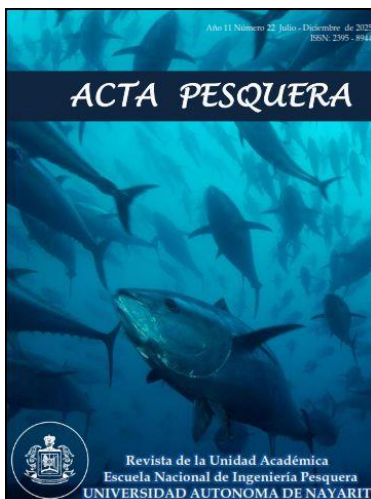




Acta Pesquera

Volumen 11, No 22

ISSN: 2395-8944

Periodo: julio - diciembre de 2025

Universidad Autónoma de Nayarit

Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera

Pp. 19 - 30

Recibido: septiembre 02 de 2025

Aceptado: diciembre 25 de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i22.155

Crecimiento de Mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner,1864): evaluación de la idoneidad de modelos alométricos e isométricos: ¿Cuándo es la isometría insuficiente?

Growth of *Oreochromis aureus* (Steindachner,1864): evaluation of the suitability of allometric and isometric models: ¿When is isometry insufficient?

José Trinidad Ulloa-Ibarra, ENIP UAN, jtulloo@uan.edu.mx,

<https://orcid.org/0000-0002-6382-7588>

María Inés Ortega-Arcega, UACBI - UAN, maria.arcega@uan.edu.mx,

<https://orcid.org/0000-0002-1058-8106>

Bárbara Nayar Olvera-Carballo, Universidad Autónoma de Nayarit

barbara.olvera@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0001-3773-7570>

Nidia D. Uribe-Olivares, CBETIS 100

nidy98@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2525-4157>



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



Crecimiento de Mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner,1864): evaluación de la idoneidad de modelos alométricos e isométricos: ¿Cuándo es la isometría insuficiente?

Growth of *Oreochromis aureus* (Steindachner,1864): evaluation of the suitability of allometric and isometric models: ¿When is isometry insufficient?

José Trinidad Ulloa-Ibarra, ENIP UAN, jtulloo@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-6382-7588>, María Inés Ortega-Arcega, UACBI – UAN, maria.arcega@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-1058-8106>, Bárbara Nayar Olvera-Carballo, Universidad Autónoma de Nayarit barbara.olvera@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0001-3773-7570>, Nidia D. Uribe-Olivares, CBETIS 100 nidy98@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2525-4157>

RESUMEN

En este trabajo se muestra un análisis del crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* para modelar el peso total contra la longitud total con una muestra de 100 ejemplares. El objetivo se centra en contrastar los modelos isométricos con los alométricos ya que, es común que cuando se contrastan los parámetros citados se tome como obvio hablar ya de unos u otros sin verificar a detalle cuál es que mejor ajusta lo datos. Se utilizaron diferentes estadísticos (regresión no lineal, coeficiente de determinación, entre otros) para poder concluir lo anterior esto se considera necesario para tener alguna propuesta válida.

Palabras clave: ajuste de curvas, morfometría, regresión no lineal.

SUMMARY

This paper presents an analysis of the growth of the Peruvian tilapia (*Oreochromis aureus*) to model total weight versus total length using a sample of 100 specimens. The objective is to compare isometric and allometric models, as it is common practice when comparing these parameters to assume one or the other without verifying in detail which best fits the data. Various statistical methods (nonlinear regression, coefficient of determination, among others) were used to reach this conclusion, which is considered necessary for developing a valid proposal.

Index words: curve fitting, morphometry, nonlinear regression.



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



INTRODUCCIÓN

En el análisis de la relación entre variables es común se argumentan algunas razones por las que no se admite un modelo de regresión lineal como representativo de la relación entre estas (ya sean dos o más) ello puede ser la falta de significación de los parámetros implicados u que dicha relación lineal resulte pobre debido a un bajo indicador en el coeficiente de correlación (Jara, et al, 2000). En cualquiera de estos casos, cabe apuntar posibilidades: en primer lugar, que no existe relación entre las variables; en segundo lugar, que existiendo relación entre ellas ésta no puede considerarse desde el modelo lineal; en tercer lugar, aunque el modelo lineal funcione bien se puede considerar un modelo no-lineal por el que obtener una interpretación completa de los parámetros (Seber y Wild; 1989)

El análisis de la condición de los peces es una práctica común en las investigaciones de biología pesquera y acuicultura. Los índices de condición (IC) expresan la relación matemática entre variables morfométricas siendo las longitudes junto con el peso las más utilizada (Guardiola, et al. 2019).

Entre los diferentes modelos que se pueden proponer para explicar el crecimiento de los peces, en este trabajo se analiza y se propone una comparación entre dos tipos diferentes: los isométricos y los cuadráticos, ya que se ha observado que en muchas ocasiones los segundos ajustan mejor los datos. . Resulta en extremo difícil encontrar una definición exacta del crecimiento ya que ni considerándolo como un aumento en peso o en volumen o como una variación en la estructura interna o externa queda exactamente definido (Bas, 1964). El análisis de la relación entre el peso (W) y la longitud (L) en peces es muy importante en la biología pesquera y la ecología acuática. De manera rutinaria, se ha emplea el modelo isométrico ($W = aL^3$) como una simplificación matemática que asume que el crecimiento del pez es perfectamente proporcional en las tres dimensiones; es decir, la forma y la densidad del pez permanecen constantes a lo largo de su vida. Esta suposición permite realizar estimaciones rápidas de la biomasa poblacional a partir de la longitud, siendo una herramienta sencilla y conveniente para estudios preliminares o para especies que se ajustan estrechamente a este patrón ideal. La ecuación anterior, representa a un modelo no - lineal en los parámetros W y L. Sin embargo, como apuntan Neter, Wasserman y Kutner (1989), este modelo debe considerarse como intrínsecamente lineal, debido a que, mediante la aplicación de logaritmos.

Sin embargo, algunos estudios como el de Fragkoulis, et al. 2021, han evidenciado que el crecimiento biológico raramente es una isometría perfecta, esto es que el patrón de crecimiento en el cual el pez aumente de tamaño sin cambiar las proporciones de su cuerpo. Los peces, como organismos vivos, experimentan cambios significativos en su morfología a lo largo de su desarrollo (ontogenia), así como variaciones en su condición física y densidad corporal influenciadas por factores como el ciclo reproductivo, la disponibilidad de alimento y las condiciones ambientales. Cuando el pez se vuelve más robusto ($b > 3$) o más delgado ($b < 3$) con la edad, se produce un fenómeno conocido como alometría. El uso persistente del modelo isométrico en estos casos conduce inevitablemente a errores de estimación sistemáticos en el peso, subestimando o sobrestimando la biomasa real.

Este desajuste metodológico plantea la pregunta central de la investigación: ¿Cuándo la isometría se vuelve una simplificación insostenible? La insuficiencia del modelo isométrico afecta directamente la precisión de las evaluaciones de *stock* y las decisiones de gestión pesquera. Una estimación inexacta de la biomasa total de una población puede resultar en cuotas de captura inadecuadas, poniendo en riesgo la sostenibilidad de las pesquerías o, por el contrario, limitando innecesariamente la explotación económica de un recurso. Es vital determinar las condiciones y las especies donde la variación biológica exige un enfoque más flexible.

Por lo tanto, el problema de investigación de este trabajo se centra en comparar rigurosamente el rendimiento predictivo del modelo isométrico frente al modelo cuadrático (alométrico) ($W = aL^b$) en especies representativas de peces.

La modelación matemática puede verse como un puente entre la matemática y la biología pesquera ya que las matemáticas, especialmente la estadística y los modelos matemáticos, son herramientas esenciales para entender las poblaciones de peces, predecir su dinámica, y establecer cuotas de pesca sostenibles, analizando datos de captura, crecimiento y ciclos de vida para gestionar los recursos y asegurar el futuro de la actividad pesquera, combinando ecología, economía y ciencia de datos para un manejo responsable, (Sánchez y Gutiérrez, 1998)

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal del trabajo es establecer criterios claros y basados en la evidencia (utilizando métricas como el Coeficiente de Determinación R^2) para identificar las situaciones donde el coeficiente de alometría (b) se desvía significativamente de 3, validando la superioridad y la necesidad del modelo cuadrático. Esto proporcionará una base metodológica más robusta para futuros estudios de crecimiento y gestión de recursos acuáticos.

Se trabajó con un conjunto de 100 datos en los que se contrastó el Peso Total y la Longitud Total. El material biológico se colectó mensualmente de febrero a enero, mediante redes agalleras y atarraya.

El tratamiento de datos para el modelado biológico requiere una transición precisa desde la observación empírica hasta la validación estadística. Cuando se trabaja con las relaciones peso - longitud, el procedimiento técnico fundamental para comparar la isometría frente a la alometría (modelo cuadrático) es la linealización de las ecuaciones de potencia. A continuación, se detalla un protocolo de manejo de datos bajo un enfoque de análisis numérico:

Linealización Matemática

El modelo potencial se representa como: $y = ax^b$. o ($W = aL^b$).

Donde:

- **W**: Peso total (variable dependiente).
- **L**: Longitud total o estándar (variable independiente).
- **a**: Factor de condición o intercepto (constante que depende de la forma del pez).

- **b**: Coeficiente de alometría (el exponente que determina si el crecimiento es isométrico o alométrico).

Para aplicar análisis numérico lineal, aplicamos logaritmos naturales (o decimales) en ambos lados de la ecuación:

$$y = a_0 x^{a_1}$$

$$W = aL^b$$

$$\text{Log}(y) = \log(a_0) + a_1 \text{Log}(x) \quad \text{Log}(W) = \text{Log}(a) + b * \text{Log}(L)$$

Esta transformación de la expresión potencial a una lineal representa la ecuación de una línea recta del tipo $y = mx + c$, donde

$$y = \text{Log}(W)$$

$$x = \text{Log}(L)$$

$$m = b \text{ (la pendiente o coeficiente de alometría)}$$

$$c = \text{Log}(a) \rightarrow \text{el intercepto}$$

Ventajas Numéricas de la Linealización

En muchas ocasiones en el manejo de datos, resulta muy conveniente la linealización (Jara, et. al. 200), por tres razones críticas:

- Estabilización de la varianza: En los datos de peces, la variabilidad del peso suele aumentar con la longitud (heterocedasticidad). La transformación logarítmica suele "comprimir" esta dispersión, cumpliendo mejor el supuesto de homocedasticidad requerido para la inferencia estadística.
- Normalidad: Los residuos de los datos transformados suelen aproximarse mejor a una distribución normal.
- Cálculo del Coeficiente de Alometría (**b**): Al estar linealizado, el valor de b se obtiene directamente como la pendiente de la recta, facilitando las pruebas de hipótesis (como la prueba t para verificar si b difiere significativamente de 3)

Ajuste por Mínimos Cuadrados

Una vez linealizados los datos, aplicamos el método de Mínimos Cuadrados para estimar los parámetros. El objetivo numérico es minimizar la suma de los cuadrados de los residuos (**RSS**):

$$RSS = \sum_{i=1}^n (\text{Log}(W_i) - (\text{Log}(a) + b\text{Log}(L_i)))^2$$

Prueba de Hipótesis: ¿Isometría o Alometría?

Planteamiento de Hipótesis

Para decidir entre el modelo isométrico y el cuadrático, establecemos:

- Hipótesis Nula (H_0): $b = 3$. El crecimiento es isométrico (la pendiente no difiere de 3).
- Hipótesis Alternativa (H_1): $b \neq 3$. El crecimiento es alométrico o cuadrático (la pendiente es significativamente distinta de 3).

Aquí es donde el análisis numérico define la "insuficiencia" de la isometría. Se realiza una prueba t de Student para comparar la pendiente calculada (b) contra el valor teórico de la isometría (3):

$$t = \frac{b - 3}{S_b}$$

Donde S_b es el error estándar de la pendiente.

S_b (Error estándar de la pendiente): Es una medida de la precisión de la estimación b . Se calcula como:

$$S_b = \frac{S_{yx}}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

Donde

- S_{yx} es la desviación estándar de los residuales (se conoce con el "ruido" del modelo). Cuanto menor se S_b , más confiable es la pendiente calculada.
- n (Tamaño de la muestra): El número total de parejas de datos (Peso-Longitud) analizadas.
- gl (Grados de Libertad): Se definen como $n - 2$. En una regresión lineal simple, perdemos dos grados de libertad porque estimamos dos parámetros: el intercepto ($\ln a$) y la pendiente (b).
- α (Nivel de Significancia): Generalmente establecido en 0.05. Representa la probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo esta verdadera (Error Tipo I).

Regla de Decisión y Análisis Numérico

Una vez obtenido el valor de t calculado (t_{calc}), se compara con el valor crítico de tablas (t_{crit}) para los grados de libertad ($n - 2$) y el nivel α elegido:

1. Si $|t_{calc}| > t_{crit}$ (o si $p < 0.05$): Se rechaza H_0 . Concluimos que la isometría es insuficiente para describir el crecimiento y el modelo cuadrático/alométrico es el adecuado.
2. Si $|t_{calc}| \leq t_{crit}$ (o si $p \geq 0.05$): No se rechaza H_0 . Se concluye que el crecimiento es estadísticamente isométrico.

En el marco del análisis numérico aplicado a la ictiometría, la prueba t de Student es la herramienta estadística inferencial que permite determinar si la diferencia entre el valor observado (nuestra b calculada) y el valor teórico (el 3 de la isometría) es estadísticamente significativa o si se debe meramente al azar. Para concluir el manejo de datos, se comparan ambos modelos utilizando el criterio del coeficiente de determinación R^2 ajustado con el objeto de medir la varianza explicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

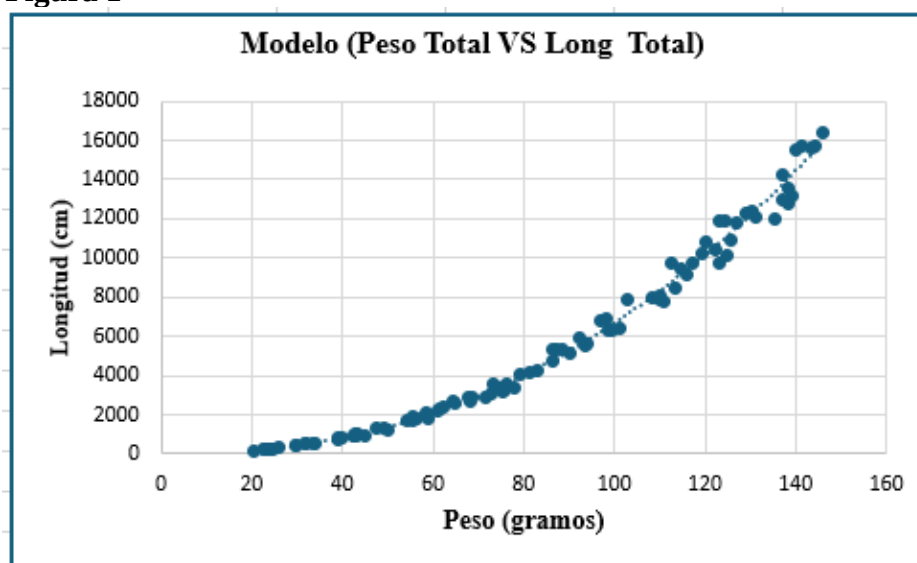
El total de individuos estudiados fue de 100, los cuales se tomaron en su totalidad para el objeto del presente documento (Figura No. 1). Con ellos se hizo la siguiente relación biométrica y se generaron los gráficos (Figuras 1 y 2)

Tabla1

Longitud total – peso total (Lt – Pt)

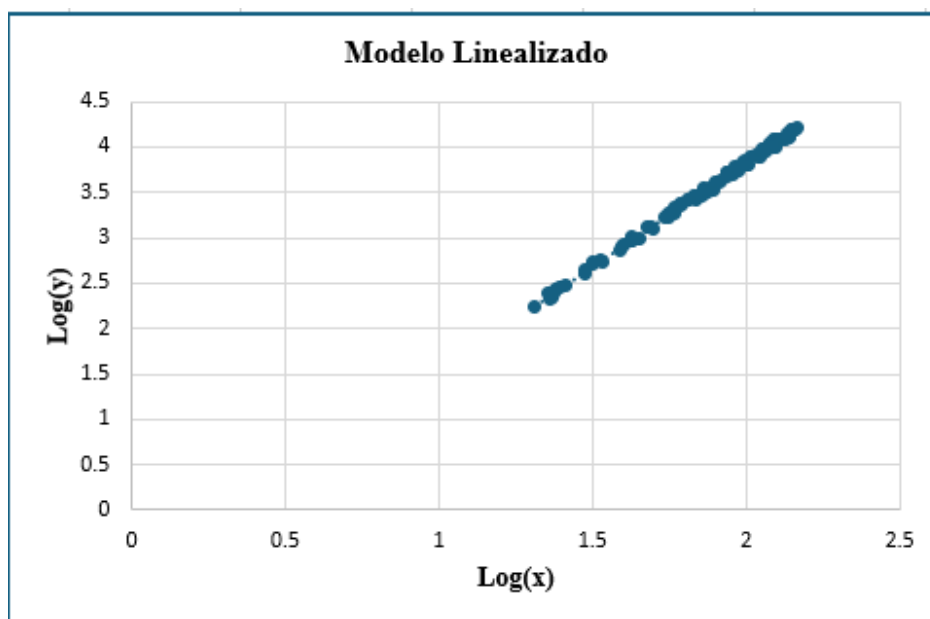
No.	Lt	Wt
1	40.1	835.01
2	49.3	1288.04
3	119.5	10212.55
4	129	12262.81
5	115.8	9163.74
...	...	...
...	...	...
...	...	...
96	29.8	410.9
97	23.9	271.55
98	101.1	6399.59
99	138.3	13579.52
100	24.7	283.87

Figura 1



Construcción propia

Figura 2



Construcción propia

Cálculos para obtener la ecuación linealizada.

$$y = a_0 x^{a_1}$$

$$W = aL^b$$

$$\text{Log}(y) = \log(a_0) + a_1 \text{Log}(x)$$

$$\text{Log}(W) = \text{Log}(a) + b * \text{Log}(L)$$

	x	y	X'	Y'	X'Y'	X'^2	Y'^2
No.	Lt	Pe	Log x	Log y	Log x * Log y	(Log x)^2	(Log y)^2
1	40.1	835.01	1.60314437	2.92169168	4.68389357	2.57007188	8.53628225
2	49.3	1288.04	1.69284692	3.10992935	5.26463432	2.86573069	9.67166056
3	119.5	10212.55	2.07736791	4.0091342	8.32844671	4.31545741	16.073157
4	129	12262.81	2.11058971	4.08859	8.62933598	4.45458893	16.7165682
5	115.8	9163.74	2.06370856	3.96207276	8.17656346	4.25889302	15.6980205
..		...					
..		...					
..		...					
96	29.8	410.9	1.47421626	2.61373614	3.85321233	2.17331359	6.83161662
97	23.9	271.55	1.3783979	2.43384981	3.35481347	1.89998077	5.92362488
98	101.1	6399.59	2.00475116	3.80615215	7.63038792	4.0190272	14.4867942
99	138.3	13579.52	2.14082218	4.13288442	8.84777063	4.58311961	17.0807336
100	24.7	283.87	1.39269695	2.4531195	3.41645205	1.9396048	6.01779527
Suma =	8111.4	546089.36	185.066974	348.416078	658.015977	348.276362	1244.21639
Promedio=			1.85066974	3.48416078			

$$a_1 = \frac{n \sum \log x_i * \log y_i - \sum \log x_i \sum \log y_i}{n \sum (\log x_i)^2 - (\sum \log x_i)^2}$$

$$\text{Log } a_0 = \overline{(\text{Log } y)} - a_1 \overline{(\text{Log } x)}$$

$$a_1 = 2.28655451$$

$$\text{Log } a_0 = -0.7474965$$

$$a_0 = 0.17885601$$

Por lo que el modelo linealizado es:

$$y = 2.2865x - 0.7474$$

Con coeficientes de determinación y correlación:

	x	y	X'	Y'	X'Y'	X'^2	Y'^2	S _T	S _R
No.	Lt	Pe	Log x	Log y	Log x * Log y	(Log x)^2	(Log y)^2		
			1.6031443	2.9216916	4.6838935	2.5700718	8.5362822	0.3163714	1.23281E-05
1	40.1	835.01	7	8	7	8	5	9	05
			1.6928469	3.1099293	5.2646343	2.8657306	9.6716605	0.1400491	0.0001785
2	49.3	1288.04	2	5	2	9	6	6	15
			2.0773679		8.3284467	4.3154574		0.2755970	4.37676E-05
3	119.5	10212.55	1	4.0091342	1	1	16.073157	9	05
			2.1105897		8.6293359	4.4545889	16.716568	0.3653346	0.0001021
4	129	12262.81	1	4.08859	8	3	2	8	72
			2.0637085	3.9620727	8.1765634	4.2588930	15.698020	0.2283998	8.48774E-05
5	115.8	9163.74	6	6	6	2	5	6	05
..	..	..							
..	..	..							
..	..	..							
			1.4742162	2.6137361	3.8532123	2.1733135	6.8316166	0.7576390	9.29922E-05
96	29.8	410.9	6	4	3	9	2	5	05
			2.4338498		3.3548134	1.8999807	5.9236248	1.1031531	0.0008740
97	23.9	271.55	1	7	7	7	8	4	5
			2.0047511	3.8061521	7.6303879		14.486794	0.1036784	0.0009195
98	101.1	6399.59	6	5	2	4.0190272	2	4	56
			2.1408221	4.1328844	8.8477706	4.5831196	17.080733	0.4208423	0.0002168
99	138.3	13579.52	8	2	3	1	6	6	47
			1.3926969		3.4164520		6.0177952	1.0630461	0.0002604
100	24.7	283.87	5	2.4531195	5	1.9396048	7	3	5
			8111.	546089.3	185.06697	348.41607	658.01597	348.27636	1244.2163
Suma =	4	6	4	8	7	2	9	3	46
Promedio =			1.8506697	3.4841607					
			4	8					

$$S_T = (Lny_i - \overline{Lny})^2$$

$$S_R = (Lny_i - Lna_0 - a_1x_i)^2 =$$

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}}$$

$$r^2 = 0.99779457$$

$$r = 0.99889668$$

Después de lo anterior, se procedió a determinar el Error Estándar de la Pendiente (S_b), ya que es un parámetro muy importante después de la pendiente misma, puesto que cuantifica la incertidumbre de la estimación realizada, Representa cuánto varía el valor de b si se repitiera el muestreo varias veces bajo las mismas condiciones (lo cual es muy difícil). La ello es necesario determinar como base el valor calculado de y con el modelo propuesto, se representará con $\hat{y}$

Para dicho calculo se requiere primero determinar la variabilidad de la variable independiente (SS_x), que indica qué tanto se dispersan las longitudes transformadas respecto a su media; el cálculo de los residuales y la suma de cuadrados del error (SSE); el error estándar de la estimación (S_{yx}), que representa la desviación estándar de los residuos.

$$SS_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}}$$

Finalmente, el error estándar de la pendiente es la razón entre la variabilidad de los errores y la variabilidad de la longitud:

$$S_b = \frac{S_{yx}}{\sqrt{SS_x}}$$

Se procede a los cálculos:

No.	x Lt	y Pe	X' Log x	Y' Log y	Ycalculda Y~	SSE	SSx
1	40.1	835.01	1.60314437	2.92169168	2.91818053	1.23281E-05	1.14708799
2	49.3	1288.04	1.69284692	3.10992935	3.1232903	0.000178515	1.58573476

3	119.5	10212.55	2.07736791	4.0091342	4.00251849	4.37676E-05	4.6589688
98	101.1	6399.59	2.00475116	3.80615215	3.83647633	0.000919556	3.82391146
99	138.3	13579.52	2.14082218	4.13288442	4.14761015	0.000216847	5.20850384
100	24.7	283.87	1.39269695	2.4531195	2.43698104	0.00026045	0.36294571
Suma =	8111.4	546089.36	185.066974	348.416078	348.416078	0.066777546	297.108056
Promedio=			1.85066974	3.48416078			

$$S_{yx} = 0.026103707$$

$$S_b = 0.001514415$$

En el modelo obtenido:

$$y = 2.2866x - 0.7475$$

La pendiente calculada es 2.2866

Cálculo del estadístico t_{calc}

$$t_{calc} = \frac{b - 3}{S_b} = \frac{2.2866 - 3}{0.001514} = -471.1029$$

Se calcula el valor crítico (t_{crit}), para lo que con base en la distribución t de Student y considerando 8 grados de libertad y un valor de $\alpha = 0.05$, se tiene

$$t_{crit} = 1.9844$$

Se utilizó Excel con la fórmula: (=INV.T.2C(0.05, 98))

Comparando los valores de t calculado y critico

$|t_{calc}| > t_{crit}$ 471.1029 > 1.9844, el valor refleja que se descarta la hipótesis nula y queda aceptada la hipótesis alternativa

CONCLUSIONES

Dado que el valor de t_{calc} (471.1029) es mucho mayor al valor **crítico** (1.9944), se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que, para esta muestra, el crecimiento de *Oreochromis aureus* difiere significativamente de la isometría, resultando este modelo alométrico válido para diferentes predicciones realizadas con la muestra analizada.

La muestra es lo suficientemente grande para afirmar que la alometría no es una suposición, sino una realidad biológica para esta población específica. El modelo alométrico es, por tanto, el modelo óptimo por excelencia.

El resultado implica que la especie mantiene una densidad y forma corporal que varía constante a lo largo del rango de tallas analizado (desde juveniles hasta adultos), lo cual es un indicador de un entorno con recursos estables o una genética morfológica muy conservada.

Sugerencias para Posteriores Estudios

Replicar este muestreo de gran escala en diferentes cuerpos de agua para determinar si la isometría observada es una característica de la especie o del ecosistema específico.

Realizar un seguimiento longitudinal para observar si el valor de t_{calc} se desplaza hacia la alometría durante los picos de desove.

Analizar la variación del parámetro a (intercepto) de manera mensual para complementar la estabilidad de la pendiente b .

En conclusión, el presente estudio demuestra, mediante un análisis de alta potencia estadística ($n=100$), que el crecimiento de *Oreochromis aureus* se ajusta de manera casi perfecta al modelo alométrico. El valor de $|t_{calc}| = 471.1029$ confirma que la alometría es el marco predictivo más robusto y parsimonioso para muestra y población. Estos hallazgos validan la necesidad de modelos cuadráticos en este contexto particular, proporcionando una herramienta simplificada y precisa para la evaluación de biomasa y la toma de decisiones en la gestión acuícola y pesquera regional.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

"No aplicable"

CONFLICTO DE INTERESES

"Los autores declaran que no tienen intereses en competencia"

FINANCIACIÓN

"No aplicable"

LITERATURA CITADA

- Bas, C. (1964). Aspectos del crecimiento relativo en peces del Mediterráneo el Occidental. Instituto de investigaciones pesqueras. Barcelona, España
- Fragkoulis, S., Kerasovitis, D., Batargias, C. *et al.* (2021). Body-shape trajectories and their genetic variance component in Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Sci Rep* **11**, 16964 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95726-9>
- Guardiola, F.; García, J.; Sorisetti, M.; Baigu, C.; Barrio, D.; Colautti, D.; Solimano, P. (2019). Evaluación de nuevas metodologías para el cálculo de la condición en peces orientadas al pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Ecosistemas y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires, Argentina.
- Jara, P.; Arnau, J.; Rosel, J.; Caballer, A. (2000). La modelización de relaciones no lineales: aspectos teóricos. *Psicothema*, Vol. 12, Supl. nº 2, pp. 315-319
- Neter, J., Wasserman, W. and Kutner, M.H. (1989) *Applied Linear Regression Models*. 2nd Edition, Richard D. Irwin, Inc., Homewood.
- Sánchez, F. y Gutiérrez J. (1998). El difícil amor entre la biología y las matemáticas. *Ciencias* 52, octubre-diciembre, 12-17.
- Seber, G. y Wild C. (1989).. *Non-Linear regression*. Ed: Wiley