



**Uso de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas balanceadas para la engorda de Paiche (*Arapaima gigas*), Sucumbíos – Ecuador**

Toapanta Cóndor, Wendy Carolina

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

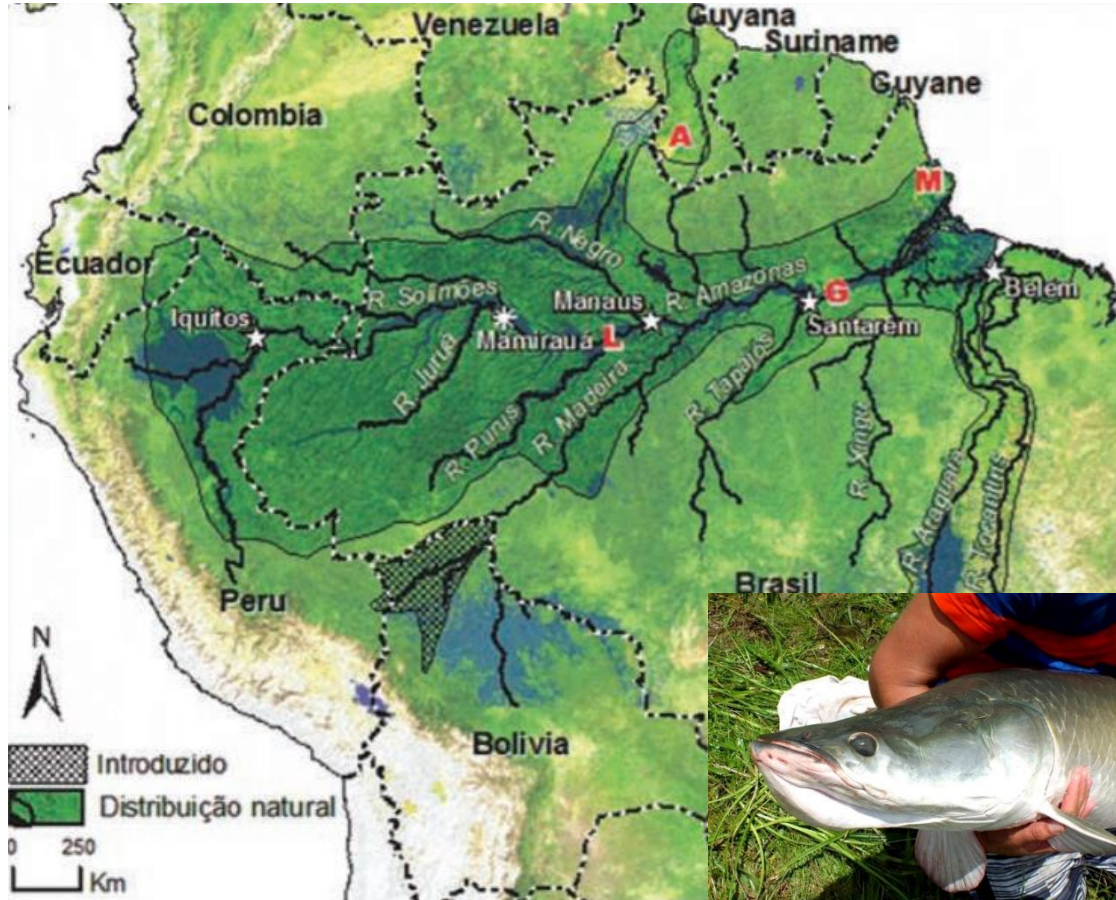
Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

Ing. Rivera Mayo, Patricia Margarita

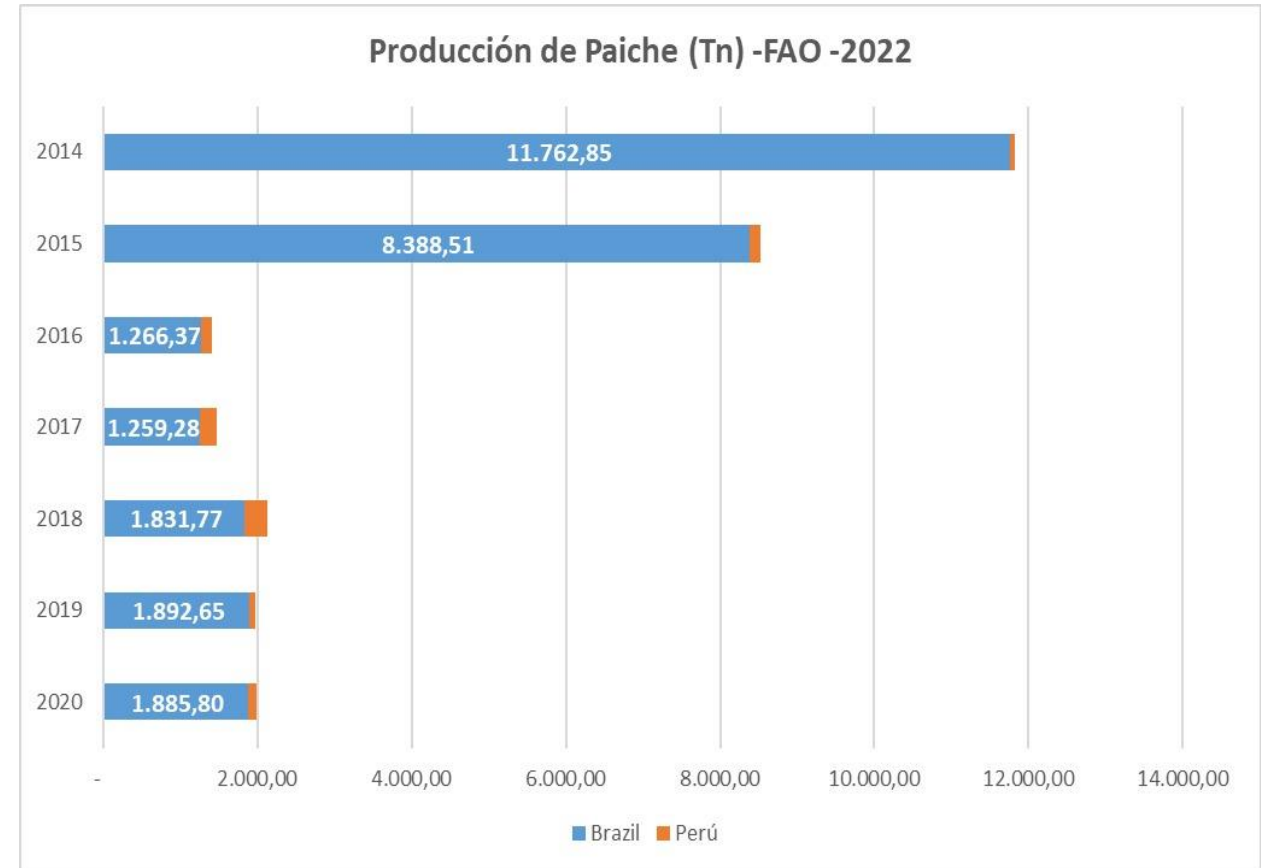
02 de septiembre del 2022

# INTRODUCCIÓN

## Distribución geográfica de Arapaima en América del Sur



(Castello & Stewart, 2013)



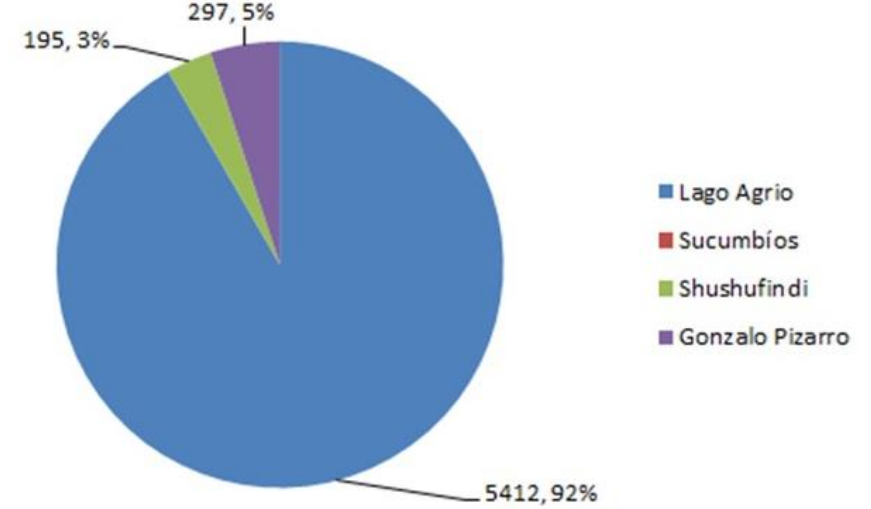
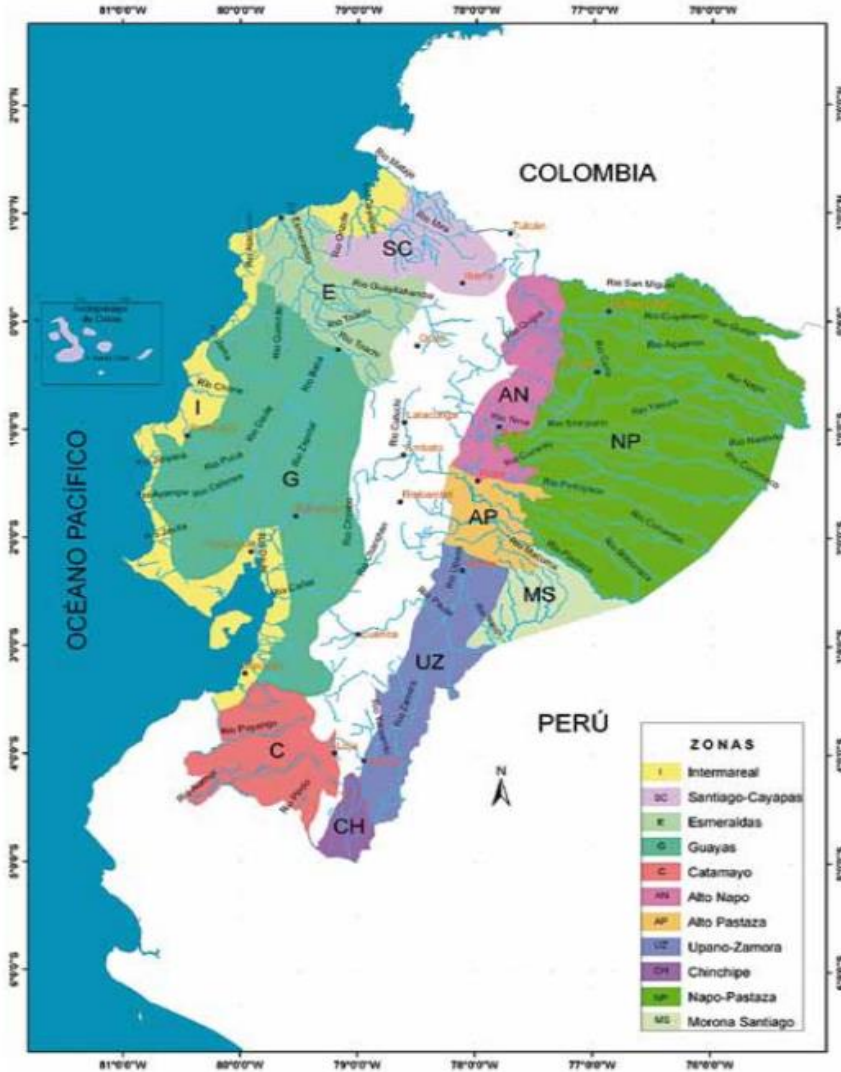
(FAO, 2022)



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

# INTRODUCCIÓN

## Distribución de *Arapaima gigas* en Ecuador



5 900 paiches vivos (MAATE, 2019)



- 9 patentes en Lago Agrio, Shushufindi y Gonzalo Pizarro
- 1726 individuos (MAATE, 2021).

(Barriga, 2012)

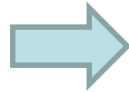


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

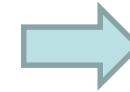
# INTRODUCCIÓN



Asociación de acuicultores  
de *Arapaima gigas*



Alimentación con  
balanceado de trucha



Los piensos comerciales actuales  
no cumplen con los requerimientos  
específicos de Paiche.

Mortalidad  
Pérdidas económicas



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

# INTRODUCCIÓN



**CIP**  
INTERNATIONAL  
POTATO CENTER



El camote como fuente de carbohidrato para dieta de paiche.



## Dieta específica para el paiche



- Alternativa al uso de ingredientes convencionales
- Promover el uso de ingredientes de la zona



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

# HIPÓTESIS

## Hipótesis alternativa

La inclusión de harina de camote en dietas para Paiche tienen efecto sobre los parámetros morfométricos, productivos, hematológicos e histológicos de la especie en etapa de engorda.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dietas balanceadas para la alimentación de Paiche en etapa de engorde con diferentes niveles de inclusión de harina de camote sobre el rendimiento productivo bajo condiciones controladas en Sucumbíos, Ecuador.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros morfométricos y productivos del Paiche en etapa de engorda alimentados con dietas a base de harina de camote.
- Evaluar los perfiles hematológicos e histológicos de hígado e intestino de peces alimentados con dietas con inclusión de harina de camote
- Analizar los costos de producción, mediante la metodología de García et al., 1993.



# MARCO TEÓRICO

## Paiche (*Arapaima gigas*)

- **Carnívoro/ omnívoro piscívoro** (Villafan et al., 2020)
- Altamente sedentaria
- Poca corriente de agua , poco profundos rodeado de vegetación
- 25-31 °C
- pH: 6-7



### Características de interés comercial

- 10 Kg/ primer año
- Respiración aérea obligada
- Excelente calidad de carne
- Rendimiento filete > 45%

### Nutrición

- El paiche no tiene requerimientos nutricionales específicos
- Proteína 36-48%
- FCA 1,7-2,3





# MARCO TEÓRICO

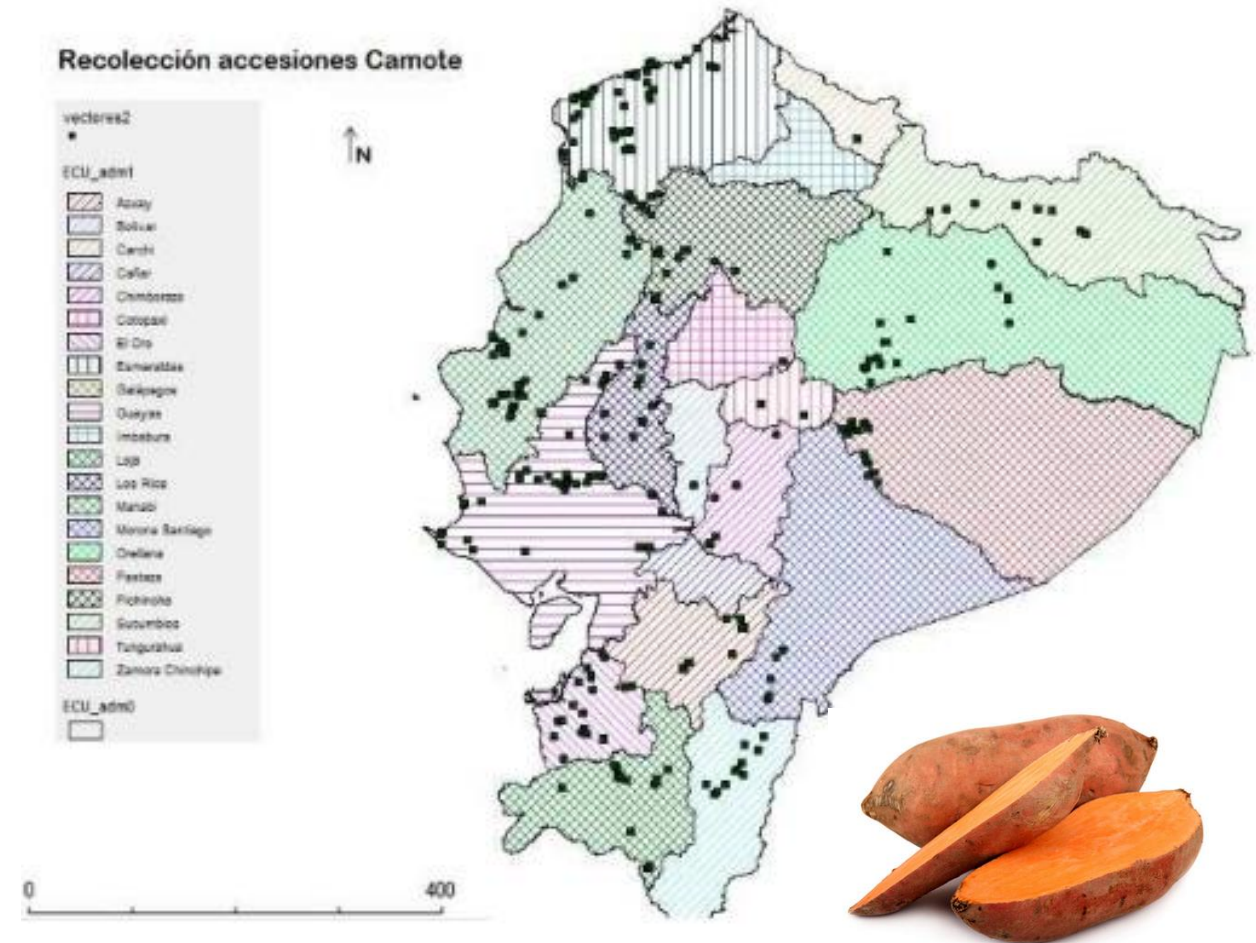
## Camote (*Ipomoea batatas*)

- Planta herbácea
- 368 accesiones
- Fácil propagación
- 90-120 días
- 25-35 tn/ha
- Pocos requerimientos
- 1-2947 msnm

Tabla 1

Contenido nutricional de la harina de camote

Componente	Cantidad
Energía Bruta (Kcal/kg)	3875
%Materia seca	88,72
% Proteína Bruta	3,87
% Grasa	0,91
%Fibra Bruta	2,69
%ELN	78,26
% Almidón	62,9
% Ca	0,48
% P Disponible	0,31



# METODOLOGÍA

## Ubicación del lugar del procesamiento de harina de camote

**Figura 1**

*Ubicación geográfica para el procesamiento de camote*



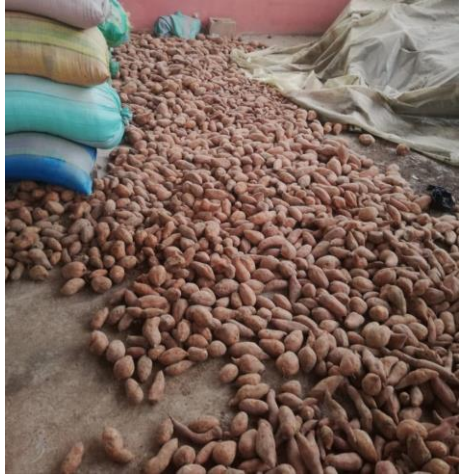
Provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi en las instalaciones de la Federación de Organizaciones Campesinas de Shushufindi – FOCASH.



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

# METODOLOGÍA

Recepción de  
materia prima



78 sacos de  
camote variedad  
"Toquecita"

Lavado y  
clasificación



Plaga del gorgojo (*Euscepes postfasciatus*)

Triturado



5 mm



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

# METODOLOGÍA

Secado



Molido



Almacenaje



Rendimiento de materia seca 20-28%



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

**Tabla 2**

*Composición de dietas experimentales para Paiches en etapa de engorde*

Ingrediente	Control HC 0%	HC 20%	HC 30%
Harina de pescado 54%	650,00	650,00	650,00
Harina de soya 48%	50,00	40,00	30,00
Harina de trigo	59,18	-	-
Harina de Maíz	90,00	40,00	20,00
Aceite de pescado	70,00	70,00	70,00
Harina de camote	0,00	200,00	300,00
Salvado de trigo	50,00	50,00	-
Mix de vitaminas y minerales	5,00	5,00	5,00
Sal	2,80	2,80	2,80
BHT	0,50	0,50	0,50
Antifúngico	1,00	1,00	1,00
Vitamina C	0,2	0,20	0,20

*Nota.* Los ingredientes están expresados en g/kg de materia seco.  
Elaboración propia

**Tabla 3**

*Composición proximal de dietas experimentales para Paiches en etapa de engorde*

Nutriente	Trucha	Control HC 0%	HC 20%	HC 30%
EB Kcal/Kg	3997	3440	3550	3560
%Proteína Bruta	39,04	40,00	39,43	39,54
%Extracto etéreo	16,37	12,54	12,58	12,48
% Fibra bruta	4,09	1,81	2,13	2,27
% ELN	23,06	19,87	27,78	31,37
%Lisina	-	2,41	2,41	2,33
%Metionina	-	0,85	0,95	0,92
%Calcio	-	2,91	2,47	3,99
% Fósforo Disponible	-	1,43	1,96	1,97

*Nota.* El análisis bromatológico del balanceado de trucha fue realizado en laboratorio, mientras que los demás balanceados son porcentajes calculados.



# METODOLOGÍA

## Ubicación del lugar de la investigación

### Figura 2

*Ubicación geográfica del lugar de estudio*



Finca “La Piedad”, ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio, parroquia Jambelí.

Clima: húmedo tropical

Altitud :300 m.s.n.m.

Precipitación anual 3000-5000 mm

Temperatura : 22-26°C (MAG, 2015).



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

# METODOLOGÍA

## Fase de campo

### Clasificación de paiches



48 Paiches de  $19,82 \pm 2,14$  Kg



### Piscinas experimentales



3 paiches/UE  
(piscina 12 m x 6 m)



### Tratamientos



- T1= Balanceado de trucha
- T2=Balanceado con 0% HC
- T3=Balanceado con 20% HC
- T4=Balanceado con 30% HC



# METODOLOGÍA

## Fase de campo

### Alimentación



### Medición de parámetros de calidad de agua



### Biometría



- Ración alimenticia : 0,5%
- Dos veces al día (8AM-11AM)

Se midió T, pH, CE, TDS y OD con multiparámetro HANNA, cada 15 días

- Peso, LT, LP, LC y Diámetro
- 71 y 107 días



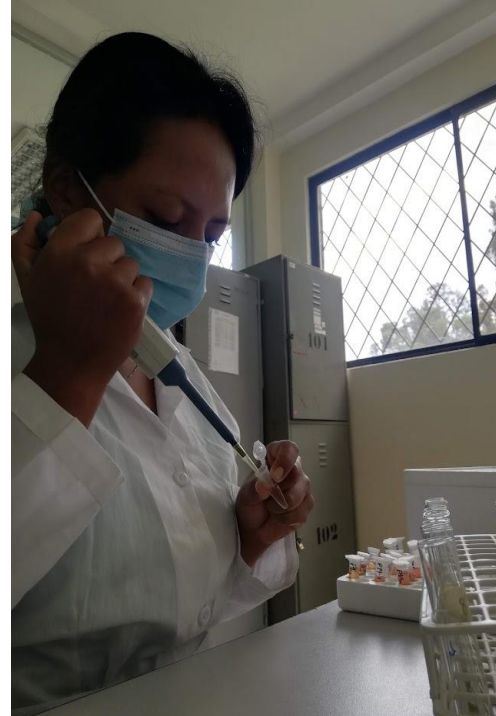


### Extracción de sangre



- Punción de la vena caudal
- %H, CGR, hemoglobina, glucosa, PT y albúmina

### Análisis de sangre



- Laboratorio de Acuicultura –IASA 1
- Bioquímica sanguínea

### Extracción de tejido



- Hígado e intestino (Formalina 10%)

# METODOLOGÍA

## Placas histológicas



- Microscopio óptico



## Análisis de económico

- Inversión inicial
- Costos operativos
- Flujo de caja a 10 años
- Indicadores financieros:  
VAN, TIR, C/B
- Cálculos por tratamiento



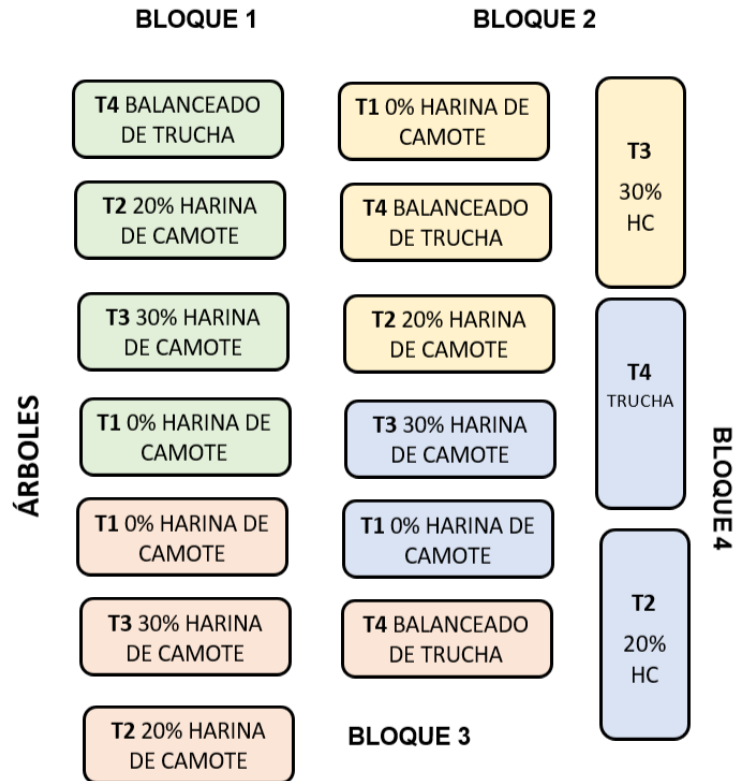
# METODOLOGÍA

## Análisis estadístico

### Variables morfométricas y productivas

### Variables hematológicas y bioquímica sanguínea

### Análisis de la información



DBCA: 4 tratamientos , 4 repeticiones



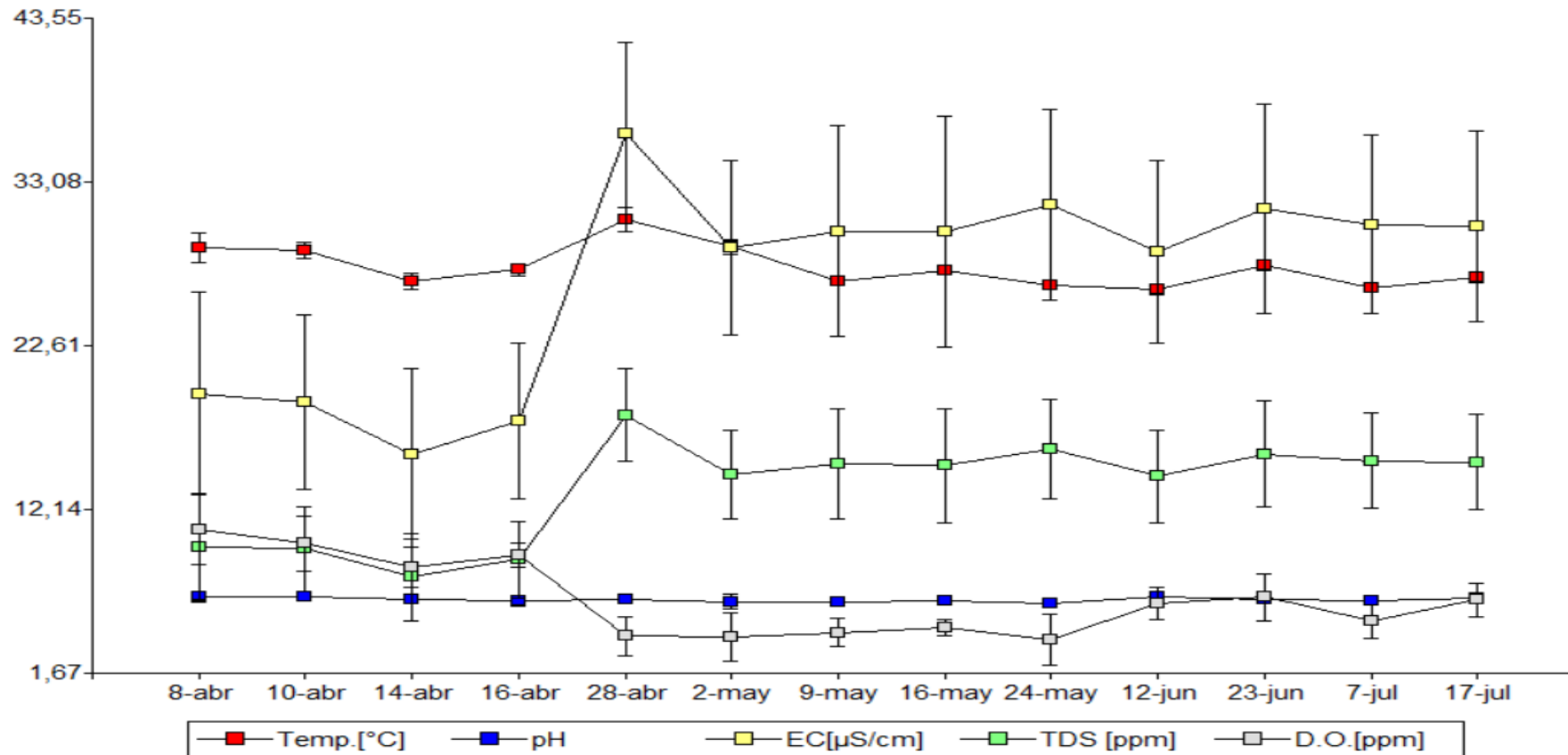
Las variables se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar).

ANOVA y comparación de medias Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3**

*Gráfico de puntos del promedio  $\pm$  desviación estándar de los parámetros de calidad de agua a través del tiempo*



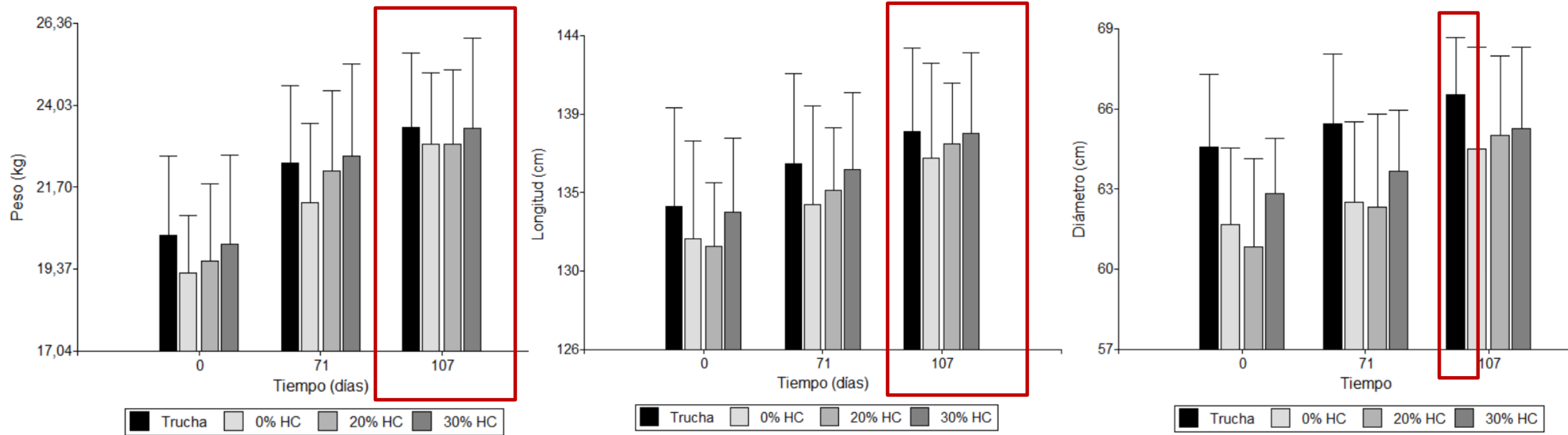
Parámetros de calidad de agua dentro de los rangos normales (Chu Koo et al., 2017).

Obtiene del aire el 75% de oxígeno del requerimiento total (Stevens & Holeton, 1978).



**Figura 4**

*Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar de parámetros morfométricos a través del tiempo*



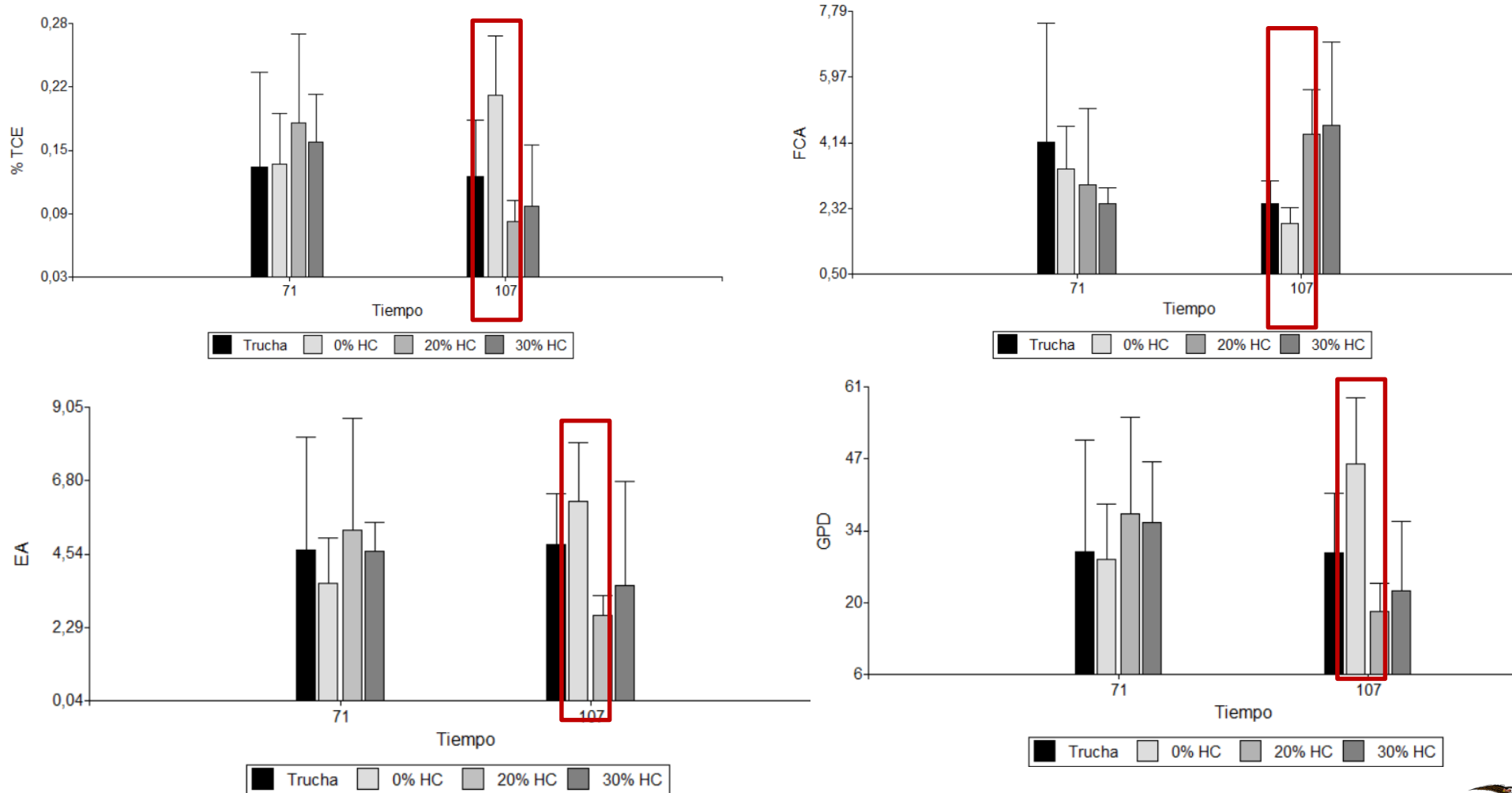
La extrusión desactiva factores anti nutricionales, mejorar la digestibilidad y aumenta el rendimiento productivo (Barrows et al., 2007).

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Parámetros productivos

Figura 5

Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar de variables productivas a través del tiempo



El maíz y el salvado: digestibilidad aparente de 77% y 57% (Jaques, 2019). La digestibilidad de la energía del maíz y el salvado de trigo fue menor (40% y 47%) (Cipriano et al., 2015)

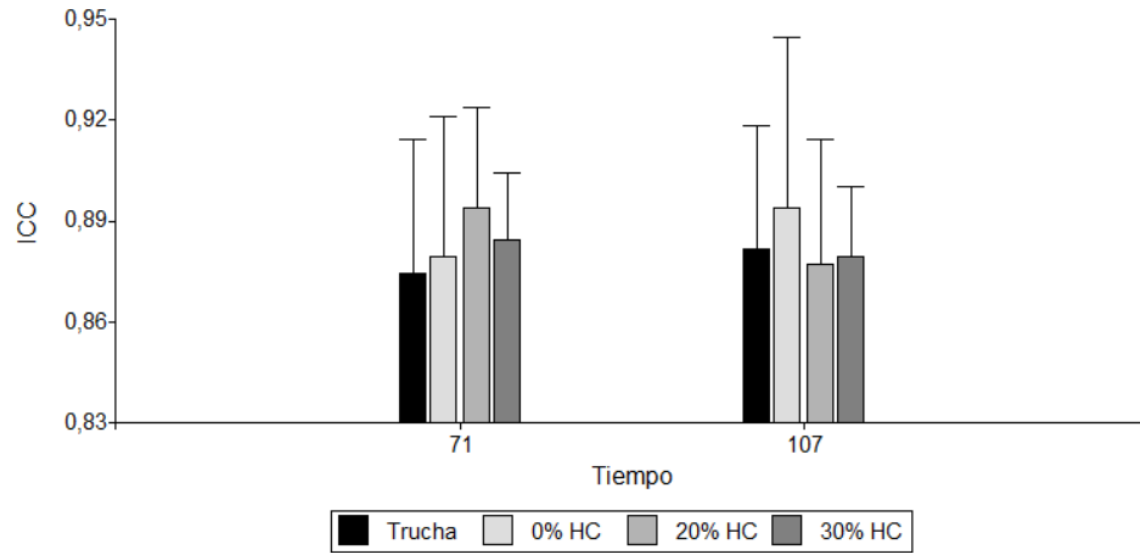
La GPD de Paiches (52-67g) osciló entre 27.75 y 37.38 (Paredes-López et al., 2021)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Figura 6**

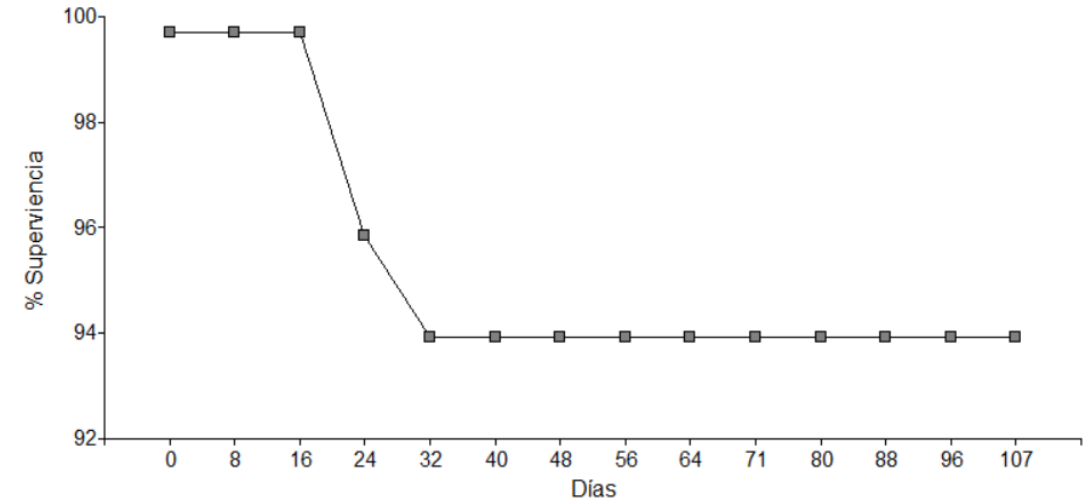
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar del ICC a través del tiempo



Pereira-Filho et al., (2003) registró un ICC de 1 en Paiches de 7 kg.

**Figura 7**

% Supervivencia de Paiches a través del tiempo



El porcentaje de supervivencia encontrados fueron del 99 y 100%. Paiches juveniles de 250 g : 66 y 93% (Ituassú et al., 2005)



**Tabla 4**

*Promedio ± desviación estándar de los parámetros hematológicos de paiches alimentados con diferentes balanceados*

<b>Balanceados</b>	<b>Hematocrito (%)</b>	<b>Glóbulos rojos (<math>10^6/\mu\text{l}</math>)</b>	<b>Hemoglobina (g/dl)</b>
<b>Trucha</b>	34,67 ± 2,52 a	3709,33 ± 269,28 a	11,44 ± 0,83 a
<b>Control</b>	34,33 ± 2,52 a	3619,33 ± 183,85 a	11,11 ± 0,50 a
<b>20% HC</b>	35,67 ± 1,15 a	3816,33 ± 123,55 a	11,17 ± 0,38 a
<b>30% HC</b>	36,00 ± 2,00 a	3852,00 ± 214,00 a	11,88 ± 0,66 a

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

Drumond et al., (2010) en alevines (25.6 g) y juveniles (2.3 kg), encontró valores menores de estas variables a los encontrados en este estudio.

Los valores aumentan con la edad.





**Tabla 5**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de los parámetros de bioquímica sanguínea de paiches alimentados con diferentes balanceados*

Balanceados	Glucosa (mg/dl)	Proteína total (g/dl)	Albúmina (g/dl)
Trucha	27,69 $\pm$ 7,69 a	2,93 $\pm$ 0,65 ab	0,97 $\pm$ 0,14 b
Control	16,02 $\pm$ 2,16 a	3,70 $\pm$ 0,90 a	0,89 $\pm$ 0,09 b
20% HC	13,33 $\pm$ 8,40 a	2,14 $\pm$ 0,46 ab	1,64 $\pm$ 0,43 a
30% HC	14,44 $\pm$ 3,51 a	1,70 $\pm$ 0,14 b	1,10 $\pm$ 0,08 ab

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

La hipoglucemia es consecuencia de la inanición a largo plazo (Gillis & Ballantyne, 1996).

La disminución de la albúmina es un indicador de infecciones sistémicas por incremento las globulinas (Crivelenti et al., 2012)

La albúmina se encuentra entre 1.64-0.97 g/dl, los cuales coinciden con los de descritos por (Paredes-López et al., 2021).

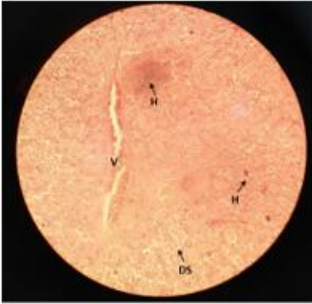
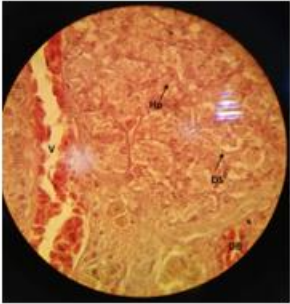
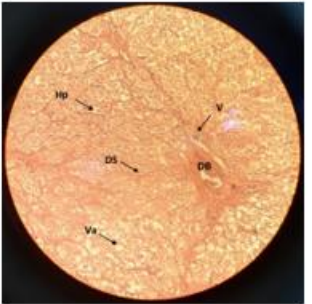
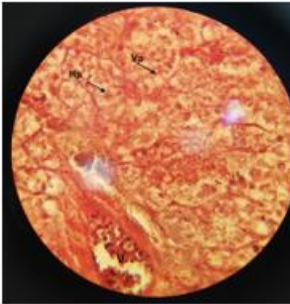
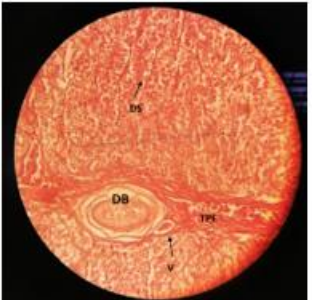
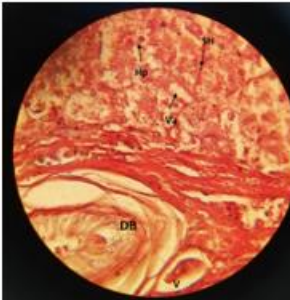


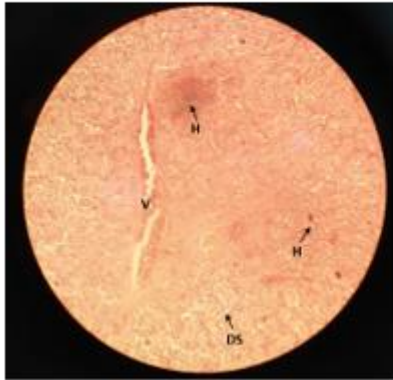
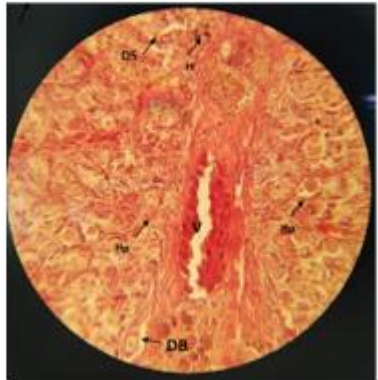
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Parámetros histológicos

Tabla 6

Cortes histológicos de tejido hepático de Paiche alimentados con diferentes balanceados

40X	100X	Descripción
		T1 Hemorragia, dilatación sinusoidal
		T2 Vacuolización, dilatación sinusoidal.
		T3 Hemorragia en sinusoides, vacuolización

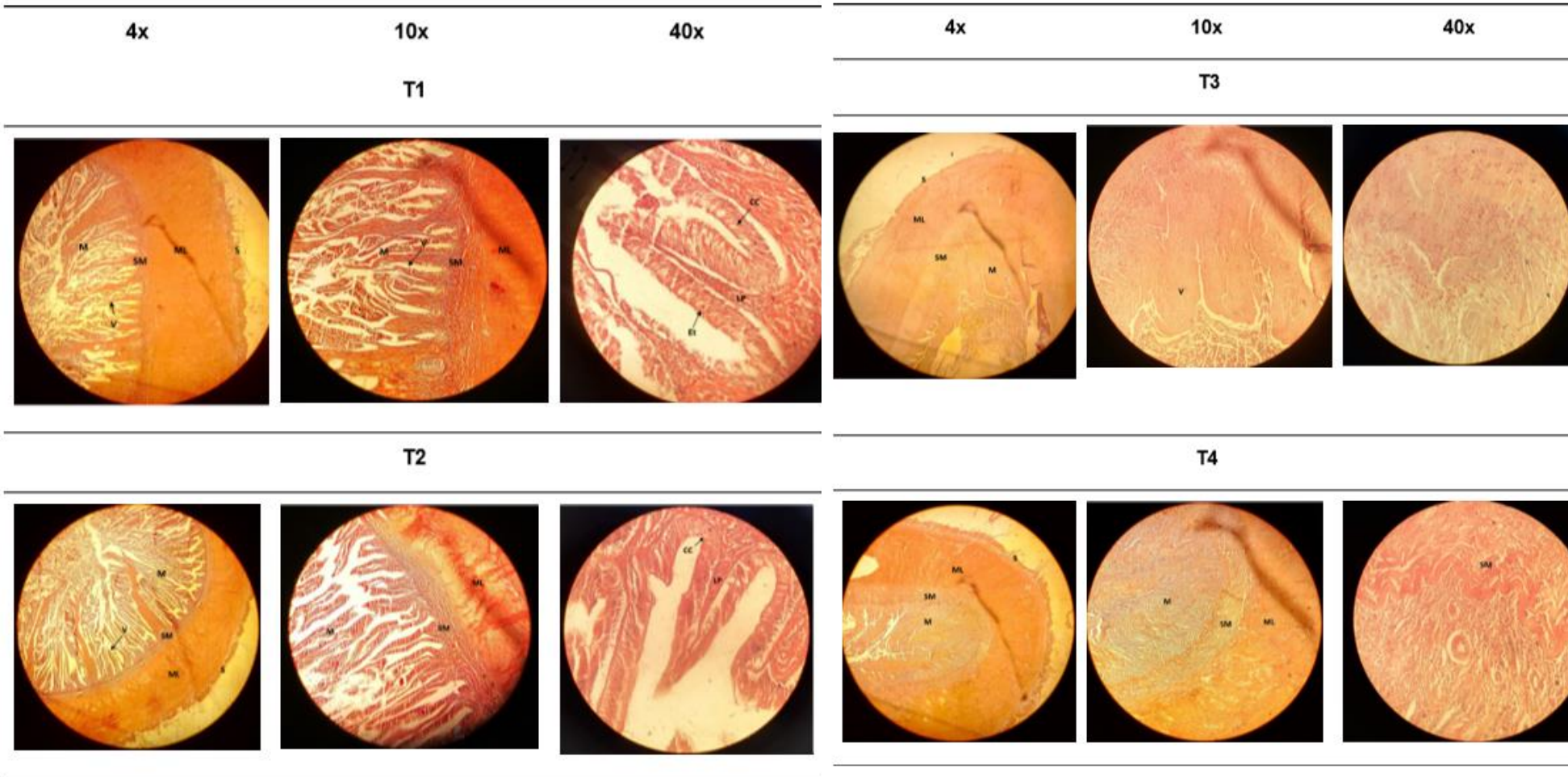
40X	100X	Descripción
		T4 Hipertrofia de los hepatocitos, dilatación sinusoidal, hemorragia

Estudio con *Atractosteus tropicus* determina que a medida que se aumenta la relación de carbohidratos y lípidos, disminuye el depósito de grasas en el hígado, pero aumenta el glucógeno (Guerrero-Zárate et al., 2019)



**Tabla 7**

Cortes histológicos de tejido intestinal de Paiche alimentados con diferentes balanceados



La presencia de los pliegues permite aumentar la absorción de los nutrientes por parte del intestino de los paiches (Gómez et al., 2010)

**Tabla 7**

*Costos de inversión para un proyecto de paiche en etapa de engorde*

Inversión	Descripción	Unidad	Valor (\$)	Valor (\$)	Vida útil	Depreciación (\$)
Infraestructura	Estanque de tierra	4	2000,00	8000,00	10	800,00
	Tuberías	7	15,00	105,00	15	7,00
	Vivienda y oficina	1	5000,00	5000,00	15	333,33
	Bodega	1	3000,00	3000,00	15	200,00
	Bombas de agua	1	1200,00	1200,00	15	80,00
Equipos y herramientas	Parihuelas	4	20,00	80,00	5	16,00
	Red de arrastre	1	600,00	600,00	10	60,00
	Balanza	1	30,00	30,00	10	3,00
	<del>Lactómetro</del>	2	5,00	10,00	5	2,00
	Multiparámetro	1	1200,00	1200,00	12	100,00
	Permisos de funcionamiento	1	500,00	500,00		
<b>Total</b>			<b>19725,00</b>			<b>1601,33</b>

- Sistema semiintensivo
- 700 g- 15kg
- Producción escalonada



**Tabla 8**

Costos operativos para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Descripción</b>	<b>Costos Variables</b>					
# de paiches	202	208	214	221	256	264
Levante de Paiches	9000	9316	9644	9983	11865	12282
Alimentación	19140,35	35541,75	36608,00	37706,24	43711,86	45023,22
<b>Total, Costos Variables</b>	<b>28140,35</b>	<b>44858,10</b>	<b>46251,82</b>	<b>47689,04</b>	<b>55576,89</b>	<b>57305,30</b>
	<b>Costos fijos</b>					
Sanidad	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mano de obra	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Arriendo terreno	800	800	800	800	800	800
Servicios básicos	60	60	60	60	60	60
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>
<b>Total costos Operativos</b>	<b>29610</b>	<b>46328</b>	<b>47722</b>	<b>49159</b>	<b>57047</b>	<b>58775</b>

Cálculos de alimentación con FCA obtenido por tratamiento

	<b>Precio/kg</b>
<b>Trucha</b>	1,37
<b>0% HC</b>	1,30
<b>20% HC</b>	1,50
<b>30% HC</b>	1,65

Costo de alimento: 77-80%



**Tabla 9**

*Ingresos anuales de proyecto para engorde de paiche*

Año	# peces	Peso comercial (Kg)	Biomasa	Precio/ Kg	\$ Ingresos
0		13	0,00	20,00	0,00
1	50	13	650,00	20,00	13000,00
2	206	13	2678,00	20,60	55166,80
3	212	13	2758,34	21,22	58526,46
4	219	13	2841,09	21,85	62090,72
5	225	13	2926,32	22,51	65872,04
6	232	13	3014,11	23,19	69883,65
7	239	13	3104,54	23,88	74139,57
8	246	13	3197,67	24,60	78654,67
9	253	13	3293,60	25,34	83444,73
10	261	13	3392,41	26,10	88526,52

Considerando el 3% incremento del precio del paiche



**Tabla 10**

*Indicadores financieros para proyecto de engorde de paiche con diferentes balanceados*

Indicador financiero	Trucha	0%HC	20%HC	30% HC
VAN	\$28.603,05	\$34.696,02	\$6.742,21	\$1.263,58
TIR	24%	27%	15%	13%
C/B	\$1,45	\$1,76	\$0,34	\$0,06

El C/B para la fabricación de los piensos dependen de la disponibilidad y costo de los mismo (Rana et al., 2009).

El estudio económico de Cueva, (2018) para una producción semiintensiva de paiche tiene un TIR de 45% y un costo beneficio de 1.22

# CONCLUSIONES

- El uso del balanceado de trucha para la alimentación de paiche aumenta el diámetro.
- El balanceado con 0% de harina de camote es el más adecuado para el engorde de paiche, porque incrementa los parámetros productivos como la TCE, EA, GPD y disminuye el valor del FCA.
- Los análisis de sangre demostraron, que estado de salud de los paiches no se vio influenciada por el consumo del balanceado de trucha y los balanceados con inclusión de harina de camote.
- La histología de hígado demostró presencia de glucógeno en los hepatocitos, mientras que el tejido del intestino presentó alteraciones en las estructuras de los paiches alimentados con el 20% y 30% de harina de camote.





# CONCLUSIONES

- En la etapa de engorde del paiche, el alimento balanceado representa entre 77% y 80% de los costos de producción de un proyecto acuícola semi-intensivo.
- El análisis económico demostró que es viable implementar un proyecto acuícola en la etapa de engorde de paiche cuando se utiliza el balanceado con 0% de inclusión de harina de camote ya que los valores de los indicadores financieros son mayores respecto al resto de tratamientos.



# RECOMENDACIONES

- Usar balanceado con 0% de inclusión de harina de camote o balanceado de trucha para la alimentación de Paiches en la etapa de engorde con peso promedio de 19 kg.
- Es recomendable el uso de harina de camote en dietas balanceadas de paiche, siempre y cuando los costos de producción de la materia prima se asemejen a los costos de los ingredientes usados en las demás dietas.
- Evaluar la relación de proteína: carbohidratos sobre parámetros productivos en la primera etapa de engorde.
- Usar balanceado extruido flotante y aumentar el tamaño del pellet de acuerdo a la anatomía y fisiología del Paiche que permita la observación del comportamiento alimentación, evitar sobre alimentación y reducir el desperdicio.



# AGRADECIMIENTOS



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

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



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