



Analysis for best practices hatchling release of *Lepidochelys olivacea* protected by marine turtle hatchery in Guerrero, Mexico

Análisis para las mejores prácticas de liberación de crías de *Lepidochelys olivacea* protegidas por criaderos de tortuga en Guerrero, México

Chavez-Rios, K.¹, Flores-Leyva, A. A.¹, Castro-Mondragón, H.¹, García-Ibáñez, S.¹, Kuk-Dzul, G.², Torreblanca-Ramírez, C.¹, Flores Rodríguez, P.¹, Flores-Garza, R.*¹.

¹Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical No. 20 Fracc. Las Playas, Acapulco, Guerrero, México. ²Cátedras CONACYT - Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical No. 20 Fracc. Las Playas, Acapulco, Guerrero, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Chavez-Rios, K., Flores-Leyva, A. A., Castro-Mondragón, H., García-Ibáñez, S., Kuk-Dzul, G., Torreblanca-Ramírez, C., Flores Rodríguez, P., Flores-Garza, R. (2020). Analysis for best practices hatchling release of *Lepidochelys olivacea* protected by marine turtle hatchery in Guerrero, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e1009. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1009>



ABSTRACT

Management and conservation practices need to be improved to support the recovery of sea turtle populations. This study analyzed the release of *Lepidochelys olivacea* hatchlings protected by a sea turtle hatchery located in Guerrero, Mexico. We evaluated two forms of release (individual and group) and determined the relationship between the temperature of the sand and the average time of travel on the beach of the hatchlings. We worked with hatchlings born from nests protected *in situ*, which were released in six hours, alternating the forms of release. The hatchlings travel time and the temperature of the sand were measured. We estimate that the lowest average travel time on the beach was at 9:30 a.m. and 4:30 p.m., when the average temperature of the sand was in a range of 30.77 to 32.77 °C, also at 9:30 h, there were no

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: June 06th 2020.

Accepted/Aceptado: November 25th 2020.

Available on line/Publicado: December 14th 2020.

RESUMEN

Es necesario mejorar las prácticas de manejo y conservación para apoyar la recuperación de las poblaciones de tortugas marinas. Este estudio analizó la liberación de crías de *Lepidochelys olivacea* protegidas por un criadero de tortugas marinas ubicado en Guerrero, México. Se examinó la relación entre la temperatura de la arena y el efecto de dos formas de liberación (individual y grupal) en el rendimiento locomotor del recorrido en playa de las crías. Se trabajó con crías nacidas de nidos protegidos *in situ*, las cuales se liberaron en seis horarios, alternando las formas de liberación. Se midió el tiempo de recorrido de las crías y la temperatura de la arena. Se estimó que el menor promedio de tiempo del recorrido en playa fue en los horarios de 9:30 y 16:30 h, cuando el promedio de la temperatura de la arena estuvo en un rango de 30.77 a 32.77 °C, además a las 9:30 h, no existieron diferencias significativas en tiempo de recorrido en las formas de liberación. Algunos reportes recomiendan que las liberaciones de crías se lleven a cabo cuando la temperatura del ambiente se considere baja. En este

*Corresponding Author:

Rafael Flores-Garza. Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical No. 20 Fracc. Las Playas, Acapulco, Guerrero, México. E-mail: rfloresgarza@yahoo.com

significant differences in travel time in the forms of release. Some reports recommend that hatchling releases take place when the ambient temperature is considered low. In this study, it is suggested that the hatchlings are released during the day and at times where the sand temperature is around 31 to 33 °C since it was evaluated that, in this temperature range, the hatchlings are activated with strength and speed, not affecting the way they are released, and they have better conditions to escape from predators.

KEY WORDS

Sea turtle, hatchery, temperature locomotor performance, release.

Introduction

Of the seven species of sea turtles that exist in the world, six species nest on Mexican beaches. In the state of Guerrero, four species have been reported to lay their eggs on its beaches, among which is *Lepidochelys olivacea*, which is characterized as the most abundant (Briseño, 1998). This species has great ecological value and provides multiple environmental services; however, it is included in the Official Mexican Norm NOM-059-SEMARNAT-2010 for Environmental Protection- Native Mexican Species of Wild Flora and Fauna, due to the decrease in its population. The main causes of population reduction are habitat loss, hunting, excessive predation and illegal egg extraction (Briseño, 1998).

In order to contribute to the survival of the species, great protection and conservation efforts are carried out, among which are the installation of basic infrastructure to protect the incubation of the eggs until they hatch and the hatchlings are able to reach the sea. Robles & Vega (2007), report that the estimated average size of *L. olivacea* hatchlings, which originate from eggs subjected to seeding experiments, is 41.12 mm in Straight Carapace Length (SCL). Lohmann *et al.* (1997), report that the hatchlings, in their journey from the nest to the sea, exhibit numerous unlearned responses to different stimuli and conditions, such as the surface ascent. The movements of the hatchlings to leave the nest stimulate others to also initiate the ascent process; synchronicity, which has been reported to be common among prey species and is a factor that influences the

estudio, se sugiere que las crías sean liberadas durante el día y en horarios donde la temperatura de la arena este alrededor de 31 a 33 °C, ya que se observó, que, en este rango de temperatura, las crías se activan con fuerza y rapidez, no afectando la forma como se liberen y tienen mejores condiciones para escapar de los depredadores.

PALABRAS CLAVE

Tortuga, rendimiento locomotor, temperatura, liberación, campo tortuguero.

Introducción

De las siete especies de tortugas marinas que existen en el mundo, seis especies anidan en playas mexicanas. En el estado de Guerrero, se han reportado cuatro especies que llegan a desovar a sus playas, entre las que se encuentra *Lepidochelys olivacea*, que se caracteriza por ser la más abundante (Briseño, 1998). Esta especie tiene un gran valor ecológico y presta múltiples servicios ambientales, sin embargo, está incluida en la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, debido a la disminución de su población. Las causas principales de la reducción en la población son la pérdida de hábitat, caza, depredación excesiva y extracción ilegal de huevos (Briseño, 1998).

Con la finalidad de coadyuvar a la supervivencia de la especie, se llevan a cabo grandes esfuerzos de protección y conservación, entre los que se encuentran, la instalación de infraestructura básica para proteger la incubación de los huevos hasta que eclosionan y las crías son capaces de llegar al mar. Robles y Vega (2007), informan que el tamaño promedio estimado de las crías de *L. olivacea*, que tiene su origen en huevos sometidos a experimentos de siembra, es de 41.12 mm en Largo Recto del Caparazón (SCL). Lohmann *et al.* (1997), reportan que los neonatos, en su recorrido del nido al mar, exhiben numerosas respuestas no aprendidas a diferentes estímulos y condiciones, como es el caso del ascenso a la superficie. Los movimientos de los neonatos para salir del nido, estimulan a otros a que también inicien el proceso de ascenso; la sincronía, que se ha reportado como común entre las especies presa y es un factor que influye en el rendimiento locomotor de los neonatos, además ayuda a la

locomotive performance of the hatchlings, also helps in the formation of groups and decreases the rate of predation, likewise the behavior of the synchronicity is observed in the beach route that the turtle hatchling takes to reach the sea (Car & Hirt, 1961; Santos *et al.*, 2016). Another adaptive behavior is the nocturnal emergence of the hatchlings, which minimizes exposure to the heat of the day, however, it is not a good escape mechanism from predators in the sea, Gyuris (1994) in studying aquatic predation in the green turtle *Chelonia mydas* reports that the day/night factor did not emerge as a significant predictor variable, therefore, it is more likely that nocturnal hatchling emergence and nest movement to the sea is a behavioral response to minimize daytime heat and not an anti-predatory mechanism.

It has been reported that some behavioral processes determining survival, such as anti-predation, are strongly influenced by temperature (Díaz de la Vega-Pérez *et al.*, 2014), one of these anti-predatory behaviors is the rapid passage of hatchlings through dangerous areas where they face a substantial risk of predation (Gyuris, 1994). This strategy of moving outdoors and reaching nurseries to avoid predation is considered an important adaptation for survival (Burgess *et al.*, 2006; Booth *et al.*, 2013).

Egg incubation and locomotor performance of sea turtle hatchlings is strongly influenced by temperature. It has been reported that eggs that were incubated in warm temperatures resulted in earlier hatching than those incubated at lower temperatures, and therefore, hatchlings that were incubated in warm temperatures had a positive response with higher locomotor performance (Booth *et al.*, 2004; Booth 2006, 2017; Ligon *et al.*, 2009; Kobayashi *et al.*, 2018; Booth & Evans 2011; Usategui-Martin *et al.*, 2019).

Sand temperature was also reported as one of the signals that triggered the emergence of sea turtle hatchlings (Witherington *et al.*, 1990; Hays *et al.*, 1992; Moran *et al.*, 1999). Drake & Spotila (2002), report that the majority of *L. olivacea* hatchlings, have their emergence synchronized at temperatures below 35.5 degrees Celsius, and the temperature of the sand at which locomotive activity is disrupted and the animal loses its ability to escape is 41.3 degrees Celsius.

On the other hand, with respect to the size of the hatchlings, Acuña (1987), mentions that, in an isolated

formación de grupos y disminuye la tasa de depredación, así mismo el comportamiento de la sincronía se observa en el recorrido de playa que lleva a cabo la cría de tortuga para llegar al mar (Carr & Hirth, 1961; Santos *et al.*, 2016). Otro comportamiento adaptativo es la emergencia nocturna de los neonatos, la cual minimiza la exposición al calor del día, sin embargo, no es un buen mecanismo de escape a los depredadores dentro del mar, Gyuris (1994) al estudiar la depredación acuática en la tortuga verde *Chelonia mydas* informa que el factor día/noche no emergió como una variable predictora significativa, por lo tanto, es más probable que la emergencia nocturna de las crías y el desplazamiento del nido al mar sea una respuesta conductual para minimizar el calor del día y no un mecanismo antidepredatorio.

Se ha reportado que algunos procesos conductuales determinantes en la supervivencia, como la antidepredación están fuertemente influidos por la temperatura (Díaz de la Vega-Pérez *et al.*, 2014), uno de estos comportamientos antidepredatorios es el paso rápido de las crías por las zonas peligrosas donde enfrentan un riesgo sustancial de depredación (Gyuris, 1994) esta estrategia, de desplazarse hacia el exterior y llegar a los viveros evitando la depredación, se considera una adaptación importante para la supervivencia (Burgess *et al.*, 2006; Booth *et al.*, 2013).

La incubación de huevos y el rendimiento locomotor de neonatos de tortuga marina, está fuertemente influenciado por la temperaturas, se ha reportado, que los huevos que fueron incubados en temperaturas cálidas, resultaron eclosionar antes, que los que fueron incubados a temperaturas más bajas, y por lo tanto, los neonatos que fueron incubados a temperaturas cálidas, tuvieron una respuesta positiva con un mayor rendimiento locomotor (Booth *et al.*, 2004; Booth 2006, 2017; Ligon *et al.*, 2009; Kobayashi *et al.*, 2018; Booth & Evans 2011; Usategui-Martin *et al.*, 2019).

También la temperatura de la arena fue reportada como una de las señales que desencadena la emersión de las crías de tortuga marina (Witherington *et al.*, 1990; Hays *et al.*, 1992; Moran *et al.*, 1999). Drake y Spotila (2002), informan que la mayoría de crías de *L. olivacea*, tiene su emersión sincrónica a temperaturas inferiores a los 35.5 °C, y la temperatura de la arena a la cual la actividad locomotora se desorganiza y el animal pierde su habilidad de escape es de 41.3 °C.

Por otra parte, con respecto al tamaño de las crías, Acuña (1987), menciona que, de forma aislada, el tamaño y el

way, the size and weight of the newborns do not affect the time of displacement, which only occurs when these characteristics are related to factors that influence the strength of the offspring, such as the period of captivity, the time they are released, their orientation capacity and the environmental temperature, however, Booth (2017) on the size of the hatchlings, considers that the larger size of hatchlings produced at low temperature can be expected to favor a faster trawling speed due to longer limbs and greater stride length, and a faster swimming speed due to a greater fin surface area and therefore greater thrust per fin stroke.

The increase in efforts to protect and conserve sea turtles must be accompanied by research that generates knowledge to improve protection and conservation techniques or practices, such as that of O'Connor *et al.* (2017), which analyzes predation on *Caretta caretta* nests by introduced wildlife and compares two ways of controlling predation using lethal control and protective nets; Arzola- González (2007) and Arzola-González *et al.* (2019), worked on beaches in the state of Sinaloa, Mexico, analyzing the effect of temperature, humidity and the impact of sand grain size on the hatching of *L. olivacea* hatchlings in different forms of incubation; Vázquez-Sauceda *et al.* (2008), compared the use of two types of boxes for transporting eggs of *Lepidochelys kempii*, on the incubation period, hatching rate and hatching of the hatchlings on beaches in the state of Tamaulipas, Mexico; Also great efforts have been made by researchers and Mexican authorities and have implemented standards (NOM-162-SEMARNAT-2012) for the protection and conservation of the species.

However, it is necessary to generate more information, especially in those scenarios that originated as a product of the protection and conservation processes. One such scenario occurs when hatchlings are released for educational purposes by hatcheries dedicated to the care and conservation of sea turtles in the state of Guerrero. In this type of release, numerous groups of people participate and the procedure for releasing consists of; providing a specimen to each individual, with the participants forming a line parallel to the sea, with an approximate distance of 30 cm between each participant, when the person in charge of the event gives the instruction to release them, each individual releases the hatchling that was provided to them (individual release). Another scenario is similar to the natural route

peso de neonatos no afectan el tiempo de desplazamiento, ello solo ocurre cuando estas características se relacionan con factores que influyen sobre la fortaleza de las crías, como el periodo de cautiverio, la hora en que se liberan, su capacidad de orientación y la temperatura ambiental, sin embargo Booth (2017) sobre el tamaño de las crías, considera que se puede esperar que el tamaño más grande de crías producidas a baja temperatura favorezca una velocidad de arrastre más rápida debido a extremidades más largas y una mayor longitud de zancada, y una velocidad de natación más rápida debido a una mayor área de superficie de la aleta y por lo tanto mayor empuje por carrera de aleta.

El incremento en los esfuerzos por proteger y conservar a las tortugas marinas, se tiene que acompañar por investigaciones que generen conocimientos para mejorar las técnicas o prácticas de protección y conservación, como son los de O' Connor *et al.* (2017), que analiza la depredación de nidos de la *Caretta caretta* por animales silvestres introducidos y compara dos formas de controlar la depredación usando control letal y mallas de protección; Arzola- González (2007) y Arzola-González *et al.* (2019), trabajaron en playas del estado de Sinaloa, México, analizando el efecto de la temperatura, humedad y el impacto del tamaño de los granos de arena en la eclosión de las crías de *L. olivacea* en diferentes formas de incubación; Vázquez-Sauceda *et al.* (2008), compararon el uso de dos tipos de cajas para transporte de huevos de *Lepidochelys kempii*, sobre el periodo de incubación, el porcentaje de eclosión y el nacimiento de las crías en playas del estado de Tamaulipas, México; También se han hecho grandes esfuerzos por parte de investigadores y autoridades mexicanas y se han implementado normas (NOM-162-SEMARNAT-2012) para la protección y conservación de la especie.

Sin embargo, es necesario generar más información, sobre todo en aquellos escenarios que se originaron como producto de los procesos de protección y conservación. Uno de ellos, se produce cuando se llevan a cabo liberaciones de neonatos con fines educativos por los criaderos que se dedican al cuidado y conservación de las tortugas marinas en el estado de Guerrero. En este tipo de liberación, participan grupos numerosos de personas y el procedimiento para liberar consiste en proporcionar un espécimen a cada individuo, con los participantes se forma una línea paralela al mar, existiendo una distancia aproximada de 30 cm entre cada participante, cuando el encargado del evento da la instrucción de liberarlas, cada

that the hatchlings take after they emerge from the nest to the surface of the sand and begin their journey to the sea. In this scenario, the turtles are released in groups (synchronic), this form of release takes place when there is no educational purpose.

On the other hand, the NOM-162-SEMARNAT-2012 for the protection and conservation of sea turtles, indicates that the hatchlings are released immediately after surfacing and as soon as they are active. Other manuals suggest that releases should preferably occur at night, when temperatures are low, since this is the factor that “triggers” the release of the hatchlings (Chacón *et al.*, 2007; Celina, 2010).

In order to support the recovery of sea turtle populations, it is necessary to improve management and conservation practices. Therefore, this research analyzed the release of *L. olivacea* hatchlings protected by a turtle hatchery in the state of Guerrero. The relationship between temperature as an environmental factor and the effect of two forms of release (individual and group) on the locomotive performance of the hatchlings' beach journey was examined. The objectives of the present work were: to determine the composition of sizes; to evaluate two forms of release (individual and group/synchronous) and the effect of sand temperature on the locomotive performance of the beach journey of *L. olivacea* hatchlings, born *in situ*.

Material and Methods

Study area

The work was carried out on the beach where the Center for Conservation and Protection of Sea Turtles “ECO-MAR”-UAGRO is located in the community of Llano Real (17°04'00.4"N, 100°26'56.8"W), municipality of Benito Juárez, Guerrero (Figure 1).

The predominant climate is warm sub-humid with rainfall in summer and a range of 1000-1200 mm of precipitation, presenting average temperatures that oscillate between 24 – 26 °C (INEGI, 2009). It stands out for being a sea turtle arrival zone.

Search and monitoring of nests

From October to December 2017, night tours were carried out on two kilometers of beach, the purpose

individuo libera la cría que se le proporcionó (liberación individual). Otro escenario, se asemeja al recorrido natural, que hacen las crías después de que emergen del nido a la superficie de la arena e inician su recorrido rumbo al mar. En este escenario, las tortugas se liberan en grupos (sincrónica), esta forma de liberación se lleva a cabo cuando no hay propósitos educativos.

Por otra parte, la NOM-162-SEMARNAT-2012 de protección y conservación de la tortuga marina, indica que los neonatos sean liberados inmediatamente después de salir a la superficie y en cuanto estén activos. Otros manuales sugieren que las liberaciones deben ocurrir preferiblemente de noche, cuando las temperaturas son bajas, ya que es el factor que “dispara” la salida de los neonatos (Chacón *et al.*, 2007; Celina, 2010).

Para apoyar la recuperación de las poblaciones de tortugas marinas, es necesario mejorar las prácticas de manejo y conservación, por lo que, en esta investigación se analizó la liberación de crías de *L. olivacea* protegidas por un criadero de tortugas en el estado de Guerrero. Se examinó la relación entre la temperatura como factor ambiental y el efecto de dos formas de liberación (individual y grupal) en el rendimiento locomotor del recorrido en playa de las crías. Los objetivos del presente trabajo fueron, determinar la composición de tallas, evaluar dos formas de liberación (individual y grupal/sincrónica) y el efecto de la temperatura de la arena en el rendimiento locomotor del recorrido en playa de crías de *L. olivacea*, nacidas *in situ*.

Material y Métodos

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en la playa donde se localiza el Centro de Conservación y Protección de la Tortuga Marina “ECO-MAR”-UAGRO ubicado en la comunidad de Llano Real (17°04'00.4"N, 100°26'56.8"W), municipio de Benito Juárez, Guerrero (Figura 1).

El clima predominante es cálido sub-húmedo con lluvias en verano y rango de precipitación de 1000-1200 mm, presenta temperaturas medias que oscilan de 24 – 26 °C (INEGI, 2009). Se destaca por ser una zona de arribazón de tortugas marinas.

Búsqueda y monitoreo de nidos

De octubre a diciembre de 2017, se llevaron a

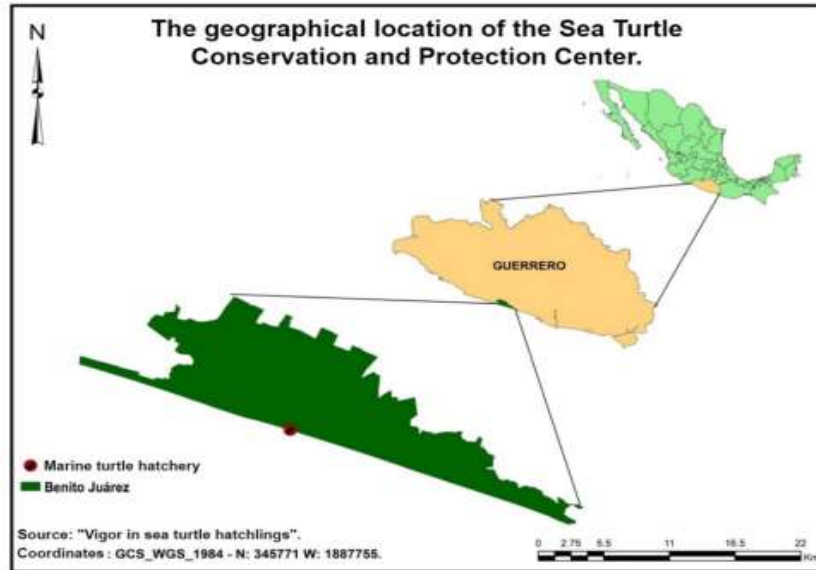


Figure 1. The geographical location of the Sea Turtle Conservation and Protection Center.

Figura 1. Ubicación del Centro de Conservación y Protección de la Tortuga Marina.

of these tours was to find nests, which were marked with labeled wooden stakes, which were placed at a distance of approximately 15 cm from where the nest was located and its location was recorded with a satellite geopositioner. Surveillance was kept on the nests and after 40 days after they were marked, they were constantly checked, in order to collect the hatchlings that emerged.

Collection of hatchlings and data collection

For hatchlings collection and transfer, plastic containers of 50 cm in diameter by 15 cm high were used, where all the hatchlings that emerged from a single nest were placed (one container for all the hatchlings in each nest). Prior to this, the containers were labeled with the data of the nest (number of nests, time of incubation, number of turtles that were born and the time when the emergence was observed). Wet sand was added to the containers, they were protected from the sun with a cover, and they were moved to the turtle hatchery facilities.

The work was carried out with the hatchlings from 48 protected *in situ* nests. The criteria for selecting the hatchlings from one nest to participate in the study was that the number of active hatchlings per nest should be greater than 55. Subsequently, groups of hatchlings were

cabo recorridos nocturnos en dos kilómetros de playa, la finalidad de estos recorridos fue la de encontrar nidos, los cuales se marcaron con estacas de madera etiquetadas, que se colocaron a una distancia aproximada de 15 cm de donde se localizó el nido y se registró su ubicación con un geoposicionador satelital. Se mantuvo vigilancia sobre los nidos y después de 40 días de que fueron marcados, se revisaban constantemente, con la finalidad de coleccionar a las crías que emergían.

Colecta de crías y toma de datos

Para la colecta y el traslado de los neonatos se utilizaron recipientes de plástico de 50 cm de diámetro por 15 cm de alto, donde se colocaron todas las crías que emergieron de un solo nido (un recipiente para todas las crías de cada nido), previamente a esto, los recipientes fueron etiquetados con los datos del nido (número de nido, tiempo que duro la incubación, número de tortugas que nacieron y la hora en la que se observó la emersión). A los recipientes se les agregó arena húmeda, se protegieron del sol con una cubierta y se trasladaron a las instalaciones del criadero de tortugas.

El trabajo se llevó a cabo con las crías de 48 nidos protegidas *in situ*, el criterio para seleccionar a las crías de

formed, each group integrated with the hatchlings from the eggs in a nest, and each group was designated a type of release.

From each group of hatchlings, 24 hatchlings were randomly selected to be measured for Straight Carapace Length (SCL) and Weight (W), and descriptive statistics were calculated. The existence of significant statistical differences was also estimated, using as a grouping variable the type of release (individual or group). For the estimation of significant differences, the non-parametric Mann-Whitney U test of two independent samples was used.

Another sample of 25 hatchlings from each group was randomly selected and used to measure locomotive performance. To carry out this test, an area of the beach was delimited with measurements of 10 m wide, parallel to the sea, by 5 m long. This area was located between the zone where the waves reach their maximum entrance to the beach (without meteorological phenomena that alter the system) and the zone where the vegetation begins, looking for conditions that were as similar as possible to the natural route that the newborns take to enter the sea. The area was delimited by placing a set of wooden stakes, and to avoid bias, the land was prepared by cleaning and matching the land so that all the hatchlings that participated in the experiment would have similar conditions in their journey. Each group of hatchlings was released at the time closest to the time they were collected.

Two forms of release were carried out and their effect on locomotive performance was compared; the first form was called individual and consisted of releasing the 25 hatchlings from a group, placing them in front of the sea, with an approximate distance of 30 cm between each specimen and releasing them simultaneously. This form of release simulated the way in which hatcheries in the state of Guerrero release turtle hatchlings as part of the environmental education that takes place in those centers.

The second form was called group release and consisted of releasing all 25 hatchlings from a group at one point, simultaneously. This form of release is similar to the natural path taken by the hatchlings in their race from the nest to the sea. In both types of release, the time each hatchling spends on the 5 m beach and the temperature of the environment and sand were measured with a

un nido para participar en el estudio, fue que el número de crías activas por nido fuera superior a 55. Posteriormente se formaron grupos de crías, cada grupo se integró con los neonatos provenientes de los huevos de un nido, a cada grupo se les designó un tipo de liberación.

De cada grupo de crías, se seleccionaron al azar 24 neonatos para medirles el Largo Recto del Caparazón (SCL) y el Peso (W) y se calcularon los estadísticos descriptivos, también se estimaron la existencia de diferencias estadísticas significativas, usando como variable de agrupación el tipo de liberación (individual o grupal). Para la estimación de diferencias significativas se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney de dos muestras independientes.

Se seleccionó al azar otra muestra de 25 crías de cada grupo, las cuales fueron utilizados para medir el rendimiento locomotor. Para llevar a cabo esta prueba, se delimitó un área de la playa con medidas de 10 m de ancho, paralelo al mar, por 5 m de largo. Esta área se ubicó entre la zona donde las olas alcanzan su máximo ingreso a la playa (sin fenómenos meteorológicos que alteren el sistema) y la zona donde da inicio la vegetación, buscando que las condiciones fueran lo más parecidas al recorrido natural que llevan a cabo los neonatos para ingresar al mar. El área se delimitó colocando un conjunto de estacas de madera, y para evitar sesgos, se preparó limpiando y emparejando el terreno con la finalidad de que todas las crías que participaron en el experimento tuvieran condiciones similares en su recorrido. Cada grupo de crías se procuró liberarlo en el horario más próximo al que fueron colectadas.

Se llevaron a cabo dos formas de liberación y se comparó su efecto en el rendimiento locomotor; la primera forma, fue llamada individual y consistió en liberar a las 25 crías provenientes de un grupo, colocándolas frente al mar, existiendo una distancia aproximada de 30 cm entre cada espécimen y se liberaban simultáneamente. Esta forma de liberación, simulaba, la manera en que los criaderos en el estado de Guerrero, liberan crías de tortugas como parte de la educación ambiental que se desarrolla en esos centros. La segunda forma se llamó grupal y consistió en liberar las 25 crías de un grupo en un mismo punto, de manera simultánea. Esta forma de liberación es la que se asemeja al recorrido natural que hacen las crías en su carrera del nido al mar. En ambos tipos de liberación, se midió con un cronometro el tiempo en que cada cría recorría los 5 m de playa y la temperatura del ambiente y de la arena con

hygrometer. Eighteen groups were released individually and 30 groups of hatchlings were released as a group.

The release of the hatchlings to estimate the time of the journey was carried out following the increase and decrease of the temperature of the sand during the day, for which six schedules were selected: 6:30, 7:30, 9:30, 16:30, 17:30 and 18:30 h.

The release times were selected based on: a) The recommendation that hatchlings be released at dawn or shortly before sunset in order to reduce the effect of predators (Chacón *et al.*, 2007; Celina, 2010; NOM-162-SEMARNAT-2012) and the results of an exploratory release test to review the behavior of the turtles at different sand temperatures and select the most appropriate release times.

Data analysis

Mann-Whitney's U-test was used to compare the average time spent on the beach by the hatchlings, using as a grouping variable the forms of release, which meant grouping all the data without considering schedules, only taking into account the type of release (individual and group). To carry out this test, 171 data were excluded, which corresponded to the hatchlings that were released at 18:30 h, the decision to disregard these data was taken because in this schedule, 12.28 % of the hatchlings released individually, remained motionless at the site where they were placed to begin their journey to the beach, however, all the hatchlings released in a group carried out the journey to the beach. The hatchlings that were not activated were released the next day and all successfully completed their beach walk.

The comparison of the time spent by the hatchlings on the beach between the different times, excluding the category of release forms from the analysis, was carried out with the non-parametric test of Kruskal Wallis for independent samples.

Mann Whitney's U nonparametric test of independent samples was used to calculate the differences in the average travel time of the hatchlings between individual and group release types at each of the schedules (Daniel, 2001). Spearman's Rho correlation was used to measure the statistical association between the time the

ayuda de un higrómetro. De manera individual se liberaron 18 grupos y de manera grupal 30 grupos de crías.

La liberación de las crías para estimar el tiempo de recorrido se llevó a cabo siguiendo el incremento y el decremento de la temperatura de la arena durante el día, para lo cual se seleccionaron seis horarios: 6:30, 7:30, 9:30, 16:30, 17:30 y 18:30 horas.

Los horarios para la liberación se seleccionaron con base en la recomendación de que las tortugas recién nacidas sean liberadas al amanecer o poco tiempo antes del ocaso, esto con la finalidad de reducir el efecto de los depredadores (Chacón *et al.*, 2007; Celina, 2010; NOM-162-SEMARNAT-2012); y a los resultados de una prueba exploratoria de liberación para revisar el comportamiento de las tortugas a diferentes temperatura de la arena y seleccionar los horarios más adecuados para la liberación.

Análisis de datos

Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para realizar la comparación del tiempo promedio de recorrido en playa de las crías, usando como variable de agrupación las formas de liberación, lo que significó agrupar todos los datos sin considerar horarios, solo tomando en cuenta el tipo de liberación (individual y grupal). Para llevar a cabo esta prueba, se excluyeron 171 datos, los cuales, correspondían a las crías que fueron liberadas a las 18.30 h, la decisión de prescindir de esos datos, se tomó debido a que en este horario, el 12.28 % de las crías liberadas de manera individual, permanecieron inmóviles en el sitio donde se colocaron para que iniciaran su recorrido en playa, sin embargo, todos las crías liberados de manera grupal llevaron a cabo el recorrido en playa. Las crías que no se activaron fueron liberadas al día siguiente y todas concluyeron satisfactoriamente su recorrido en playa.

La comparación del tiempo de recorrido en playa de las crías, entre los diferentes horarios, excluyendo del análisis la categoría de formas de liberación, se llevó a cabo con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para muestras independientes.

Para calcular las diferencias del tiempo promedio de recorrido de los neonatos entre los tipos de liberación individual y grupal, en cada uno de los horarios se utilizó la prueba no paramétrica de muestras independientes U de Mann Whitney (Daniel, 2001). Para medir la asociación estadística entre las variables tiempo en que la tortuga

turtle travels 5 m of beach and the temperature of the sand (Marques, 1991).

Results

The exploratory test of analyzing the turtle's behavior when released at different sand temperatures indicated that after 9:30 am and before 16:30 h, the temperature of the sand was very high and when the turtles were released, they activated their metabolism in such a way that, they moved very fast and in an uncontrolled way, spending too much energy and many were not able to finish the 5 meters of the route due to exhaustion. The turtles that finished the route, arrived at the sea practically without any strength and in the attempt to enter the sea, they were returned by the waves to the sand, until most of them perished in the attempt to enter the sea, another result of this test that after 18:30 h, the released turtles took a long time to activate their metabolism to start their journey and a considerable number did not activate.

To analyze the size composition of *L. olivacea* neonates, data from the measurement of 1,152 specimens was used, and the average SCL value was 39.93 mm and the average weight was 14.18 g (Table 1).

The Mann-Whitney U test for two independent samples estimated that there were no statistically significant differences in straight carapace length and weight ($U = 151419$, $p = 0.198$), ($U = 152526$, $p = 0.277$), between the hatchlings that were released individually and in groups (Table 2).

recorre 5 m de playa y la temperatura de la arena se utilizó la correlación Rho de Spearman (Marques, 1991).

Resultados

La prueba exploratoria de analizar el comportamiento de la tortuga al ser liberada a diferente temperatura de la arena nos indicó que después de las 9:30 h y antes de las 16:30 h, la temperatura de la arena era muy alta y al liberar las tortugas, estas activaban su metabolismo de forma tal que, se movían muy rápido y de manera descontrolada, gastando demasiada energía y muchas no lograban concluir los 5 metros de recorrido por el agotamiento, las tortugas que concluían el recorrido, llegaban al mar prácticamente sin fuerzas y en el intento de ingresar al mar, eran regresadas por las olas a la arena, hasta que la mayoría perecía en el intento de ingresar al mar, otro resultado de esta prueba que después de las 18:30 h, las tortugas liberadas tardaban mucho en activar su metabolismo para iniciar su recorrido y un número considerable no se activaba.

Para analizar la composición de tallas de los neonatos de *L. olivacea* se utilizaron los datos de la medición de 1,152 especímenes, y el valor promedio de SCL fue de 39.93 mm y el promedio de peso fue de 14.18 g (Tabla 1).

La prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes estimó que no existieron diferencias estadísticamente significativas del largo recto del caparazón y peso ($U = 151419$, $p = 0.198$), ($U = 152526$, $p = 0.277$), entre las crías que fueron liberadas de manera individual y grupal (Tabla 2).

Table 1.
Descriptive statistics of size composition in SCL and W of hatchlings of *L. olivacea* born *in situ* from Llano Real, Guerrero, Mexico.

Tabla 1.
Estadísticos descriptivos de la composición de tallas en SCL y W de crías de *L. olivacea* nacidos *in situ* en Llano Real, Guerrero, México.

	n	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation
SCL (mm)	1152	31.56	46.85	39.93	1.71
W (g)		8.3	19.2	14.18	1.54

n = Number of specimens analyzed, SCL (mm) = Straight Carapace Length in millimeters, W (g) = Weight in grams.
n = Número de especímenes analizados, SCL (mm) = Largo recto del caparazón en milímetros, W (g) = Peso en gramos.

Table 2.
Descriptive statistics of SCL and W of hatchlings released individually and in groups, and results of the Mann-Whitney U test.

Tabla 2.
Estadísticos descriptivos de SCL y W de las crías liberadas de manera individual y grupal y resultados de la prueba de la prueba U de Mann-Whitney.

	n	Release type	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation	Mann-Whitney U test
SCL (mm)	438	Individual	33.71	44.14	40.0399	1.48796	U =151419
	724	Group	31.56	46.85	39.8698	1.82936	$p = 0.198$
W(g)	438	Individual	9.5	17.6	14.244	1.2351	U =152526
	724	Group	8.3	19.2	14.149	1.7039	$p = 0.277$

n = Number of specimens analyzed, SCL (mm) = Straight Carapace Length in millimeters, W (g) = Weight in grams.
 n = Número de especímenes analizados, SCL (mm) = Largo recto del caparazón en milímetros, W (g) = Peso en gramos.

Table 3.
Descriptive statistics of the travel time (minutes) on the beach of two forms of release in *L. olivacea* hatchlings in Llano Real, Guerrero, Mexico.

Tabla 3.
Estadísticos descriptivos del tiempo de recorrido (minutos) en playa de dos formas de liberación en neonatos de *L. olivacea* en Llano Real, Guerrero, México.

Release type	n	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation
Individual	653	1.04	12.15	4.03	2.37
Group	1047	1.19	15.10	4.89	2.75

n = Numero de especímenes analizados.
 n = Number of specimens analyzed.

Data from 653 individually and 1047 group-released specimens were used (Table 3). The Mann-Whitney U test found significant differences ($U = 282490.5$; $p = 0.000$) in travel time between the two forms of release. The shortest travel time was estimated in the individual release form.

With respect to the comparison of travel time between the different schedules, excluding from the analysis the category of forms of release, the lowest average time of travel on the beach was estimated at 9:30 h (2.83 minutes; average sand temperature 31.37 °C), followed by 16:30 h (3.15 minutes; average sand temperature 32.63 °C). The longest average time was at 6:30 h (Table 4). It was estimated that there were statistically significant differences in the beach run time of the hatchlings between the different release times with the Kruskal Wallis test ($H = 854.17$; $p = 0.0001$).

Se utilizaron los datos de 653 especímenes liberados de forma individual y de 1047 liberados de forma grupal (Tabla 3). La prueba U de Mann-Whitney, encontró diferencias significativas ($U = 282490.5$; $p = 0.000$) en el tiempo de recorrido entre las dos formas de liberación. El menor tiempo de recorrido se estimó en la forma de liberación individual.

Con respecto a la comparación del tiempo de recorrido entre los diferentes horarios, excluyendo del análisis la categoría de formas de liberación, el menor tiempo promedio de recorrido en playa se estimó en el horario de las 9:30 h (2.83 minutos; promedio de temperatura de la arena 31.37 °C), seguido por el de las 16:30 h (3.15 minutos; promedio de temperatura de la arena 32.63 °C). El mayor tiempo promedio fue a las 6:30 h (Tabla 4). Se estimó la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de recorrido de playa de las crías entre los diferentes horarios de liberación con la prueba de Kruskal Wallis ($H = 854.17$; $p = 0.0001$).

Table 4.

Descriptive statistics of the average travel time on the beach of *L. olivacea* hatchlings born in situ and released in this study and from the temperature of the sand at different times in Llano Real, Guerrero, Mexico

Tabla 4.

Estadísticos descriptivos del tiempo de recorrido en playa de crías de *L. olivacea* nacidos *in situ* y liberados en este estudio y de la temperatura de la arena en diferentes horarios en Llano Real, Guerrero, México.

Release time	n	Average travel time (minutes) of <i>L. olivacea</i> hatchlings born <i>in situ</i> on the beach				Sand temperature (°C)			
		Min t	Max t	Average t	Sd	Min Temp	Max Temp	Average Temp	Sd
6.30	294	2.48	15.10	8.14	2.52	23.5	25.4	24.77	.657
7.30	272	2.15	9.58	4.74	1.63	24.5	28.9	26.87	1.58
9.30	358	1.04	7.45	2.83	1.41	27.5	35.4	31.37	2.63
16.30	462	1.05	9.05	3.15	1.48	29.9	35.6	32.63	2.01
17.30	314	1.42	11.20	5.05	1.91	28.4	33.2	30.98	1.44

n = Number of specimens analyzed, Min t = Minimum travel time of hatchlings in the beach, Max t = Maximum travel time of hatchlings in the beach, Average T = Average travel time of hatchlings in the beach, Min Temp = minimum temperature in the sand in °C, Max Temp = Maximum temperature in the sand in °C, Average Temp = Average temperature in the sand in °C and Sd = Standard deviation.

n = Numero de especímenes analizados, Min t = Tiempo mínimo del recorrido en playa de las crías, Max t = Tiempo máximo del recorrido en playa de neonatos, Average Temp = Tiempo promedio del recorrido en playa de neonatos, Min Temp = Temperatura mínima de la arena en °C, Max Temp = Temperatura máxima de la arena en °C, Average Temp = Promedio de la temperatura de la arena en °C y Sd = Desviación estandar.

Table 5.

Number of specimens measured and descriptive statistics of average travel time on the beach of the *L. olivacea* hatchlings born in situ and of the temperature of the sand in Llano Real, Guerrero and results of the comparison between average travel times with the Mann-Whitney U test.

Tabla 5.

Número de especímenes medidos y estadísticos descriptivos de tiempo de recorrido en playa de los neonatos de *L. olivacea* nacidos *in situ* y de la temperatura de la arena en Llano Real, Guerrero y resultados de la comparación entre tiempos de recorrido con la prueba de U de Mann-Whitney.

Time	Release type	n	Sand temperature (°C)				Average travel time (minutes)				Statistical test	
			A T	Mi T	Ma T	Sd	A m	Mi m	Ma m	Sd	Mann-Whitney U test	p
6.30	Individual	97	24.32	23.5	25.2	0.85	7.37	3.41	12.15	1.92	12127.0	.001
	Group	197	25.00	24.4	25.4	0.37	8.52	2.48	15.10	2.70		
7.30	Individual	100	26.10	24.5	27.7	1.61	4.04	2.15	6.13	0.94	10575.0	.000
	Group	172	27.32	26.1	28.9	1.39	5.15	2.31	9.58	1.81		
9.30	Individual	169	30.77	27.5	32.6	2.11	2.84	1.04	7.45	1.65	28633.5	.081
	Group	189	31.92	29.1	35.4	2.92	2.83	1.19	6.25	1.17		

n = Numero de especímenes analizados, A T = Promedio de la temperatura, Mi T = Temperatura mínima de la arena en, Ma T = Temperatura máxima de la arena, Sd = Desviación estándar, A m = Tiempo promedio del recorrido en playa de neonatos, Mi m = Tiempo mínimo del recorrido en playa de neonatos, Ma m = Tiempo máximo del recorrido en playa de los neonatos, Sd = Desviación estándar, p = Valor de significancia.

n = Number of specimens analyzed, A T = Average temperature in the sand, Mi T = minimum temperature in the sand, Ma T = Maximum temperature in the sand, Sd = Standard deviation, A m = Average travel time of hatchlings in the beach, Mi m = Minimum travel time of hatchlings in the beach, Ma m = Maximum travel time of hatchlings in the beach, Sd = Standard deviation, p = Significance value.

As regards the variable of sand temperature, changes were observed in it correlated with the release times, so that the records of lower average temperatures were obtained at 6:30, 7:30 and 18:30 h, where average temperature values of less than 29° were recorded, while the times of 9:30, 16:30 and 17:30 h, were above 30° to 32°, being the first two where the neonates obtained less time in their journey and a higher locomotive performance (Table 5).

Spearman's Rho correlation indicated that there is a statistically significant association between the time the turtle travels 5 m from the beach and the temperature of the sand (Rho = -0.685, F = 0.000), which indicates that the higher the sand temperature, the shorter the travel time on the beach for *L. olivacea* hatchlings (Figure 2).

Discussion

In regard to the biometrics of straight carapace length of the hatchlings, the estimated average size in this study is in the range (39.0 to 43.5 mm) that has been reported for *L. olivacea* hatchlings (Márquez, 1990;

En lo que corresponde a la variable temperatura de la arena, se observaron cambios de la misma correlacionados con los horarios de liberación, de tal manera que los registros de temperaturas promedio más bajas se obtuvieron a las 6:30, 7:30 y 18:30 h, donde se registraron valores de temperatura promedio menores de 29°, mientras que los horarios de 9:30, 16:30 y 17:30 h, estaban por encima de los 30 °C hasta 32 °C, siendo los dos primeros donde los neonatos obtuvieron menor tiempo en su recorrido y un mayor rendimiento locomotor (Tabla 5).

La correlación Rho de Spearman nos indicó que existe una asociación estadísticamente significativa entre las variables tiempo en que la tortuga recorre 5 m de playa y la temperatura de la arena (Rho = -0.685, F = 0.000), lo que nos indica que, a mayor temperatura de la arena, el tiempo de recorrido en playa es menor en los neonatos de *L. olivacea* (Figura 2).

Discusión

Con relación a las biometrías de Largo Recto del Caparazón de las crías, el promedio estimado en talla en este estudio, se encuentra en el rango (39.0 a 43.5

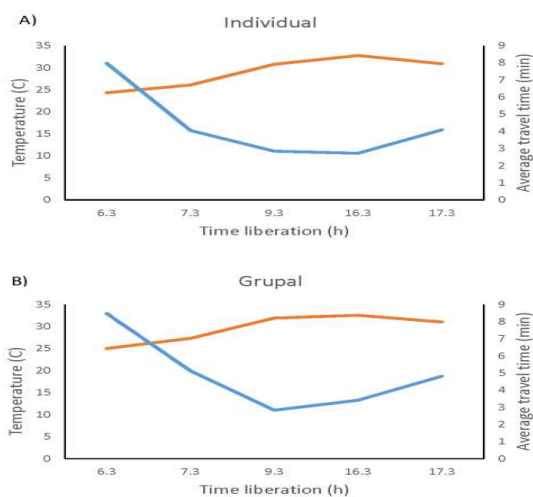


Figure 2. Average travel time on the beach in individual and group release and the average temperature of the sand at the different release times of *L. olivacea* hatchlings from Llano Real, Guerrero, Mexico.

Figura 2. Tiempo promedio de recorrido en playa en la liberación individual y grupal y temperatura promedio de la arena en los diferentes horarios de liberación de neonatos de *L. olivacea* en Llano Real, Guerrero, México.

Márquez, 1996; López-Castro *et al.*, 2004; Robles & Vega, 2007; Núñez-Solano *et al.*, 2012).

It has been pointed out that the size and weight of the hatchlings do not affect their travel time and that the speed with which the hatchlings move across the sand to reach the sea is mostly related to factors that influence the strength of the hatchlings (Acuña, 1987). In another report, size was considered to be the main factor favoring a faster trawling speed due to the larger extremities (Booth, 2017). In the present research, no evidence was found that locomotive performance results related to sand temperature and release forms are biased by the size or weight of the hatchlings, since no significant differences in SCL and W were found.

The shortest travel time on the beach for the hatchlings was estimated with the individual release procedure, however, this occurs when the sand temperature conditions are favorable for the hatchlings to activate their metabolism. On the other hand, it was confirmed that the group release form stimulates the hatchlings to carry out their journey, despite the fact that the conditions are not suitable for their journey from the beach to the sea, as evidenced by the 12.28 % of the hatchlings released individually, which were not activated at 6:30 pm, when the average sand temperature was estimated at 28 °C. The above is in agreement with what Carr & Hirth (1961) and Santos *et al.* (2016) report, when they explain the importance of the group to motivate the movement of the hatchlings to the sea, which reduces the depredation of the hatchlings. In addition, in reptiles, the importance of temperature in the processes of incubation, hatching of eggs, locomotor performance and escape of predators has also been pointed out (Booth *et al.*, 2004; Both 2006, 2017; Ligon *et al.*, 2009; Booth & Evans 2011; Kobayashi *et al.*, 2018; Usategui-Martín *et al.*, 2019).

According to the results obtained in this research, the times when the hatchlings are activated more quickly, make the beach journey in less time and arrive with sufficient strength to enter the sea (excluding the forms of release), was 9:30 am, which is related to average sand temperatures of 30.97 to 31.92 °C, followed by 16:30 pm, which was related to average sand temperatures of 32.55 to 32.77 °C. In the other hours, the average time on the beach was over four minutes and the average sand temperature was below 31 °C.

mm) que se ha reportado para los neonatos de *L. olivacea* (Márquez, 1990; Márquez, 1996; López-Castro *et al.*, 2004; Robles & Vega, 2007; Núñez-Solano *et al.*, 2012).

Se ha señalado que el tamaño y peso de las crías, no afectan el tiempo de desplazamiento y que la rapidez con la que las crías se desplazan en la arena para alcanzar el mar, se relaciona mayormente con factores que influyen sobre la fortaleza de las crías (Acuña, 1987). En otro reporte, se ha considerado que el tamaño como el factor principal que favorece una velocidad de arrastre más rápida debido a que las extremidades son más grandes (Booth, 2017). En la presente investigación, no se encontró evidencia de que los resultados del rendimiento locomotor relacionados con la temperatura de la arena y las formas de liberación estén sesgados por el tamaño o peso de las crías, dado que no se encontraron diferencias significativas en SCL y W.

El menor tiempo de recorrido en playa de las crías, se estimó con la forma de liberación individual, sin embargo, esto ocurre cuando las condiciones de temperatura de la arena sean favorables para que estas activen su metabolismo. Por otra parte, se confirmó que la forma de liberación grupal estimula a las crías a llevar a cabo su recorrido, a pesar de que las condiciones no sean las adecuadas para su viaje de la playa al mar, como se evidenció con el 12.28 % de las crías liberadas de manera individual, que no se activaron en el horario de las 18:30 h, cuando la temperatura promedio de la arena se estimó en 28 °C. Lo anterior está de acuerdo con lo que reporta Carr y Hirth (1961) y Santos *et al.* (2016), cuando explican la importancia que tiene el grupo para motivar el movimiento del arrastre al mar de las crías, con lo cual se reduce la depredación de crías. Además, en los reptiles, la importancia de la temperatura en los procesos de incubación, eclosión de huevos, desempeño locomotor y escape de depredadores, también ha sido señalada (Booth *et al.*, 2004; Both 2006, 2017; Ligon *et al.*, 2009; Kobayashi *et al.*, 2018; Booth y Evans 2011; Usategui-Martín *et al.*, 2019).

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, los horarios donde las crías se activan con mayor rapidez, realizan el recorrido de playa en menor tiempo y llegan con fuerza suficiente para ingresar al mar (excluyendo del análisis las formas de liberación), fue el de las 9:30 h, el cual está relacionado con temperaturas promedio de la arena de 30.97 a 31.92 °C, seguido por el de las 16:30 h, que se relacionó con temperaturas promedio de la arena de 32.55 a 32.77 °C. En los otros horarios, el tiempo promedio de recorrido en playa superó los cuatro minutos y la temperatura promedio de la arena estuvo por debajo de los 31 °C.

The results reported here do not coincide with the recommendations of NOM-162-SEMARNAT-2012, regarding the indication that turtle hatchlings should be released very early before the sun warms up, or shortly before sunset, nor does it agree with Chacón *et al.* (2007), which indicates that releases should preferably occur at night, when temperatures are low and when there is no presence of birds or other predators. The results found in this study demonstrate the importance of sand temperature as a factor that triggers the vigor of turtles on their journey from the nest to the sea, and the temperatures that most favor this do not correspond to the beginning of the day with sunrise or the end of the afternoon.

On the other hand, in relation to the temperature of the sand as one of the factors that triggers various processes in sea turtles, such as the emergence of turtle hatchlings, Drake & Spotila (2002), reported that *L. olivacea* hatchlings have their synchronous emergence at temperatures below 35.5 °C in the nest. The sand temperature recorded at the times when hatchlings were most active and vigorous on the beach was in the range of 27.5 to 35.6 °C, which coincides with reports of optimal thermal levels for other processes in the turtle.

The results obtained by this research in comparing the time spent on the beach by hatchlings released in groups and individually, at each of the times independently, are more oriented towards what Acuña (1987) points out, who mentions that travel time is related to factors that influence the strength of the hatchlings, such as the time they are released and the environmental temperature, and it is not the weight or size of the hatchling alone that affects travel.

The results of the correlation analysis between the time spent on the beach by the hatchlings related to the sand temperature, improves the evidence that the strength of the hatchlings is strongly influenced by environmental factors.

In the present research, it is recommended the group release, because it stimulates breeding. It was observed that during times when the sand temperature is below 28 °C, hatchlings benefit from this behavior, which motivates them to become active, and reduces the risks that hatchlings have to face on their journey to the beach and into the sea.

Los resultados que aquí se reportan, no coinciden con lo recomendado por la NOM-162-SEMARNAT-2012, respecto a la indicación de que las crías de tortuga deben ser liberadas muy temprano antes de que caliente el sol, o poco tiempo antes del anochecer, tampoco se concuerda con Chacón *et al.* (2007), que indica que las liberaciones deben ocurrir preferiblemente de noche, cuando las temperaturas son bajas y cuando no hay presencia de aves u otros depredadores. Los resultados encontrados en este trabajo, evidencian la importancia de la temperatura de la arena como factor detonante del vigor de las tortugas en su recorrido del nido hacia el mar y las temperaturas que mayormente favorecen a eso no corresponden al inicio del día con la salida del sol a al finalizar la tarde.

Por otra parte, en relación con la temperatura de la arena como uno de los factores que desencadena diversos procesos en las tortugas marinas, como la emersión de las crías de tortuga Drake y Spotila (2002), reportaron, que las crías de *L. olivacea* tiene su emersión sincrónica a temperaturas inferiores a los 35.5 °C en el nido. La temperatura de la arena registrada en los horarios donde las crías recorrían con mayor velocidad y vigor el espacio de playa se encontró entre el rango de 27.5 a 35.6 °C, esto coincide con reportes de niveles térmicos óptimos para otros procesos en la tortuga, debido a lo anterior se supone que el estrés causado por la liberación de las crías a las temperaturas antes mencionadas, es menor y el vigor demostrado por la tortuga es mayor, lo que contribuye a que sufran menor depredación o afectaciones en su supervivencia.

Los resultados obtenidos por la presente investigación en la comparación del tiempo de recorrido en playa, de las crías liberadas de manera grupal e individual, en cada uno de los horarios de manera independiente, se orientan más hacia lo que señala Acuña (1987), quien menciona que el tiempo de desplazamiento está relacionado con factores que influyen sobre la fortaleza de las crías, como la hora en que se liberan y la temperatura ambiental y no es el peso ni el tamaño del neonato por si solo lo que afecta el desplazamiento.

Los resultados del análisis de correlación entre el tiempo de recorrido en playa de las crías relacionadas con la temperatura de la arena, mejora las evidencias de que la fortaleza de las crías está fuertemente influenciada por factores ambientales.

En la presente investigación, se recomienda la liberación grupal, debido a que estimula a la cría. Se observó que en horarios cuando la temperatura de la arena se encuentra por debajo de 28 °C, las crías se ven beneficiados con este comportamiento, el cual los motiva a activarse, y disminuye los riesgos a los que se tienen que enfrentar las crías de tortuga en su recorrido en playa y su ingreso al mar.

It is also recommended to turtle hatcheries in the state of Guerrero, that the releases (individual or group) of protected hatchlings, be carried out when the sand temperature exceeds 29 °C, preferably in the range of 31-33 °C, at most 35 °C, because it has been evaluated that the hatchlings escape velocity is greater at this sand temperature, allowing it to pass through dangerous areas of the beach more quickly to avoid predation and arrive with sufficient strength to enter the ocean.

It is very likely that not only the temperature of the sand determines the dragging behavior of turtle hatchlings into the sea, therefore, it is necessary to address the study of other variables, such as environmental temperature and light intensity, in order to generate better practices for the care and protection of hatchlings born under the protection of hatcheries.

También se recomienda a los criaderos de tortuga en el estado de Guerrero, que las liberaciones (individual o grupal) de las crías protegidas, se procure llevarlas a cabo cuando la temperatura de la arena rebase los 29 °C, de preferencia que se encuentre en el rango de 31 a 33 °C, como máximo 35 °C, debido a que se evaluó que la velocidad de escape de la cría es mayor en esta temperatura de la arena, lo que le permite pasar más rápido por las zonas peligrosas de la playa para evitar la depredación y llegar con suficiente fuerza para ingresar al océano.

Es muy probable que no solo la temperatura de la arena determine el comportamiento de arrastre de las crías de tortuga hacia el mar, por lo tanto, es necesario abordar el estudio de otras variables, como la temperatura del ambiente y la intensidad de la luz, con la finalidad de generar mejores prácticas para el cuidado y protección de las crías nacidas bajo protección de los criaderos.

References

- Acuña, R. A. (1987). Influencia del cautiverio, peso y tamaño en la migración de los neonatos de *Lepidochelys olivacea* Eschscholtz (Testudines: Chelonidae). *Revista de Biología Tropical*, 36 (1):96-106. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23649/23846>
- Arzola-González, J. F. (2007). Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfinia *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3): 377. <http://doi.org/10.4067/S0718-19572007000300017>
- Arzola-González, J. F., Barrón-Hernández, J., Gutiérrez-Rubio, Y., Voltolina, D. and Ramírez-Pérez, J. S. (2019). Anidación e incubación artificial de huevos de tortuga golfinia *Lepidochelys olivacea* (Testudines: Cheloniidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18): 595-599. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v6n18/2007-901X-era-6-18-595.pdf>
- Booth, D. T. (2006). Influence of Incubation Temperature on Hatchling Phenotype in Reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology*, 79(2): 274-281. <https://doi.org/10.1086/499988>.
- Booth, D.T. (2017) Influence of incubation temperature on sea turtle hatchling quality. *Integrative Zoology*, 12 (5): 352-360. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12255>
- Booth, D. T., Burgess, E., Mc Cosker, J. and Lanyon, J. M. (2004). The influence of incubation temperature on post-hatchling fitness characteristics of turtles. *International Congress Series*, 1275: 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.08.057>
- Booth, D. T., Feeney, R. and Shibata, Y. (2013). Nest and maternal origin can influence morphology and locomotor performance of hatchling green turtles (*Chelonia mydas*) incubated in field nests, *Marine Biology*, 160:127–137. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-2070-y>
- Booth, D. T. & Evans, A. (2011). Warm Water and Cool Nests Are Best. How Global Warming Might Influence Hatchling Green Turtle Swimming Performance. *PLoS ONE* 6(8): e23162. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023162>
- Briseño, R. (1998). Las tortugas y sus playas de anidación en México. En: CONABIO; Ciudad de México, México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfP066.pdf>
- Burgess, E. A., Booth, D. T. and Lanyon, J. M. (2006). Swimming performance of hatchling green turtles is affected by incubation temperature. *Coral Reefs*, 25: 341–349. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0116-7>
- Carr, A. & Hirth, H. (1961). Social facilitation in green turtle siblings. *Animal Behavior*, 9(1-2): 68-70. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(61\)90051-3](https://doi.org/10.1016/0003-3472(61)90051-3)
- Celina, D. C. (2010). Manual para el manejo de corrales de incubación de huevos de tortugas marinas, Primera Edición. <http://www.marn.gob.sv/descargas/Menu/servicios/Formularios%20Permisos%20Ambientales/Guias%20y%20>

- [Manuales/Manual%20para%20el%20manejo%20de%20corrales%20de%20incubacion%20de%20huevos%20de%20tortugas%20marinas%20\(2\).pdf](#)
- Chacón, D., Sánchez, J., Calvo, J. and J. Ash. (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. Primera Edición. <https://wwf.panda.org/?153801/wwwpandaorglacmarineturtlesmanualviveros>
- Daniel, W.W. (2001) Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud, Tercera edición, Mexico.
- Díaz de la Vega-Pérez, A. H., Lara-Reséndiz, R. A. and Méndez-de la Cruz, F. R. (2014). Comportamiento de lagartijas: termorregulación y antidepredación). In: Biología del comportamiento: aportaciones desde la fisiología. 239-250 pp. Tlaxcala, México.
- Drake, D. L. & Spotila, J. R. (2002). Thermal tolerances and the timing of sea turtle hatchling emergence. *Journal of Thermal Biology*, 27(1): 71-81. [https://doi.org/10.1016/s0306-4565\(01\)00017-1](https://doi.org/10.1016/s0306-4565(01)00017-1).
- Gyuris, E. (1994). The rate of predation by fishes on hatchlings of the green turtle (*Chelonia mydas*). *Coral Reefs*, 13: 137–144. <http://doi.org/10.1007/bf00301189>
- Hays, G., Speakman, J. and Hays, J. (1992). The pattern of emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings on Cephalonia, Greece. *Herpetológica* 48 (4), 396–401. www.jstor.org/stable/3892858
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Benito Juárez, Guerrero. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/12/12014.pdf
- Kobayashi, S., Aokura, N., Fujimoto, R., Mori, K., Kumazawa, Y., Ando, Y., Matsuda, T., Nitto, H., Arai, K., Watanabe, G. and Saito, T. (2018). Incubation and water temperatures influence the performances of loggerhead sea turtle hatchlings during the dispersal phase. *Scientific Reports*, 8:11911. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30347-3>
- Ligon, D. B., Bidwell, J. R. and Lovern, M. B. (2009). Incubation temperature effects on hatchling growth and metabolic rate in the african spurred tortoise, *Geochelone sulcata*. *Canadian Journal of Zoology*, 87 (1), 64–72. <https://doi.org/10.1139/z08-138>
- Lohmann, K. J., Witherington, B. E., Lohmann, C. M. F. and Salmon, M. (1997). Orientation, navigation, and natal beach homing in sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. P. Lutz and J. Musick ed. 107-136 pp. New York; USA. CRC Press. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QNRBDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT136&dq=Lohmann,+K.+J.,+Witherington,+B.+E.,+Lohmann,+C.+M.+F.+and+Salmon,+M.+\(1997\),+Orientation,+navigation,+and+natal+beach+homing+in+sea+turtles&ots=yC2bLCrBM0&sig=hPwZrv6DxvJWtBQMJzg5tIvOVC0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QNRBDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT136&dq=Lohmann,+K.+J.,+Witherington,+B.+E.,+Lohmann,+C.+M.+F.+and+Salmon,+M.+(1997),+Orientation,+navigation,+and+natal+beach+homing+in+sea+turtles&ots=yC2bLCrBM0&sig=hPwZrv6DxvJWtBQMJzg5tIvOVC0#v=onepage&q&f=false)
- López-Castro, M. C., Carmona, R. and Nichols, W. J. (2004). Nesting characteristics of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Cabo Pulmo, southern Baja California. *Marine Biology*, 145: 811–820. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1359-x>
- Marques, M. J. (1991). Probabilidad y Estadística Para Ciencias Químico-Biológicas, Primera edición. Edo. De México, México. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- Márquez, R. (1990). Catálogo de especies de la FAO. Tortugas marinas del mundo. *FAO Fisheries Synopsis*, 125(11): 81. <http://www.fao.org/3/t0244e/t0244e00.htm>
- Márquez, R. (1996). Las tortugas marinas y nuestro tiempo, Primera edición. Editorial Progreso. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Marquez1996LasTortugasMarinas.pdf>
- Moran, K. L., Bjorndal, K. A. and Bolten, A. B. (1999). Effects of the thermal environment on the temporal pattern of emergence of hatchling loggerhead turtles (*Caretta caretta*). *Marine Ecology Progress Series*, 189: 251-261. <https://doi.org/10.3354/meps189251>
- Núñez-Solano, M., Llamas-González, I., Hart, C. and Maldonado-Gasca, A. (2012). Ecología Poblacional de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en playa Mayto, Cabo Corrientes, Jalisco. https://www.researchgate.net/publication/320279991_Ecologia_Poblacional_de_la_tortuga_golfina_Lepidochelys_olivacea_en_playa_Mayto_Cabo_Corrientes_Jalisco
- O'Connor, J. M., Limpus, C. J., Hofmeister, K. M., Allen, B. L. and Burnett, S. E. (2017). Anti-predator meshing may provide greater protection for sea turtle nests than predator removal. *PLoS One*, 12 (2): e0171831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171831>
- Robles, Y. A. & Vega, A. J. (2007). Determinación del porcentaje de emergencia de neonatos en tortuga golfina *Lepidochelys*

- olivacea* (eschsoltz, 1829) en isla cañas, pacífico panameño. *Tecnociencia*, 9(2):1930. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/808>
- Santos, R. G., Pinheiro, H. T., Martins, A.S., Riul, P., Bruno, S. C., Janzen, F. J. and Loannou, C. C. (2016). The anti-predator role of within-nest emergence synchrony in sea turtle hatchlings. *Proceedings Royal Society Biological Sciences* 283: 20160697. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0697>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm> [Última consulta 03 de marzo de 2020].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2013). NORMA Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012, Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286506&fecha=01/02/2013 [Última consulta 03 de marzo de 2020].
- Usategui-Martín, A., Liria-Loza, A., Miller, J. D., Medina-Suarez, M., Jimenez-Bordon, S., Perez-Mellado, V. and Montero, D. (2019). Effects of incubation temperature on hatchling performance and phenotype in loggerhead sea turtle *Caretta caretta*. *Endangered Species Research*, 38: 45-53. <https://doi.org/10.3354/esr00935>
- Vázquez-Sauceda, M. L., Aguirre-Guzmán, G., Pérez-Castañeda, R., Sánchez-Martínez, J. G., Martín-del Campo, R. R., Loredó-Osti, J. and Rábago-Castro, J. L. (2008). Evaluation of the influence of two transport boxes on the incubation, hatching and emergence of Kemp's ridley turtle (*Lepidochelys kempii*) eggs. *Ciencias Marinas*, 34(1): 101–105. <https://doi.org/10.7773/cm.v34i1.1213>
- Witherington, B. E., Bjorndal, K. A. and McCabe, C. M. (1990). Temporal pattern of nocturnal emergence of loggerhead turtle hatchlings from natural nests. *Copeia* (4), 1165–1168. <https://doi.org/10.2307/1446507>