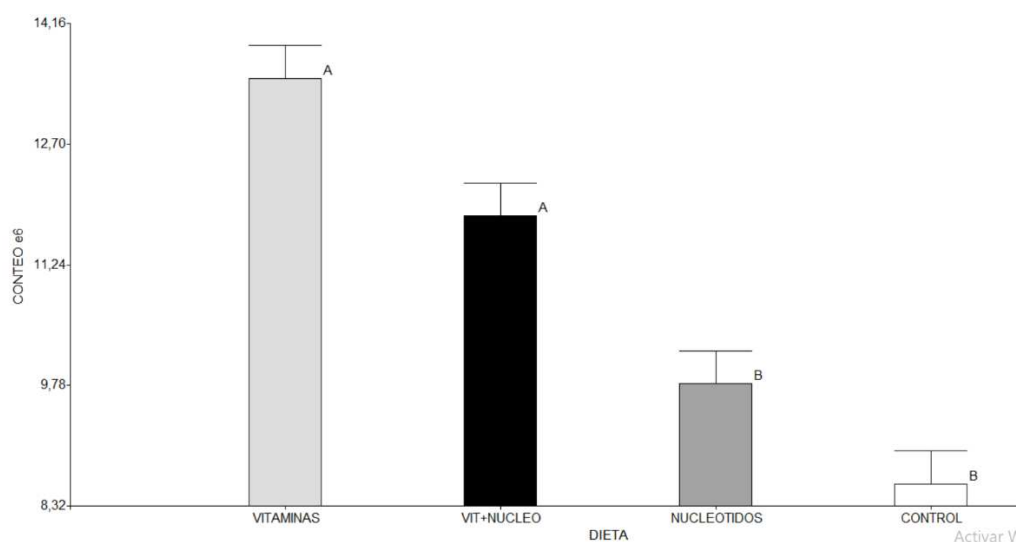
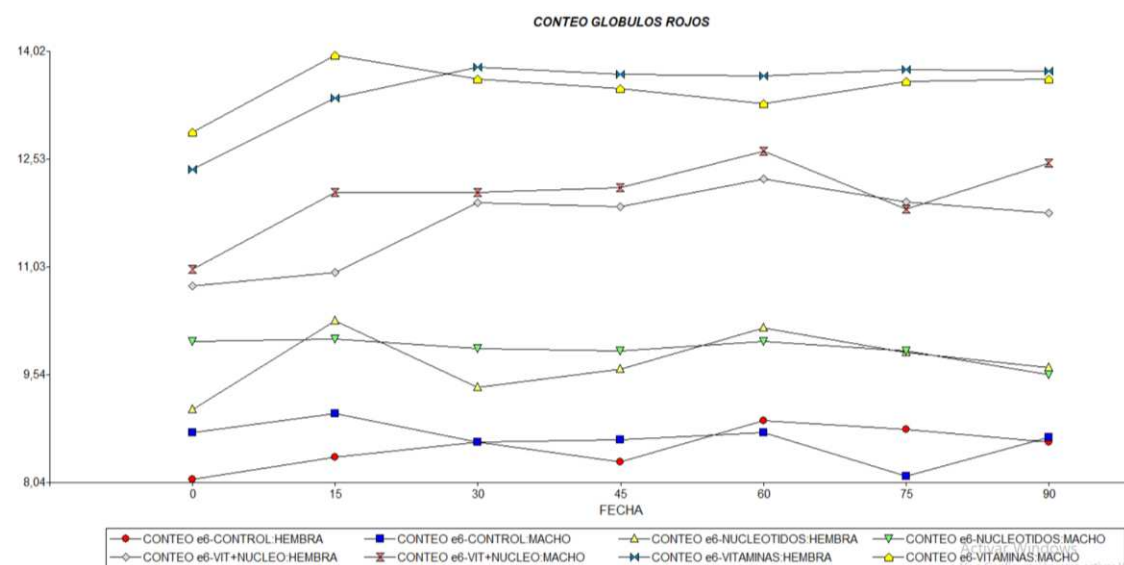


Figura 33

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre el conteo celular en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



**Cortisol.** Al realizar el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto significativo respecto a la aplicación de suplementos (dietas) ( $F=6.63$ ;  $p<0.0001$ ), donde las dietas comerciales más vitaminas presentan mayor cantidad de cortisol en plasma sanguíneo ( $30.34 \pm 0.11$ ) respecto a las dietas comerciales (control) ( $3.78 \pm 0.10$ ). Los valores obtenidos de cortisol sanguíneo fueron transformados a raíz cuadrada para que cumplan los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Tabla 25).

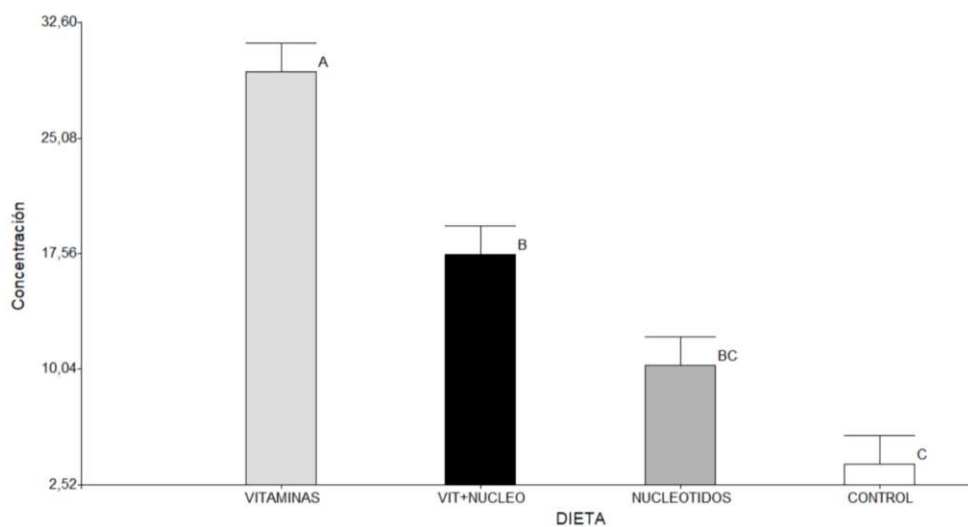
**Tabla 25**

*Promedio  $\pm$  error estándar del cortisol medido en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de evaluación*

<b>Tratamiento</b>	<b>n</b>	<b>Cortisol</b>
Vitaminas	9	26,34 $\pm$ 0,11 a
Vit+Nucleótidos	9	17,59 $\pm$ 0,06 b
Nucleótidos	9	10,71 $\pm$ 0,07 bc
Control	9	3.78 $\pm$ 0.10 c

**Figura 34**

*Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre cortisol en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*



Por otro lado al realizar el análisis ANOVA se encuentra un efecto positivo para la interacción dieta\*tiempo\*sexo ( $F=1.66$ ;  $p=0.0402$ ). Donde al realizar una prueba de comparación de Tukey se determinó que existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, donde a los noventa días de evaluación las hembras administrados con la dieta comercial más vitaminas presentan el mayor cantidad de cortisol en plasma ( $34,98 \pm 4,38$ ) a comparación del

tratamiento dieta comercial más vitaminas en hembras a los cero días de evaluación  
(1,78 ± 0,72) (Tabla 26)

**Tabla 26**

*Promedio ± error estándar del cortisol medido en sangre de reproductores de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), durante el período de evaluación*

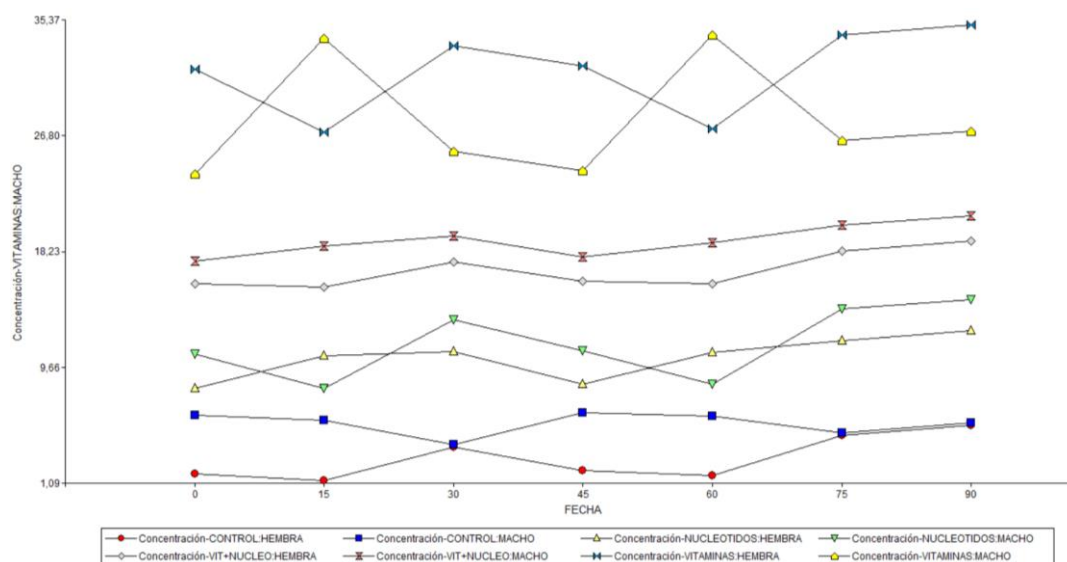
Tiempo (días)	Sexo	Dieta	Cortisol (ug/dL)
0	Hembra	Vitaminas	31,74 ± 4,52
		Nucleótidos	8,11 ± 1,53
		Vit+Nucleótidos	15,84 ± 1,96
		Control	1,78 ± 0,72
15	Hembra	Vitaminas	27,05 ± 4,32
		Nucleótidos	10,49 ± 1,10
		Vit+Nucleótidos	15,59 ± 1,49
		Control	1,29 ± 0,42
30	Hembra	Vitaminas	33,45 ± 4,50
		Nucleótidos	10,82 ± 0,75
		Vit+Nucleótidos	17,46 ± 1,39
		Control	3,73 ± 0,96
45	Hembra	Vitaminas	31,99 ± 4,49
		Nucleótidos	8,39 ± 1,55
		Vit+Nucleótidos	16,04 ± 1,97
		Control	2,02 ± 0,71
60	Hembra	Vitaminas	27,30 ± 4,29
		Nucleótidos	10,75 ± 1,16
		Vit+Nucleótidos	15,85 ± 1,48
		Control	1,67 ± 0,40
75	Hembra	Vitaminas	26,45 ± 4,39
		Nucleótidos	11,64 ± 0,79
		Vit+Nucleótidos	18,29 ± 1,40
		Control	4,60 ± 0,97
90	Hembra	Vitaminas	34,98 ± 4,38
		Nucleótidos	12,35 ± 0,86
		Vit+Nucleótidos	18,99 ± 1,41
		Control	4,34 ± 1,00
0	Macho	Vitaminas	23,95 ± 4,33
		Nucleótidos	10,63 ± 2,22
		Vit+Nucleótidos	17,54 ± 2,47
		Control	6,13 ± 2,46
15	Macho	Vitaminas	33,99 ± 5,58
		Nucleótidos	8,11 ± 1,21
		Vit+Nucleótidos	18,63 ± 3,47
		Control	5,73 ± 2,30
30	Macho	Vitaminas	25,63 ± 4,33
		Nucleótidos	13,16 ± 1,66
		Vit+Nucleótidos	19,36 ± 3,91
		Control	3,94 ± 1,41

Tiempo (días)	Sexo	Dieta	Cortisol (ug/dL)
45	Macho	Vitaminas	24,21 ± 4,34
		Nucleótidos	10,86 ± 2,34
		Vit+Nucleótidos	17,80 ± 2,45
		Control	6,30 ± 2,44
60	Macho	Vitaminas	34,24 ± 5,54
		Nucleótidos	8,38 ± 1,11
		Vit+Nucleótidos	18,90 ± 3,39
		Control	6,07 ± 2,42
75	Macho	Vitaminas	26,45 ± 4,39
		Nucleótidos	13,98 ± 1,72
		Vit+Nucleótidos	20,19 ± 3,92
		Control	4,80 ± 1,37
90	Macho	Vitaminas	27,16 ± 4,50
		Nucleótidos	14,68 ± 1,82
		Vit+Nucleótidos	20,89 ± 3,96
		Control	5,54 ± 1,32

*n* = número de unidades experimentales medidas; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 35**

Comparación del efecto de dietas suplementadas sobre cortisol en plasma sanguíneo de reproductores de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)





### Correlación de variables

**Variabes Hematológicas.** Se encontraron correlaciones positivas entre glucosa y proteína ( $r= 0.64, p<0,0001$ ), glucosa y albúmina ( $r= 0.57, p<0,0001$ ), glucosa y cortisol ( $r= 0.42, p<0,0001$ ) y glucosa y conteo de glóbulos rojos ( $r= 0.38, p<0,0001$ ). Además existió una correlación negativa entre glucosa y hematocrito ( $r= -0.36, p= <0,0001$ )(Tabla 27).

**Tabla 27**

*Coefficiente de correlación de Pearson para variables hematológicas de *Oncorhynchus mykiss**

	Glucosa	Proteína	Albúmina	Hematocrito	Cortisol	Conteo
Glucosa	1					
Proteína	0,64	1				
Albúmina	0,57	0,49	1			
Hematocrito	-0,36	-0,3	-0,33	1		
Cortisol	0,42	0,22	0,38	NC	1	
Conteo GR	0,38	0,18	0,4	NC	0,7	1

**Variabes Reproductivas machos.** Se encontraron correlaciones positivas entre volumen y concentración espermática ( $r= 0.94, p<0,0001$ ), concentración espermática y tiempo de activación ( $r= 0.93, p<0,0001$ ) y tiempo de activación y volumen seminal ( $r= 0.83, p=0,0008$ ). Además existió una correlación negativa entre la concentración espermática y la mortalidad ( $r= -0.70, p=0.00119$ )(Tabla 28).

**Tabla 28**

*Coefficiente de correlación de Pearson para variables reproductivas en machos de *Oncorhynchus mykiss**

	Movilidad	Mortalidad	Volumen	Tiempo	Concentración	PM
Movilidad	1					
Mortalidad	NC	1				
Volumen	-0,59	-0,61	1			
Tiempo	-0,67	-0,68	0,83	1		
Concentración	-0,68	-0,7	0,94	0,93	1	
Peso Macho	NC	NC	NC	0,64	0,6	1

**Variables Reproductivas Hembras.** Se encontraron correlaciones positivas entre peso de ova y el tamaño de ova ( $r= 0.94$ ,  $p=0,0005$ ), peso de ova y fecundidad absoluta ( $r= 0.86$ ,  $p=0,0068$ ), peso de hembra y tamaño de ova ( $r= 0.87$ ,  $p=0,0046$ ) y peso de hembra y fecundidad absoluta ( $r= 0.82$ ,  $p=0,0132$ ), Además existió una correlación positiva entre el peso de hembra y peso de ova ( $r= 0.93$ ,  $p<0,0001$ )(Tabla 29).

**Tabla 29**

*Coefficiente de correlación de Pearson para variables reproductivas en hembras de *Oncorhynchus mykiss**

	Fecundidad		Fecundidad	Peso	
	Tamaño	Absoluta	Relativa	Peso de Ova	Hembra
Tamaño	1				
F. Absoluta	NC	1			
F. Relativa	NC	0,77	1		
P. Ova	0,94	0,86	NC	1	
Peso Hembra	0,87	0,82	NC	0,93	1

## Discusión

El proyecto de investigación realizado presenta una nueva alternativa que contribuye a los nuevos manejos nutricionales respecto a las necesidades en etapas de reproducción de trucha arco iris, a continuación se describen resultados similares que han sido obtenidos en diferentes estudios los cuales permitirán demostrar la factibilidad de esta propuesta.

### ***Variables Reproductivas Machos***

**Volumen seminal.** En este estudio se determinó que los machos reproductores de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con dietas comerciales más vitaminas presentaron mayor volumen seminal que los machos reproductores alimentados con dietas comerciales; los machos suministrados vitaminas presentaron un volumen seminal de 1,50 ml a diferencia de los machos control que presentaron un volumen seminal de 1,13 ml. Estos resultados concuerdan con los resultados encontrados por Bravo, (2018) donde determina que la aplicación de vitaminas en dietas para machos reproductores de *Oncorhynchus mykiss* presentan mayores cantidades de volumen seminal de 3.93 ml en comparación de los animales alimentados únicamente con la dieta comercial 3.27 ml . Esto se puede atribuir al efecto que tiene la aplicación de hormonas y vitaminas en dietas de reproductores las cuales pueden aumentar el volumen seminal como consecuencia de una mayor producción de fluido por parte de los tubos seminíferos (Viveiros et al., 2002).

**Tiempo de activación y concentración espermática.** Los machos reproductores de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con dietas comerciales más vitaminas presentaron mayor tiempo de activación con 167,33 segundos, que los machos reproductores alimentados con dietas comerciales con 84,67 segundos; estos resultados concuerdan con los resultados encontrados por

Bravo (2018) quien determina que la aplicación de vitaminas en la dieta comercial para machos reproductores de *Oncorhynchus mykiss* presentan mayor tiempo de activación con 95 segundos que machos reproductores alimentados únicamente con la dieta comercial con 60 segundos. Por otro lado los resultados obtenidos concuerdan con (Chacon, 2020) quien al evaluar semen de *Piaractus brachypomu* bajo concentraciones de sustancias antioxidante presentan mejores tiempos con 66,67 segundos en comparación a tratamientos control quienes presentan 42,33 segundos.

Por otro lado la concentración espermática de los machos reproductores de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con dietas comerciales más vitaminas presentaron mayor concentración espermática con  $15,6 \times 10^6$  cel/ml que los machos reproductores alimentados con dietas comerciales con  $12,2 \times 10^6$  cel/ml; estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Bustamante et al., (2018) quienes determinaron que la concentración espermática de machos reproductores de *Oncorhynchus mykiss* alimentados únicamente con la dieta control presentaran las menores concentraciones espermáticas con  $6.8 \times 10^6$  cel/ml. (Domínguez-Castanedo et al., 2015) determinan también que la adición de sustancias antioxidantes con contenidos de vitaminas ayudan a la concentración espermática, donde determinaron que la adición de astaxantinas en *Moenkhausia sanctaefilomenae* mejora la concentración espermática presentando valores de entre  $9$  a  $25 \times 10^8$  cel/ml en comparación de grupos control que presentaron valores entre  $3$  a  $22 \times 10^8$  cel/ml. Por otro lado (Puerta Suárez et al., 2019) exponen que al utilizar un suplemento dietario, que contiene altas concentraciones de vitamina C y E mejora en un 20% la concentración espermática en relación al grupo control. Estos efectos se pueden atribuir a que las vitaminas actúan comúnmente como antioxidantes, en el caso de la vitamina C esta actúa con un efecto protector contra

el daño oxidativo mientras que la vitamina E puede reducir la peroxidación lipídica (Domínguez et al., 2015). Las vitaminas también juegan un papel muy importante en la esteroidogénesis y el mantenimiento de testosterona en testículos ayudando así a evitar la oxidación de los gametos causado por los radicales libres (Gombe et al., 1977).

**Movilidad y mortalidad espermática.** Los resultados del presente estudio indican que tanto para la movilidad como para la mortalidad espermática, los machos reproductores alimentados con dietas comerciales más vitaminas presentan los mejores valores. Respecto a la movilidad presentan 34,66 % de espermatozoides móviles frente a 14,89 % de espermatozoides móviles de machos alimentados con dietas comerciales; para la mortalidad espermática presentan 15.65% de mortalidad frente a 26.66% de mortalidad de espermatozoides presente en machos alimentados con alimento comercial; estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Bravo,(2018) quien determinó que las dietas suplementadas con vitaminas presentan mayor cantidad de espermatozoides móviles que machos reproductores de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con dietas comercial; esto también concuerda con Xu et al.,(2015) quien postula que la inclusión de 721.60 mg/kg de vitamina E afecta en la movilidad de espermatozoides en machos de rodaballo (*Scophthalmus maximus*). Por otro lado los resultados obtenidos en el estudio concuerdan con los obtenidos por Bravo,(2018) quien dice que la inclusión de vitaminas en el alimento balanceado reduce el porcentaje de mortalidad de los espermatozoide con 11.8% de mortalidad en comparación de machos de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con alimento balanceado con un 17.3% de mortalidad. Esto se puede atribuir a la oxidación de compuestos los cuales pueden dañar proteínas y con ello causar la pérdida de movilidad del espermatozoide y con ella también causar la muerte del mismo, al poseer una membrana con altas cantidades de ácidos grasos

poliinstaurados se vuelven más susceptibles a la oxidación de sus compuestos generando reacciones como la lipoperoxidación generando daños irreversibles (Hernández-Matos et al., 2010). Salamon & Maxwell, (2000) exponen que la poca cantidad de citoplasma y con ello la poca cantidad de antioxidantes presente en los espermatozoides lo vuelven susceptible a la oxidación de sus compuestos los cuales pueden afectar a la movilidad y en casos muy extremos la muerte celular. Por otro lado el adicionar antioxidantes exógenos como la vitamina C y E disminuyen el grado de peroxidación lipídica, esto en función de la vitamina C puede donar electrones al radical tocoperoxil de la vitamina E que puede ser oxidada. De esta manera puede darse el efecto de reciclaje del alfa tocoferol dando así una acción de protección de las membranas lipídicas evitando así la mortalidad o la pérdida de movilidad del espermatozoide (Membrillo et al., 2003).

### ***Variables Reproductivas Hembras***

**Tamaño de ova.** El presente estudio determinó que las hembras reproductoras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con alimento balanceado más vitaminas presentan mayor tamaño de ova con 6.5 mm respecto a hembras reproductoras alimentadas únicamente con alimento balanceado con 4.4 mm. Estos resultados difieren de los encontrados por Lavens et al., (1999) quienes determinaron que el efecto de las vitaminas en dietas de rodaballo (*Scophthalmus maximus*) no presentan diferencias en el tamaño de ova respecto a las reproductoras alimentadas únicamente con alimento comercial. Esto se debe a que las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales para la salud, crecimiento y reproducción de los animales, las vitaminas E y C en bajas concentraciones pueden afectar a la oxidación de las ovas reduciendo así sus capacidad fecundativa como también su calidad (Serezli et al., 2010).

**Color de ova.** En el estudio realizado se determinó que las hembras reproductoras de *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con vitaminas presentaron mejor calidad en su coloración de ova tanto en color rojo con 165.13 bits, verde 166.05 bits, azul 123.03 bits e intensidad 161.63 bits frente a hembras reproductoras suministradas únicamente con alimento balanceado, cabe recalcar que este es el primer estudio que informa los efectos de la suplementación dietética de vitaminas y nucleótidos, sobre la colorimetría de las ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

**Peso de ova.** En el estudio realizado se determinó que las hembras reproductoras de *Oncorhynchus mykiss* suministrados alimento balanceado más vitaminas presentaron mayor peso de ova, con un peso promedio de 95 g (total del desove) y con un peso de 1.43 g promedio (muestra) respecto a hembras reproductoras alimentadas con alimento balanceado, las cuales presentaron un peso promedio de 62 g (total del desove) y un peso de 1.22 g promedio de muestra; estos resultados se asemejan a los obtenidos por Yıldız et al., (2020) donde determinan que la inclusión de ácidos grasos y vitaminas mejoran e influyen en el peso de ovas obtenidas en hembras reproductoras de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) donde las hembras reproductoras alimentadas únicamente con alimento comercial presentan menor peso promedio de ova (77.2 g total). Esto se lo puede atribuir a que las vitaminas son elementos esenciales para el desarrollo folicular, en algunos casos la deficiencia de estas vitaminas pueden perjudicar al proceso de formación de óvulos y con ello afectar también así a la fertilidad de los mismos (González et al., 2019), su característica antioxidante también juega un papel importante donde la deficiencia de vitamina E y C pueden provocar la inhibición de la maduración de las gónadas (Sanz, 2009).

**Fecundidad.** Respecto a la fecundidad relativa y absoluta se determinó que las hembras reproductoras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con alimento balanceado más vitaminas presentan mayor fecundidad absoluta con 6795 Ovocitos/kg ♀ y una mayor fecundidad relativa de 4605 Ovocitos/kg ♀ en comparación a las hembras reproductoras alimentadas únicamente con alimento comercial; esto concuerda con un estudio similar realizado por Yıldız et al., (2020) quienes afirman que las hembras reproductoras de *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial más ácidos grasos y vitaminas presentan mayor fecundidad absoluta (3819 Ovocitos/kg ♀) y la fecundidad relativa (1468,8 Ovocitos/kg ♀), otro estudio realizado por Pastor, (2017) en tilapia (*Oreochromis niloticus*) afirma que la fecundidad absoluta es mejor al suministrar estradiol más vitaminas donde se obtiene 876 Ovocitos/g ♀ frente al tratamiento control que presenta 626 Ovocitos/g ♀. Esto se puede atribuir que las vitaminas presentan un poder antioxidante las cuales pueden evitar una degeneración de las grasas naturales presentes en los ovocitos, las cuales son fundamentales en la reproducción al ser parte de la membrana celular (Sanz, 2009). En el caso de la vitamina E, esta se puede transportar desde el tejido periférico hasta los ovocitos, evitando así un alto porcentaje de ovas anormales e incrementando su fecundidad, la vitamina C por otro lado ayuda y participa en el proceso de vitelogénesis ayudando a la correcta formación de ovocitos (Carrillo, 2009).

### **Variables Hematológicas**

**Glucosa.** En el estudio realizado se determinó que las cantidades de glucosa más elevadas fueron encontradas en los individuos alimentados con dietas balanceadas suplementadas con vitaminas o nucleótidos; Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Ortuño et al., 2003) quienes evaluaron la adición de vitaminas C y E en dietas balanceadas de Dorada (*Sparus aurata* L.)



donde determinaron que los individuos suplementados con vitaminas presentan mayores cantidades de glucosa a comparación de individuos no suplementados. Otros resultados encontrados por (de Andrade et al., 2007) concuerdan que la adición de vitamina C y E en dietas de Pirarucu (*Arapaima gigas*) producen un incremento en las cantidades de glucosa presente en sangre. Por otro lado Tahmasebi-Kohyani et al., (2012) difieren con los resultados obtenidos ya que exponen que la adición de nucleótidos en dietas de *Oncorhynchus mykiss* presentan menor cantidad de glucosa en sangre. Esto se puede atribuir a que la Vitamina C y E son compuestos importantes que influyen en el sistema inmune de los individuos, de esta manera se puede reducir los niveles altos de estrés y con ello la síntesis de glucosa en sangre (Montero et al., 2001). Al existir señales como el estrés, se producen reacciones vía circulación periférica al tejido renal, de esta manera se da un primer estímulo que inicia con las respuestas secundarias como es el glicógeno hepático (gluconeogénesis), de esta manera el organismo busca distribuir de la energía dando así un aumento de glucosa (Ocampo & Camberos, 1999). La implementación de nucleótidos también influyen en las cantidades de glucosa puesto que estos intervienen también en procesos de síntesis de compuestos así como también influyen en el sistema inmune del animal (Guo et al., 2016)

**Proteína y albúmina.** En el estudio realizado se determinó que las cantidades de proteína y albúmina más elevadas fueron encontradas en los individuos alimentados con dietas balanceadas suplementadas con vitaminas o nucleótidos. Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Tahmasebi-Kohyani et al., 2012) quienes determinaron que la adición de nucleótidos a las dietas de *Oncorhynchus mykiss* incrementa las cantidades de proteína y albúmina en sangre. (Vani et al., 2011) concuerda también con que la adición de vitaminas a las dietas de *Catla catla* (Ham). Presentan mayores cantidades de proteína y albúmina

en sangre. Esto se puede atribuir a que en el caso de las vitaminas estos actúan como cofactores enzimáticos en el proceso del metabolismo energético o la síntesis de proteínas (Garzón & Espinosa, 2019). En el caso de la vitamina C y E actúan como antioxidantes de esta manera pueden proteger a las macromoléculas como son las proteínas, así se puede evitar la oxidación descontrolada por la presencia de radicales libres que se producen por acción del metabolismo (Soto et al., 2016). Por otro lado los nucleótidos influyen en la formación de proteínas al ser subunidades que conforman los ácidos nucleicos pueden sintetizar proteínas y con ello albumina (Sarsangi Aliabad, 2017).

**Hematocrito y Conteo de glóbulos rojos.** En el estudio realizado se determinó que las cantidades de hematocrito y conteo de glóbulos rojos más elevados fueron encontrados en los individuos alimentados con dietas balanceadas suplementadas con vitaminas o nucleótidos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Vani et al., 2011) quien al adicionar vitaminas a las dietas de *Catla catla* (Ham) pudo observar que las cantidades de glóbulos rojos y el porcentaje de hematocrito fueron mayores que el de los individuos alimentados con dietas comerciales. Por otro lado (Tahmasebi-Kohyani et al., 2012) y (Yousefi et al., 2016) concuerdan que al suplementar las dietas de *Oncorhynchus mykiss* aumentan las cantidades de hematocrito, glóbulos rojos y hemoglobina. En el caso de las vitaminas pueden ser muy beneficiosos, su gran efecto antioxidante puede alargar la vida de los eritrocitos, también las vitaminas pueden ayudar en la destrucción de radicales libres y de esta manera también captar oxígeno, así se puede evitar valores bajos en las medidas de hematocrito o la cantidad de eritrocitos (Cañón, 2010).

**Cortisol.** En el estudio realizado se determinó que las cantidades de cortisol en plasma sanguíneo más elevados fueron encontrados en los individuos

alimentados con dietas balanceadas suplementadas con vitaminas y nucleótidos. Estos resultados concuerda con los encontrados por (Montero et al., 1999) quienes al adicionar vitamina C y E a dietas de Dorada (*Sparus aurata*) y tener altas densidades de individuos observaron que los niveles de cortisol fueron más altos que peces alimentados únicamente con la dieta comercial. En otro estudio realizado por (Montero et al., 2001) afirma que la inclusión de vitamina E no produce la elevación de cortisol en plasma sanguíneo en individuos de Dorada (*Sparus aurata*). (Ortuño et al., 2003) observó que al adicionar vitamina C y E en dietas balanceadas de Dorada (*Sparus aurata*) y sometidos a estrés presentan valores bajos de cortisol respecto a individuos de grupos control. Respecto a la inclusión de nucleótidos (Tahmasebi-Kohyani et al., 2012) y (Yousefi et al., 2016) proponen que la inclusión de estos en la alimentación y someter a un estrés a individuos de *Oncorhynchus mykiss* provocará niveles bajos de cortisol en plasma sanguíneo en comparación a grupos control. La presencia de cortisol afecta notablemente al balance hidromineral así como también a la redistribución de recursos energéticos. Este proceso se ve regulado por el sistema HPI (Hipotalamo-Hipofisiario-Intrarrenal) el cual al activarse se dedica a la síntesis y liberación de catecolaminas y cortisol al plasma generando así reacciones secundarias que exigen la movilización de recursos energéticos para evitar la acción del HPI, por otro lado las funciones cardiacas, y pulmonares se ven disminuidas y con ello el equilibrio energético del animal se ve afectado negativamente perjudicando así a las funciones de la reproducción (Cepa et al., 2019). Otro efecto de cortisol se ve relacionado con la esteroidogénesis gonadal, en donde los niveles de LH y la producción de DHP se ven afectados, por un lado se tiene que la LH juega un papel importante en el proceso de maduración del folículo, y la DHP la cual activa la acción de la 11KT al inducir la actividad de 11-HDS que convierte el cortisol en cortisona sustancias relacionadas con la producción de gametos sexuales como por ejemplo la espermatogénesis, además de la producción

de FSH la cual es importante en la regulación del proceso de esteroidogénesis (Carrillo, 2009).

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

La adición de vitaminas en dietas balanceadas mostró un efecto positivo en gametos masculinos de *Oncorhynchus mykiss*. La inclusión de 2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E reportó los mejores resultados respecto a Volumen seminal con un incremento del 32.74%, tiempo de activación con un incremento de 82.66 segundos y la concentración espermática con un incremento del 27.86% respecto al tratamiento control.

La adición de nucleótidos en dietas balanceadas de *Oncorhynchus mykiss* a razón de 4 g, por otro lado mostró un efecto positivo respecto a la mortalidad espermática con un disminución del 89.38% de espermatozoides muertos, respecto al tratamiento control.

La adición de vitaminas en dietas balanceadas de *Oncorhynchus mykiss* mostró un efecto positivo en gametos femeninos. La inclusión de 2400 UI de vitamina C y 900 UI de vitamina E reportó mejores resultados respecto a tamaño de ova con un aumento del 47.72% y el peso de ova con un aumento del 17.21% respecto al tratamiento control.

Por otro lado, la adición de nucleótidos en dietas balanceadas de *Oncorhynchus mykiss* a razón de 4 g, mostró un efecto positivo respecto a la fecundidad relativa con un aumento del 43.13% respecto al tratamiento control.

Las vitaminas suplementadas en alimentos de *Oncorhynchus mykiss* presenta un efecto en el estado sanitario de los peces, mejorando así los indicadores hematológicos como glucosa en 60.26 mg/dL, albúmina en 6.71 mg/dL y conteo

celular con  $4.91 \times 10^6$  cel/ml respecto a valores obtenidos en el tratamiento control. Sin embargo la adición de nucleótidos mejora indicadores hematológicos como proteína en 14.64 mg/dL y hematocrito en 13.3% con respecto a los valores encontrados en el tratamiento control.

Los machos de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con vitaminas obtuvieron un incremento de 21,62 ug/mL de cortisol a los 90 días de evaluación, los cuales también demostraron un aumento significativo en volumen seminal, tiempo de activación y concentración espermática en relación al tratamiento control.

Las hembras de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con vitaminas obtuvieron un incremento de 29,64 ug/mL de cortisol a los 90 días de evaluación, las cuales presentaron un aumento significativo respecto al tamaño y peso de la ova, en relación al tratamiento control.

### **Recomendaciones**

Para mejorar las características de los gametos sexuales tanto en machos como hembras se recomienda la suplementación con vitamina C (2400 UI) y vitamina E (900 UI)

Para evitar contratiempos respecto a la obtención de ovas, se recomienda realizar actividades que no comprometan el nivel de estrés del animal, esto puede ser perjudicial para el proceso de desove

Para realizar el análisis de las muestras de semen obtenidas es necesario realizarlo de manera inmediata, de esta manera se evitará cambios en parámetros como la mortalidad espermática o el tiempo de activación

Para el proceso de obtención de muestras es necesario contar con los implementos y las zonas adecuadas para evitar la contaminación o pérdidas de muestras

Una vez obtenidas las muestras sanguíneas es necesario realizar el proceso de separación entre plasma y sangre, es necesario conservar por separado dichas muestras, así se podrá evitar la contaminación del plasma sanguíneo

Los análisis sanguíneos como la glucosa se debe realizar en el menor tiempo posible, de esta manera se evitara la degradación química de las muestras.

Una vez realizada la marcación digital es necesario realizar un chequeo posterior, esto con la finalidad de asegurar la correcta implantación de chip evitando así la pérdida de material y de información

Se recomienda realizar pruebas de reproducción bajo esta metodología en diferentes especies

Se recomienda realizar ensayos donde se pueda evaluar el efecto de la alimentación donde exista un incremento de la densidad de carga animal

## Bibliografía

- Ai, Q., Tan, B., Xu, W., Zhang, W., ma, H., & Liufu, Z. (2006). Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture*, 261, 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.027>
- Alavi, S., & Cosson, J. (2006). Sperm motility in fishes. (II) Effects of ions and osmolality: A review. *Cell Biology International*, 30, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.cellbr.2005.06.004>
- AllTech. (2020, enero). *NuPro*®. NuPro® | Alltech. <https://www.alltech.com/nupro>
- Arshadi, A., Yavari, V., Oujifard, A., Mousavi, S. M., Gisbert, E., & Mozanzadeh, M. T. (2018). Dietary nucleotide mixture effects on reproductive and performance, ovary fatty acid profile and biochemical parameters of female Pacific shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 515-523. <https://doi.org/10.1111/anu.12584>
- Barandica Cañón, L. (2010). *Efectos de las dietas experimentales en la respuesta inmune de los peces*. <https://ddd.uab.cat/record/68263>
- Barber, H. P. (2005). *Efecto de determinados nutrientes en la composición de dietas para reproductores de dorada (Sparus aurata) sobre la calidad de sus puestas* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=103233>
- Bastardo de C., H. (1994). Reproducción y talla media de madurez de la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae) en los Andes venezolanos. *Rev. biol. trop*, 263-270.
- Bastardo, H., Guedez, C., & León, M. (2004). Características del semen de trucha arcoiris de diferentes edades, bajo condiciones de cultivo en Mérida, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 22(3), 277-288.



- Batallas, M. (2018). *Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) medidos a través del peso y talla* [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15658/1/T-UCE-0014-MVE-007.pdf>
- Billard, R. (1992). Reproduction in rainbow trout: Sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. *Aquaculture*, 100(1-3), 263-298. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90385-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90385-X)
- Blanco Cachafeiro, M. del C. (1994). *La trucha: Cría industrial* (2da ed., Vol. 2). Madris Mundi-Prensa.  
[http://biblioteca.udla.edu.ec/client/en\\_US/default/search/detailnonmodal?qu=CLASIFICACION&d=ent%3A%2F%2FSD\\_ILS%2F0%2FSD\\_ILS%3A7028%7E%7E0&te=ILS&ps=300](http://biblioteca.udla.edu.ec/client/en_US/default/search/detailnonmodal?qu=CLASIFICACION&d=ent%3A%2F%2FSD_ILS%2F0%2FSD_ILS%3A7028%7E%7E0&te=ILS&ps=300)
- Bravo, V. (2018). *Efecto de la inclusión de espirulina (Arthrospira platensis), vitamina C y E en dietas para trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) sobre la calidad espermática de machos adultos*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15872>
- Brown, L., & Challem, J. (2007). *VITAMINAS Y MINERALES ESENCIALES* (Febrero 2007, Vol. 1). Nautilus. <https://www.yorobot.com/descargas/fragmentovitaminasyminerales.pdf>
- Burrells, C., Williams, P. D., Southgate, P. J., & Wadsworth, S. L. (2001). Dietary nucleotides: A novel supplement in fish feeds: 2. Effects on vaccination, salt water transfer, growth rates and physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 199(1), 171-184. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00576-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00576-2)
- Bustamante-González, J. D., Cortés-García, A., Rodríguez-Gutiérrez, M., Bustamante-González, J. D., Cortés-García, A., & Rodríguez-Gutiérrez, M. (2018). Crecimiento y calidad espermática en trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Teleostei: Salmonidae)

durante la temporada reproductiva. *Hidrobiológica*, 28(2), 163-170.

<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n2/bustamante>

Car, C. A. R. de C.-. (2018). *Formulación y aplicación de dietas alimenticias para los diferentes estados de desarrollo de la trucha arco iris, Salmo gairdnerii*.

<https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/35801>

Carrillo, I. (2016). *Caracterización funcional del transporte de glucosa asociado a los transportadores facilitativos de glucosa en espermatozoides de trucha arcoiris (oncorhynchus mykiss) y su asociación con la capacidad reproductiva* [Thesis, Universidad Católica de la Santísima Concepción].

<http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1025>

Carrillo, M. A. (2009). *La Reproducción de los peces: Aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura* (Dr. Juan Espinosa de los Monteros, Vol. 1). FUNDACIÓN OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA. file:///C:/Users/final/Downloads/Carrillo,2005.pdf

Cepa, I. J., Rocha, I. R. J. de la, & Mancera, J. M. (2019). Bienestar Animal en la Acuicultura de Peces: Atenuación del Estrés a través de la Dieta y mediante el Empleo de Anestésicos durante el Transporte. *dA. Derecho Animal: Forum of Animal Law Studies*, 10(4), 85-92.

Cevallos Alulema, G. A., & Tufiño Ruales, K. A. (2019). *Efecto del uso de diferentes tipos de forrajes en alimentación de gallinas productoras de huevo comercial*.

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/21028>

Chacon Morales, A. E. (2020). *Capacidad Antioxidante En Semen Fresco Y Crioconservado A Largo Término En Cachama Blanca (Piaractus Brachypomus)* [Thesis].

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2964>

- Chagas, E. C., & Val, A. L. (2003). Effect of vitamin C on weight and hematology of tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3), 397-402. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300009>
- Chicaiza, J. C. C. (2015). *TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA*. 89.
- Ciereszko, A., & Dabrowski, K. (1994). Relationship between biochemical constituents of fish semen and fertility: The effect of short-term storage. *Fish Physiology and Biochemistry*, 12(5), 357-367. <https://doi.org/10.1007/BF00004300>
- Clerton, P., Troutaud, D., Verlhac, V., Gabaudan, J., & Deschaux, P. (2001). Dietary vitamin E and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) phagocyte functions: Effect on gut and on head kidney leucocytes. *Fish & Shellfish Immunology*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0287>
- Cuaical T., C., Vallejo V., E., Franco R., H., & Sanguino O., W. (2013). Efecto de la densidad de siembra y la adición de ácido ascórbico en el cultivo de *Osteoglossum bicirrhosum*. *Rev. MVZ Córdoba*, 3799-3806.
- Cuevas, M. J. (2013). *DETERMINACIÓN DEL ESTADO REPRODUCTIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS Y TRUCHA CAFÉ EN EL RÍO PALENA* [Tesis, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bpmfpc965d/doc/bpmfpc965d.pdf>
- Dabrowski, K., & Blom, J. H. (1994). Ascorbic acid deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs and survival of embryos. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 108(1), 129-135. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90064-7)
- de Andrade, J. I. A., Ono, E. A., de Menezes, G. C., Brasil, E. M., Roubach, R., Urbinati, E. C., Tavares-Dias, M., Marcon, J. L., & Affonso, E. G. (2007). Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters.

*Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 146(4), 576-580. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.03.017>

Díaz, N. F., & Neira, R. (2020). Biotecnología Aplicada a la Acuicultura I. Biotecnologías clásicas aplicadas a la reproducción de especies cultivadas. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, ISSN 0718-1620, Vol. 32, N°. 1, 2005, pags. 45-59.

Domínguez-Castanedo, O., Toledano-Olivares, Á., & Ávalos-Rodríguez, A. (2015). Efecto del suplemento de astaxantina sobre la calidad seminal en *Moenkhausia sanctaefilomenae* (Teleostei: Characidae). *Latin american journal of aquatic research*, 43(1), 215-221. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue1-fulltext-18>

Duran, R., & Borja, R. (1993). *Actividad antioxidante de las vitaminas C y E y de la provitamina A*. C.S.I.C. <https://pdfs.semanticscholar.org/2067/03d198f1edae2ede30a4168405377c87f918.pdf>

Eguia, M. J. (2017). *INFLUENCIA DE DOS MARCAS COMERCIALES DE ALIMENTO EN EL CRECIMIENTO Y PIGMENTACIÓN MUSCULAR DE LA TRUCHA (Oncorhynchus mykiss) EN ESTANQUES* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3475/egua-canchanya-mario-jesus.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Espinosa de los Monteros, J., & Labarta, U. (1997). *Nutrición en Acuicultura I* (84.<sup>a</sup>-505.<sup>a</sup>-6000.<sup>a</sup>-4.<sup>a</sup> ed., Vols. 84-505-6001-2). FEUGA. [https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros//nutricion\\_1.pdf](https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros//nutricion_1.pdf)

FAO. (2005). *INFORMES NACIONALES SOBRE EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA EN AMERICA LATINA*. <http://www.fao.org/3/ad020s/AD020s06.htm>

- FAO. (2019). *FAO Fisheries & Aquaculture—Visión general del sector acuícola nacional—Ecuador*. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_ecuador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es)
- Fernández, A. M. (2008). *Efecto de la suplementación con vitamina e y glicina sobre el daño oxidativo y rendimiento físico en ratas durante el ejercicio aeróbico*. ICSa-BD-UAEH. <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/567>
- Flores, A. (2018). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD Y ACTIVIDAD BACTERICIDA, Y AGLUTINANTE DE LA TRUCHA ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) COMO BIOINDICADOR DE LA CONTAMINACIÓN HUMANA EN LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA, APURÍMAC*. 87.
- Gammanpila, M., Yakupitiyage, A., & Bart, A. (2010). Evaluation of the effect of dietary vitamin C, E and Zinc supplementation on the reproductive performance of Nile Tilapia (*O. niloticus*). *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*, 12. <https://doi.org/10.4038/sljas.v12i0.2213>
- Garcia, F., Pilarski, F., Onaka, E., Moraes, F., & Martins, M. (2007). Hematology of *Piaractus mesopotamicus* fed diets supplemented with vitamins C and E, challenged by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 271, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.06.021>
- Garzón, J. S. V., & Espinosa, M. C. G. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, 15(30), 82-93. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
- Gombe, S., Oduor-Okelo, D., Bharaj, B., & Verjee, Z. H. (1977). Gonadal and plasma testosterone and cholesterol in scorbutic guinea pigs. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research. Internationale Zeitschrift Fur Vitamin- Und Ernährungsforschung. Journal International De Vitaminologie Et De Nutrition*, 47(1), 75-80.

- González, J. L. (2005). *Nucleotide enhancement of diets, fish reproduction and egg quality* [Phd, The Open University]. <http://oro.open.ac.uk/65936/>
- González, L. W., & Lugo, T. (1997). OVOGENESIS DE LUTJANUS PURPUREUS POEY, 1867 (PISCES: LUTJANIDAE) DE LA REGION ORIENTAL DE VENEZUELA. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 26(1), 53-60.
- González Vecino, José Luis. (2005). *Nucleotide enhancement of diets, fish reproduction and egg quality*. <https://doi.org/10.21954/OU.RO.00010190>
- González-Maldonado, J., Rangel-Santos, R., Rodríguez-de Lara, R., Ramírez-Valverde, G., Ramírez Bribiesca, J. E., & Monreal-Díaz, J. C. (2019). Suplementación con ácido ascórbico para mejorar la fertilidad del ganado lechero. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(4), 1000-1012. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4703>
- Gualavisí, F. (2009). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de crecimiento, con sustitución parcial de alimento balanceado por sange de bovinos, Cayambe—Ecuador 2008*.  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6766>
- Guo, J., Guo, B., Zhang, H., Xu, W., Zhang, W., & Mai, K. (2016). Effects of nucleotides on growth performance, immune response, disease resistance and intestinal morphology in shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with a low fish meal diet. *Aquaculture International*, 24(4), 1007-1023. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9967-7>
- Halver, J. E., Smith, R. R., Tolbert, B. M., & Baker, E. M. (1975). Utilization of Ascorbic Acid in Fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 258(1), 81-102.  
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1975.tb29270.x>
- Hayashi, H., Yamamoto, K., Yonekawa, H., & Morisawa, M. (1987). Involvement of tyrosine protein kinase in the initiation of flagellar movement in rainbow trout spermatozoa.

*Journal of Biological Chemistry*, 262(34), 16692-16698.

[https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)49310-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)49310-6)

Hernandez, M., & Aquino-Martínez, G. (2008). *Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. GEM, TIES Cuencas Sanas y Modos de Vida Sustentable Series de Manuales de Capacitación.

Hernández-Matos, Y., Delgado-Roche, L., López-Pérez, R., Martínez-Sánchez, G., & Mallok, A. (2010). Impacto de las especies reactivas del oxígeno sobre la fertilidad masculina. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 18(3), 153-158.

Izquierdo, & Fernández-Palacios. (2004). IMPORTANCIA DE LA NUTRICIÓN EN LA REPRODUCCIÓN DE PECES. *Grupo de Investigación en Acuicultura. IUSA & ICCM. P.O*, 100A(3), 289-296.

King, J. A., & Millar, R. P. (1992). Evolution of gonadotropin-releasing hormones. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 3(9), 339-346. [https://doi.org/10.1016/1043-2760\(92\)90113-F](https://doi.org/10.1016/1043-2760(92)90113-F)

Kjørsvik, E. (2007). Egg Quality in Wild and Broodstock Cod *Gadus morhua* L. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25, 22-29. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1994.tb00800.x>

Krautz-Borquez, M. C. (2015). *Concentración de vitamina c en peces pelágicos pequeños y respuesta de efectores de inmunidad innata y antióxidante durante la estación de desove en el area de surgencias de Chile centro-sur* [Universidad de Concepción]. <http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/181613>

Lavens, P., Lebegue, E., Jaunet, H., Brunel, A., Dhert, Ph., & Sorgeloos, P. (1999). Effect of Dietary Essential Fatty Acids and Vitamins on Egg Quality in Turbot Broodstocks. *Aquaculture International*, 7(4), 225-240. <https://doi.org/10.1023/A:1009225028889>

- Lazo, J. P. (2000). Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. *Avances en Nutrición Acuicola*, 0(0), Article 0.  
<http://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/279>
- Lee, K.-J., & Dabrowski, K. (2004). Long-term effects and interactions of dietary vitamins C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens*. *Aquaculture*, 230, 377-389. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00421-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00421-6)
- Leonardi, M., Sandino, A. M., & Klempau, A. (2003). *Effect of a nucleotide-enriched diet on the immune system, plasma cortisol levels and resistance to infectious pancreatic necrosis (IPN) in juvenile rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Undefined.  
</paper/Effect-of-a-nucleotide-enriched-diet-on-the-immune-Leonardi-Sandino/6171804ef6ccc49da9fbe14c51ef956e2b349063>
- Lethimonier, C., Madigou, T., Muñoz-Cueto, J.-A., Lareyre, J.-J., & Kah, O. (2004). Evolutionary aspects of GnRHs, GnRH neuronal systems and GnRH receptors in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, 135(1), 1-16.  
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2003.10.007>
- Macas, A., & Molina, C. (2015). *Tópicos Avanzados en Nutrición de peces de agua dulce Utilización de Nucleótidos en nutrición de especies acuícolas*. Universidad Central del Ecuador.  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38684590/Topicos\\_de\\_alimentacion\\_peces\\_A\\_MA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38684590/Topicos_de_alimentacion_peces_A_MA)
- Mantra. (2009, julio 7). *La reproducción de los peces: Aspectos básicos y sus aplicaciones en Acuicultura* [Text]. Observatorio Español de Acuicultura. <https://www.observatorio-acuicultura.es/recursos/publicaciones/la-reproduccion-de-los-peces-aspectos-basicos-y-sus-aplicaciones-en>



- Maya, G. C. (2007). Del hemograma manual al hemograma de cuarta generación. *Med. lab*, 511-550.
- Membrillo Ortega, A., Córdova Izquierdo, A., Hicks Gómez, J. J., Olivares-Corichi, I. M., Martínez Torres, V. M., & Valencia Méndez, J. de J. (2003). Peroxidación lipídica y antioxidantes en la preservación de semen: Una revisión. *Interciencia*, 28(12), 699-704.
- Mommsen, T. P., Vijayan, M. M., & Moon, T. W. (1999). Cortisol in teleosts: Dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9(3), 211-268. <https://doi.org/10.1023/A:1008924418720>
- Montero, D., Marrero, M., Izquierdo, M. S., Robaina, L., Vergara, J. M., & Tort, L. (1999). Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. *Aquaculture*, 171(3), 269-278. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00387-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00387-1)
- Montero, D., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J. M., & Izquierdo, M. S. (2001). Low vitamin E in diet reduces stress resistance of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish & Shellfish Immunology*, 11(6), 473-490. <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0324>
- Noriega-Salazar, A., Rivas-Salazar, D., Silva-Acuña, R., & Hurtado, E. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas de vitaminas C y E. *CIENCIA UNEMI*, 13(34), 16-27.
- Ocampo, A. A. de, & Camberos, L. O. (1999). Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México*, 30(4), 337-341.
- Ortiz, J. (2020). *ACUICULTURA* [Presentacion]. <https://docs.google.com/a/espe.edu.ec/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbm9hY3VhY3VsdHVyYWp1YW5vcnRpenxneDoxMGI5NWRhMzc0NzQ1Mw>

- Ortuño, J., Esteban, M. A., & Meseguer, J. (2003). The effect of dietary intake of vitamins C and E on the stress response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, *14*(2), 145-156. <https://doi.org/10.1006/fsim.2002.0428>
- Orvay, F. C. (1993). *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Edicions Universitat Barcelona.
- Osorio C., V., Mora S., V., & Uyaguari D., M. (2009). *Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas*.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1550>
- Padrón, A. R. M., & Lacruz, L. V. (2010). *ELEMENTOS PRÁCTICOS PARA LA CRÍA DE TRUCHAS EN VENEZUELA*. 12.
- Palace, V., & Werner, J. (2006). Vitamins A and E in the maternal diet influence egg quality and early life stage development in fish: A review. *Scientia Marina*, *70*, 41-57.
- Pardo Carrasco, S., & Martínez, J. (2010). Crioconservación de semen en peces: Efectos sobre la movilidad espermática y la fertilidad. *Acta Biologica Colombiana*, *15*, 3-24.
- Pastor, D. (2017). *Viabilidad de alevines de tilapia híbrida producidos por inducción hormonal y efecto de vitaminas C y E en dietas para reproducción*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/14489>
- Penagos, G., Barato, P., F., F., & Iregui, C. (2009). Sistema Inmune y vacunación en peces. *Acta Biologica Colombiana*, *14*, 3.
- Por, L., Barandica, C., Tort, L., Resumen, B., Barandica, Z., & Tort, L. (2021). *NEUROENDOCRINOLOGÍA E INMUNOLOGÍA DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS EN PECES*.
- Poston, H. A., Combs, G. F., Jr., & Leibovitz, L. (1976). Vitamin E and Selenium Interrelations in the Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Gross, Histological and Biochemical Deficiency Signs. *The Journal of Nutrition*, *106*(7), 892-904.  
<https://doi.org/10.1093/jn/106.7.892>

- Puerta Suárez, J., Carvajal Obando, A., Cardona Maya, W. D., Puerta Suárez, J., Carvajal Obando, A., & Cardona Maya, W. D. (2019). Relación entre los antioxidantes y la calidad seminal. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, 45(2).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0138-600X2019000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0138-600X2019000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ramírez, A. del R. (2016). *Efecto de los carotenoides y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color del filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arco iris (oncorhynchus mykiss)*.  
<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/486>
- Robles, M. F. O. (2020). *Perfil de ácidos grasos, proteínas y lípidos en diferentes estadios del desarrollo embrionario-larvario en trucha arco iris, (Oncorhynchus mykiss Walbaun, 1972) y su relación con análisis morfométricos e índices de eficiencia*. 99.
- Rodríguez P., H., & Rojas M., S. (2014). EFECTO DE DIETAS ENRIQUECIDAS CON VITAMINA E Y SELENIO ORGÁNICO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD FUNCIONAL DEL FILETE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 213-225. <https://doi.org/10.15381/rivep.v25i2.8494>
- Rosado Puccini, R. (2019). *Relación entre parámetros físicos y de composición de la ova con la eficiencia en fases de incubación y larvicultura en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss Walbaum)*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9461>
- Salamanca, D. (2020). *“INDUCCIÓN A LA MADURACIÓN SEXUAL Y DESOVE DE Oncorhynchus mykiss “TRUCHA ARCO IRIS” POR FOTOPERIODO EN EL CIPBS – CHUCUITO, UNA PUNO”* [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano].  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13395/Salamanca\\_Cansaya\\_Darwin\\_Isacc.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13395/Salamanca_Cansaya_Darwin_Isacc.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Salamon, S., & Maxwell, W. M. (2000). Storage of ram semen. *Animal Reproduction Science*, 62(1-3), 77-111. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00155-x](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00155-x)
- Sanz, F. (2009). *Fernando Sanz—La Nutrición y Alimentación en Piscicultura PDF | PDF | Digestión | Sistema digestivo humano (primera)*. FUNDACIÓN OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA. <https://es.scribd.com/document/378093405/Fernando-Sanz-La-Nutricion-y-Alimentacion-en-Piscicultura-pdf>
- Sarsangi Aliabad, H. (2017). Effect of nucleotides administration on growth and infectious disease resistance in aquatic animals. *Breeding and Aquaculture Sciences Journal*, 5(14), 21-30.
- Schowen, R. L. (1993). Principles of biochemistry 2nd ed. (Lehninger, Albert L.; Nelson, David L.; Cox, Michael M.). *Journal of Chemical Education*, 70(8), A223. <https://doi.org/10.1021/ed070pA223.1>
- Serezli, R., Akhan, S., & Delihasan Sonay, F. (2010). The Effect of Vitamin E on Black Sea Trout (*Salmo labrax*) Broodstock Performance. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, 219-222.
- Sicilia, V., Uyaguari, M., & Osorio, V. (2009). *Situación Actual De Las Especies Introducidas En El Ecuador Con Fines Acuícolas*.
- Siegel, F. (2011). *Evaluación de dietas suplementadas con combinaciones de nucleótidos, microminerales orgánicos (Se y Zn) y Vitamina C mediante desafío con el virus de la anemia infecciosa del salmón en salmón del Atlántico (Salmo salar)* [Tesis, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fvs571e/doc/fvs571e.pdf>
- Soliman, A. K., Jauncey, K., & Roberts, R. J. (1986). The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis*

- mossambicus (Peters). *Aquaculture*, 59(3), 197-208. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90004-9)
- Soto, W. C., Pérez, C. L., & Raico, O. S. (2016). Vitamina C y Mananoligosacaridos (MOS) en dietas de tilapia, *Oreochromis niloticus*, sobre el comportamiento productivo, parámetro hematológicos y salud intestinal, criadas a temperaturas inferiores al confort. *PUEBLO CONTINENTE*, 26(1), 91-103.
- Tabares, C. J., Tarazona, A. M., & Ángel, M. O. (2005). *Fisiología de la activación del espermatozoide en peces de agua dulce*. 18, 13.
- Tahmasebi-Kohyani, A., Keyvanshokoo, S., Nematollahi, A., Mahmoudi, N., & Pasha-Zanoosi, H. (2012). Effects of dietary nucleotides supplementation on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance and acute stress response. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(2), 431-440. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9524-x>
- Terán, C. (2006). *Trazado y diseño geométrico de la vía en el tramo sector administrativo-pailones del IASA I*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/1819>
- Ubilla, A., & Valdebenito, I. (2011). Use of antioxidants on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) sperm diluent: Effects on motility and fertilizing capability. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2), 338-343. <https://doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-15>
- Vani, T., Saharan, N., Mukherjee, S. C., Ranjan, R., Kumar, R., & Brahmchari, R. K. (2011). Deltamethrin induced alterations of hematological and biochemical parameters in fingerlings of *Catla catla* (Ham.) and their amelioration by dietary supplement of vitamin C. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 101(1), 16-20. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.05.007>

- Vargas, R. (2003). Evaluación de la reproducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producida en Costa Rica. I parte. *Agronomía Mesoamericana*, 14.  
<https://doi.org/10.15517/am.v14i1.11999>
- Velasco, O. (2015). *Criopreservación de embriones de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss) en el laboratorio de biotecnología de la reproducción de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi*.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2849>
- Viveiros, A., Fessehaye, Y., ter Veld, M., Schulz, R., & Komen, H. (2002). Hand-stripping of semen and semen quality after maturational hormone treatments, in African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 213, 373-386. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00036-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00036-4)
- Xu, H., Huang, L., Liang, M., Zheng, K., & Wang, X. (2015). Effect of dietary vitamin E on the sperm quality of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Journal of Ocean University of China*, 14(4), 695-702. <https://doi.org/10.1007/s11802-015-2555-7>
- Yildiz, M., Ofori-Mensah, S., Arslan, M., Ekici, A., Yamaner, G., Baltacı, M. A., Tacer, Ş., & Korkmaz, F. (2020). Effects of different dietary oils on egg quality and reproductive performance in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Animal Reproduction Science*, 221, 106545. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106545>
- Yousefi, M., Paktinat, M., Mahmoudi, N., Pérez-Jiménez, A., & Hoseini, S. M. (2016). Serum biochemical and non-specific immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to dietary nucleotide and chronic stress. *Fish Physiology and Biochemistry*, 42(5), 1417-1425. <https://doi.org/10.1007/s10695-016-0229-z>
- Zevallos De La Torre, S. (2018). Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho,

Apurímac. *Universidad Peruana Cayetano Heredia*.

<http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/3645>