

## Independencia en los volúmenes de los huevos de la gaviota parda (*Larus heermanni*), con base en su secuencia de puesta

## Independency in the volumes of eggs of the Heerman's gull (*Larus heermanni*), on base to their clutching sequence

Roberto Carmona\*  
Enrique Lozano

Programa de Aves Acuáticas de Baja California Sur  
Departamento de Biología Marina  
Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Apartado postal 19-B, La Paz 23080 B.C.S., México  
\*E-mail: beauty@uabcs.mx

Recibido en marzo de 2001; aceptado en marzo de 2002

### Resumen

En la mayoría de las aves, el volumen de los huevos es dependiente de la secuencia de puesta. Además, se considera que el tamaño de un huevo depende del tamaño de su(s) predecesor(es), por lo que los análisis se realizan por medio de estadística no paramétrica, dado el requerimiento de independencia de la estadística paramétrica. Se estudió la colonia reproductiva de gaviota parda (*Larus heermanni*) en el Islote El Callo, al sur de Isla San José, B.C.S. (1996), visitándola cada dos días a partir de la aparición del primer huevo. Se identificaron 27 nidos, los huevos fueron marcados en orden de aparición y medidos (largo y ancho), para calcular sus volúmenes. El análisis de los volúmenes de 66 huevos mostró que éstos presentaron normalidad y homocedasticidad ( $\alpha = 0.05$ , en todos los casos). La comparación de los volúmenes por secuencia de puesta, evidenció que los primeros y los segundos huevos fueron iguales entre sí y diferentes, en ambos casos, de los terceros ( $\bar{x} \pm ES$ :  $57.59 \pm 1.52$ ,  $56.62 \pm 1.75$  y  $52.66 \pm 2.48$  cm<sup>3</sup>, respectivamente). Se realizaron tres correlaciones lineales simples (primeros-segundos, primeros-terceros y segundos-terceros), para evidenciar la supuesta dependencia del tamaño de los huevos. No hubo relación en ninguna de las comparaciones ( $r = 0.143$ ,  $0.08$  y  $0.291$ ; g.l.= 23, 14 y 14,  $P = 0.502$ ,  $0.784$  y  $0.313$ , respectivamente). Es decir, el volumen de los huevos depende de su secuencia en la puesta, pero no necesariamente del (los) volumen(es) previo(s), por lo que se indica la necesidad de probar tal dependencia y, en consecuencia, el tipo de análisis estadístico a utilizar.

*Palabras clave:* volumen de huevos, estadística, dependencia, *Larus heermanni*.

### Abstract

In most birds egg volume has been recorded directly dependant on clutch sequence. Furthermore, the egg size has been also considered as dependent on the size of its predecessor, thus, they are constantly analyzed with non-parametric statistics, given the independency required by the parametric one. We studied the Heermann's gull (*Larus heermanni*) colony at El Callo Islet (south of San José Island, B.C.S.) during its reproductive season (1996). Twenty-seven nests were followed and identified with plastic flags. The eggs were marked (according to their appearance) and measured (length and width), in order to calculate their volume. The analysis of the volume of 66 eggs showed normality and homocedasticity (in all cases  $\alpha = 0.05$ ). The volume comparison by clutch sequence evidenced that the first and second eggs were similar, but both differed from third eggs ( $\bar{x} \pm SE$ :  $57.59 \pm 1.52$ ,  $56.62 \pm 1.75$  and  $52.66 \pm 2.48$  cm<sup>3</sup>, respectively). Furthermore, three simple linear correlations were performed (first-second, first-third and second-third), in order to evidenciate the supposed size-dependence on previous eggs. No relationship could be established in either comparisons ( $r = 0.143$ ,  $0.08$  and  $0.291$ ; d.f.= 23, 14 and 14,  $P = 0.502$ ,  $0.784$  and  $0.313$ , respectively). This means that the egg volume depends on the clutch sequence, but not necessarily on the volume of previous eggs, indicating the need of testing such dependency and, consequently, the type of statistical analysis to be used.

*Keywords:* egg volume, statistics, dependency, *Larus heermanni*.

### Introducción

Uno de los mecanismos que permiten la reducción de nidada propuesta por Lack (1968), es el tamaño de los pollos al eclosionar (Slagsvold *et al.*, 1984), mismo que se encuentra en

### Introduction

One of the mechanisms that allow the nesting reduction proposed by Lack (1968) is the size of chicks at hatching (Slagsvold *et al.*, 1984), the same that is closely related to the

estrecha relación con el volumen de los huevos de los cuales proceden (Kilpi *et al.*, 1996; Perrins, 1996). Así, en la mayoría de las especies estudiadas existe una jerarquía de tamaños, dependiente de la secuencia de puesta, donde normalmente los primeros huevos de una nidada son los mayores (Slagsvold *et al.*, 1984; Kilpi *et al.*, 1996). Los trabajos de biología reproductiva constantemente incluyen la comparación del tamaño de los huevos, dependiente de su secuencia de puesta (v.gr. Parsons, 1976; Kilpi *et al.*, 1996).

Se ha generalizado la hipótesis de una dependencia en el volumen de los huevos, donde a un primer huevo grande le corresponderían tamaños pequeños de los restantes (Parsons, 1976; Urrutia y Drummond, 1990; Perrins, 1996). Sin embargo, la mencionada dependencia regularmente no es probada, pese a la posibilidad de que en algunos casos pudiera no existir, limitando así los análisis estadísticos a los que se puede someter la información. Esto es, al utilizar estadística no paramétrica, dado que se da por sentada la falta de independencia, se corre el riesgo de no detectar posibles diferencias entre los volúmenes de los huevos. Lo anterior podría reflejarse en una aceptación de la igualdad de volumen, cuando “en realidad”, poseen tamaños diferentes. En el presente trabajo se plantea la necesidad de probar la supuesta dependencia de los volúmenes, antes de considerar *a priori* su existencia, tomando como ejemplo datos de la gaviota parda (*Larus heermanni* Cassin 1852), especie con nidadas típicas de dos a tres huevos (Urrutia, 1988).

## Materiales y métodos

Los datos utilizados en este trabajo forman parte de un proyecto respecto a la biología reproductiva de la gaviota parda, en la región sur del Golfo de California. La información fue recolectada (1996) en una colonia pequeña (30 nidos), ubicada en la porción sur de Isla San José, en el Islote El Callo (24°53'1.7"N, 110°36'33"W), al sur del Golfo de California (Carmona *et al.*, 1996). Se dió seguimiento a 27 nidos. Los huevos se marcaron con lápiz blando conforme fueron depositados. Los huevos fueron medidos (diámetros mayor y menor) con un vernier ( $\pm 0.1$  mm). Con esta información se calcularon sus volúmenes en  $\text{cm}^3$  (ver Barth, 1967, en: Coulter, 1973):

$$V = (\pi/6) L a^2;$$

donde  $V$  = volumen,  $L$  = longitud o diámetro mayor y  $a$  = ancho o diámetro menor.

Los datos se agruparon de acuerdo con su secuencia de puesta. A cada una de las agrupaciones se le aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y, en su conjunto, la prueba de homocedasticidad de Bartlett (en todos los casos  $\alpha = 0.05$ , Zar, 1998). Si cumplían con ambos requisitos se utilizaba un análisis de varianza de una vía modelo II (Zar, 1998), para probar la hipótesis de igualdad de volúmenes, independientemente de su secuencia de puesta. En caso de detectar diferencias, se aplicó la prueba de Tukey (Zar, 1998).

volume of the eggs from which they come (Kilpi *et al.*, 1996; Perrins, 1996). So, in most of the species studied, there is a size hierarchy that depends on the clutching sequence, where normally the first eggs of a nest are the biggest (Slagsvold *et al.*, 1984; Kilpi *et al.*, 1996). Reproductive biology studies constantly include the comparison of the egg sizes, which depends on the clutching sequence (v. Gr. Parsons, 1976; Kilpi *et al.*, 1996).

A dependency on the egg volume hypothesis has been generalized, meaning that to a first big egg would follow smaller sized eggs (Parsons, 1976; Urrutia and Drummond, 1990; Perrins, 1996). However, the dependency mentioned regularly is not proven, despite that possibly it could not exist in some cases, limiting the statistical analysis to which the information could be subdued. So, by using non-parametric statistics, given that the lack of dependency is granted, there is the risk of not detecting possible differences among the volumes of eggs. This could imply the acceptance of an equal volume of eggs, when they actually have different sizes. In the present study the need of proving the supposed dependency in the volumes is set, before considering its existence *a priori*, taking as an example data from the Heerman's gull (*Larus heermanni* Cassin, 1852), species with typical clutches of 2 to 3 eggs (Urrutia, 1988).

## Materials and methods

Data used in this work are part of a project concerning the reproductive biology of the Heerman's gull in the southern region of the Gulf of California. The information was gathered (1996) from a small colony (30 nests) located in the southern part of the San Jose Island, at the islet called El Gallo (24°53'1.7"N, 110°36'33"W) at the south of the Gulf of California (Carmona *et al.*, 1996). Twenty-seven nests were followed. Eggs were marked with a soft pencil as they were laid, and were measured (major and minor diameter) with a vernier ( $\pm 0.1$  mm). Volumes in  $\text{cm}^3$  were calculated with this information (see Barth, 1967, in: Coulter, 1973):

$$V = (\pi/6) L a^2;$$

where  $V$  = volume,  $L$  = length or major diameter and  $a$  = width or minor diameter.

Data were grouped according to their clutching sequence. The Kolmogorov-Smirnov normality test was applied to each group and as a whole, the Bartlett homoscedasticity test was used (in all cases  $\alpha = 0.05$ , Zar, 1998). If both requirements were accomplished, a one-way analysis of variance model II (Zar, 1998) was used to prove the hypothesis of equal volumes, in spite of their clutching sequence. The Tukey test (Zar, 1998) was applied when differences were detected. Afterwards, three simple linear correlations (Zar, 1998) were done, to prove the supposed relationship between volumes and sizes of the preceding eggs. In this way, volumes of the eggs were compared the first with the second one, the first with the third one, and

**Tabla 1.** Resultados de las correlaciones entre los volúmenes de los diferentes huevos de gaviota parda. a = ordenada al origen, b = pendiente,  $r$  = coeficiente de correlación, g.l. = grados de libertad,  $P$  = nivel de significancia.**Table 1.** Correlation results among the volumes of different eggs of the Heerman's gull. a = y-intercept, b = slope,  $r$  = correlation coefficient, g.l. = degrees of freedom,  $P$  = significance level.

Comparación	a	b	$r$	g.l.	$P$
Primeros-segundos	47.65	0.154	0.143	23	0.502
Primeros-terceros	45.07	0.125	0.080	14	0.784
Segundos-terceros	27.56	0.434	0.291	14	0.313

Posteriormente, se realizaron tres correlaciones lineales simples (Zar, 1998), para probar la supuesta relación de los volúmenes con el tamaño de los huevos que les antecedieron. De esta manera, se compararon los volúmenes de los huevos: primero y segundo, primero y tercero, y segundo y tercero. En los tres casos se tomó como abscisa el tamaño de los primeros huevos en ovopositarse (primero, primero y segundo, respectivamente). De existir la dependencia en los volúmenes se esperaría una relación negativa, es decir, a un huevo grande le corresponderían subsiguientes huevos pequeños.

## Resultados

La postura se realizó entre el 8 de abril y el 18 de mayo de 1996. Se midieron un total de 66 huevos, provenientes de 27 nidos (nidada promedio = 2.44). De éstos, 27 correspondieron a primeros huevos, 24 a segundos y 15 a terceros.

En los tres casos los volúmenes de los huevos fueron normales (KS = 0.129, 0.119 y 0.213; g.l. = 26, 23 y 14;  $P$  = 0.753, 0.881 y 0.544, respectivamente) y sus varianzas fueron iguales (Bc = 0.213; g.l. = 2;  $P$  = 0.829). En la comparación de los volúmenes por secuencia de puesta, hubo diferencias significativas ( $F_{2,63}$  g.l. = 7.240;  $P$  = 0.001) y la comparación múltiple indicó que los primeros y los segundos huevos no eran diferentes entre sí, pero en ambos casos, lo fueron del tercero ( $\bar{x} \pm ES$ : primeros =  $57.59 \pm 1.52$ , segundos =  $56.62 \pm 1.75$  y terceros =  $52.65 \pm 2.48 \text{ cm}^3$ ).

Sin embargo, las correlaciones presentaron bajas varianzas explicadas (tabla 1), lo que se reflejó en valores igualmente bajos del coeficiente de correlación (entre 8 y 29%). En concordancia, los valores de las pendientes indicaron, en todos los casos, pocos cambios covariados (tabla 1, fig. 1), lo que se reflejó en altos niveles de significancia (tabla 1). En ningún caso fue posible considerar la existencia de una relación lineal entre los volúmenes (fig. 1).

## Discusión

La colonia estudiada es de reciente formación (Carmona *et al.*, 1996), situación común en esta especie, pues está incrementando sus lugares de anidación (Mellink, 2001). Es probable que dada su abundancia en Isla Rasa (Urrutia, 1988; Velarde, 1989), la especie esté colonizando nuevas zonas como El Callo.

the second with the third one. In the three cases, the sizes of the first eggs laid (first, first and second, respectively) were taken as abscise. Should the dependency in the volumes exist, a negative relation would be expected, this is, subsequent small eggs would correspond to a preceding big egg.

## Results

Clutching occurred between April 8 and May 18, 1996. A total of 66 eggs were measured, which were from 27 nests (average nesting = 2.44). Twenty-seven eggs belonged to first eggs, 24 to second and 15 to third ones.

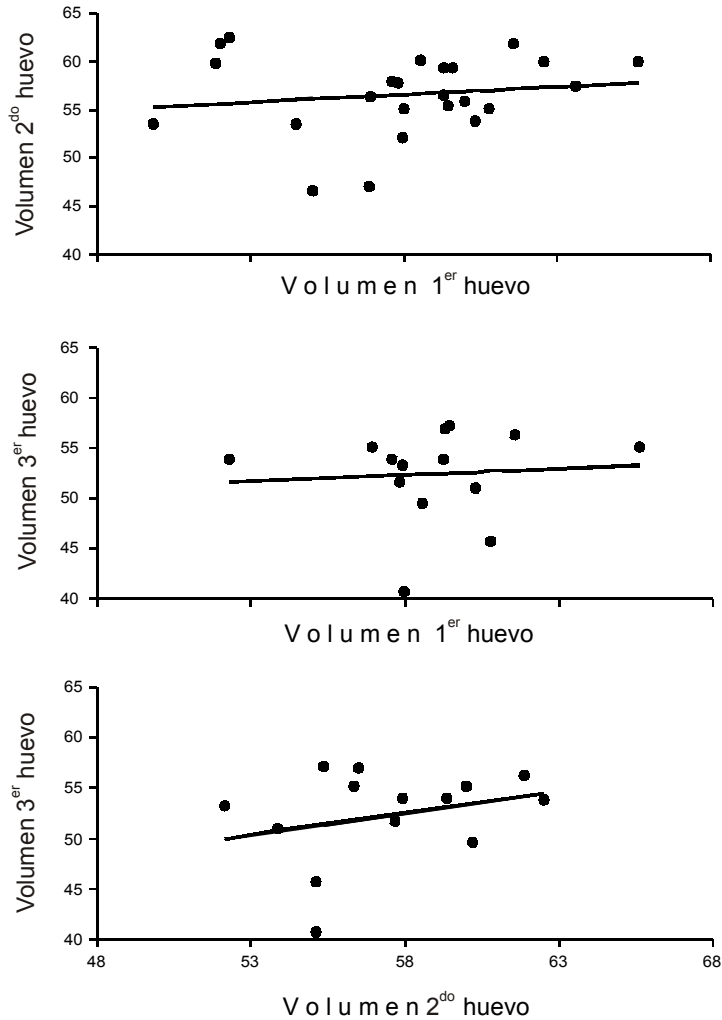
Volumes were normal in all three cases (KS = 0.129, 0.119 and 0.213; d.f. = 26, 23 and 14;  $P$  = 0.753, 0.881 and 0.544, respectively) and their variances were homogeneous (Bc = 0.213; d.f. = 2;  $P$  = 0.829). There were significant differences in the comparison of volumes by clutching sequence ( $F_{2,63}$  d.f. = 7.240;  $P$  = 0.001) and the multiple comparison indicated that the first and second eggs were not different from them, but in both cases they were from the third ones ( $\bar{x} \pm ES$ : first ones =  $57.59 \pm 1.52$ , second ones =  $56.62 \pm 1.75$  and third ones =  $52.65 \pm 2.48 \text{ cm}^3$ ).

However, correlations had low explained variances (table 1), which were shown as equally low values in the correlation coefficient (between 8 and 29%). Concordantly, slope values indicated few covariate changes in all cases (table 1, fig. 1), what was expressed in high levels of significance (table 1). It was impossible to consider the existence of a linear relationship between volumes in any case (fig. 1).

## Discussion

The studied colony is of recent formation (Carmona *et al.*, 1996), which is a common situation for this species since it is increasing its nesting sites (Mellink, 2001). Probably, given its abundance in Isla Rasa (Urrutia, 1988; Velarde, 1989), the species is colonizing new areas such as El Callo.

It was clear that in the case studied, there was a decrease in the volumes of the eggs based on the clutching sequence. This difference leads to a size hierarchy for the chicks, the same that facilitates, if needed, the reduction of the nesting (Urrutia, 1988; Urrutia and Drummond, 1990). However, these differences do not obligatorily imply the existence of a dependency among volumes. The dependence condition would imply that



**Figura 1.** Relación de los volúmenes ( $\text{cm}^3$ ) de los huevos de la gaviota parda, anidante en el Islote El Callo, temporada 1996.  
**Figure 1.** Relationship of the volumes ( $\text{cm}^3$ ) of Heerman's gull's eggs, nesting at the El Callo Islet, 1996 season.

En el caso estudiado, fue claro que existió una disminución en los volúmenes de los huevos con base en la secuencia de puesta. Tal diferencia conlleva una jerarquía de tamaños de los pollos, misma que facilita, en caso necesario, la reducción de nidada (Urrutia, 1988; Urrutia y Drummond, 1990). Sin embargo, estas diferencias no implican obligadamente la existencia de una dependencia entre los propios volúmenes. La condición de dependencia implicaría que el volumen de cierto huevo afectara al del huevo siguiente. De hecho, tal condición no se cumple en el caso presente, pues ninguna de las rectas fue significativa. Además, la hipótesis de dependencia implicaría relaciones inversas y, en este caso, todas tuvieron pendientes positivas (aunque no significativas).

En trabajos semejantes realizados en Isla Rasa también con la gaviota parda (Urrutia 1988; Urrutia y Drummond, 1990), se consideró que existía dependencia en el volumen de los huevos, sin que ésta fuera probada, por lo que los datos fueron manejados con estadística no paramétrica. Es posible que tal dependencia exista en Isla Rasa, pero no hubo prueba que

the volume of a certain egg affects that of the following. In fact, such condition is not accomplished in the present case since none of the lines was significant. Moreover, the dependency hypothesis would imply inverse relationships and in this case, all had positive slopes (although not significant).

In similar works done at Isla Raza also with the Heerman's gull (Urrutia, 1988; Urrutia and Drummond, 1990), the dependency on the volume of the eggs was considered without being tested; therefore data were treated with non-parametric statistics. It is possible that such dependency exists at Isla Raza but there was not proof to sustain this decision. The works cited before are not in any way the only ones that have this omission, which seems to be more the rule rather than the exception (e.g. Parsons, 1976; Henriksen, 1995). The effect caused when considering data as dependent and, as a consequence, analyzing them with non-parametric statistics, is an increase in the possibility of not detecting probable differences among eggs. This is, parametric statistics allows detecting significant differences where the non-parametric one cannot.

sostuviera tal decisión. Los trabajos antes citados no son, de ninguna manera, los únicos que presentan esta omisión, la cual parece ser más la regla que la excepción (e.g. Parsons, 1976; Henriksen, 1995). El efecto que se ocasiona al considerar dependientes los datos y, por lo tanto, analizarlos con estadística no paramétrica, es un aumento en la posibilidad de no detectar posibles diferencias entre los huevos. Esto es, la estadística paramétrica permite detectar diferencias significativas, donde la no paramétrica no puede hacerlo.

Quizá la causa de esta confusión radique en una sinonimia errónea entre *orden de puesta* y *volumen del huevo*. Es decir, aparentemente los autores consideran que dado que el volumen de los huevos depende del orden de puesta, luego entonces debe existir una dependencia entre sus tamaños. Sin embargo, la dependencia se da en el seno de la misma variable. Así, para considerar su existencia, el volumen de un huevo debe determinar el volumen del siguiente, lo cual, al menos para el caso presentado, no concuerda con lo observado (ver tabla 1 y fig. 1). El volumen del huevo es afectado por una larga serie de factores (e.g. variabilidad genética, latitud, estacionalidad, edad y tamaño de la hembra, disponibilidad de alimento) (Lack, 1968; Parsons, 1976; Grant, 1991; Croxall *et al.*, 1992; Perrins, 1996), pero no siempre (como en el caso presentado), por el volumen de los huevos que le anteceden.

En suma, la dependencia del volumen de los huevos con el orden de puesta es inobjetable, pero no necesariamente implica la dependencia entre los volúmenes de los diferentes huevos, debiendo ésta ser probada antes de tomar una decisión respecto al tipo de análisis a utilizar.

### Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades de la UABCS por el apoyo logístico brindado, particularmente a Jorge Vale Sánchez, Rector de esta institución. A Eduardo Ruiz Bustos por su apoyo en la traducción del resumen. Una mención especial merece la Familia Cuevas, pescadores de la zona, sin cuyo apoyo las visitas a la colonia no se hubieran realizado, particularmente a Juanito, Toña y Mayel Cuevas.

### Referencias

- Carmona, R., Ramírez, S., Zárate, B. and Becerril, F. (1996). Some nesting waterbirds from southern San José Island and adjacent islands, Gulf of California, México. *Western Birds*, 27: 81–85.
- Coulter, M.C. (1973). Breeding biology of the Western Gull, *Larus occidentalis*. M.S. thesis, University of Oxford, Oxford, 78 pp.
- Croxall, J.P., Rothery, P. and Crisp, A. (1992). The effect of maternal age and experience on egg-size and hatching success in Wandering Albatrosses *Diomedea exulans*. *Ibis*, 134: 219–228.
- Grant, M.C. (1991). Relationships between egg size, chick size at hatching, and chick survival in the Whimbrel *Numenius phaeopus*. *Ibis*, 133: 127–133.
- Henriksen, K. (1995). Intraclutch variation in egg volume of Great Crested Grebes. *Condor*, 97: 826–828.
- Kilpi, M., Hillström, L. and Lindström, K. (1996). Egg-size variation and reproductive success in the Herring Gull *Larus argentatus*: adaptive or constrained size of the last egg? *Ibis*, 138: 212–217.

Perhaps the cause of this confusion relies in a wrong synonymy between *hatching order* and *egg volume*. Apparently, authors consider that given that the volume of the eggs depend on the clutching sequence, then a dependency must exist among their sizes. However, the dependency is given in the variable itself. Thus, to consider its existence, the volume of an egg must determine that of the following one, what, at least in the case studied, do not agree with observations (see table 1 and fig. 1). The volume of the egg is affected by a large series of factors (e.g. genetic variability, latitude, seasonality, age and size of females, food availability) (Lack, 1968; Parsons, 1976; Grant, 1991; Croxall *et al.*, 1992; Perrins, 1996) but not always (as in the case shown), by the volume of the eggs that precede them.

Summarizing, the dependency of the volume of the eggs with the clutching order is not objectable but it does not necessarily implies the dependency among the volumes of the different eggs, and this must be tested before making a decision related to the kind of analysis to be used.

### Acknowledgements

We thank the UABCS authorities by the logistic support given, particularly to Jorge Vale Sánchez, Rector of this institution. To Eduardo Ruiz Bustos for his help in the translation of the abstract. A special mention deserves the Cuevas family; fishermen of the area since without their help visits to the colony would not had been performed, particularly to Juanito, Toña and Mayel Cuevas.

English translation by Adrián R. López-González.

- Lack, D. (1968). Ecological adaptations for breeding in birds. Chapman and Hall, London. 271 pp.
- Mellink, E. (2001). History and status of colonies of Heermann's gull in Mexico. *Waterbirds*, 24: 188–194.
- Parsons, J. (1976). Factors determining the number and size of egg laid by the Herring Gull. *Condor*, 78: 481–492.
- Perrins, C.M. (1996). Eggs, eggs formation and the timing of breeding. *Ibis*, 138: 2–15.
- Slagsvold, T., Sandvik, J., Rofstad, G., Lorentsen, Ö. and Husby, M. (1984). On the adaptive value of intraclutch egg-size variation in birds. *Auk*, 101: 685–697.
- Urrutia, L.P. (1988). Posible reducción de la nidada en la gaviota parda (*Larus heermanni*), en Isla Rasa, Baja California. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 55 pp.
- Urrutia, L.P., and Drummond, H. (1990). Brood reduction and parental infanticide in Heermann's Gull. *Auk*, 107: 772–794.
- Velarde, E. (1989). Conducta y ecología de la reproducción de la gaviota parda (*Larus heermanni*) en Isla Rasa, Baja California. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 129 pp.
- Zar, J.H. (1998). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey. 663 pp. + apéndices.