

UTILIZACION DE VARIABLES MORFOMETRICAS PARA EXPLICAR EL COMPORTAMIENTO DEL PESO FRESCO Y EVISCERADO EN TRES ESPECIES DE PECES DEL GENERO *OPISTHONEMA* (Pisces: Clupeidae)

R. Víquez, J. R. Bolaños, J. A. Rodríguez, J. A. Palacios y M. Protti
Escuela Ciencias Biológicas, Area de Biología Pesquera,
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

RESUMEN

Se trabajó en la búsqueda del mejor modelo estadístico que explique el peso fresco y eviscerado, utilizando las variables morfométricas más sobresalientes. Mediante el análisis de varianza, se comprobó que hay diferencia significativa tanto entre sexos como entre especies. Los análisis de correlación, mostraron multicolinealidad entre las variables, por lo que se tuvo que diseñar dos variables «proxi». La primera se relacionó con el tamaño y la segunda con la forma de la sardina. Estas presentaron alta correlación entre sí. Se llevó a cabo un análisis de regresión con sus respectivas pruebas totales y parciales para peso fresco y eviscerado. Se presentan los mejores modelos que expresan el comportamiento de las variables para peso total y peso eviscerado.

ABSTRACT

An analysis of variance was used to choose the statistical model that best explained the fresh and eviscerated weight on the basis of the most important morphometric variables. The analysis showed a significant difference between sexes and between species. Two «proxi» variables were created one variable was related to size and the other to the shape of the sardine, in order to avoid the multicollinearity showed by a correlation analysis. The statistical model obtained is showed in table 10.

INTRODUCCION

Las sardinias del género *Opisthonema* como las del resto de las especies de la familia Clupeidae, son peces que se encuentran en cardúmenes, y enjambran por millares (Marshall 1974); las tres especies de *Opisthonema* presentaron desoves continuos durante todo el año (Rodríguez et al. 1986 y 1989) y son de gran importancia comercial (Stevenson y Carranza 1981).

Las especies *O. libertate*, *O. medirastre* y *O. bulleri*, se encuentran localizadas en la costa de América desde Perú hasta México (Berry y Barret 1963). Estas especies se diferencian solamente por la cantidad de rastrillos branquiales (Whitehead 1985). En este trabajo se determinará el modelo que explique peso fresco y eviscerado en función de las variables morfométricas más revelantes, obtenidas de los análisis.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron especímenes de *O. libertate*, *O. medirastre* y *O. bulleri*, capturados por la flota pesquera sardinera de la Enlatadora Nacional frente al litoral Pacífico, durante el período 1985-1986.

En el laboratorio, se midieron las variables: longitud total, estándar y cefálica, distancia preanal y predorsal, altura del cuerpo y del pedúnculo caudal, grosor y peso fresco total y eviscerado. Con

los datos recopilados, se efectuó un análisis de varianza para un diseño irrestricto al azar y con un arreglo factorial de tres especies por ambos sexos. Esto, con la finalidad de determinar la pertinencia de realizar regresiones independientes para cada uno de los componentes de especie y sexo.

Con el interés de conservar al máximo las variables obtenidas en el trabajo, tanto por su valor teórico como por su explicación de la varianza, se crearon las variables proxi como medidas correctivas (Cassidy 1981).

Luego de depurar el modelo en la fase de análisis de correlación, se procedió a valorar las regresiones respectivas para cada componente. Con lo anterior, se creó el modelo estadístico que mejor expresara el comportamiento de las variables para peso total y eviscerado.

RESULTADOS

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($P \leq 0.01$), para las tres especies de sardina y entre sexos de cada especie, luego se procedió a realizar un análisis de correlación por separado para cada uno de estos componentes. Se encontraron correlaciones altas y significativas entre las variables que se consideraron como explicativas en el análisis de regresión. Este fenómeno de multicolinealidad, constituye una violación a los supuestos que sustentan el análisis de regresión (Draper y Smith 1966).

Los resultados del análisis de correlación entre todas las variables consideradas, para cada sexo dentro de cada especie se presentan en los cuadros 1, 2 y 3 en consistencia con los resultados ofrecidos por los análisis de varianza citados. De acuerdo con este análisis, se pudo determinar la existencia de multicolinealidad.

Las variables proxi se conjugaron por:

- TAMAÑO (L), utilizando las longitudes: cefálica (LC), estándar (LE) y total (LT).

$$L = \frac{LC(\% LC) + LE-LC * (\% LE-LC) + LT-LE * (\% LT-LE)}{\% LC + (LT-LE) + (LE-LC)}$$

La variable de tamaño (L), se obtuvo a partir de las contribuciones relativas en peso, ofrecidas por las variables propias de longitud, como lo fueron peso de la cola (PC), peso de la cabeza (PCa) y el peso del cuerpo (PCu); tanto para peso total (cuadro 4), como para peso eviscerado (cuadro 5).

- FORMA (F), que agrupó a las variables altura: del pez (H) y del pedúnculo caudal (HP) y grosor del pez (G).

$$F = \frac{HP (\beta HP) + G (\beta G) + (\beta H)}{-\beta HP, G \text{ y } H}$$

β = Constante pendiente de la regresión de la variable respectiva, contra peso, según sea el total eviscerado.

La variable de forma (F) se determinó sobre la base de la contribución al peso ofrecida por cada una de las variables componentes, en la forma de su pendiente en una regresión lineal simple contra peso, tal como se anota en el cuadro 6.

Teniendo los proxis formados se volvió a realizar un análisis de correlación en machos y hembras, para peso total y peso eviscerado, en las diferentes especies de sardinas. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 7, 8 y 9. El resultado evidenció que los proxis formados eran aceptables y que contribuían eficientemente a reducir el problema de la multicolinealidad existente.

Depurado el conjunto de variables, se realizó un análisis de regresión de estos nuevos datos, con sus respectivas pruebas totales y parciales, para peso total y peso eviscerado en machos y hembras de las diferentes especies en estudio; con lo que se obtuvieron los modelos estadísticos que expresaron el comportamiento de las variables medidas para peso total y eviscerado que se presentan en el cuadro 10.

DISCUSION

Los resultados que generaron el modelo estadístico utilizado para determinar el rendimiento en peso fresco y eviscerado, mostraron una alta correlación entre las variables independientes.

Es importante hacer notar que los proxis de

tamaño y forma, establecidos con las nuevas variables presentaron una alta asociación con las variables peso fresco y peso eviscerado. Esto unido al carácter robusto del análisis de la varianza (Cassidy 1981), permite realizar inferencias confiables utilizando como base los modelos generados.

Los modelos obtenidos para cada uno de los sexos en las tres especies estudiadas, son el mejor modelo existente entre todos los modelos analizados. Se puede observar que el coeficiente de determinación es alto para cada uno de ellos, variando desde 69% hasta 93% en el grado de explicación en la variable de interés; todas con una alta significancia en las pruebas de hipótesis, tanto a nivel de modelo general, como en pruebas parciales para las pendientes de regresión.

CONCLUSIONES

Entre variables teóricamente no correlacio-

nadas, es posible que aumenten los coeficientes de correlación como producto de un aumento en el tamaño de las muestras. Esto es así, en vista de que «r» se calculó a través de una fórmula matemática que valora pares de datos, independientemente de la relación teórica entre variables, ya que al aumentar el tamaño de la muestra, aumenta la probabilidad de encontrar pares de datos que reflejen alguna tendencia. La formación de los proxis, es una de las soluciones a estos casos de multicolinealidad y son buenos estimadores para ser aceptados en un análisis de varianza. Aunque los modelos existentes, son un poco complejos; es posible operarlos con facilidad por medio de programación en computador.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Enlatadora Nacional de Puntarenas, por facilitar el material.

REFERENCIAS

- Berry, F.H. e I. Barret, 1963. Análisis de las branquiespinas y denominación de las especies del arenque hebra *Opisthonema* spp. Com. Inst. del Atún Trop., 7:113-190.
- Cassidy, H., 1981. Using econometrics - a beginner's guide. Reston Virginia. USA. 304 pp.
- Cleve E., Willis and Robert D. Perlack, 1978. Multicollinearity: Effects, Symptoms and Remedies. J. of the Northeastern Agr. Econ. Council, 7:55-60.
- Draper, N. and Smith, 1966. Applied regression analysis. John Wiley & New York. 709 pp.
- Marshall, N.B., 1974. La vida de los peces - Historia Natural Destino. Tomo II. 804 pp.
- Rodríguez, J.A., J.A. Palacios y A.L. Chavarría, 1986. Fecundidad y época de desove del arenque hebra *Opisthonema libertate* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Uniciencia, 3:87-93.
- _____, 1989. Época de maduración y fecundidad de la sardina gallera *O. medirostre* y *O. bulleri* (Pisces: Clupeidae) en la Costa Pacífica Central, Costa Rica. Rev. Biol Trop., 37:49-54.
- Stevenson, D. K. and F. Carranza, 1981. Maximum yield estimates for the Pacific thread herring *Opisthonema* spp. fishery in the Costa Rica. Fish. Bull., 79:689-703.
- Whitehead, J.P., 1985. Clupeoid fishes of the world. FAO. Fisheries Synopsis, 7:69-71.

Cuadro 1

Matriz de correlación de las variables medidas en *O. libertate*, para machos y hembras en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos										
	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>D1</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>HP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.970	.858	.954	.911	.761	.964	.864	.958	.936
LE		—	.881	.960	.911	.786	.971	.870	.961	.939
LC			—	.872	.832	.730	.883	.790	.860	.832
D1				—	.892	.772	.954	.846	.944	.915
H					—	.761	.921	.882	.943	.912
G						—	.782	.748	.792	.769
LA							—	.865	.959	.935
HP								—	.857	.838
PT									—	.971
PD										—
Hembras										
	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>D1</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>AP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.972	.850	.952	.902	.767	.961	.839	.932	.955
LE		—	.865	.956	.896	.782	.976	.843	.939	.958
LC			—	.861	.822	.766	.876	.746	.825	.835
D1				—	.884	.770	.955	.814	.929	.946
H					—	.747	.892	.797	.900	.917
G						—	.771	.689	.792	.793
LA							—	.820	.935	.951
HP								—	.807	.833
PT									—	.973
PD										—

Cuadro 2

Matriz de correlación de las variables medidas en *O. medirastre*, para machos y hembras en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos

	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>DI</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>HP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.867	.850	.896	.838	.675	.913	.705	.921	.871
LE		—	.786	.839	.781	.650	.859	.691	.852	.802
LC			—	.857	.779	.655	.866	.647	.860	.812
DI				—	.826	.678	.904	.670	.907	.854
H					—	.589	.841	.744	.880	.832
G						—	.667	.554	.686	.636
LA							—	.694	.912	.856
HP								—	.723	.694
PT									—	.938
PD										—

Hembras

	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>DI</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>HP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.919	.820	.877	.850	.729	.906	.764	.890	.813
LE		—	.845	.905	.863	.756	.942	.791	.915	.826
LC			—	.850	.786	.739	.851	.681	.823	.735
DI				—	.853	.747	.906	.739	.895	.803
H					—	.702	.862	.803	.879	.789
G						—	.767	.673	.771	.682
LA							—	.760	.906	.798
HP								—	.760	.652
PT									—	.864
PD										—

Cuadro 3

Matriz de correlación de las variables medidas en *O. bulleri*, para machos y hembras en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos

	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>DI</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>AP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.781	.433	.714	.544	.369	.673	.452	.750	.753
LE	—	.395	.829	.562	.418	.716	.554	.856	.860	
LC		—	.554	.492	.495	.734	.264	.467	.454	
DI			—	.590	.506	.813	.420	.772	.778	
H				—	.414	.717	.625	.756	.752	
G					—	.625	.463	.503	.513	
LA						—	.488	.761	.763	
AP							—	.621	.620	
PT								—	.965	
PD									—	

Hembras

	<i>LT</i>	<i>LE</i>	<i>LC</i>	<i>DI</i>	<i>H</i>	<i>G</i>	<i>LA</i>	<i>HP</i>	<i>PT</i>	<i>PD</i>
LT	—	.951	.841	.940	.756	.666	.922	.649	.935	.942
LE		—	.862	.878	.669	.668	.930	.583	.885	.890
LC			—	.804	.609	.643	.839	.499	.790	.794
DI				—	.612	.627	.852	.474	.774	.772
H					—	.528	.738	.705	.837	.841
G						—	.645	.570	.703	.691
LA							—	.588	.882	.882
HP								—	.701	.700
PT									—	.993
PD										—

Cuadro 4

Contribución al peso total del peso de cola (PC), peso de cabeza (PCa) y peso de cuerpo (PCu), para una muestra de 15 especies de *Opisthonema* s.p. en la formación de los proxis, en la Costa Pacífica de Costa Rica

#	<i>P. total</i>	<i>P. sin cola</i>	<i>P. sin cabeza</i>	<i>P. sin cola y sin cabeza</i>
1	211.90	207.28	192.56	187.94
2	209.14	202.67	191.20	184.73
3	140.40	136.60	126.86	123.06
4	86.74	83.66	78.66	75.58
5	169.81	161.91	153.40	145.50
6	201.06	196.10	183.43	178.47
7	170.29	165.36	153.76	148.83
8	97.66	93.54	85.61	81.49
9	85.31	81.31	73.30	69.30
10	150.85	145.03	134.53	128.69
11	166.68	161.51	150.37	145.20
12	172.87	166.01	154.36	147.50
13	113.69	107.62	98.29	92.22
14	199.60	192.40	181.61	174.41
15	129.76	126.05	116.03	112.32
Suma	2.305.76	2.227.05	2.073.97	1.995.24
Media	153.72	148.47	138.26	133.02
Porc.	100%			0.8653
Min.	85.31	81.31	73.30	69.30
Max.	211.90	207.28	192.56	187.94

Cuadro 5

Contribución al peso desvicerado del peso de cola (PC), peso de cabeza (PCa) y peso de cuerpo (PCu), en una muestra de 15 especies de *Opisthonema* s.p. para la formación de los proxis, en la Costa Pacífica de Costa Rica

#	<i>P. desv.</i>	<i>P. sin cola</i>	<i>P. sin cabeza</i>	<i>P. sin cola y sin cabeza</i>
1	198.32	193.32	178.70	174.36
2	193.92	187.45	175.98	169.51
3	131.52	127.72	118.18	114.18
4	80.81	77.72	72.73	69.65
5	156.84	148.94	140.43	132.53
6	187.82	182.86	170.19	165.23
7	156.74	151.81	140.21	135.28
8	91.41	87.29	79.36	75.24
9	78.59	74.59	66.58	62.58
10	141.43	135.61	125.11	119.27
11	157.19	152.02	140.88	135.71
12	163.01	156.15	144.50	137.64
13	106.18	100.11	90.78	84.71
14	188.89	181.69	170.90	163.70
15	123.49	119.78	109.76	106.05
Suma	2.156.160	2.077.44	1.924.57	1.845.64
Media	143.74	138.50	128.30	123.04
Porc.	100%			0.8653
Min.	78.59	74.59	66.58	62.58
Max.	198.32	193.70	178.98	174.36

Cuadro 6

Betas de las variables altura del pedúnculo, grosor y altura del pez, para machos y hembras de *O. libertate*, *O. medirastre* y *O. bulleri*; tanto para peso total (PT), como para peso desvicerado (PD), en la Costa Pacífica de Costa Rica

Variable:	Peso total					
	<i>O. libertate</i>		<i>O. medirastre</i>		<i>O. bulleri</i>	
	β		β		β	
	<i>Machos-Hembras</i>		<i>Machos-Hembras</i>		<i>Machos-Hembras</i>	
HP	4.423	4.431	4.142	4.640	3.014	3.859
G	7.834	8.177	5.070	6.328	2.623	5.251
H	15.471	13.454	11.745	13.418	8.448	10.857
	Peso desvicerado					
	β		β		β	
HP	4.021	4.158	3.874	4.500	2.707	3.510
G	7.157	7.537	4.657	6.046	2.415	4.680
H	14.227	12.795	11.148	12.446	7.618	9.829

HP: altura del pedúnculo

G: grosor

H: altura

Cuadro 7

Matriz de correlación de los proxis de las variables medidas en *O. libertate*, para machos y hembras, en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.9141	0.9141
<i>F PD</i>		—	0.9144	0.9143
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

Hembras

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.9118	0.9122
<i>F PD</i>		—	0.9122	0.9125
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

F: variable de forma del pez
 L: variable de tamaño del pez
 PD: peso desviscerado
 PT: peso total

Cuadro 8

Matriz de correlación de los proxis de las variables medidas en *O. medirastre*, para machos y hembras, en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.7878	0.7877
<i>F PD</i>		—	0.7891	0.7891
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

Hembras

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.8732	0.8735
<i>F PD</i>		—	0.8738	0.8741
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

F: variable de forma del pez
 L: variable de tamaño del pez
 PD: peso desvicerado
 PT: peso total

Cuadro 9

Matriz de correlación de los proxis de las variables medidas en *O. bulleri*, para machos y hembras, en la Costa Pacífica de Costa Rica

Machos

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.5179	0.5174
<i>F PD</i>		—	1.000	0.5195
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

Hembras

	<i>F PT</i>	<i>F PD</i>	<i>L PT</i>	<i>L PD</i>
<i>F PT</i>	—	1.000	0.7412	0.7409
<i>F PD</i>		—	0.7419	0.7416
<i>L PT</i>			—	1.000
<i>L PD</i>				—

F: variable de forma del pez.
 L: variable de tamaño del pez
 PD: peso desvicerado
 PT: peso total

Cuadro 10

Modelos estadísticos que expresan el comportamiento de las variables para PT y PD, con sus respectivas pruebas totales, parciales y el coeficiente de determinación, en las especies del género *Opisthonema*, de la Costa Pacífica de Costa Rica

	Modelo	R ²	FC	y/x	Pf	Pβ1	Pβ2
Q. e. r. i. a. l. e.	PT y=-182.32+1.691(L)+4.042(F) M-----	0.93478	2788.73	7.99	0.01	0.01	0.01
	PD y=-166.41+1.673(L)+3.247(F)	0.89148	1598.82	9.69	0.01	0.01	0.01
	PT y=-190.85+1.674(L)+4.414(F) H-----	0.89692	1645.62	11.32	0.01	0.01	0.01
	PD y=-181.95+1.641(L)+3.928(F)	0.93304	2634.69	8.41	0.01	0.01	0.01
Q. r. a. s. i. r. e.	PT y=-164.73+0.861(L)+6.733(F) M-----	0.82239	1339.13	11.07	0.01	0.01	0.01
	PD y=-153.03+0.793(L)+6.376(F)	0.73227	791.46	13.45	0.01	0.01	0.01
	PT y=-133.43+0.090(L)+1.588(F) H-----	0.85997	1766.60	11.36	0.01	0.01	0.01
	PD y=-155.01+0.068(L)+1.836(F)	0.69004	641.05	18.26	0.01	0.01	0.01
Q. l. i. e. r. i.	PT y=-153.84+1.193(L)+4.704(F) M-----	0.79816	782.01	9.09	0.01	0.01	0.01
	PD y=- 89.91+0.086(L)+1.140(F)	0.81674	881.18	7.82	0.01	0.01	0.01
	PT y=-210.57+1.574(L)+5.193(F) H-----	0.88446	1045.89	8.30	0.01	0.01	0.01
	PD y=-190.51+1.491(L)+4.544(F)	0.88871	1090.98	7.38	0.01	0.01	0.01

PT: peso total
 PD: peso desviscerado
 M: machos
 H: hembras
 y/x: desviación estándar de y dado x
 R²: coeficiente de correlación
 Pf: probabilidad de f
 Pβ1: probabilidad de β1
 Pβ2: probabilidad de β2