



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Efecto de la precipitación en el proceso de incubación de las nidadas de tortuga lora

Effect of Precipitation in the Incubation Process of Kemp's Ridley Sea Turtle Nests

Oscar Brenes ^a

^a El autor, biólogo tropical, es coordinador de investigación en el Programa de Conservación de Tortugas Marinas de Reserva Playa Tortuga, Costa Rica.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



Efecto de la precipitación en el proceso de incubación de las nidadas de tortuga lora

Óscar Brenes

El autor, biólogo tropical, es coordinador de investigación en el Programa de Conservación de Tortugas Marinas de Reserva Playa Tortuga, Costa Rica.

Resumen

Durante la temporada de anidación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), entre el 11 de octubre y el 18 de noviembre de 2010, en playa Tortuga (Ojochal de Osa, Costa Rica), se monitoreó la temperatura de incubación de seis nidos de la especie, trasladados a un vivero. Por medio de sensores térmicos (termocuplas), se detectó un comportamiento anormal en la temperatura de los huevos, luego de fuertes eventos de precipitación, a inicios de noviembre. Se exhumó en dos partes la totalidad de los huevos, para verificar la condición de las nidadas y analizar su desarrollo embrionario. Se demostró que tanto el descenso súbito de la temperatura de incubación como la interrupción del desarrollo embrionario de las nidadas fueron consecuencia directa de la acción de los eventos extremos de precipitación registrados.

Palabras clave: precipitación, temperatura, incubación, nidadas, tortuga.

Abstract

During the hatching season of Olive Ridley Sea Turtle, from October 11th to November 18th 2010, at playa Tortuga (Ojochal de Osa, Costa Rica), incubation temperature of six clutches transferred into hatchery were monitored. After a rainy period on the first days of November, abnormal egg temperature behavior was recorded by thermo sensors. In order to check egg conditions and embryonic development, totally of eggs were divided in two parts and exhumed. Sudden drop of incubation temperature and embryonic development disruption were direct consequence of extreme precipitation events recorded.

Key words: precipitation, temperature, incubation, clutches, turtle.

Introducción

El ciclo de vida de las tortugas marinas es un fenómeno complejo que consiste en dos etapas: marina (mar abierto) y terrestre. La etapa terrestre implica una serie de eventos que inician desde el momento en el que las hembras maduras arriban a las playas a desovar, hasta que las pequeñas tortugas eclosionan, emergen de los nidos y se desplazan hacia el mar (Acuña, 1980). Esta etapa es crítica en el desarrollo de las tortugas, debido a que estos reptiles no presentan cuidado parental (Gulko y Eckert, 2004).

Lo anterior conlleva que la supervivencia de las nidadas dependa de la habilidad de la hembra para construir una cámara de incubación adecuada y ubicar el nido en una zona segura de la playa, y de la capacidad misma de las nidadas para soportar y adaptarse a los constantes cambios de humedad, temperatura, gases, factores abióticos del medio de incubación, entre otros, a lo largo del año (Miller, 2000). Cambios importantes en estos factores podrían verse reflejados de manera directa en la viabilidad de los huevos, lo que determina

el éxito de la incubación. La humedad y la temperatura, aun cuando son factores ambientales independientes, están íntimamente relacionados e inician su efecto combinado sobre los huevos desde la ovoposición (Arzola, 2007).

La temperatura del medio de incubación de las nidadas es importante; ya que, a partir de esta se determina el sexo de las crías (Chacón *et al*, 2007). También, fluctuaciones drásticas en las temperaturas de los huevos podrían llevarlos a alcanzar los rangos térmicos o umbrales máximos (34°C) y mínimos (24°C) que detienen el desarrollo de los huevos hasta matarlos (Chacón *et al*, 2007).

Al igual que la temperatura, la humedad es un factor significativo que influye en el desarrollo de los embriones. Se ha reportado que, ante un nivel excesivo de humedad, se disminuye la capacidad de intercambio de agua entre huevos y sustrato, lo que puede generar la pérdida del nido (Arzola, 2007).

En la actualidad, la probabilidad de experimentar cambios de temperatura y humedad en el medio es mayor, debido al efecto directo del calentamiento global que se ha evidenciado principalmente en las costas. Este se refleja en aumento en la temperatura ambiental, en el nivel del mar y en eventos de precipitación de mayor intensidad, como huracanes y tormentas tropicales (Drews y Fonseca, 2009).

Se estima que en los próximos cien años habrá un incremento de entre 1,8 y 4 °C en la temperatura global. Esto preocupa a los/as investigadores/as, ya que tal aumento podría provocar una ultrafeminización de la población, o bien, tal haría que las nidadas alcanzaran rápidamente los valores máximos de temperatura umbral y, en consecuencia, provocarían altos niveles de mortalidad (Baker *et al*, 2009).

Actualmente, ya se experimentan cambios abruptos en el clima que podrían acelerar el proceso de extinción de diversas especies, a corto pla-

zo, en especial de las tortugas marinas. Dichas alteraciones pueden reflejar no solamente el aumento de las temperaturas en las nidadas, sino que además podrían provocar el alcance de los límites inferiores de la temperatura umbral, escenarios que pueden causar la muerte. Los eventos registrados en el 2010, como resultado de la combinación del evento de La Niña con el calentamiento record en el Atlántico, son un ejemplo de ello.

Se reportaron, para el Pacífico, sur incrementos de hasta el 140% de lluvia acumulada respecto a años anteriores, de los cuales deben descartarse los ocurridos en los primeros cuatro días del mes de noviembre, que registraron valores mayores al acumulado mensual histórico reportado para este mes, por todas las estaciones meteorológicas del país (Chinchilla y Naranjo, 2010). Por lo tanto, el objeto de este estudio consistió en determinar las posibles consecuencias de la precipitación sobre la incubación de las nidadas de tortuga lora, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829).

Área de estudio y métodos

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.





Sebastian Troeng. Tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*)

Playa Tortuga se ubica en Ojochal, distrito de Puerto Cortés ($83^{\circ}40'3.36''$ O, $9^{\circ}4'32.16''$ N), perteneciente al cantón de Osa, en la provincia de Puntarenas, Costa Rica. Consta de una extensión de 2 km, limita en su parte norte con las rocas de playa Ventanas y al sur con la desembocadura del río Grande de Térraba. Además del río Térraba, playa Tortuga recibe la influencia directa de los ríos Tortuga por el extremo norte y Balso por el extremo sur (figura 1).

La zona se caracteriza por presentar clima húmedo muy caliente, una temperatura media anual de 23 a 27 grados Celsius y una precipitación anual entre 2.059 y 3.420 mm. Cuenta con una estación seca bien marcada que se extiende desde finales de diciembre hasta principios de mayo.

La presente investigación se realizó durante de la temporada de anidación de tortugas marinas de 2010 (entre el 11 de octubre y el 18 de noviembre). En este periodo, se registró la temperatura a lo largo del proceso de incubación de las nidadas ($n=6$) de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), reubicadas en el vivero (cuadro 1). Estas se nombraron alfabéticamente y presentaron la siguiente cantidad de huevos, respectivamente: (A)= 78, (B)= 64, (C)= 110, (D)= 112, (E)=115, (F)= 109.

Los datos de temperatura se obtuvieron mediante el uso de termocuplas dentro de la cámara

de incubación, tres por cada nido, colocadas de la siguiente manera: una en el fondo (temperatura 1), otra a profundidad media, o bien, sobre el último huevo implantado (temperatura 2) y una tercera en el nivel superficial (temperatura 3). Esta se revisó diariamente, cada seis horas, iniciando a las seis de la mañana. Las termocuplas utilizadas se ensamblaron con cable K20, unido a conectores tipo K Cole-Parmer®. Los datos de temperatura se registraron mediante un termómetro digital C28 Ktype (Cormark®).

Factores ambientales como humedad relativa, presión atmosférica y precipitación también fueron registrados (cuadro 1). Estos se obtuvieron diariamente por medio de una estación meteorológica Davis® Vantage Pro 2, ubicada en la zona de estudio. Se consideró la precipitación como un factor importante debido a su potencial efecto sobre la viabilidad de las nidadas, ya que fue posible observar un comportamiento anormal de la temperatura dentro de los nidos, a partir de las lluvias del inicio del mes de noviembre de 2010.

Mediante el análisis de datos *in situ*, fue posible identificar que los registros de temperatura de las nidadas no se comportaban de manera normal, sino que, por lo contrario, mostraban un comportamiento igual a la temperatura ambiental. Gracias a este análisis y a datos de temporadas anteriores, se identificó que las nidadas no disminuían su temperatura, en horas calientes del día, o aumentaban durante horas frescas, temprano en la mañana o durante la noche, lo que se considera anormal. Lo anterior funcionó como indicador de la posibilidad de la falla metabólica en las nidadas, por lo que se procedió a colocar tres termocuplas control durante cuatro días, dentro del vivero, a las mismas profundidades de las introducidas en las nidadas para comparar la temperatura de los huevos respecto a la de la arena. Finalizado este periodo, se procedió a la exhumación del 30% del total de los huevos para verificar el estado de estos. Basado en esto,

se procedió a la extracción total de las nidadas afectadas.

La estadística contempló una prueba Kruskal-Wallis para analizar la varianza entre la temperatura control y la temperatura de las nidadas, durante el mismo espacio de tiempo. Asimismo la prueba se realizó con el objeto de observar si las cámaras de incubación con huevos registraban o no la misma temperatura de la arena. Se realizaron regresiones lineales simples, como modelo de mejor ajuste, para establecer si existía relación significativa entre la temperatura promedio diaria de las nidadas y la precipitación diaria registrada, tanto de manera mensual como durante el período total del estudio.

Se ejecutaron pruebas de comparación de medias para datos no pareados, con el fin de comparar la temperatura control con la temperatura de las nidadas, a partir del último día de incubación. De ahí, de manera acumulativa, se tomaron en cuenta días anteriores con el propósito de localizar un punto donde existieran diferencias significativas, para detectar, de ser posible, el momento en el cual las nidadas adoptaron la temperatura de la arena. Todas las pruebas estadísticas se realizaron al 95% de confianza.

De manera complementaria, los datos de las tres termocuplas no presentaron una variación aparente, a pesar de estar colocadas a diferentes profundidades dentro de cada cámara de incubación. Finalmente, se realizó una prueba de hipótesis para establecer si existía una relación significativa entre la media de los valores mínimos de temperatura de las nidadas y la temperatura umbral mínima teórica, donde:

H_0 : media mínima = temperatura umbral

H_1 : media mínima \neq temperatura umbral

Resultados

La precipitación acumulada durante el período de investigación fue de 1.773 mm ($\bar{x}=52,26 \pm 26,02$ mm/día). En el lapso del 1 al 4 de noviembre, se registró un acumulado de 893,34 mm, lo que representó el 50% del total de lluvia reportada. El mayor evento diario de lluvia, en este período, alcanzó los 290 mm (cuadro 1).

Todas las nidadas mostraron, al final del período de incubación, un valor de la temperatura media por debajo de la temperatura pivotal reportada para la especie. El mayor valor de temperatura lo reportó la nidada (A), mientras que en (C) se registró el valor más bajo (cuadro 2). Los datos de la temperatura diaria, registrados por medio de las termocuplas control, fueron: día 1: 28,68 °C, día 2: 28,37 °C y día 3: 28,45 °C, día 4: 27,35 °C.

El comportamiento de la temperatura de los huevos durante el período de incubación sugirió una tendencia al descenso, conforme aumentó la precipitación. Dicha tendencia se evidenció al observar los valores alcanzados por la temperatura, durante los mayores eventos de precipitación del período de trabajo (figura 2).

A partir de una regresión lineal, entre el promedio de la temperatura de incubación diaria de las seis nidadas y la precipitación diaria registrada, durante el período total de la investigación, se obtuvo un coeficiente de determinación $r^2= 23\%$ y un coeficiente de correlación igual a $-0,47$, lo cual indica que existe una relación significativa débil entre las variables. En ellas, los valores de temperatura descienden conforme la precipitación se incrementa. Dicho comportamiento se explica mediante la ecuación (temperatura= $28,1393 - 0,00857431 \cdot \text{precipitación}$).

Mediante una regresión lineal en la que se relacionó la temperatura de incubación media diaria con la precipitación, específicas para el

mes de octubre, no se obtuvo ninguna relación significativa. Esto es contrario a lo mostrado por el análisis de regresión de estas variables para el mes de noviembre, en el cual este lanzó un coeficiente de determinación $r^2=41\%$, con un coeficiente de correlación igual a $-0,64$. Tales valores reflejan una relación significativa, de moderada a fuerte, entre la temperatura y la precipitación: la primera variable tiende a descender conforme la segunda aumenta. Dicha dependencia se expresa mediante la ecuación $\text{temperatura} = 27,3888 - 0,00687339 * \text{precipitación}$.

La prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de la varianza arrojó un valor $P < 0,05$, igual a $0,84$; este indicó que no existen diferencias significativas entre los valores de la temperatura control y los valores de la temperatura de las nidadas, durante el mismo período, en el 95% de los casos.

En el proceso de exhumación de nidos, se registró una pérdida del 100% de la primera muestra analizada (30% del total de huevos por nidada, $n=131$). El 75% tenía un embrión que cubría menos del 25% del interior del huevo, etapa llamada Estadio I (EI), y el 25% restante sin

un desarrollo evidente del embrión (HSE). En el proceso de remoción de los huevos restantes, también se perdió el 100% de estos ($n=588$). En total, el 78% de la muestra se encontraba en Estadio I y el restante 22% no mostró desarrollo del embrión (cuadro 3).

En el momento de extracción, los huevos tenían aproximadamente de 22 a 38 días de incubación. Se observaron las siguientes características de desarrollo embrionario alcanzado: en los huevos de (A), (B) y (C), los embriones presentaron un tamaño aproximado de 15 mm; el desarrollo de la cabeza, los ojos, las extremidades, el caparazón y las placas de este eran evidentes. En (D) y (E), el tamaño de los embriones se encontraba entre 1 y 2 mm, se distinguían solamente como un tejido amorfo color rosa. En (F), el embrión se hizo evidente como un punto de sangre en la yema. En estas últimas tres nidadas, los huevos se notaron túrgidos; en el momento de su apertura, la yema y la albúmina no eran distinguibles entre ellas, ya que se presentaban como una sola sustancia acuosa, amarillenta.

A partir de pruebas de comparación de medias, los valores de temperatura de las nidadas (A), (C) y (F) presentaron un valor $P < 0,05$. Esto reflejó diferencias significativas respecto a la temperatura control, durante los días de incubación 24, 23 y 7, respectivamente, los cuales corresponden al 3 de noviembre. Los huevos pertenecientes a (D) y (E) mostraron un valor $P < 0,05$ los días 15 y 14, coincidentes con el 2 de noviembre. La nidada (B) obtuvo un valor $P < 0,05$ el día 25 de su período de incubación, alcanzado el 4 de noviembre.



Sebastian Troeng. Tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*)

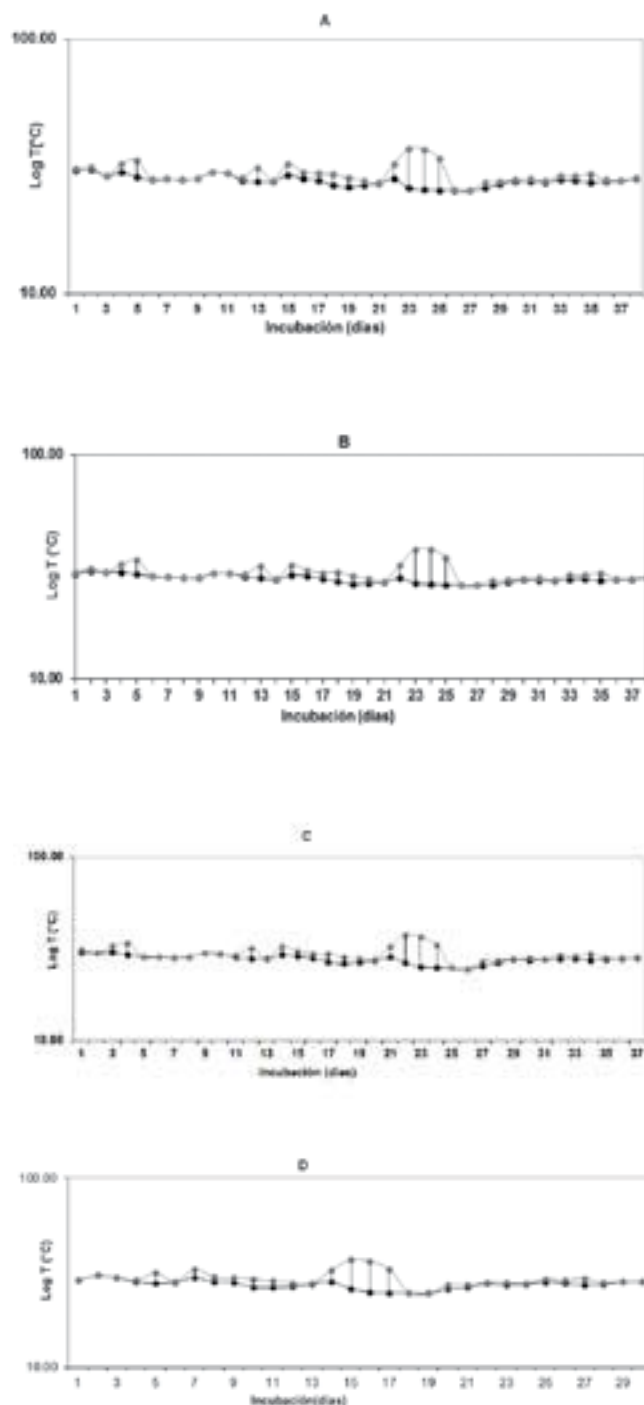
Cuadro 1. Valores totales de precipitación y temperatura diaria durante el período de incubación de seis nidadas de tortuga lora ubicadas en vivero, en playa Tortuga, entre octubre y noviembre de 2010.

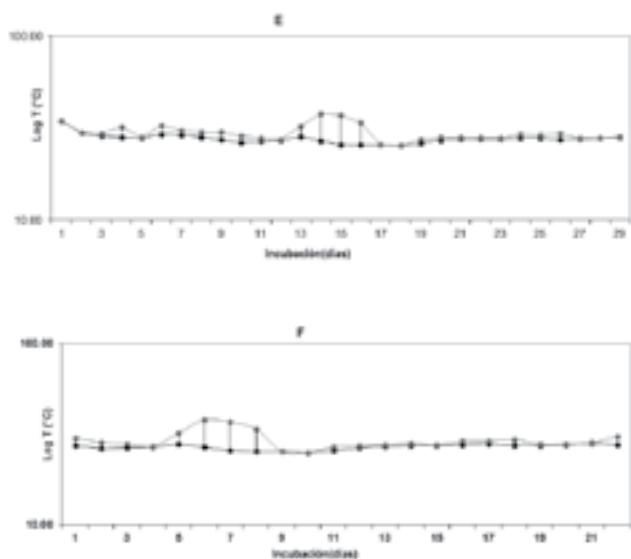
Fecha	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)					
		A	B	C	D	E	F
11/10/2010	11,03	30,52*	29,45*	-	-	-	-
12/10/2010	22,31	30,68	30,22	30,29*	-	-	-
13/10/2010	0,26	29,03	29,93	29,80	-	-	-
14/10/2010	61,79	29,99	30,01	30,18	-	-	-
15/10/2010	118,21	28,77	29,33	29,13	-	-	-
16/10/2010	NR	28,10	28,71	28,51	-	-	-
17/10/2010	NR	28,20	28,56	28,48	-	-	-
18/10/2010	NR	28,00	28,34	28,26	-	-	-
19/10/2010	NR	28,34	28,33	28,49	28,81*	-	-
20/10/2010	NR	30,00	29,58	29,92	30,58	34,65*	-
21/10/2010	0,00	29,62	29,57	29,51	29,84	29,91	-
22/10/2010	16,67	27,90	28,56	28,28	28,29	28,82	-
23/10/2010	95,13	27,55	28,15	27,93	27,82	28,27	-
24/10/2010	4,87	27,61	27,84	27,81	28,21	28,06	-
25/10/2010	82,05	29,21	29,02	29,32	29,76	29,34	-
26/10/2010	44,10	28,32	28,82	28,64	28,26	29,04	-
27/10/2010	43,59	27,92	28,02	27,99	28,07	28,32	-
28/10/2010	70,77	26,64	27,23	26,81	26,57	27,32	27,50*
29/10/2010	56,92	26,22	26,50	26,10	26,47	26,52	26,47
30/10/2010	31,79	26,67	26,81	26,70	26,68	26,82	26,83
31/10/2010	6,67	27,13	27,02	27,17	27,58	27,16	27,00
01/11/2010	104,36	28,27	28,15	28,32	28,40	28,35	28,13
02/11/2010	284,62	26,03	26,80	26,33	26,03	26,97	26,97
03/11/2010	290,51	25,63	26,47	25,10	24,94	25,81	25,71
04/11/2010	213,85	25,50	26,30	24,80	24,75	25,62	25,44
05/11/2010	0,77	25,50	26,30	24,80	24,75	25,62	25,44
06/11/2010	0,00	25,35	26,13	24,50	24,57	25,43	25,17
07/11/2010	33,59	26,00	26,27	25,50	25,83	26,10	25,80
08/11/2010	20,51	26,90	27,03	26,53	26,40	27,30	26,73
09/11/2010	8,97	27,66	27,63	27,58	27,77	27,75	27,38
10/11/2010	17,44	27,58	27,55	27,40	27,28	27,63	27,50
11/11/2010	6,92	27,47	27,46	27,42	27,60	27,60	27,43
12/11/2010	28,97	27,98	27,87	27,92	28,14	28,01	27,86
13/11/2010	26,41	27,92	27,98	27,80	27,83	28,03	28,09
14/11/2010	54,87	27,32	27,43	27,36	27,36	27,47	27,56
15/11/2010	11,79	27,53	27,66	27,59	27,61	27,59	27,53
16/11/2010	3,59	27,78	27,86	27,90	28,26	27,87	27,83
17/11/2010	0,14	28,28	28,34	28,24	28,33	28,27	28,38
18/11/2010	3,20	-	-	-	-	-	27,70

NR= No registro.

* Inicio de la incubación.

Figura 2. Comportamiento de la temperatura (en negro) y la precipitación (en gris), durante el período de incubación de cada una de las nidadas.





Cuadro 2. Valor de la temperatura media, máxima y mínima total, a partir de registros diarios de las nidadas de tortuga lora en vivero. Media ± LC al 95%.

Nido	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
A	27,77 +/- 0,45	30,68	25,35
B	27,97 +/- 0,37	30,22	26,13
C	27,68 +/- 0,50	30,29	24,50
D	27,43 +/- 0,56	30,58	24,57
E	27,78 +/- 0,66	34,65	25,43
F	27,02 +/- 0,43	28,38	25,17
Promedio	27,61 +/- 0,35	30,8 +/- 2,17	25,19 +/- 0,63

Cuadro 3. Exhumaciones realizadas en nidadas de tortuga lora, en vivero en playa Tortuga, de octubre a noviembre de 2010.

Incubación	Nido (día)	N.º de huevos	Exhumación 30%		Exhumación 100%	
			EI	HSE	EI	HSE
A	38	78	21	2	72	6
B	38	64	16	3	56	8
C	37	110	26	7	86	24
D	30	112	16	18	69	43
E	29	115	24	10	82	33
F	22	109	28	5	89	20
Total	-	588	131	45	454	134

EI (Estadio I), HSE (Huevo sin Embrión Evidente).

Discusión

Las fluctuaciones del clima pueden afectar los embriones de tortugas, especialmente los cambios de estación seca a lluviosa, independientemente de la zona de la playa donde se encuentren los huevos (Acuña, 1980). Debido a esto, cabe destacar que el país se encontró bajo la influencia del huracán Tomás, del 29 de octubre al 7 de noviembre de 2010, lapso coincidente con la ejecución del estudio.

Como parte de los efectos de este huracán, se presentó el evento *hidrometeorológico* extremo más intenso que sufrió Costa Rica en todo el año, del 1 al 5 de noviembre (Chinchilla y Naranjo, 2010). Los datos son coincidentes con el comportamiento de la precipitación registrado por la estación meteorológica ubicada en playa Tortuga (cuadro 1). Esta relación fortalece la idea de que la pérdida de las nidadas de lora, ubicadas en el vivero, se diera como consecuencia directa de la exposición de estas a un fenómeno de tal magnitud.

El análisis de los valores de las temperaturas medias de incubación hizo evidente una tendencia de la determinación sexual hacia la producción de machos, contrario a lo obtenido el año anterior en el mismo sitio de anidación (Brenes, 2009). No se descarta que este valor fuese influenciado por el descenso súbito en la temperatura, experimentado por las nidadas a inicios de noviembre, ya que la lluvia puede afectar la temperatura de la arena a la profundidad de la cámara de incubación y esto a su vez afecta la proporción sexual (Godfrey y Mrosovsky, 2000).

Una incubación exitosa radica en que los huevos se mantengan en medio de un rango térmico específico entre los 25 y los 35 °C; valores fuera de este, detendrían el proceso y causarían la muerte (Baker *et al.*, 2009). Los valores máximos alcanzados por las nidadas se mantuvieron dentro del rango de temperatura óptima, caso contrario a los valores mínimos de los cuales se puede afirmar que igualaron el límite inferior del rango térmico establecido.

Es importante indicar que todas las nidadas alcanzaron los valores mínimos en el mes de noviembre. Con base en estas observaciones y en los resultados de las regresiones realizadas, se puede establecer que la precipitación actuó como un factor significativo en el descenso de la temperatura de incubación durante este mes.

Los nidos poseen un gradiente térmico propio generado por su metabolismo, debido a que, durante su desarrollo, los embriones liberan CO₂ y consumen O₂ y H₂O (García, 2008). Por tal motivo, no encontrar diferencias significativas entre la temperatura de las termocuplas control y la de las nidadas sugirió la inexistencia del intercambio de energía entre los huevos y el medio, en ese momento. Aparentemente, el cambio constante de las condiciones de la arena afectó la difusión de las sustancias en los nidos, lo cual repercutió directamente en el desarrollo del embrión (Acuña, 1980).

Las exhumaciones confirmaron la pérdida del total de los huevos incubados, lo cual revela que un gran porcentaje murió durante el Estadio I del desarrollo embrionario, etapa considerada como la más sensible para los embriones (Acuña, 1980). Este resultado permite estimar que la afectación ocurrió en algún momento de los primeros 30 días de incubación.

A pesar de que la descripción de las características presentes en los embriones es general, brinda los detalles necesarios para estimar con mayor precisión el tiempo en el cual se detuvo el desarrollo en cada una de las nidadas, esto basado en las etapas embrionarias registradas en *Caretta caretta*, por García (2008).

El análisis de los embriones de huevos exhumados permitió establecer que la presencia de los vasos sanguíneos (área vascular) en el embrión -nidada (F)- se hace visible a partir del 7% del tiempo de incubación. Este porcentaje de desarrollo se observa en la primera semana del proceso, basado en el período de incubación promedio de 50 días para *L. Olivaceae*, en playa Tortuga, estimado por Brenes (2009).

Las características descritas para los huevos en (D) y (E), en las cuales el embrión se puede identificar como un tejido rosa sin estructuras bien definidas, se presentan entre el 14 y el 18 % del periodo de incubación, en *Caretta caretta*, lo que equivale en *L. olivacea* a la semana dos (García, 2008).

Asimismo, este autor indica que, como se observó en (A), (B) y (C), los embriones empiezan a mostrar un desarrollo craneofacial definido, ojos pigmentados con parpados visibles, extremidades bien diferenciadas y es posible reconocer los escudos costales del caparazón. Esto durante el 42% del período, que se ubica en la tercera semana de incubación.

Los datos obtenidos de las pruebas de comparación de medias permitieron establecer, de manera significativa, el momento en el cual los

huevos dejaron de metabolizar y adoptaron la temperatura de la arena. Esto es congruente con los días de incubación en que se dio este cambio, ubicados dentro de los períodos señalados a partir de las características que presentaron los embriones (figura 2).

Finalmente, se demuestra que tanto el descenso súbito de la temperatura de incubación como la interrupción del desarrollo embrionario de las nidadas ubicadas en playa Tortuga, fueron consecuencia directa de la acción de los eventos extremos de precipitación registrados del 2 al 4 de noviembre del 2010. Además, se manifiesta que un registro oportuno de los factores ambientales representa una herramienta indispensable, la cual brinda datos importantes para poder establecer estrategias de manejo adecuadas, ante situaciones que amenacen el éxito de cualquier proyecto de conservación.

Referencias bibliográficas

- Acuña, Rafael. (1980). *Aspectos de la Fase Terrestre de la Tortuga Lora*, *Lepidochelys olivacea*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Arzola, Juan. (2007). Humedad y Temperatura en nidos naturales y artificiales de Tortuga Golfina *Lepidochelys olivacea*. *Biología Marina y Oceanografía* (42).
- Baker, J.; Fish, M. y Drews, C. (2009). *Temperature Monitoring Manual: guidelines for monitoring sand and incubation temperatures on sea turtles nesting beaches*. San José: WWF.
- Brenes, Óscar. (2009). *Proyecto de Conservación de Tortugas Marinas, Playa Tortuga, Ojochal de Osa, Puntarenas Costa Rica, Temporada 2009*. (Informe Final de Temporada, Reserva Playa Tortuga, Costa Rica).
- Chacón, Didiher *et al.* (2007). *Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros*. San José: Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).
- Chinchilla, G. y Naranjo, J. (2010). Resumen Metereológico Noviembre 2010. *Boletín Metereológico Mensual del IMN*. Costa Rica.
- Drews, C. y Fonseca, A. (2009). *Aumento en el Nivel del Mar por el Cambio Climático en Playa Grande, Parque Nacional las Baulas, Costa Rica*. San José: WWF.
- Fish, M., Lombana, A. y Drews, C. (2009). *Climate change and marine turtles in the Wider Caribbean: regional climate projections*. San José: WWF.
- Fish, M. y Drews, C. (2009). *Adaptación al cambio climático: opciones para las tortugas marinas*. San José: WWF.
- García, Rosa. (2008). *Desarrollo embrionario de Caretta caretta: análisis descriptivo de su evolución morfológica*. España: Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Godfrey, M. y Mrosovsky, N. (2000). Estimación de la proporción sexual en playas de anidación. En Eckert, K. *et al.* (Eds.), *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Washington: UICN.
- Gulko, D. y Eckert, K. (2004). *Sea Turtles an Ecological Guide*. Honolulu: Mutual Publishing.
- Miller, J. (2000). Determinación del tamaño de la nidada y el Éxito de Eclosión. En Eckert, K. *et al.* (Eds.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Washington: UICN.