

## Estudios de Poblaciones en Playas de Arribadas

**Roldán A. Valverde**

*Department of Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109-1048 USA;*

*Tel: (734) 647-2604; Fax: 647-0884; email: roldan@umich.edu*

**Charles E. Gates**

*Professor Emeritus*

*Texas A&M University, 1002 Pershing, College Station, Texas 77840 USA; Tel: (409) 696-4327;*

*email: gates@stat.tamu.edu*

### Generalidades

La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es considerada la más abundante de las tortugas marinas en el ámbito mundial (Limpus, 1995). Esta afirmación se sustenta en gran parte, por su distribución pantropical y al hecho de que anida en concentraciones mayores que cualquier otra especie de tortuga marina. Las densidades de anidación más grandes pueden observarse en el Pacífico Oriental, Océano Índico y Atlántico Sur, sitios en los que se han estimado concentraciones desde 5,000 a 150,000 nidadas en el curso de sólo unas noches (revisión de Cornelius *et al.*, 1991). Esta conducta de anidación masiva (también conocida como arribada o arribazón) se caracteriza por la gran concentración de hembras, la alta densidad de anidamientos y un comportamiento -todavía inexplicable- de anidación sincrónica en hembras de *L. olivacea*.

A pesar de la relativa abundancia de las golfinas con respecto a otras tortugas marinas, el ámbito de distribución histórica de las poblaciones se ha reducido severamente en algunas áreas por factores como la sobre-explotación, el escaso éxito en la eclosión, y la captura incidental de adultos por las artes de pesca para camarón (Cornelius *et al.*, 1991; Valverde *et al.*, 1998). Los esfuerzos de conservación a largo plazo, orientados a poblaciones de golfina que forman arribadas, pueden haber sido exitosos en algunos casos (Márquez. *et al.*, 1996), pero la condición y el potencial de recuperación de estas especies puede evaluarse sólo cuando se aplica un seguimiento en series de tiempo suficientemente extensas a las variables demográficas y cuando se emplean métodos estadísticos robustos y confiables para el análisis de los datos (p. ej.,

ver Carr, 1980; NRC, 1990; Meylan, 1982). Debido a la variabilidad natural en el número de anidaciones entre temporadas, el uso de los datos de una investigación a corto plazo, es inadecuado e impropio para evaluar la condición de una población, (NRC, 1990; Limpus, 1995).

Las técnicas convencionales para estudios basados en tierra o las aplicadas a los censos aéreos no son eficaces para emplearse en la abrumadoramente alta densidad de una arribada (vea Schroeder y Murphy, este volumen). No obstante lo complejo de esta evaluación, se han realizado estudios en todas las playas de arribada identificadas y se conocen por ende, las estimaciones gruesas de los parámetros demográficos para las poblaciones más importantes de tortuga golfina en el mundo. Sin embargo, estas estimaciones poblacionales, en su mayoría, se han fundamentado en metodologías sesgadas o deficientes (ver Valverde *et al.* 1998, para una amplia discusión de este punto).

Una crítica generalizada a todos los métodos de estimación poblacional utilizados anteriormente, es que carecen de una medida de variabilidad en los parámetros estimados, incluyendo sus intervalos de confianza asociados. Esta restricción, impide determinar la veracidad de las estimaciones generadas. Además, en el mejor de los casos, es difícil la comparación de los datos entre las diferentes playas, puesto que se desconoce la relación matemática entre las estimaciones emanadas de los diferentes métodos utilizados. Finalmente, estos métodos diversos nunca se han validado contra arribadas de tamaño conocido. Hasta que se realice lo anterior, la veracidad de los datos permanecerá incierta.

El objetivo de este capítulo es describir un método universal, específicamente diseñado para su uso en el campo y que estima el número de hembras anidadoras que participan en un evento de arribada individual. Puesto que este método es imparcial y tiene un número mínimo de suposiciones, se espera que produzca estimaciones confiables y comparables entre diferentes playas que mantienen poblaciones de arribada. La técnica se encuentra ampliamente descrita en una publicación reciente (Gates *et al.*, 1996), a la que remitimos a nuestros lectores para una descripción más técnica y detallada.

## Metodología

La técnica aquí descrita, se le llama “Método del transecto por franjas en un tiempo fijo”. Aunque se tienen otras metodologías disponibles (ver Gates *et al.*, 1996), ésta parece ser la más fácil de poner en práctica. Para simplificar, los transectos por franja serán citados simplemente como “transectos”.

Por cada 100 m de longitud de la playa, deben establecerse un mínimo de dos y un máximo de cinco transectos. La amplitud sugerida para los transectos es de 2 m, sin embargo, ésta puede establecerse a criterio. Para delimitar cada transecto, se colocan tres balizas (palos de madera enterrados en la arena) a lo largo de cada lado del transecto, separadas entre sí de 5 a 10 m dependiendo de lo ancho del área de anidación. En Gahirmatha, India, los transectos se sitúan arriba de la marca de la pleamar (así, quedan fuera del efecto de los cambios de la marea) enterrando una porción (1m) de palos de madera de 2.5 m de longitud y de ~10 cm de diámetro y amarrando una cuerda alrededor de cada baliza a la altura de la cintura para unir las tres balizas de cada uno de los lados del transecto (contribución de Bivash Pandav, Wildlife Institute of India). Debido a que las tortugas pueden borrar la marca de la pleamar cuando se desplazan *en masse* sobre la playa; antes de la arribada, debe registrarse la distancia aproximada entre este punto y la baliza más cercana. Esto permitirá que en todo momento, se realice la prospección a una misma longitud del transecto.

Se ha estimado que un observador no puede realizar registros en más de 20 transectos (en una proporción de 2 transectos/100 m) durante una arribada; particularmente en aquellas playas que exceden los 2 km de longitud. Se recomienda que el tiempo de recorrido para el registro de tortugas en los 20 transectos no demore más de 45 minutos. En pla-

yas extensas, donde se conoce que las tortugas se mueven de un lado a otro de la playa, de arribada en arribada, el balizado para el establecimiento de los transectos, debe incluir la longitud total de la playa utilizada por las tortugas para anidar. Aunque las observaciones regularmente se concentran en el área de mayor utilización durante una arribada dada, debe realizarse una inspección rápida a los transectos colocados fuera del área principal para asegurarse que ninguna tortuga este anidando allí. Es absolutamente esencial que sólo se incluyan a las hembras que depositan huevos durante la prospección del transecto. Para satisfacer esta condición, a cada hembra considerada en el estudio, debe verificársele la presencia de la nidada (p. ej., excavando cuidadosamente en la cámara del nido). Si no se detecta ningún huevo, el animal no debe ser incluido en el conteo. Sumado a lo anterior, sólo se incluirán en el registro aquellos animales que se encuentren ovipositando y cuyo centro del carapacho se encuentre dentro de los límites del transecto. El tiempo promedio requerido para una oviposición (es decir, el tiempo transcurrido entre la liberación del primer huevo y el último de una nidada) también debe determinarse. En playa Nancite, el valor es de 15 minutos aproximadamente. Es importante que este parámetro se determine para cada arribada, hasta que no se observe una variabilidad significativa entre arribadas. En este punto, ese mismo valor puede usarse para los futuros eventos de anidaciones masivas. Una muestra inicial de 30 individuos puede ser suficiente para llevar a cabo esta tarea.

Los conteos dentro de los transectos deben empezar al inicio de la arribada. El propósito de definir el principio de la arribada es para evitar que la evaluación se realice en una noche de anidamientos masivos de hembras solitarias. Debido a que existe una considerable variabilidad de opiniones entre los biólogos, acerca de cuando ocurre el inicio de una arribada, se sugiere, para los propósitos de una estandarización, que el inicio de una arribada sea definido cuando se estime que 100 o más tortugas se encuentren simultáneamente en la playa (Cornelius *et al.*, 1991). Es innecesario definir previamente el final de la arribada.

Los conteos siempre deben iniciarse en uno de los extremos del área de anidación y concluirlos en el extremo opuesto. Antes de iniciar la evaluación, debe establecerse un intervalo de tiempo fijo entre los conteos. Este intervalo debe permanecer constante

durante toda la arribada. En caso de que no ocurran anidaciones dentro de los transectos deben registrarse como ceros. Se sugiere evaluar un transecto cada dos horas, para permitir que la persona responsable del censo, disponga del tiempo necesario para examinar todos los transectos y la posibilidad de realizar otras tareas. El intervalo entre los conteos, no puede ser de menor duración que el tiempo efectivo de una anidación, para evitar contar a una misma tortuga. Una modificación importante del método original que se propone (Gates *et al.*, 1996) es que la evaluación del transecto no necesita ser realizada durante las horas de no anidación (usualmente en las horas de día). La razón de esta sugerencia es que los ceros son ignorados cuando se realicen los cálculos.

Debe calcularse el área disponible para la anidación; p. ej., midiendo la longitud de cada transecto y multiplicando su valor promedio por la longitud del tramo de playa usado por las hembras para la anidación. Las balizas de los transectos pueden usarse como referencia para definir el principio y el fin de cada transecto. Ello facilitará la medición de los transectos durante o después de concluida la arribada.

La información colectada durante el censo debe organizarse para facilitar el procesamiento de los datos. Se recomienda incluir como información mínima, los parámetros listados en la Tabla I para el registro de los conteos. El ejemplo dado en la tabla, explica el uso de las fórmulas para una de las tres sesiones de una arribada. Aquí, una "sesión" se define como la actividad de anidación en la que las tortugas emergen sincronizadamente en un periodo continuo de 24 horas, dentro de una arribada. Por lo general, este periodo ocurre en la noche, ya que las golfinas tienen la tendencia de anidar durante las horas de obscuridad. Con toda la información necesaria colectada, puede obtenerse una estimación del número de tortugas anidando y otros parámetros, usando las siguientes ecuaciones (de nuevo, para los detalles vea Gates *et al.*, 1996):

$$\hat{M} = \frac{AH}{2wtl} \cdot \frac{n..}{\bar{h}}$$

Con la variación del número estimado de tortugas anidando en la arribada:

$$\hat{v}(\hat{M}) \approx \hat{M}^2 \left[ \frac{\hat{v}(n..)}{n..^2} \right]$$

Si los transectos tienen aproximadamente la misma longitud:

$$\hat{v}(n..) = \frac{m \sum \sum_{i=1,t} n_{ij}^2 \sum_{i=1,t} n_i^2}{m-1}$$

Si los transectos no tienen la misma longitud:

$$\hat{v}(n..) = \frac{m^2 \sum_{i=1,t} \left[ L \sum_{j=1,m} l_j n_{ij}^2 - \left( \sum_{j=1,m} l_j n_{ij} \right)^2 \right]}{L^2 (m-1)}$$

El intervalo de confianza asociado al 95% se determina por la ecuación:

$$\hat{M} \pm 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..^2}}$$

El coeficiente de variación se determina por:

$$CV(n..) = \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..^2}}$$

La duración de la sesión puede ser calculada usando la ecuación:

$$k = t * r$$

Donde:

$\hat{M}$  = número estimado de hembras anidadoras;

$A$  = área total disponible para las anidaciones (m<sup>2</sup>);

$H$  = duración de la arribada (min.);

$w$  = ancho de la mitad del transecto (m);

$t$  = número de periodos del muestreo;

$\sum l_j = l = L$  = suma de la longitud de todos los transectos (m);

$n..$  = suma total de las tortugas ponedoras contadas;

$\bar{h}$  = tiempo promedio invertido por las tortugas para ovipositar (min.);

$\hat{v}(\hat{M})$  = varianza estimada de la estimación;

$\hat{v}(n..)$  = varianza del número total de hembras que depositaron huevos;

$m$  = número de transectos;

$n_{ij}$  = número de hembras depositando huevos en el  $i^{simo}$  período y  $j^{simo}$  transecto;

$n_i$  = suma total de tortugas en todos los transectos en el  $i^{simo}$  período;

$k$  = longitud de la sesión (min);

$r$  = intervalo entre los muestreos (min).

Cuando analizamos la arribada, los datos estadísticos deben calcularse independientemente para cada sesión individual de monitoreo ininterrumpido, ya que las variaciones y otros parámetros no son directamente aditivos. No obstante, puede sumarse la estimación del número de hembras para proporcionar una estimación global del número de anidaciones.

De preferencia, se recomienda informar los valores del error estándar y los intervalos de confianza, en lugar de las variaciones, las cuales tienden a ser muy grandes. Como complemento, se aclara que las unidades de las diferentes variables incluidas en este trabajo son diferentes de las utilizadas en nuestra publicación previa (Gates *et al.*, 1996). Esta modificación tiene la intención de facilitar el cálculo manual en el campo. Como alternativa, se cuenta con un programa para computadora que requiere de la transformación de las unidades. Copias del programa, así como información complementaria para su uso, se encuentran disponibles de manera gratuita y pueden conseguirse con el autor (CEG). El programa incluye una opción de simulación que permite una comparación de los errores estándar obtenidos de datos reales por medio de una población idealizada.

## Limitaciones

El método aquí descrito es fácil de aplicar, aún involucrando algunos obstáculos logísticos. Sin embargo, no puede adaptarse para estimar el número de hembras anidadoras bajo todas las condiciones. Por ejemplo, cuando el número de hembras que usan una playa para anidar es bajo, como en las áreas de anidaciones solitarias, se reduce la precisión de la estimación. Como regla general, el método solamente es aplicable en circunstancias donde aniden de manera sincrónica más de 1,000 tortugas. En casos de bajas densidades, son recomendables métodos de evaluación más ortodoxos (p. ej., el de Schroeder y Murphy, presentado en este volumen). Nuestro método, sin embargo, es auto-compensatorio, con muy grandes intervalos de confianza (probablemente incluyendo el cero) consecuentemente, al realizar muestreos a poblaciones muy pequeñas, se producirían estimaciones poco certeras.

Una desventaja de ejecutar los cálculos por sesión es que durante algunas sesiones, el número de tortugas puede ser muy bajo para permitir resultados estadísticamente robustos. En consecuencia, el valor de los análisis por sesión como se muestra en este artículo, es proporcionar un ejemplo del uso correcto

de las fórmulas y el desarrollo de las estimaciones con la ayuda de una calculadora portátil, ya que en el campo no se dispone del suministro de energía eléctrica.

## Fuentes de Error

Los errores son el resultado de la clasificación errónea de las tortugas. Por ejemplo, una suposición errónea de que una tortuga pudo haber ovipositado (puso huevos) o la inclusión prematura de tortugas ocupadas en la construcción de la cámara para los huevos, son errores difíciles de cuantificar. La mejor solución es insistir que el observador siga estrictamente la regla de verificar la presencia de huevos en el nido en cada caso. También se cometen errores, como producto de la medida incorrecta del área de anidamiento y del área de muestreo (transectos). Por razón de los factores de expansión incorporados en las fórmulas utilizadas (ver arriba), estos errores pueden inducir desviaciones significativas de las estimaciones exactas de la población. Una vez más, se enfatiza que debe realizarse un esfuerzo para garantizar mediciones adecuadas. Para asegurar la consistencia en la recolección y el procesamiento de los datos, es importante que el intervalo entre muestreos, se mantenga constante a lo largo de la arribada.

Finalmente, la determinación del tiempo exacto en que se inicia una arribada puede ser problemática. desviaciones grandes, pueden tener efectos significativos sobre las estimaciones obtenidas. Es aconsejable que sean observadores experimentados los que determinen estos tiempos. Aún así, bajo la mayoría de las condiciones, una desviación de una o dos horas del verdadero valor de este parámetro no puede tener un impacto significativo en la estimación final.

## Reconocimientos

Los autores agradecen las contribuciones de Jocelyn Peskin, Claudette Mo, Jorge Ballester, y Ana Chaves en la recolección de los datos y su apoyo en campo. **Nuestra gratitud es extensiva a Róger Blanco, Sigifredo Marín y el resto del personal del Area de Conservación del Parque Nacional de Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica** por su continuo apoyo logístico durante el desarrollo de este manuscrito. Agradecemos también a Alberto Abreu por su valiosa crítica al borrador final de este artículo. Parte de la investigación cuyos resultados fueron incorporados en el presente trabajo, fue financiada por la Fundación Nacional de

**Tabla 1.** Método del transecto por franjas en un tiempo fijo. Un análisis de la primera sesión de un estudio hipotético se presenta a manera de ilustración del método.

Observador:		Área total de anidación (m <sup>2</sup> )	24,200	<i>M</i>	9,652
Tiempo promedio de ovoposición (min)	13.17	Ancho de la mitad del transecto (m)	1	<i>S.E.</i> =	2,068
Duración total de la arribada (min)	360	Longitud total de transectos (m)	376.96	<i>U.C.L.</i> <sub>95%</sub> =	13,786
Número de períodos de muestreo	3			<i>L.C.L.</i> <sub>95%</sub> =	5,515

		Número de Transecto																						
Sesión	Día	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<i>n<sub>i..</sub></i>	
I	1	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3	2	3	2	2	2	0	2	0	0	23
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	8
		6:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	1	2	1	0	2	1	0	0	2	0	0	18	
II	2	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	3	2	1	0	0	0	0	1	0	0	11
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	6
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2		
III	3	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cálculos de la información de la Sesión I

$$\hat{M} = \frac{AH}{2wtl.} * \frac{n..}{h} = \frac{(24,200m^2)(360min)}{2(1m)(3)(376.96m)} * \frac{33 \text{ tortugas}}{13.17 \text{ min}} = 9,651 \text{ tortugas}$$

$$S.E. = \sqrt{\hat{v}(\hat{M})} = \sqrt{4,276,483} = 2,068$$

$$\hat{v}(n..) = \frac{m \sum \sum_{i=1,t} n_{ij}^2 - \sum_{i=1,t} n_{i.}^2}{m-1} = \frac{20(1^2 + \dots + 1^2) - (2^2 + 23^2 + 8^2)}{19} = 50$$

$$U.C.L.95\% = \hat{M} + 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..}} = 9,651 + 2(9,651) \sqrt{\frac{50}{1,089}} = 13,786$$

$$L.C.L.95\% = \hat{M} - 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..}} = 9,651 - 2(9,651) \sqrt{\frac{50}{1,089}} = 5,515$$

$$\hat{v}(\hat{M}) \approx \hat{M}^2 \left[ \frac{\hat{v}(n..)}{n..} \right] \approx (9,651)^2 \left[ \frac{50}{(2 + 23 + 8)^2} \right] \approx 4,276,483$$

$$CV(n..) = \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..}} = \sqrt{\frac{50}{1,089}} * 100 = 21.4\%$$

*n..* = 74

Ciencia de los Estados Unidos (U.S. National Science Foundation) a través del Dr. David W. Owens (NSF-IBN-9124014).

## Literatura Citada

Carr, A. 1980. Some problems of sea turtle ecology. *Amer. Zool.* 20:489-498.

Cornelius, S. E., M. Alvarado-Ulloa, J. C. Castro, M. Mata del Valle y D. C. Robinson. 1991. Management of olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) nesting at playas Nancite and Ostional, Costa Rica, p.111-135. *In: J. R. Robinson and K. H. Redford* (Editores), *Neotropical Wildlife Use and Conservation*. Chicago/London: The University of Chicago Press.

Gates, C. E., R. A. Valverde, C. L. Mo, A. C. Chaves, J. Ballesteros y J. Peskin. 1996. Estimating *arribada* size using a modified instantaneous count procedure. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 1:275-287.

Limpus, C. J. 1995. Global overview of the status of marine turtles: a 1995 viewpoint, p.605-609. *In: K. A. Bjorndal* (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Márquez, R., C. Peñaflores y J. Vasconcelos. 1996. Olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) show signs of recovery at La Escobilla, Oaxaca. *Marine Turtle Newsl.* 73:5-7.

Meylan, A. 1982. Estimation of population size in sea turtles, p.135-138. *In: K. A. Bjorndal* (Editor). *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

NRC [National Research Council]. 1990. Decline of the sea turtles: Causes and prevention. National Academy Press. Washington D.C. 252 pp.

Valverde, R.A., S. E. Cornelius y C. L. Mo. 1998. Decline of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) nesting assemblage at Playa Nancite, Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology* 3(1):58-63.