



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE MEDICINA  
ECOLOGÍA

**ESTUDIO DEL RITMO CIRCADIANO DE REPOSO-ACTIVIDAD Y LA CONDUCTA DEL  
MONO ARAÑA EN LA ISLA TURÍSTICA TANAXPILLO, CATEMACO VERACRUZ**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**PÉREZ GALICIA SERGIO**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JAIRO IGNACIO MUÑOZ DELGADO  
INSTITUTO NACIONAL DE PSIQUIATRÍA RAMÓN DE LA FUENTE MUÑIZ  
COMITÉ TUTOR: DR. MANUEL MIRANDA ANAYA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM  
M. EN C. DOMINGO CANALES ESPINOSA  
UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

**MÉXICO, D.F. ENERO, 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que el Subcomité de Biología Experimental y Biomedicina del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 28 de septiembre de 2015, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **PÉREZ GALICIA SERGIO** con número de cuenta 305243362, con la tesis titulada **"ESTUDIO DEL RITMO CIRCADIANO DE REPOSO-ACTIVIDAD Y LA CONDUCTA DEL MONO ARAÑA EN LA ISLA TURÍSTICA TANAXPILLO, CATEMACO VERACRUZ"**, realizada bajo la dirección del **DR. JAIRO IGNACIO MUÑOZ DELGADO**:

Presidente: DRA. CAROLINA ESCOBAR BRIONES  
Vocal: DRA. PILAR DURÁN HERNÁNDEZ  
Secretario: DR. MANUEL MIRANDA ANAYA  
Suplente: DR. RUDOLF MARINUS BUIJS  
Suplente: M. EN C. DOMINGO CANALES ESPINOSA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 04 de diciembre de 2015

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA  
COORDINADORA DEL PROGRAMA



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación recibida.

A la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada (número de registro: 545280).

A los miembros de mi Comité Tutor: Dr. Manuel Miranda Anaya, M. en C. Domingo Canales Espinosa y Dr. Jairo Muñoz Delgado por sus enseñanzas, su tiempo, dedicación y paciencia durante mi formación en el Posgrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

En estas páginas no solo está mi proyecto de tesis por fin terminado. Este tomo lleva consigo un montón de experiencias y aprendizajes, representa el cierre de una etapa llena de vida, de personas maravillosas y de recuerdos bonitos. Quiero dar las gracias a mi familia, especialmente a mi mamá por su amor y apoyo en todo lo que hago. A todos mis amigos de la FES. A Cesar, Rosa, Brenda y Güero que están siempre presentes. A Julieta por su amistad, sus palabras y sus oídos en el laboratorio. A Bea, Laia, Kiri y todas las personas que hicieron de los meses en Catemaco una de las experiencias más memorables que he tenido. A Angélica por su amistad y hospitalidad. A Laurita y Lucía, haciendo un recuento de estos últimos dos años, han estado presentes y de cierta forma han cambiado mi perspectiva de la vida con su buena onda. A Toño y Don Toño, que me enseñaron lo que no se lee en los libros sobre los monos. A Rita Arenas y Ana María Santillan por todo su apoyo. Por último, quiero agradecer especialmente a Marco Antonio por viajar conmigo a Catemaco, por todo su esfuerzo, por las horas que pasó en bici, en autobús y en lancha, por sus dibujos, por su opinión siempre objetiva sobre mi trabajo, por todo.



## CONTENIDO

Resumen .....	1
Abstract .....	3
Introducción .....	5
El mono araña .....	5
Ritmos circadianos.....	8
Antecedentes .....	12
Ritmos biológicos en primates no humanos .....	12
Justificación .....	21
Preguntas .....	22
Hipótesis .....	23
Objetivos .....	24
Método .....	25
Sobre el ritmo de reposo-actividad .....	25
Sobre los factores climatológicos y el fotoperiodo en la Isla de la Isla Tanaxpillo .....	27
Sobre el efecto de la presencia humana en el ritmos de reposo-actividad .....	28
Sobre los efectos de la presencia humana en la conducta del mono araña .....	29
Resultados .....	32
Descripción del ritmo de reposo-actividad del mono araña en la Isla Tanaxpillo .....	32
Efecto de factores climatológicos y el fotoperiodo .....	34
Efecto de la presencia humana en el ritmo de reposo-actividad .....	39
Efecto de la presencia humana en la conducta del mono araña .....	55
Discusión .....	59
Particularidades del ritmo de reposo-actividad de <i>Ateles geoffroyi</i> en la isla Tanaxpillo .....	59
Efecto de los factores climatológicos y el fotoperiodo sobre el ritmo de reposo-actividad .....	60
Efecto de la presencia humana sobre el ritmo de reposo-actividad .....	62
Efecto de la presencia humana sobre la conducta .....	64
Conclusiones .....	67
Literatura citada .....	69





## RESUMEN

En el presente trabajo, se estudió el ritmo circadiano de reposo-actividad y la conducta de un grupo de monos araña *Ateles geoffroyi*, mantenidos en una pequeña isla turística en el Lago de Catemaco, en Veracruz, México.

En cuanto al ritmo de reposo-actividad, se utilizaron actímetros para registrar la actividad de cuatro hembras de manera ininterrumpida durante seis meses. Posteriormente los diferentes parámetros del ritmo circadiano fueron determinados y analizados para conocer la manera en que son afectados por las horas de salida y puesta del sol, diferentes variables climatológicas, así como por la presencia humana. Se encontró que la temperatura y la humedad son las variables climatológicas que tienen mayor influencia sobre el ritmo, mientras que no se hallaron resultados contundentes en cuanto al efecto del ciclo diario de luz-oscuridad probablemente debido a la corta duración del estudio. Con respecto a la presencia humana, encontramos que está relacionada con la ausencia del patrón de actividad bimodal previamente reportado para la especie, así como con alteraciones en la actividad total a lo largo del día.

Por otra parte, para determinar el efecto de la presencia humana en la conducta de *A. geoffroyi*, se hicieron registros conductuales de los 11 individuos que conforman el grupo, se analizaron los datos por sexo para determinar el efecto causado por la presencia y la afluencia de turistas, así como por el alimento ofrecido por los mismos. Los resultados sugieren que los turistas tienen un efecto negativo especialmente si ofrecen comida a los monos, dado que cuando esto ocurre, se observan mayores frecuencias en las conductas agonísticas y autodirigidas.

Adicionalmente estudiamos el efecto inmediato que tiene la presencia de visitantes en la actividad

motriz de los monos, esto mediante la comparación directa de los registros de actimetría con la información de la afluencia turística colectada durante los registros conductuales. Se encontró que cada hembra registrada presenta una respuesta diferente ante la presencia humana, mientras dos no muestran alteraciones, una muestra un incremento en la actividad y otra un decremento drástico. Esta variedad de resultados parece estar asociada a características individuales como la posición jerárquica dentro del grupo.

Palabras clave: Enmascarador, Presencia humana, Alteraciones conductuales.

## ABSTRACT

We studied the rest-activity circadian rhythm and the behavior of a group of spider monkeys *Ateles geoffroyi* keep in a small tourist island in the Lake of Catemaco in Veracruz, Mexico.

In regard to the rhythm, we used actimeters to register continuously the motor activity of four females, thereafter the different parameters of the circadian rhythm were defined and analyzed to determine how they are affected by the photoperiod and some climatological factors, as well as by the human presence. We found that the temperature and humidity are the climatological variables with more remarkable effect, while no convincing results were found in regard to the photoperiod, probably because the short duration of the study. On the other hand, our results point that there is an association between the absence of the previously reported bimodal activity pattern in the specie and the visitors' presence, as well as some alterations in the total activity along the day.

In order to determine the visitor effect on the *Ateles'* behavior, we performed behavioral recordings of the 11 monkeys conforming the group, the data was averaged per sex and we analyzed it to determine the effect caused by tourist presence and affluence, as well as by the food provided by them. The results indicate that tourists have a negative effect, especially if they throw food to the monkeys, since we found that they are associated with higher frequencies of agonistic and self-directed behaviors.

Additionally, we assessed the immediate effect of human presence on the motor activity of the monkeys. To do this, we compared the actimetry recordings versus the hourly tourist affluence information that we already had from the behavioral recordings. We found that each female responds in a different way; while two individuals show no alterations in their motor activity,

another one shows an increase and the last one a decrease of activity, both linked to tourist affluence. This variety of results appears to be related to individual characteristics such as the hierarchical position in the group.

Keywords: Masking effect, human presence, behavioral alterations.

# INTRODUCCIÓN

## EL MONO ARAÑA

El mono araña *Ateles geoffroyi*, es una especie nativa de México, se le puede encontrar desde la península de Yucatán y las regiones costeras del estado de Veracruz hasta el norte de Bolivia, y desde las costas del Océano Pacífico en Ecuador hasta el noreste de Sudamérica en Guayana y Surinam (Rowe, 1996). Según Kinzey (1997) el género *Ateles* pudo haber surgido en la cuenca amazónica hace unos cinco millones de años (Porter et al., 1997).

Taxonómicamente ha sido ubicado dentro del Suborden Haplorrhini y el Parvorden Platyrrhin por carecer de membrana alrededor de las narinas. Asimismo, por sus hábitos arbóreos y sus miembros largos y prensiles ha sido agrupado en la Familia Atelidae (Perelman et al., 2011). El nombre del género *Ateles* proviene del griego, significa *Incompleto* y hace referencia a la ausencia del dedo pulgar en las manos de estos monos.

Su morfología peculiar les permite desplazarse a través de las copas de los árboles utilizando brazos, piernas y cola (Rosenberg et al., 2008). Su cuerpo es de apariencia esbelta con miembros largos y delgados, su cola es larga, prensil, con dermatoglifos y funciona como una quinta extremidad (van Roosmalen y Klein, 1988). Con base en su tamaño corporal no se reconoce dimorfismos sexual (Ford y Davis, 1992), aunque las hembras se distinguen fácilmente porque presentan hipertrofia en el clítoris, el cual es más largo que el pene de los machos (Wislocki, 1936).

El mono araña depende para su alimentación principalmente de frutas ricas en carbohidratos y lípidos de fácil digestión, por lo que se alimentan principalmente de frutos maduros que obtienen de las copas de los árboles (Di Fiore et al., 2008). Su alimentación varía en el transcurso del día, en

vida libre se ha observado que presentan dos picos de consumo de frutas, uno en la mañana y otro durante la tarde (Castellanos y Chain, 1996). Por otra parte Chapman y Chapman (1991) reportan que *A. geoffroyi* consume una mayor cantidad de hojas, su principal fuente de proteínas, durante la parte final del día, probablemente debido a que su periodo de descanso nocturno es usado para la difícil tarea de digerir el follaje.

La organización social del mono araña está fuertemente ligada a su dieta y estrategias de forrajeo, la especie tiende a viajar y alimentarse en pequeños grupos que comprenden un flexible subconjunto de los miembros de la comunidad (Shimooka, 2003). Este patrón, conocido como fusión-fisión, ha sido interpretado como una adaptación que permite enfocarse en recursos de alta calidad que se distribuyen escasamente en parches (Di Fiore y Campbell, 2007). Algunos estudios han encontrado que el tamaño de los subgrupos de forrajeo se correlaciona con el tamaño del hábitat y con la disponibilidad de frutas maduras (Symington, 1988; Chapman et al., 1995).

Ecológicamente, el mono araña juega un papel importante como dispersor de semillas, (Chapman, 1995) dado que su capacidad para tragar semillas grandes enteras, facilita la dispersión de diferentes especies vegetales que de otra forma difícilmente podrían hacerlo (Dew, 2005). En cuanto a la depredación, ésta no representa una presión importante para ningún miembro de la familia Atelidae (Terborgh, 1983), lo cual podría ser debido a que el sistema social de fusión-fisión de este grupo de primates, minimiza los riesgos generados por desplazarse en grupos grandes (Symington, 1987), aunque algunos autores han reportado que el mono araña ocasionalmente sirve como presa para el puma *Puma concolor* y el jaguar *Panthera onca* (Matsuda y Izawa, 2008).

En cautiverio el mono araña llega a vivir hasta 27 años, los machos alcanzan la madurez sexual más

o menos a los cinco años, mientras que las hembras llegan a hacerlo un año más temprano (Rowe, 1996), el ciclo estral de la especie es de entre 20 y 24 días, tienen su primera cría entre los siete y ocho años, y el periodo entre cría y cría varía entre 32 y 50 meses (Chpman y Chapman, 1990). Se ha sugerido que los machos de *A. geoffroyi* presenta una variación estacional en la calidad del esperma (Hernández-López et al., 2002). Las cópulas son generalmente iniciadas por las hembras y no se ha descrito ningún tipo de ritual precopulatorio, aunque se sabe que el apareamiento ocurre lejos del grupo. La gestación dura entre siete y siete meses y medio, mientras que se estima que el periodo de lactancia dura entre 12 y 20 meses (Eisenberg, 1973). La falta de reportes acerca del parto en esta especie sugiere que éste ocurre durante la noche. Como la mayoría de los antropoides, el mono araña tiene una cría a la vez, aunque la gestación de gemelos también es posible (Link et al., 2006).

## RITMOS CIRCADIANOS

Nuestro ambiente se caracteriza por presentar fluctuaciones periódicas que se originan de los movimientos de la Tierra y la Luna con respecto al Sol. Desde sus orígenes, los seres vivos han hecho frente a estos ciclos que producen variaciones constantes y regulares de luz, temperatura, humedad y otros factores ambientales (Pittendrigh, 1981). Desde un punto de vista evolutivo, anticiparse a estos eventos y regular la expresión de diversos procesos fisiológicos y conductuales en el momento más adecuado, constituye una importante adaptación (Mercado-López y Díaz-Muñoz, 2011). En todos los organismos vivientes, la mayoría de las funciones bioquímicas, fisiológicas y conductuales ocurren de manera periódica. Las 24 horas que le lleva a la Tierra girar sobre su propio eje han condicionado la aparición de infinidad de ritmos biológicos conocidos como ritmos circadianos, es decir que ocurren con un periodo cercano a 24 horas (Golombek, 2002).

Aunque se sabe que en los organismos los ritmos circadianos son generados de manera endógena, la periodicidad en los cambios ambientales juega un papel sumamente importante al actuar como agente sincronizador, de tal modo que las fluctuaciones ambientales sincronizan a las oscilaciones endógenas de los organismos a su misma fase. Estos factores ambientales capaces de sincronizar los relojes biológicos de los organismos han sido denominados *Zeitgebers* (del alemán *zeit*: tiempo, y *geber*: dador) (Aschoff, 1960).

Por definición, un *Zeitgeber* consiste en un ciclo ambiental capaz de afectar la fase y el periodo de un reloj circadiano. El término fase se refiere a un estado espontáneo en una oscilación, la fase de un reloj circadiano sincronizada con una señal externa define el inicio de cierto evento dentro del ciclo externo (Daan et al., 2002). Por otra parte, el periodo es el tiempo que transcurre para que una oscilación describa un ciclo completo (Ardura et al., 1994). Es así que un *Zeitgeber* puede ser



representado por: a) una señal corta que ocurre aproximadamente cada 24 horas, por ejemplo la disponibilidad de alimento o las interacciones sociales; b) un factor que cambia continuamente, como las fluctuaciones diarias de temperatura y humedad; o bien c) un factor que alterne condiciones más o menos estables de manera regular como el ciclo diario de luz-oscuridad (Aschoff, 1960).

Los ritmos biológicos pueden considerarse funcionalmente adaptativos en la medida en que son capaces de ajustar las funciones fisiológicas a las fluctuaciones externas. Los organismos además de medir el tiempo en función de los cambios ambientales, son también capaces de medirlo en ausencia de dichas señales, esto mediante un sistema celular capaz de generar un orden temporal en el funcionamiento de los organismos (Aschoff, 1981). Se sabe que los ritmos circadianos son generados dentro de células independientes mediante circuitos de transcripción y traslación génica autorregulatoria (Reppert y Weaver, 2001). Todo sistema de esta naturaleza posee una periodicidad marcadamente estable aún bajo condiciones ambientales de rangos ampliamente variables. Este ordenamiento general contribuye a mantener la relación entre un ritmo biológico y las oscilaciones ambientales.

El carácter endógeno de los ritmos circadianos se conoce gracias al estudio de la expresión de oscilaciones cíclicas en organismos sometidos a condiciones con ausencia total de señales temporales. Dichos estudios han demostrado que la ritmicidad de diversos fenómenos biológicos persiste aún en ausencia de *Zeitgebers*, demostrando así, que se trata de procesos internos del organismo. Esta capacidad para mantener la ritmicidad sin señales ambientales periódicas, es conocida como oscilación en libre curso (Salazar-Juárez et al., 2006).

En mamíferos, el sistema encargado de la regulación de los ritmos circadianos se encuentra en el núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo basal (Moore y Silver, 1998). El NSQ es una estructura bilateral que se localiza en la porción ventral del hipotálamo anterior, ventrolateral al receso óptico del tercer ventrículo y dorsal al quiasma óptico. Las neuronas en el NSQ expresan diversas sustancias neuroactivas que se distribuyen entre dos poblaciones neuronales: una dorsomedial caracterizada por la presencia de vasopresina y una ventrolateral que se distingue por la presencia del péptido intestinal vasoactivo (Klein et al. 1991). La ritmicidad en la actividad sináptica de las neuronas en el NSQ es consecuencia de la oscilación de un conjunto de genes reloj que forman asas de retroalimentación transcripción-traducción. Las proteínas dimerizadas de los genes *clock* y *bmal-1* funcionan como factores de transcripción que se unen al elemento *E-box* en los promotores de los genes *per1*, *per2*, *cry1* y *cry2*. Las proteínas producto de los genes *per* y *cry* forman heterodímeros que son fosforilados por las quinasas de caseína  $\delta$  y  $\xi$ . Los dímeros fosforilados son más estables que los monómeros o que los dímeros no fosforilados y pueden ser desplazados al núcleo donde inhiben su propia transcripción al desplazar el complejo CLOCK/BMAL1 del E-box. El periodo de oscilación depende principalmente de la tasa de degradación de las proteínas reloj, la cual, a su vez se relaciona de forma inversa con la formación y la fosforilación de los dímeros y su traslocación hacia el núcleo (Leloup y Goldbeter, 2003).

Además del NSQ, la glándula pineal interviene también en la regulación de los ritmos circadianos, ésta transmite información del fotoperiodo y las oscilaciones ambientales a las diferentes glándulas endócrinas así como a otras estructuras cerebrales. Tales mecanismos ocurren a través de la modulación funcional del eje hipotálamo-hipófisis, así como por el efecto directo sobre diversos órganos blanco, de modo que la glándula pineal funciona como un transductor neuroendócrino que responde a impulsos nerviosos mediante la síntesis y secreción de melatonina (Wutman, 1980).

Por otra parte, la información del fotoperiodo es también transmitida del NSQ al núcleo paraventricular del hipotálamo desde donde se proyecta a las células del asta lateral en los segmentos espinales cervicales de la médula, estas neuronas forman las fibras preganglionares que inervan el ganglio cervical y a su vez se proyectan hacia la glándula pineal (Klein et al., 1991).

El NSQ recibe señales fóticas del ciclo diario de luz-oscuridad a través del tracto retinohipotalámico. La información sobre la luz ambiental es detectada en la retina por fotorreceptores circadianos, un tipo especial de células ganglionares que poseen el fotorreceptor melanopsina así como un campo visual muy amplio (Rollag et al., 2003). Los axones de estas células ganglionares forman el tracto retinohipotalámico que alcanza la porción ventrolateral del NSQ y liberan un aminoácido excitador y el péptido hipofisiario activador de la adenilato ciclasa (Hannibal, 2002). Este proceso lleva a la sincronización fótica.

Además del efecto sincronizador (típicamente vía NSQ) que tienen diferentes factores ambientales sobre los ritmos biológicos, la expresión rítmica de los organismos puede ser afectada de manera directa, es decir, sin la mediación de los relojes endógenos. Estos efectos directos, causados por factores ambientales, pueden alterar la ritmicidad ya sea promoviendo o inhibiendo diferentes funciones circadianas preprogramadas. En cronobiología este efecto es conocido como enmascaramiento (Moore –Ede y Sulzman., 1981; Redlin y Mrosovsky, 2004).

## ANTECEDENTES

### RITMOS BIOLÓGICOS EN PRIMATES NO HUMANOS

Se asume que los mamíferos existentes evolucionaron de un ancestro insectívoro de hábitos nocturnos a partir del cual se desarrolló filogenéticamente la diurnalidad encontrada actualmente en gran número de mamíferos (Starck, 1978) incluyendo primates (Martin, 1990). En este grupo se han descrito diversos patrones de actividad: en general, los prosimios son en su mayoría nocturnos y los antropoides diurnos, aunque existe una variante intermedia caracterizada por presentar actividad tanto en la fase oscura como en la de luz, a este patrón de actividad se le conoce como catemeralidad y ha sido descrito para *Aotus azarae*, (Wright, 1989) y lémures del género *Eulemur*, (Tattersall y Sussman, 1975). Estudios recientes sugieren que este patrón de actividad está relacionado con fluctuaciones diarias en la temperatura ambiental y con la intensidad de luz nocturna (Curtis et al., 1999; Donati et al., 1999; Rasmussen, 1999). La diversidad en los patrones de actividad de primates ha sido interpretada como una adaptación que responde a la estructura temporal del ambiente físico y biótico y que a su vez está restringida por el desarrollo de un sistema circadiano (Erkert, 2011).

El sistema circadiano en primates no difiere significativamente del descrito en roedores. Experimentos de lesión en el mono ardilla sugieren que, al igual que en roedores y muchos otros mamíferos, los primates utilizan como principal marcapasos el NSQ (Alberts et al., 1984), cuya apariencia y localización anatómica se asemeja en gran medida a los sistemas descritos en roedores nocturnos. En primates, las vías aferentes de la retina al tracto retinohipotalámico también terminan en la porción ventral del NSQ. Por otra parte, la hojuela intergeniculada, que recibe impulsos nerviosos y se proyecta hacia el NSQ mediante las fibras del tracto geniculohipotalámico, se

describe como un componente más grande comparado con roedores y las proyecciones aferentes están más ampliamente distribuidas (Costa et al., 1998). Asimismo la expresión rítmica de los genes *bmal*, *cry* y *per1* de *Macaca mulatta* sugiere gran similitud entre primates y roedores (Lemos et al., 2006).

El efecto de las oscilaciones ambientales en la expresión circadiana de primates ha sido ampliamente estudiado. Por ejemplo, Melo et al. (2010) reportan que la salida y puesta del sol, así como la temperatura máxima y la precipitación tienen un efecto notable en la actividad total del ritmo de reposo-actividad de *Callithrix jacchus*. Asimismo, se ha sugerido que no sólo la presencia o ausencia de determinadas señales ambientales afectan la expresión de los ritmos circadianos, sino que las fluctuaciones en la intensidad de dichos factores juegan un papel importante. Por ejemplo, Donati et al., (2001) reportan que la intensidad de luz lunar afecta de manera importante la cantidad de actividad nocturna de *Eulemur fuvulus* siendo menor durante las noches de luna nueva, en las que la luminosidad es menor a  $10^{-4}$  lux, mientras que los valores de luminosidad máxima que se presentan durante las horas centrales de las noches de luna llena están asociadas con niveles más altos de actividad. Otro ejemplo de esto es descrito por Fernández-Duque (2003), quien reporta que *Aotus azarai azarai* presenta en promedio cinco horas de actividad durante el día y cuatro horas durante la noche, en este caso la cantidad de actividad durante el día se mantiene constante a pesar de los cambios estacionales, pero la actividad nocturna se incrementa en función de la cantidad de luz lunar. Aunado a esto, se argumenta que la temperatura ambiental es un buen predictor de la actividad, sugiriendo que existe una interacción entre luminosidad y temperatura que influye en los patrones de actividad circadiana. El enmascaramiento de los ritmos circadianos por la baja o alta luminosidad ambiental parece ser mucho más pronunciada en primates que en otros grupos de mamíferos, lo cual se relaciona con el hecho de que, en general, los primates se orientan

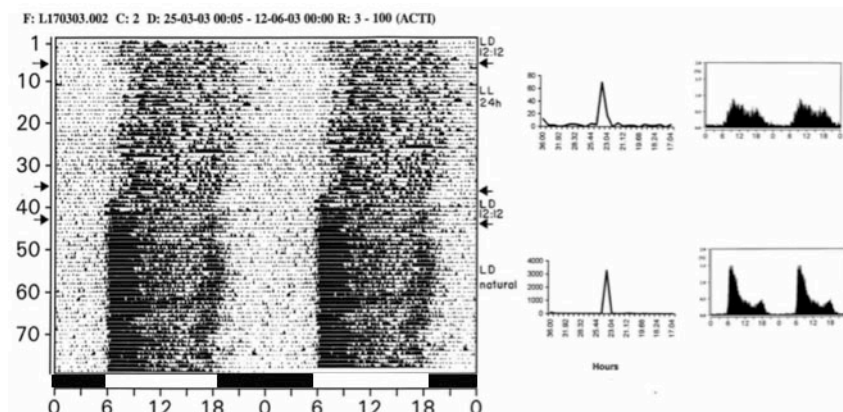
principalmente de manera visual, debido a que su agudeza visual es esencial para la detección de alimento, pareja o posibles depredadores. Es por esto que la visión reducida en ambientes con poca luminosidad podría ejercer un efecto inhibitorio sobre la locomoción, el tono y actividad muscular, y el ritmo de la temperatura corporal (Erkert, 2008).

Además de la influencia de factores astronómicos y meteorológicos, se ha reportado que las interacciones sociales juegan un papel importante en los ritmos circadianos de primates. Erkert et al. (1986) encontraron que en *Callithrix jacchus* las interacciones sociales de tipo acústicas tienen un efecto enmascarador sobre el ritmo diario de reposo-actividad. De manera similar, Yellin y Hauty (1971) reportan que en *Macaca mulatta*, individuos mantenidos aislados y en ausencia de señales ambientales temporales presentan un patrón de actividad disperso e irregular, mientras que individuos mantenidos en grupo bajo las mismas condiciones muestran un patrón de actividad más ordenado. En esta misma especie Rohles y Osbaldiston (1969) reportan que existe una sincronización social específicamente para la conducta de forrajeo.

Concretamente en el mono araña, Muñoz-Delgado y colaboradores (2004; 2005; 2014) han realizado una serie de estudios en los que se describe la presencia de un reloj circadiano que modula la expresión rítmica de la actividad, así como la manera en que es afectada por diferentes factores ambientales.

Para determinar si la actividad motriz del mono araña está modulada por un reloj endógeno, Muñoz-Delgado et al. (2005) utilizaron un grupo de *A. geoffroyi*, cuya actividad fue registrada de manera ininterrumpida con actímetros AW4. Durante dicho registro, los monos fueron sometidos a dos diferentes regímenes de luz: el primero consistió en 32 días de luz constante (LL), sin ningún tipo de señal temporal. En el segundo régimen los monos fueron devueltos a condiciones naturales

de luz-oscuridad (13.25:10.75 LD), con horarios regulares de alimentación, el registro de actividad en estas condiciones también duró 32 días. Antes de iniciar cada uno de estos experimentos los monos fueron expuestos a condiciones 12:12 de luz-oscuridad por 5 días.



**FIGURA 1.** A la derecha: actograma de doble gráfica, el eje vertical representa los días registrados. Durante los primeros cinco días los animales fueron mantenidos bajo un régimen 12:12 LD (los momentos de cambio de régimen se indican con las flechas en el lado izquierdo del actograma). Los siguientes 32 días los animales fueron mantenidos en condiciones de luz constante (LL), seguidos de nuevo por cinco días en condiciones 12:12 de luz-oscuridad, para finalizar con 32 días bajo el ciclo natural de luz-oscuridad. El área oscura representa la actividad y el área en blanco el reposo. El eje horizontal representa las 24 horas del día con una repetición. A la izquierda: histogramas para cada condición. Se muestran las diferencias en la dispersión de la actividad para cada régimen así como la presencia de un pico de actividad por la mañana, así como un brote sobresaliente de actividad en la tarde. Figura tomada de Muñoz-Delgado et al. 2005.

Como se muestra en la figura 1, los autores encontraron que *A. Geoffroyi* es una especie con fases de actividad y reposo bien definidas, además de ser estrictamente diurna. En el actograma se puede observar también que aún durante el régimen de luz constante los monos muestran una expresión circadiana en su actividad motriz, con una periodicidad de más o menos 24 horas y 01 minutos, asimismo, la actividad inició y terminó cada día en promedio 3.22 minutos más temprano que el día anterior. Por otra parte, bajo el régimen de luz natural, se puede ver que los monos se sincronizan con el fotoperiodo, mostrando un patrón de actividad menos disperso y con un pico de actividad en la mañana y un segundo brote de actividad más discreto pero perceptible durante la tarde.. Dados estos resultados, se concluye que existe un reloj circadiano que determina la expresión de la actividad motriz en *A. Geoffroyi*. Además se discute la presencia dos posibles osciladores endógenos

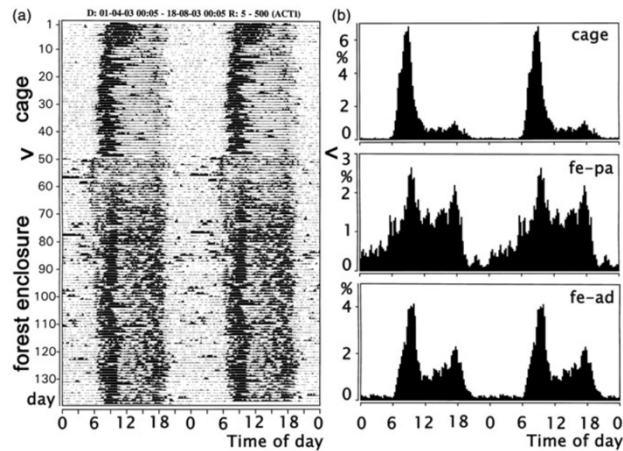
relacionados con cada uno de los picos de actividad encontrados.

En un segundo trabajo, con el propósito de explorar la influencia de factores astronómicos y meteorológicos en el ritmo circadiano de actividad de *A. geoffroyi*, Muñoz-Delgado et al. (2004), trabajaron con un grupo de monos mantenidos en jaulas al aire libre, ubicadas en un fragmento de selva tropical, donde los monos estaban expuestos a las variaciones naturales de luz y temperatura. Bajo estas condiciones, la actividad de los monos fue registrada con actímetros AW4 durante seis meses. Con los datos obtenidos se determinaron las horas de inicio y término de actividad, así como las diferencias de ángulo de fase (la diferencia de tiempo transcurrido entre determinada fase de una oscilación endógena y una ambiental, también conocida como  $\Psi$ ) del inicio y término de actividad en relación con las horas de salida y puesta de sol. Por otra parte, los parámetros astronómicos considerados para este estudio fueron las horas de salida y puesta de sol, la duración del fotoperiodo y la duración de los crepúsculos astronómicos. Finalmente, en cuanto a los parámetros meteorológicos se estudió el efecto de la temperatura, el estado del cielo y el clima, clasificado como caluroso, templado y bochornoso.

Al igual que en el primer trabajo, en este estudio se encontró un patrón de actividad con dos picos a lo largo del día, uno en la mañana y otro en la tarde, siendo más pronunciado el matutino. Además se encontraron correlaciones entre las horas de inicio y término de actividad con las horas de salida y puesta del sol, así como entre la duración de la actividad y el fotoperiodo. En cuanto a la influencia de los factores geofísicos, se reporta que la temperatura máxima se correlaciona con la duración de la actividad y con el inicio de actividad. Con respecto al clima, se reporta que el inicio de actividad ocurre más temprano en días con temperaturas y humedad elevadas, la actividad termina más temprano en días nublados y la fase de actividad es más corta durante días templados.



Dando continuidad a esta serie de estudios, en su más reciente publicación, Muñoz-Delgado et al. (2014), exploran las diferencias en el ritmo de reposo-actividad entre dos grupos de monos, uno mantenido en una jaula de dimensiones reducidas y otro en un amplio fragmento de bosque tropical cercado. En este trabajo se estudian también los efectos provocados por la variación estacional en la duración del día. Los autores registraron la actividad motriz de once monos durante un total de 28 meses: cuatro monos fueron mantenidos en una jaula metálica de 12 m de ancho por 6 m de largo y 3 m de alto, y otros tres en un fragmento de bosque tropical con un área de 0.25 ha rodeado de cerca electrificada; los tres monos restantes fueron estudiados en ambas condiciones. Se encontró que en la jaula, el pico de actividad matutino es notablemente más pronunciado que el pico vespertino, mientras que en el encierro electrificado la diferencia en el tamaño de los picos es más discreta. Asimismo el pico de actividad matutino se presenta aproximadamente una hora más temprano en la jaula y en el encierro electrificado hay mayor actividad durante la fase de reposo. En la figura 2 se puede observar el actograma correspondiente a uno de los individuos cuya actividad fue registrada en los dos tipos de encierro. Como se puede notar, la actividad entre los días 1 y 50 mantiene un patrón regular con dos picos de actividad, siendo considerablemente más alto el de la mañana. Como se indica en el pie de figura, en el día 50 este individuo fue trasladado al encierro electrificado y a partir en entonces hasta poco antes del día 80 se presenta una desorganización en el patrón de actividad en la que los dos picos se vuelven difusos. Aproximadamente en el día 80, la actividad adquiere una nueva organización y reaparecen los dos picos de actividad, siendo las diferencias entre ambos picos, más discretas. También se puede observar que la actividad está más ampliamente distribuida a lo largo del día.



**FIGURA 2.** (a) Actograma de doble gráfica de uno de los machos que fue registrado tanto en la jaula (días 1-50) como en el encierro electrificado (días 51-150). Las flechas indican el día del cambio de hábitat. (b) Medias mensuales del patrón de actividad, de arriba hacia abajo corresponden a los 30 días en la jaula antes del cambio al encierro electrificado, los primeros 30 días en el encierro electrificado y del día 31 al 90 en el encierro electrificado.

En cuanto a los efectos causados por las variaciones estacionales en la duración del día, los autores categorizaron el periodo total de registro en días cortos y días largos para buscar así diferencias en los parámetros del ritmo de reposo-actividad. De acuerdo con sus resultados existen discrepancias principalmente entre la diferencias de ángulo de fase ( $\Psi$ ) del término de actividad con respecto a la puesta del sol y al pico de actividad vespertino, así como del pico de actividad matutino con respecto a la hora de salida del sol, siendo menor el valor de  $\Psi$  durante los días largos en todos los casos. También se reportan diferencias en la duración y la cantidad de actividad durante la fase de actividad (referida como  $\alpha$ ).

El conjunto de datos resultado de los trabajos realizados por Muñoz-Delgado y colaboradores, apuntan a que la mayor parte de los factores ambientales (temperatura, humedad, clima y condiciones del hábitat) tienen un efecto enmascarador sobre el ritmo de reposo-actividad del mono araña, llegando incluso a desviar las diferencias de ángulo de fase de las horas de inicio y término de actividad con respecto a las horas de salida y puesta del sol. Los ajustes que los monos

muestran como respuesta a las variaciones ambientales, podrían representar estrategias para optimizar el gasto energético ante cada condición específica, aunque para comprobar este supuesto se requiere continuar con el estudio de la ritmicidad circadiana del mono araña bajo diferentes condiciones de estudio.

En el presente trabajo se estudió el ritmo circadiano de reposos-actividad y la conducta de un grupo de *A. geoffroyi* mantenidos desde el 2011 en Tanaxpillo, una Isla turística en el municipio de Catemaco, Veracruz. Dicha Isla, que hasta el año 2009 había sido habitada por una colonia de macacos cola de muñón (García-Orduña, Comunicación personal, 2014), cuenta con una extensión aproximada de un cuarto de hectárea cubierta por vegetación derivada de bosque tropical perennifolio (Bereton, 1994) y recibe una cantidad importante de turistas durante todo el año (Serio-Silva, 2006,).

Se sabe que la presencia humana tiene un efecto importante en la conducta de primates en cautiverio (Hosey, 2000). La manera en que estos animales son afectados por los visitantes depende de un conjunto de variables que pueden interferir en su conducta y bienestar. Se ha demostrado por ejemplo, que la cantidad de visitantes, su actividad y el ruido que producen, así como las condiciones de cautiverio, juegan un rol importante en las alteraciones conductuales de primates (Birke, 2002; Cooke y Schillaci, 2007; Hosey y Druck, 1987; Mitchell et al., 1992). Además, la diversidad de respuestas reportadas en diferentes estudios, sugiere que existen características específicas de cada especie, como la talla y ciertos hábitos conductuales, que están también involucrados en la respuesta que los primates presentan ante la presencia humana (Hosey y Druck, 1987; Wormell et al., 1996). Entre las principales alteraciones conductuales reportadas se

encuentran el incremento de la actividad motriz (Cooke y Schillaci, 2007; Todd et al., 2007; Wells, 2005), el incremento de conductas agresivas (Glatston et al., 1984; Mitchell et al., 1992; Perret et al., 1995), el incremento de conductas estereotípicas (Hosey, 2008; Marriner y Drickamer, 1994) y la reducción de conductas afiliativas (Chamove et al., 1988).

## JUSTIFICACIÓN

Para comprender el carácter adaptativo de los ritmos biológicos, es necesario conocer tanto los mecanismos fisiológicos causales como la manera en que dichos ritmos se manifiestan ante diversas condiciones ambientales. Sin embargo, cuando se trabaja con una especie como el mono araña, ya sea por su categorización como especie amenazada o por las implicaciones éticas de realizar estudios que pongan en riesgo el bienestar de los individuos, nos enfrentamos a una serie de limitantes que conducen a vacíos en nuestra comprensión de la ecología no sólo de la ritmicidad circadiana sino de la conducta y fisiología general de la especie. No obstante, se puede aprovechar la distribución de la especie en diferentes ambientes para comprender el potencial de los sistemas circadianos para ajustarse a las condiciones del entorno. Es así, que las peculiares condiciones en Tanaxpillo, donde los monos están expuestos a variaciones más drásticas de humedad, temperatura, turistas y a ráfagas de viento que en condiciones de estudio previas, hacen de esta isla una valiosa oportunidad para avanzar en la comprensión de la dinámica existente entre ritmos circadianos y medio ambiente para esta especie. Por otra parte, la introducción de los monos a la Isla obedece a fines económicos. Como se explicó previamente, Tanaxpillo es un importante destino turístico que genera importantes ingresos para el sector lancharo de Catemaco. Sin embargo, debido a la falta de estudios, a la fecha no se sabe a ciencia cierta qué tan adecuadas sean las actuales condiciones de la Isla para el bienestar de los monos. Debido a esto, es importante estudiar la conducta y la ritmicidad circadiana (que puede proporcionar indicios de la dinámica energética de los monos), con el fin de determinar si existe alguna perturbación importante causada por las características ambientales de la isla o la presencia de turistas, y de este modo generar información que pueda ser utilizada para mejorar las condiciones de cautiverio.

## **PREGUNTAS**

Teniendo en cuenta la evidencia sobre la plasticidad del ritmo de reposo-actividad del mono araña ante diversas condiciones ambientales, y considerando los antecedentes sobre el efecto que tiene la presencia humana sobre la conducta de primates en cautiverio, el presente trabajo se plantean las siguientes preguntas:

- ❖ ¿Cómo se ajustan los diferentes parámetros del ritmo de reposo-actividad del mono araña a las condiciones ambientales en la isla Tanaxpillo?
  
- ❖ ¿Qué efecto tienen la presencia y la cantidad de turistas sobre la conducta de los monos en la Isla?

## HIPÓTESIS

- ❖ Si, las variables ambientales como la duración del fotoperiodo, la temperatura, la humedad y la disponibilidad de espacio y recursos, son capaces de afectar diversos parámetros del ritmo de reposo-actividad del mono araña como las horas de inicio y término de actividad y las horas en que se presentan los picos de actividad, entonces esperamos que los monos en la Tanaxpillo muestren alteraciones inestables en estos mismos parámetros debido a que isla está sometida a variaciones más drásticas de temperatura, humedad, ráfagas de viento así como a la constante presencia de visitantes.
  
- ❖ Por otra parte, si se ha documentado que la presencia humana tiene un efecto negativo sobre la conducta de primates en cautiverio, entonces se espera que la presencia de turistas en Tanaxpillo se relacione con incrementos en las conductas agonísticas, disminución en las conductas afiliativas, así como con mayor ocurrencia de conductas autodirigidas.

## OBJETIVOS

- ❖ Describir el ritmo de reposo-actividad del mono araña *A. geoffroyi* en la Isla Tanaxpillo.
- ❖ Determinar el efecto que tienen las variables climatológicas y el fotoperiodo sobre el ritmo de reposo-actividad de *A. geoffroyi* en la isla Tanaxpillo.
- ❖ Determinar el efecto que tiene la afluencia de turistas sobre el ritmo de reposo-actividad de *A. geoffroyi* en la isla Tanaxpillo.
- ❖ Determinar el efecto que tiene la afluencia de turistas sobre la conducta y la cantidad de actividad de *A. geoffroyi* en la Isla Tanaxpillo.

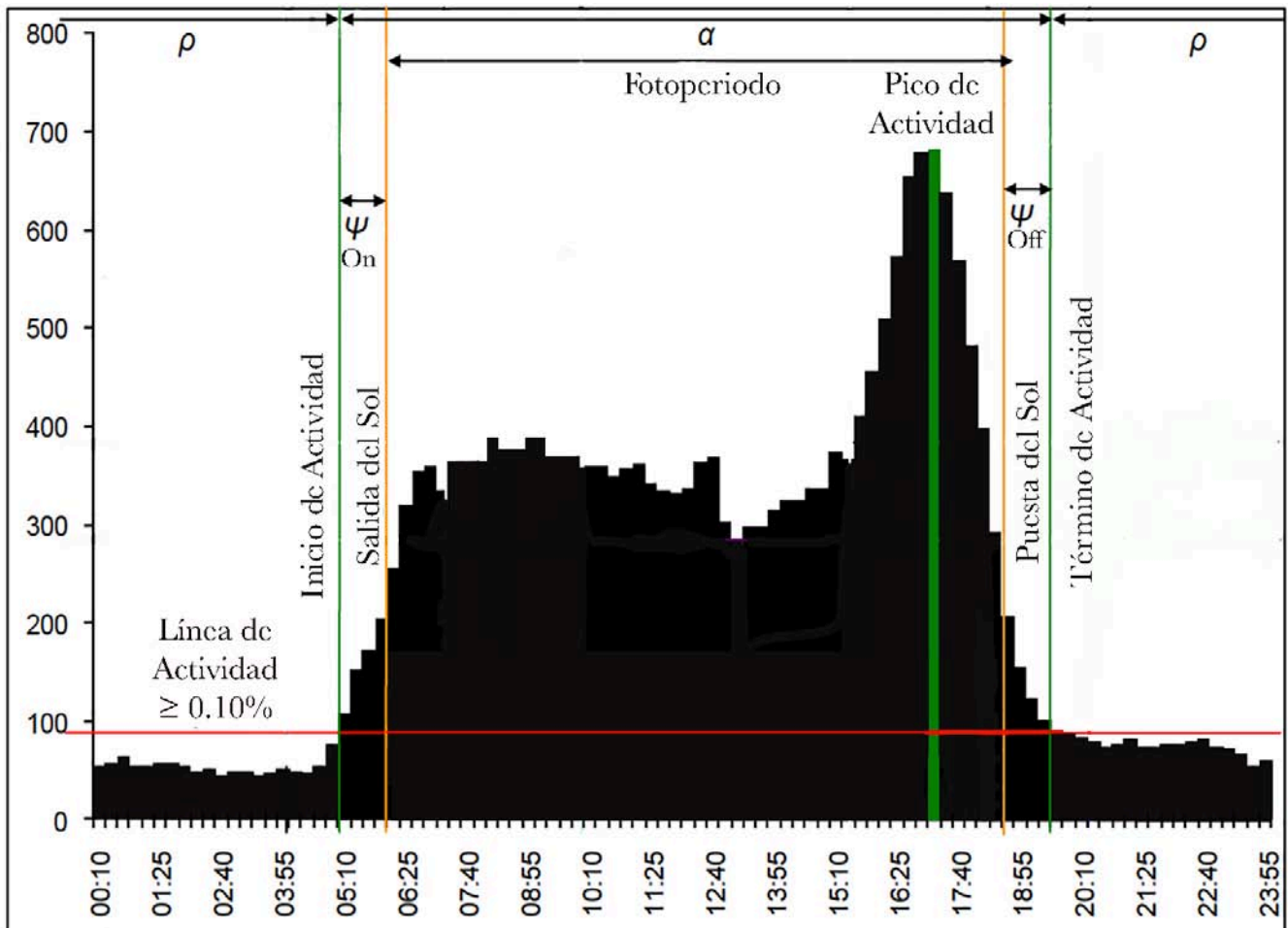


# MÉTODO

## SOBRE EL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD

Se colocaron actímetros AW4 a cuatro hembras adultas, Amarilla, Pecas, Roja y Verde. Los dispositivos fueron inicializados para registrar y almacenar información sobre actividad motriz en intervalos de cinco minutos. Los actímetros fueron puestos en pequeñas cajas metálicas impermeables unidas a collares diseñados especialmente para los monos. El registro de actividad se llevó a cabo de marzo a septiembre del 2014. Una vez concluido este periodo, los collares fueron recuperados y la información extraída utilizando el software Actiware para posteriormente ser analizada y procesada con el programa PGRAPH. El periodo total de registro de cada mona fue seccionado en bloques de dos días, y a partir de dichos cortes se generó una base de datos con los siguientes parámetros:

- ❖ Hora de inicio de actividad.
- ❖ Hora de término de actividad.
- ❖ Diferencia de ángulo de fase del inicio de actividad con salida del sol ( $\Psi$  On).
- ❖ Diferencia de ángulo de fase del término de actividad con la puesta del sol ( $\Psi$  Off).
- ❖ Hora del pico de actividad.
- ❖ Duración de la actividad ( $\alpha$ ).
- ❖ Actividad durante  $\alpha$ .
- ❖ Actividad durante el periodo de reposo ( $\rho$ ).
- ❖ Porcentaje de actividad durante  $\alpha$ .
- ❖ Porcentaje de actividad durante  $\rho$ .
- ❖ Actividad total.



**FIGURA 3.** Parámetros del ritmo de reposo-actividad del mono araña utilizados en este trabajo.

La hora de inicio de actividad fue definida como el intervalo de tiempo en que el porcentaje de actividad alcanzó el 0.10% y se mantuvo así por al menos tres intervalos consecutivos. De manera similar, la hora del término de actividad, se definió como el intervalo en que el porcentaje de actividad disminuyó a menos del 0.10% y se mantuvo así durante los tres intervalos siguientes. Para determinar las diferencias de ángulos de fase ( $\Psi_{On}$  y  $\Psi_{Off}$ ), se utilizó la información de las horas de salida y puesta de sol disponibles en el sitio web del Observatorio Naval de los Estados Unidos de América (<http://aa.usno.navy.mil>), específicamente para las coordenadas de la Isla Tanaxpillo.

## SOBRE LOS FACTORES CLIMATOLÓGICOS Y EL FOTOPERIODO EN LA ISLA DE TANAXPILLO

Para estudiar el efecto del fotoperiodo y los factores climatológicos sobre el ritmo de reposo-actividad del mono araña en la isla Tanaxpillo, se utilizó información de las horas de salida y puesta de sol obtenidas del sitio web del Observatorio Naval de los Estados Unidos de América, así como información de los parámetros geofísicos proporcionados por la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN/CONAGUA) que cuenta con una estación climatológica instalada en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- ❖ Velocidad del viento
- ❖ Temperatura promedio
- ❖ Humedad Relativa
- ❖ Precipitación
- ❖ Radiación solar
- ❖ Temperatura máxima
- ❖ Temperatura mínima
- ❖ Hora de salida del sol
- ❖ Hora de puesta del sol

Todos estos parámetros fueron promediados por cada dos días, de tal modo que coincidieran con los cortes en los registros de actividad de las monas. Posteriormente se realizaron pruebas de correlación bivariada de Spearman para determinar si alguno de los parámetros del ritmo de reposo-actividad de los sujetos de estudio se correlaciona con los parámetros climatológicos o las horas de salida y puesta del sol.

## SOBRE EL EFECTO DE LA PRESENCIA HUMANA EN EL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD

El efecto causado por la presencia humana fue determinado categorizando los días de registro de actividad en 1) días entre semana (lunes, martes, miércoles y jueves) y 2) días de fin de semana (viernes, sábado y domingo). Esto bajo el supuesto de que en la isla, los fines de semana hay notablemente más visitantes que entre semana, por lo que, si la presencia humana tiene algún efecto en el ritmo de reposo-actividad, entonces habrá diferencias en por lo menos alguno de los parámetros del ritmo al comparar entre ambas categorías. Este supuesto fue corroborado con la información recolectada para estudiar el efecto de la presencia humana en la conducta de los monos (ver página 26). Una vez realizada la categorización, los datos de todos los parámetros del ritmo de reposo actividad fueron sometidos a la prueba no paramétrica U de Mann Whitney con la finalidad de encontrar diferencias entre fines de semana y días entre semana. Las pruebas se hicieron tanto de manera individual así como del promedio de las cuatro hembras.

Por otro lado, con base en reportes sobre la ocupación hotelera y en los datos recolectados en campo sobre la afluencia diaria de turistas durante el periodo de registro de actividad (ver página 26 para más detalles), se determinaron los periodos con mayor y menor afluencia de turistas, los cuales corresponden a los periodos del 12 al 26 de abril y del 16 al 30 de junio respectivamente. Como en el caso anterior, todos los parámetros del ritmo de reposo-actividad fueron comparados de manera individual y en promedio utilizando la prueba de Mann Whitney.

## SOBRE LOS EFECTOS DE LA PRESENCIA HUMANA EN LA CONDUCTA DEL MONO ARAÑA

Para determinar el efecto de los visitantes en la conducta de *A. geoffroyi*, se realizaron registros conductuales de todo el grupo que habita la isla, dicho grupo está integrado por nueve hembras y dos machos. Los registros fueron realizados con base en el etograma propuesto por Sánchez-Ferrer (2011), a partir del cual se consideraron las nueve categorías conductuales descritas en la tabla 1.

En Tanaxpillo los monos recibían alimentación diaria, entre las 9:00 y 11:00 h. Su dieta, proporcionada por personal de la Universidad Veracruzana, consiste en una mezcla de vegetales y frutos de temporada. Los turistas visitan la isla en pequeñas lanchas motorizadas con capacidad de hasta 22 personas y ocasionalmente ofrecen comida a los monos.

Los registros conductuales se hicieron desde una pequeña lancha de remos, antes de iniciar formalmente el periodo de registro, se visitó a los monos regularmente durante dos semanas tanto para validar el etograma como para que los animales se habituaran a los observadores en la medida de lo posible. A mediados de febrero del 2014 se iniciaron los registros etológicos, para lo cual se utilizó el registro de barrido en intervalos de 15 minutos. Se registraron todas las conductas observadas durante cada intervalos tomando en cuenta el sexo y la identidad del individuo que la realizó. Asimismo, para cada intervalo se contó y registró el número de lanchas y la cantidad de pasajeros a bordo además de anotar si los turistas ofrecieron o no comida a los monos.

**TABLA 1.** Descripción de las categorías conductuales utilizadas para el registro etológico.

Categoría conductual	Descripción
Conductas afiliativas	Acicalamiento entre dos o más individuos. Abrazos. Olfateo pectoral. Conductas de juego.
Conductas agonísticas	Amenazas. Golpes. Mordidas. Persecuciones.
Conductas autodirigidas	Autoacicalamiento. Rascarse.
Desplazamiento	Cambiar de ubicación de maneta súbita a una distancia mayor a dos metros.
Interacción con visitantes humanos	Aproximarse a los visitantes mostrando un interés evidente hacia ellos. Dirigir conductas agresivas físicas o solo de amenaza a los visitantes.
Forrajeo utilizando los recursos de la isla	Buscar alimento y alimentarse de las hojas, flores y frutos provenientes de la vegetación en la isla. Beber agua directamente del lago.
Forrajeo utilizando los alimentos proporcionados por los cuidadores	Alimentarse de las frutas y verduras proporcionadas diariamente por el personal de la universidad veracruzana.
Forrajeo utilizando los recursos proporcionados por los visitantes	Alimentarse de la comida arrojada por los visitantes humanos.
Vocalizaciones	Emitir vocalizaciones bajo cualquier circunstancia.

Los días y horas de registro fueron aleatorizadas en la medida de lo posible, debido a que en ocasiones, a causa de las condiciones climáticas, no era posible seguir el plan de registro al pie de la letra. Se consiguió, sin embargo, un registro uniforme, con 100 horas de registro para las hembras y 100 horas para los machos, distribuidas homogéneamente entre las 9:00 y las 18:30 h, entre febrero y julio del 2014.

Para determinar el efecto de la cantidad de visitantes sobre la conducta de los monos, primero promediamos la frecuencias conductuales por sexo e intervalo. Posteriormente, utilizamos la prueba no paramétrica de Spearman para buscar correlaciones entre el número de lanchas y turistas y las frecuencias conductuales por sexo.

Con el propósito de determinar si la mera presencia de visitantes está relacionada con alguna variación en la conducta de los monos, los intervalos de registro fueron categorizados en: 1) intervalos con presencia humana (n=224) y 2) intervalos sin presencia humana (n=176). Posteriormente se realizó una prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para buscar diferencias entre ambas categorías. Utilizando esta misma prueba, se compararon los intervalos en los que los turistas ofrecieron comida a los monos contra los intervalos en que no lo hicieron.

Adicionalmente, con el fin de estudiar de una manera más inmediata el efecto de la presencia humana sobre la actividad motriz del mono araña, se extrajo de los actímetros los datos de actividad para los mismos días y las mismas horas en que se contaba con información sobre la afluencia de turistas. Así, se realizaron pruebas bivariadas de Spearman para buscar correlaciones entre la cantidad de lanchas y turistas, y la cantidad de actividad en cada intervalo. Finalmente, utilizando la categorización de presencia y ausencia de turistas descrita anteriormente, se analizó mediante una prueba de Wilcoxon la información sobre la actividad para buscar diferencias en la cantidad de actividad entre los intervalos con turistas presentes contra los intervalos en los que no se registró presencia humana.

## RESULTADOS

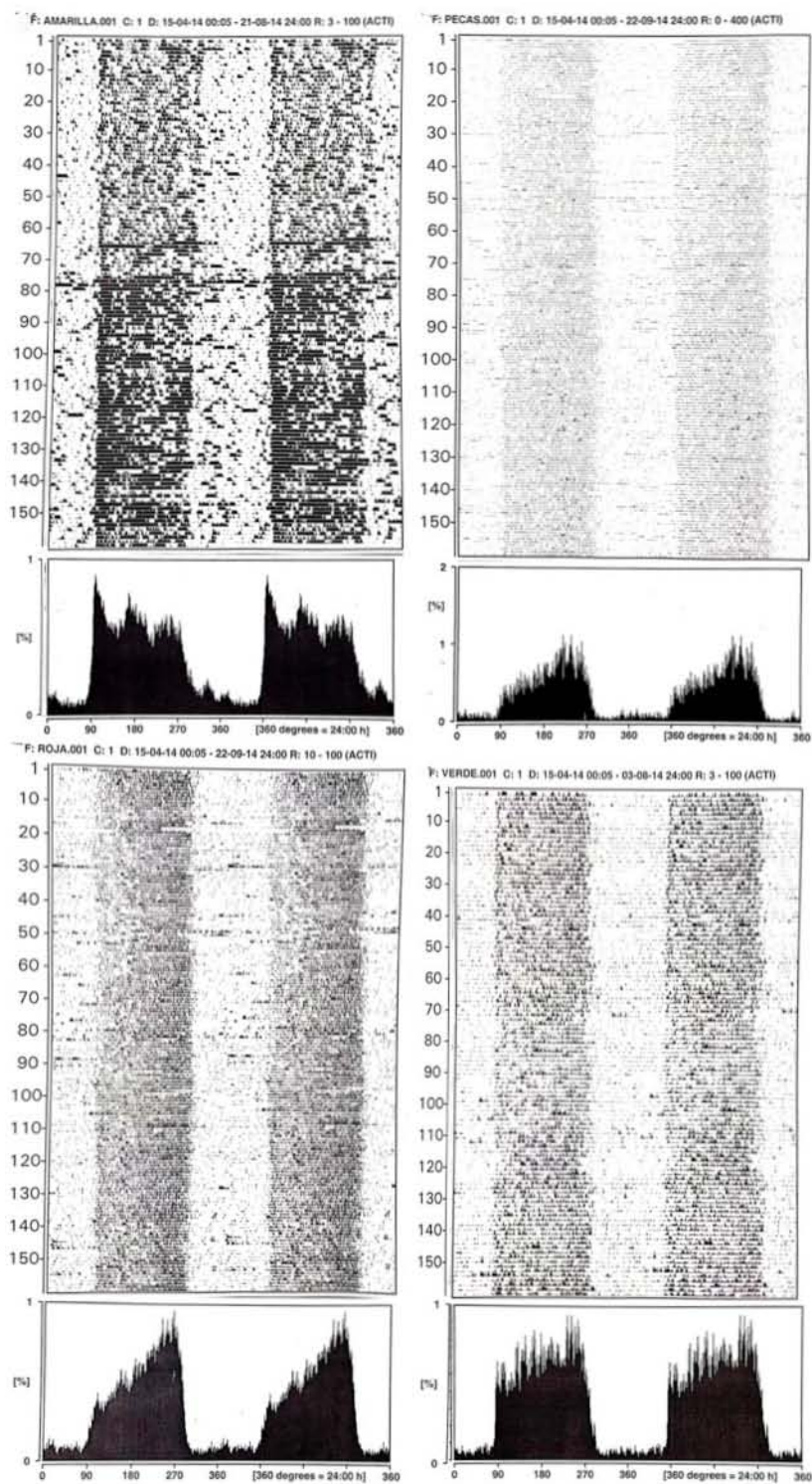
### DESCRIPCIÓN DEL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD DEL MONO ARAÑA EN ISLA TANAXPILLO

Como se muestra en la figura 4, a diferencia de los patrones de actividad reportados previamente, en la isla Tanaxpillo no hay un patrón de actividad bimodal, en las cuatro hembras estudiadas, la actividad es dispersa y exhibe más de dos picos que se presentan a horarios altamente variables a lo largo del registro.

En cuanto a los parámetros que componen el ritmo de reposo-actividad de los monos en la isla, encontramos que el inicio de actividad ocurre a las  $6.09 \pm 0.43$  h, el término a las  $19.42 \pm 0.27$  h,  $\alpha$  tiene una duración promedio de  $13.33 \pm 0.56$  h, el punto más alto de actividad se presenta a las  $13.27 \pm 2.10$  h siendo el parámetro con mayor variación a lo largo del registro. Las diferencias de ángulo de fase mensuales ( $\Psi$  On y  $\Psi$  Off) fueron las siguientes:  $0.70 \pm 0.24$  h y  $1.31 \pm 2.01$  h en marzo, de  $0.68 \pm 0.35$  h y  $1.32 \pm 2.20$  h en abril,  $0.74 \pm 0.29$  h y  $1.33 \pm 2.17$  h en mayo,  $0.69 \pm 0.84$  h y  $1.22 \pm 2.10$  h en junio,  $0.66 \pm 0.09$  h y  $1.27 \pm 2.14$  h en julio,  $0.72 \pm 0.26$  h y  $1.28 \pm 2.19$  h en agosto y  $0.71 \pm 0.18$  h y  $1.33 \pm 2.41$  h en septiembre. La actividad total durante  $\alpha$  fue de  $6958.99 \pm 1938.79$  conteos, mientras que los conteos de actividad durante  $\rho$  fueron de  $3243.36 \pm 629.79$ , la distribución porcentual de actividad durante ambos periodos fue de  $91.80 \pm 2.33$  % durante  $\alpha$  y  $8.19 \pm 2.33$  % durante  $\rho$ .

No fue posible detectar picos de actividad con horarios recurrentes ni en la mañana ni en la tarde. Debido a esta complicación se optó por localizar el punto de actividad más alto cada día de registro y utilizar ese valor como pico de actividad para los análisis posteriores.





**FIGURA 4.** Actogramas e histogramas de las cuatro hembras registradas durante el estudio. Arriba a la izquierda: Amarilla, a la derecha: Pecas. Abajo a la izquierda: Roja, a la derecha: Verde.

## EFFECTO DE FACTORES CLIMATOLÓGICOS Y EI FOTOPERIODO

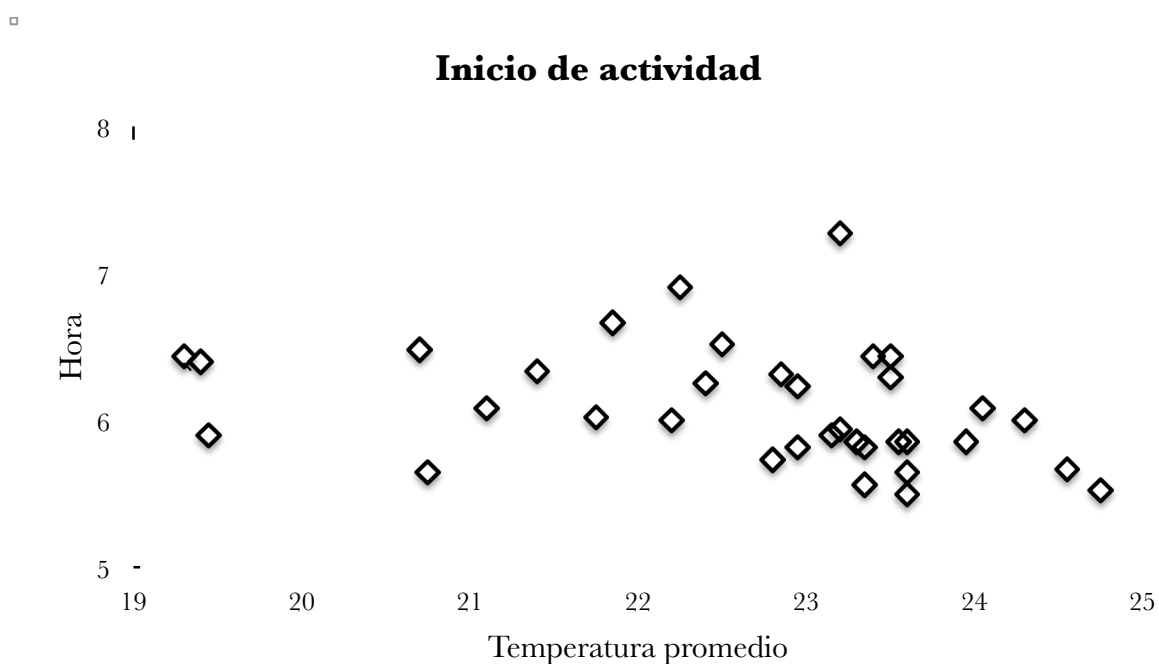
En la tabla 2 se muestran las correlaciones encontradas entre los diferentes parámetros del ritmo de reposo-actividad con las horas de salida y puesta del sol y los parámetros climatológicos. Como se puede observar, la temperatura promedio es el factor que se relaciona de manera significativa con mayor número de parámetros, siendo notorios sus índices de correlación con la hora de inicio de actividad (figura 5),  $\alpha$  (figura 6) y  $\Psi$  On. Le sigue la humedad relativa, que se correlacionó con el término de actividad (figura 7),  $\alpha$  (figura 8) y  $\Psi$  On (Figura 9). La Temperatura máxima por su parte, está asociada al término de actividad (figura 10),  $\alpha$  (figura 11) y  $\Psi$  On (figura 12).

**TABLA 2.** Valores de  $\rho$  y p, resultado de las pruebas de correlación bivarada de Spearman entre factores climatológicos y astronómicos y los parámetros del ritmo de reposo-actividad.

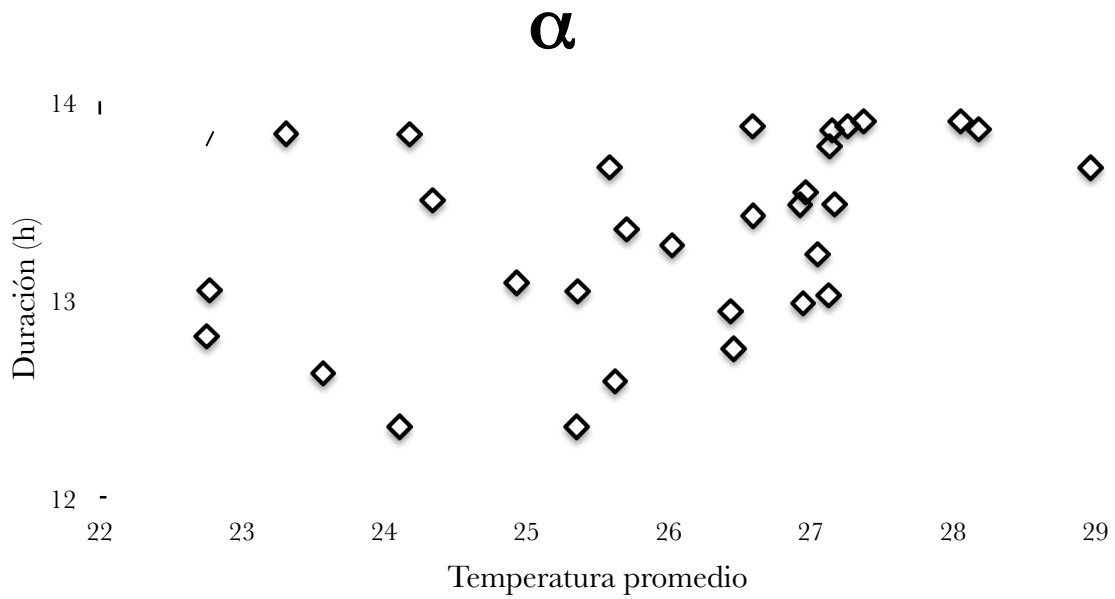
	Velocidad del viento	Temperatura	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Salida del sol	Puesta del sol
Inicio de actividad	-0.231 0.181	-0.606 <0.001**	0.398 0.018*	0.221 0.202	-0.310 0.070	-0.408 0.015*	-0.460 0.005*	-0.056 0.749	0.021 0.904
Término de actividad	0.369 0.029*	0.335 0.049*	-0.479 0.004*	-0.419 0.012*	0.533 0.001**	0.440 0.008	-0.023 0.897	0.316 0.065	-0.231 0.182
Pico de actividad	-0.71 0.687	-0.146 0.402	0.127 0.468	-0.042 0.812	-0.066 0.708	-0.048 0.786	-0.068 0.698	-0.121 0.490	-0.178 0.306
Alfa	0.358 0.035*	0.578 <0.001**	-0.529 0.001**	-0.407 0.015*	0.487 0.003*	0.523 0.001**	0.282 0.100	0.204 0.241	-0.115 0.511
Psi On	-0.408 0.015*	-0.609 <0.001**	0.552 0.001**	0.457 0.006*	-0.396 0.018*	-0.496 0.002*	-0.306 0.074	-0.332 0.052	0.113 0.516
Psi Off	0.144 0.411	0.063 0.719	-0.233 0.179	-0.259 0.134	0.294 0.086	0.161 0.357	-0.072 0.682	0.204 0.250	-0.385 0.022*
Actividad durante Alfa	-0.171 0.325	0.093 0.595	0.152 0.384	0.469 0.004*	0.149 0.392	0.061 0.729	0.023 0.897	0.195 0.161	0.508 0.002
% de actividad durante Alfa	0.236 0.172	0.012 0.945	-0.303 0.077	-0.422 0.012*	0.111 0.526	0.029 0.870	-0.045 0.796	0.249 0.149	0.532 0.001**
actividad durante Rho	-0.058 0.740	0.217 0.212	-0.020 0.908	0.210 0.226	0.089 0.611	0.223 0.198	0.095 0.587	0.065 0.710	0.495 0.002*
% de Actividad Durante Rho	-0.236 0.172	-0.012 0.945	0.303 0.077	0.422 0.012*	-0.111 0.526	-0.029 0.870	0.045 0.796	-0.249 0.149	0.341 0.045*
Actividad total	-0.088 0.614	0.241 0.162	0.052 0.765	0.346 0.042*	0.133 0.446	0.196 0.258	0.183 0.293	0.169 0.331	-0.197 0.256

Otros factores como la precipitación, la velocidad del viento y la temperatura mostraron valores de correlación menos significativos. Las horas de salida y puesta del sol, por su parte, no se correlacionaron con las horas de inicio y término de actividad como cabía esperar, sin embargo la última mostró una fuerte correlación con el porcentaje de actividad durante  $\alpha$  y la cantidad de actividad durante  $\rho$ .

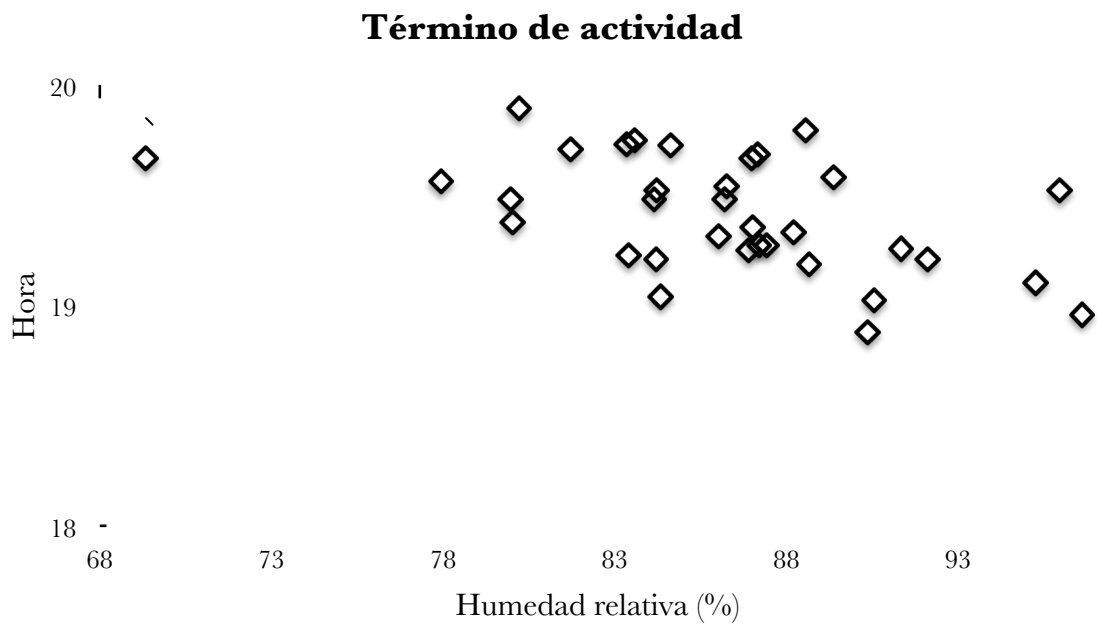
El altamente variable pico de actividad no mostró correlación con ninguno de los factores analizados, mientras que la diferencia de ángulo de fase  $\Psi$  Off, el porcentaje de actividad durante  $\rho$  y la actividad total, mostraron algunos índices de correlación muy bajos.



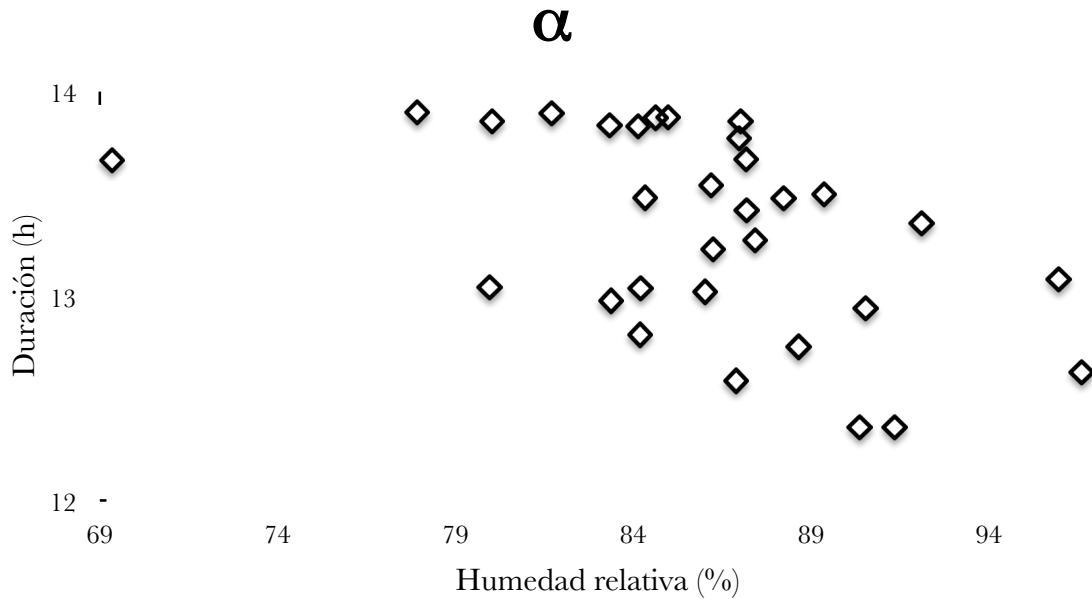
**FIGURA 5.** Correlación entre la hora de inicio de actividad promediada de las cuatro hembras y la temperatura media.



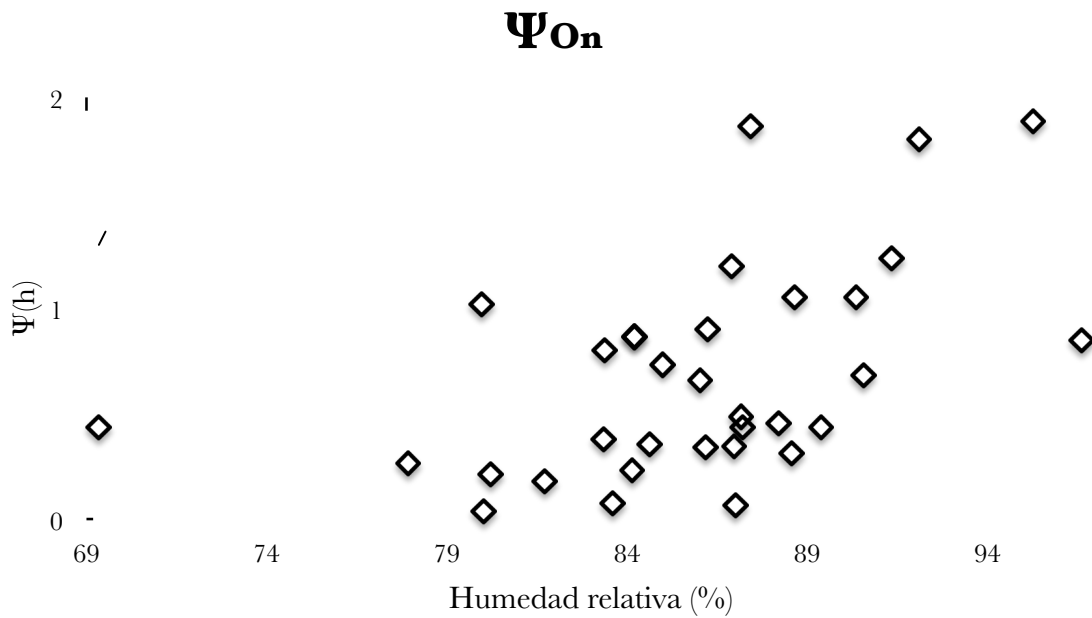
**FIGURA 6.** Correlación entre  $\alpha$  promediada de las cuatro hembras y la temperatura promedio



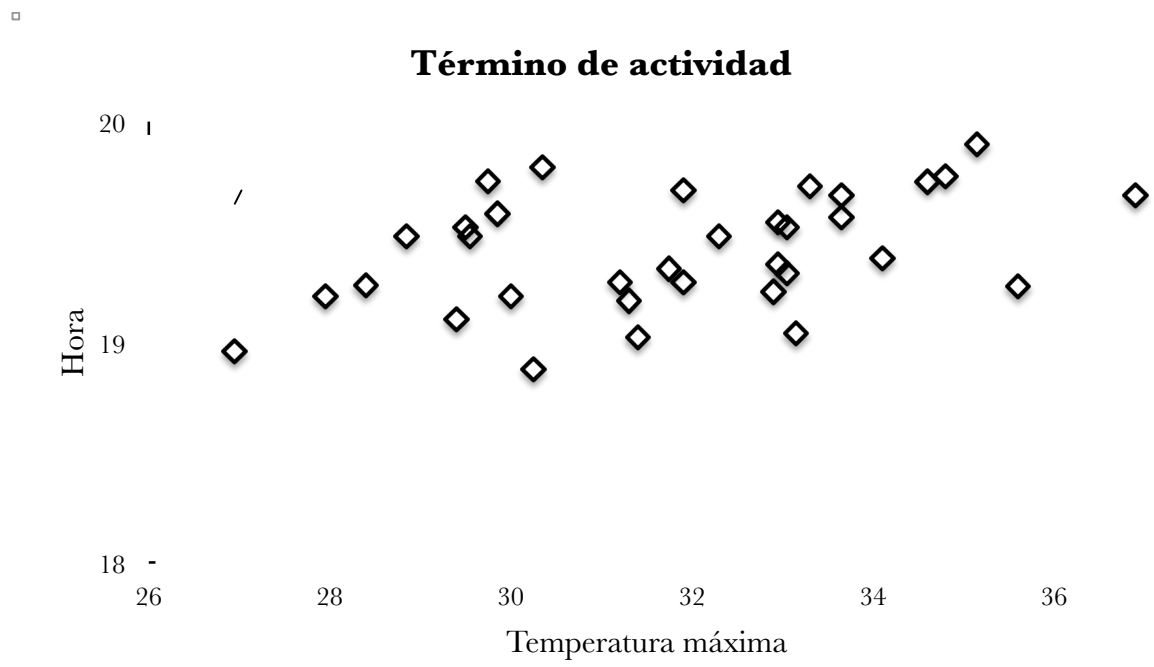
**FIGURA 7.** Correlación entre la hora de término de actividad promediada de las cuatro hembras y humedad relativa



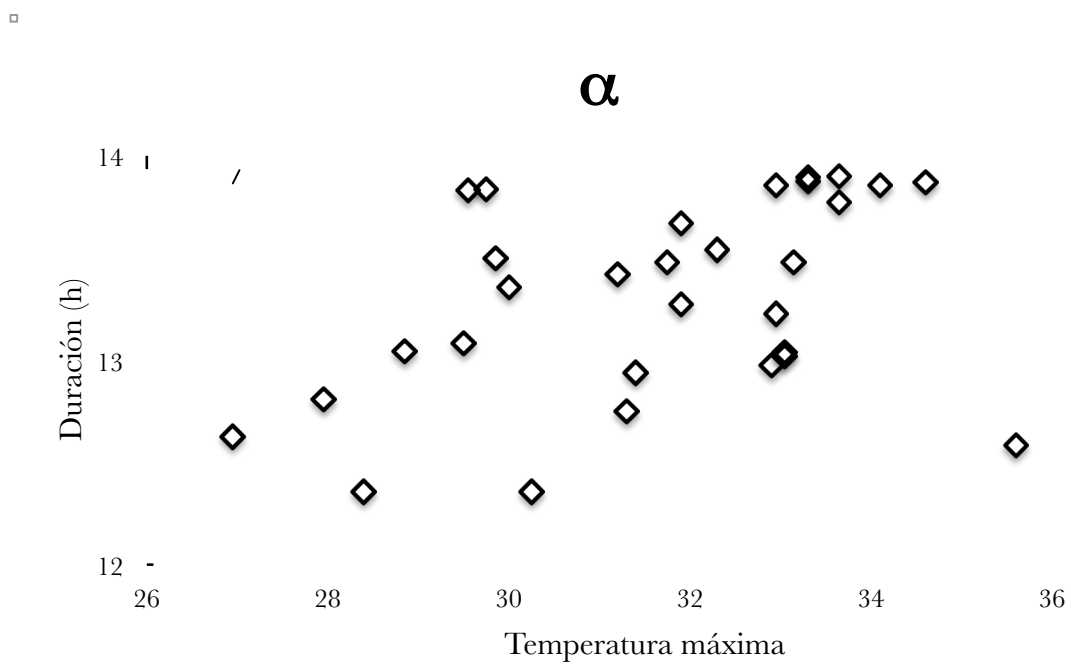
**FIGURA 8.** Correlación entre  $\alpha$  promediada de las cuatro hembras y humedad relativa



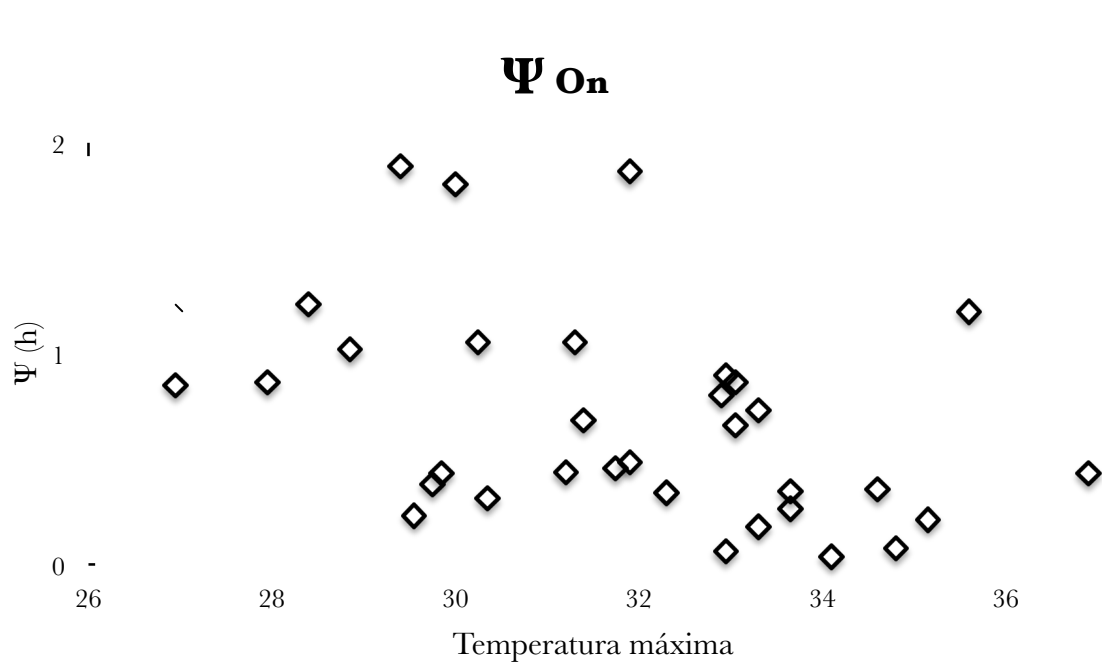
**FIGURA 9.** Correlación entre  $\Psi_{On}$  promediada de las cuatro hembras y humedad relativa.



**FIGURA 10.** Correlación entre término de actividad promediado de las cuatro hembras y temperatura máxima.



**FIGURA 11.** Correlación entre  $\alpha$  promediada de las cuatro hembras y temperatura máxima.



**FIGURA 12.** Correlación entre  $\Psi$  On promediada de las cuatro hembras y temperatura máxima.

#### EFFECTO DE LA PRESENCIA HUMANA EN EL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD

A continuación se muestran de manera individual (Tablas 3 a 6) y en promedio (Tabla 7) los valores promedio con su respectiva desviación estándar y los valores de P de las pruebas de Mann Whitney, resultantes de comparar los parámetros del ritmo de reposo-actividad entre semana contra fines de semana.

Los resultados corroboran el supuesto de que, en comparación con los días entre semana, los fines de semana hubo una cantidad significativamente mayor de lanchas turísticas visitando la isla. A excepción de la actividad durante  $\rho$  en Amarilla (Figura 13) y la actividad durante  $\alpha$  en Roja (Figura 14), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros del ritmo de reposo-actividad, ni de manera individual, ni en el promedio de las cuatro hembras.

**TABLA 3.** Valores de p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Amarilla.

Parámetro	Entre Semana	Fin de Semana	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	2.7 ± 1.19	8.16 ± 2.54	0.011	*
Inicio de Actividad	5.75 ± 0.42	5.72 ± 0.41	0.794	-
Término de Actividad	20.20 ± 1.06	19.67 ± 0.95	0.149	-
Alfa	14.44 ± 1.10	13.94 ± 0.97	0.422	-
Pico de Actividad	12.29 ± 4.34	12.80 ± 4.81	0.502	-
Psi Inicio de Actividad	0.21 ± 0.44	0.19 + 0.45	0.454	-
Psi Término de Actividad	1.68 ± 1.10	1.14 ± 0.98	0.149	-
Actividad durante Alfa	15376.66 ± 6663.01	17569.11 ± 7533.47	0.649	-
Actividad durante Rho	1903.64 ± 1272.03	1990.29 ± 1086.57	0.016	*
% de Actividad durante Alfa	90.20 ± 4.35	89.49 ± 3.44	0.165	-
% de Actividad durante Rho	9.8 ± 4.35	10.50 ± 3.44	0.502	-
Actividad Total Durante el Día	26602.82 ± 9925.61	24922.13 ± 8220.57	0.319	-



**TABLA 4.** Valores de p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Pecas.

Parámetro	Entre Semana	Fines de Semana	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	2.7 ± 1.19	8.16 ± 2.54	0.01	*
Inicio de Actividad	6.27 ± 0.84	6.40 ± 0.71	0.43	-
Término de Actividad	18.87 ± 0.51	18.94 ± 0.41	0.47	-
Alfa	12.60 ± 1.01	12.54 ± 0.94	0.86	-
Pico de Actividad	13.66 ± 3.13	12.86 ± 3.52	0.84	-
Psi Inicio de Actividad	0.69 ± 0.83	0.82 ± 0.66	0.61	-
Psi Término de Actividad	0.42 ± 0.56	0.49 ± 0.41	0.32	-
Actividad durante Alfa	1675.88 ± 711	2047.89 ± 803	0.58	-
Actividad durante Rho	142.95 ± 113.16	168.93 ± 145.25	0.91	-
% de Actividad durante Alfa	92.28 ± 4.95	92.71 ± 5.86	0.16	-
% de Actividad durante Rho	7.71 ± 4.95	7.28 ± 5.86	0.99	-
Actividad Total Durante el Día	1818.84 ± 763.11	2216.82 ± 864.65	0.57	-

**TABLA 5.** Valores de p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Roja.

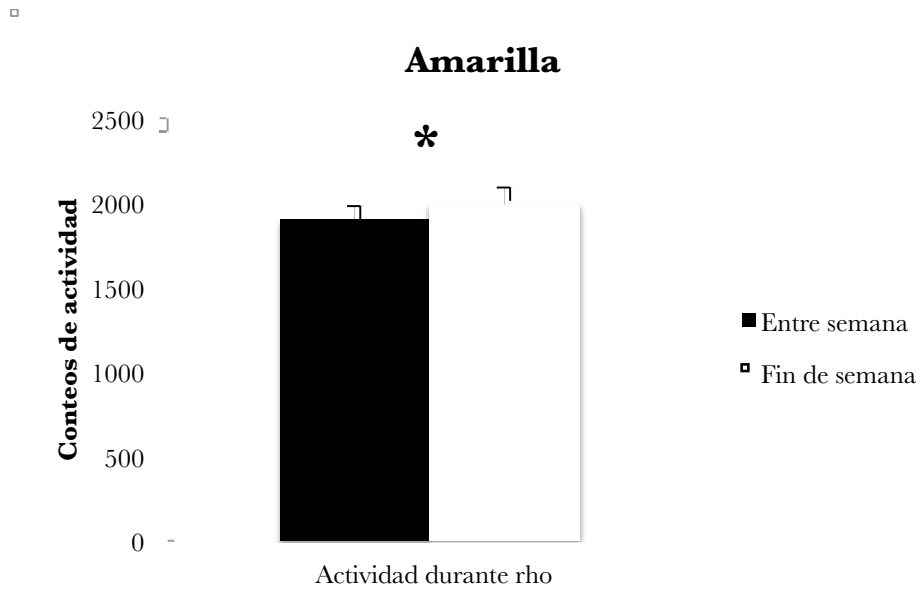
Parámetro	Entre Semana	Fines de Semana	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	2.7 ± 1.19	8.16 ± 2.54	0.011	*
Inicio de Actividad	19.72 ± 0.65	6.39 ± 0.48	0.63	-
Término de Actividad	19.72 ± 0.65	19.71 ± 0.43	0.60	-
Alfa	13.33 ± 0.69	13.32 ± 0.71	0.72	-
Pico de Actividad	15.37 ± 3.024	15.27 ± 2.94	0.52	-
Psi Inicio de Actividad	0.80 ± 0.35	0.82 ± 0.46	0.89	-
Psi Término de Actividad	1.27 ± 0.69	1.26 ± 0.51	0.60	-
Actividad durante Alfa	5508.97 ± 971.30	5980.63 ± 1596.47	< 0.001	**
Actividad durante Rho	629.82 ± 408.87	914.84 ± 1595.30	0.77	-
% de Actividad durante Alfa	90.65 ± 3.96	90.67 ± 6.21	0.74	-
% de Actividad durante Rho	9.34 ± 3.96	9.32 ± 6.21	0.11	-
Actividad Total Durante el Día	6138.79 ± 948.31	6895.47 ± 1101.70	0.95	-

**TABLA 6.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Verde.

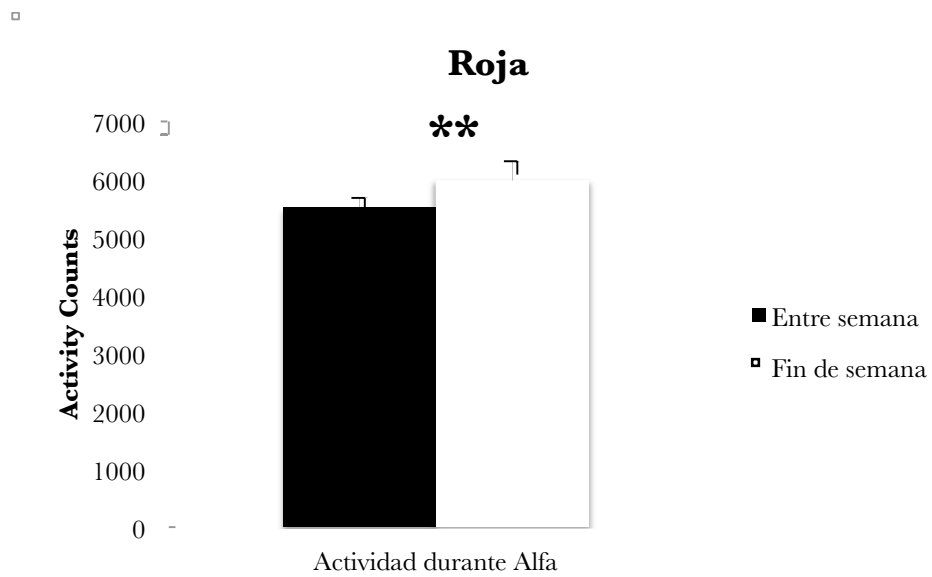
Parámetro	Entre Semana	Fines de Semana	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	2.7 ± 1.19	8.16 ± 2.54	0.011	*
Inicio de Actividad	6.08 ± 0.83	6.125 ± 0.64	0.28	-
Término de Actividad	18.97 ± 0.56	19.02 ± 0.58	0.92	-
Alfa	12.89 ± 1.07	12.90 ± 1.04	0.68	-
Pico de Actividad	12.19 ± 3.12	11.46 ± 3.87	0.74	-
Psi Inicio de Actividad	0.58 ± 0.87	0.62 ± 0.66	0.28	-
Psi Término de Actividad	0.44 ± 0.55	0.47 ± 0.58	0.89	-
Actividad durante Alfa	4740.30 ± 1158.14	5014.96 ± 1043.12	0.56	-
Actividad durante Rho	366.95 ± 152.40	399.59 ± 156.81	0.19	-
% de Actividad durante Alfa	92.58 ± 3.42	92.46 ± 2.92	0.96	-
% de Actividad durante Rho	7.41 ± 3.42	7.53 ± 2.92	0.19	-
Actividad Total Durante el Día	5107.26 ± 1185.41	5414.56 ± 1057.80	0.87	-

**TABLA 7.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad del promedio de las cuatro hembras.

Parámetro	Entre Semana	Fin de Semana	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	2.7 ± 1.19	8.16 ± 2.54	0.011	*
Inicio de Actividad	6.089 ± 0.43	6.09 ± 0.37	0.16	-
Término de Actividad	19.47 ± 0.31	19.38 ± 0.24	0.93	-
Alfa	13.38 ± 0.31	13.29 ± 0.52	0.23	-
Pico de Actividad	13.58 ± 1.68	12.96 ± 2.52	0.44	-
Psi Inicio de Actividad	0.59 ± 0.45	0.85 ± 0.69	0.75	-
Psi Término de Actividad	0.92 ± 0.37	1.70 ± 1.85	0.65	-
Actividad durante Alfa	6367.43 ± 1774.45	7550.55 ± 2103.13	0.56	-
Actividad durante Rho	4143.64 ± 1514.04	2352.09 ± 6299.53	0.15	-
% de Actividad durante Alfa	91.98 ± 2.45	91.63 ± 2.21	0.28	-
% de Actividad durante Rho	8.01 ± 2.45	8.36 ± 2.21	0.46	-
Actividad Total Durante el Día	10502.07 ± 16016.99	9902.65 ± 6102.97	0.27	-

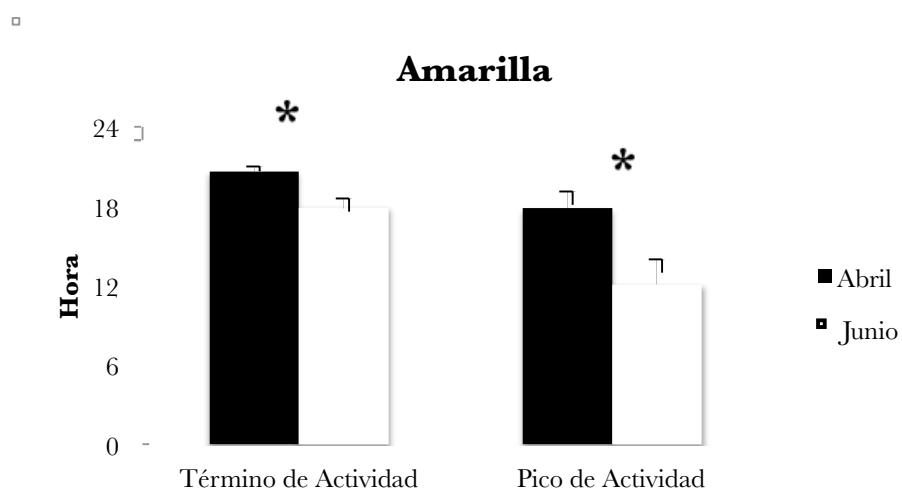


**FIGURA 13.** Diferencias en la actividad durante  $\rho$  de Amarilla al comparar los fines de semana contra los días entre semana. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $*p \leq 0.05$



**FIGURA 14.** Diferencias en la actividad durante  $\alpha$  de Roja al compara los fines de semana contra los días entre semana. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $**p \leq 0.001$ .

Por otra parte, al comparar los periodos de mayor y menor afluencia turística (de abril 12 a abril 16 con  $25.6 \pm 21.82$  lanchas por hora y de junio 16 a junio 30 con  $2.10 \pm 1.93$  lanchas por hora) se encontraron diferencias significativas en la hora de término de actividad, el pico de actividad (Figura 15) y la actividad durante  $\alpha$  (Figura 16) para Amarilla; en la actividad durante  $\rho$  y la actividad total para Pecas (Figura 17); en la actividad total para Roja (Figura 18); y en la hora de término de actividad,  $\alpha$ ,  $\Psi$  On (Figura 19), y los porcentajes de actividad durante  $\alpha$  y  $\rho$  (Figura 20) para verde. Al comparar los resultados del promedio de las cuatro hembras se encontraron diferencias únicamente en la actividad durante  $\rho$  (Figura 21). Los resultados completos de todas las hembras y del promedio se muestran en las tablas 8, 9, 10, 11 y 12.



**FIGURA 15.** Diferencias en la hora de término de actividad y pico de actividad de Amarilla al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $*p \leq 0.05$ .

**TABLA 8.** Valores de p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Amarilla

Parámetro	Abril 12 – 26 (Periodo vacacional)	Junio 16 -30 (Periodo con la menor afluencia turística)	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	25.60 ± 21.82	2.10 ± 1.93	<0.001	**
Inicio de Actividad	5.83 ± 0.17	4.92 ± 0.17	0.27	-
Término de Actividad	20.62 ± 1.08	20.46 ± 2.11	0.01	*
Alfa	14.78 ± 1.13	15.55 ± 3.78	0.27	-
Pico de Actividad	17.84 ± 3.57	12.03 ± 5.50	0.02	*
Psi Inicio de Actividad	0.004 ± 0.03	0.53 ± 2.02	0.95	-
Psi Término de Actividad	2.23 ± 1.09	1.64 ± 2.26	0.32	-
Actividad durante Alfa	11469 ± 1488.08	24651.56 ± 7577.28	0.01	*
Actividad durante Rho	1598.53 ± 1186.75	1874.87 ± 1422.18	0.87	-
% de Actividad durante Alfa	88.23 ± 7.32	92.08 ± 5.88	0.87	-
% de Actividad durante Rho	11.76 ± 7.32	7.91 ± 5.88	0.32	-
Actividad Total Durante el Día	13067.43 ± 1886.05	26526.05 ± 6878.26	0.83	-

**TABLA 9.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Pecas.

Parámetro	Abril 12 – 27 (Periodo vacacional)	Junio 16 -30 (Periodo con la menor afluencia turística)	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	25.60 ± 21.82	2.10 ± 1.93	<0.001	**
Inicio de Actividad	6.19 ± 0.44	6.17 ± 0.92	0.44	-
Término de Actividad	18.78 ± 0.37	18.93 ± 0.31	0.72	-
Alfa	12.58 ± 0.64	12.76 ± 1.12	0.79	-
Pico de Actividad	14.12 ± 3.13	12.71 ± 4.85	0.72	-
Psi Inicio de Actividad	0.36 ± 0.53	0.72 ± 0.91	1.00	-
Psi Término de Actividad	0.39 ± 0.38	0.11 ± 0.41	0.16	-
Actividad durante Alfa	1029.81 ± 139.85	1774.75 ± 647.61	0.44	-
Actividad durante Rho	978.53 ± 132.55	150 ± 88.57	<0.001	**
% de Actividad durante Alfa	95.77 ± 3.04	91.60 ± 5.78	0.13	-
% de Actividad durante Rho	4.22 ± 3.04	8.09 ± 5.78	0.13	-
Actividad Total Durante el Día	1074.31 ± 33.56	1924.75 ± 637.73	0.01	*



**TABLA 10.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Roja.

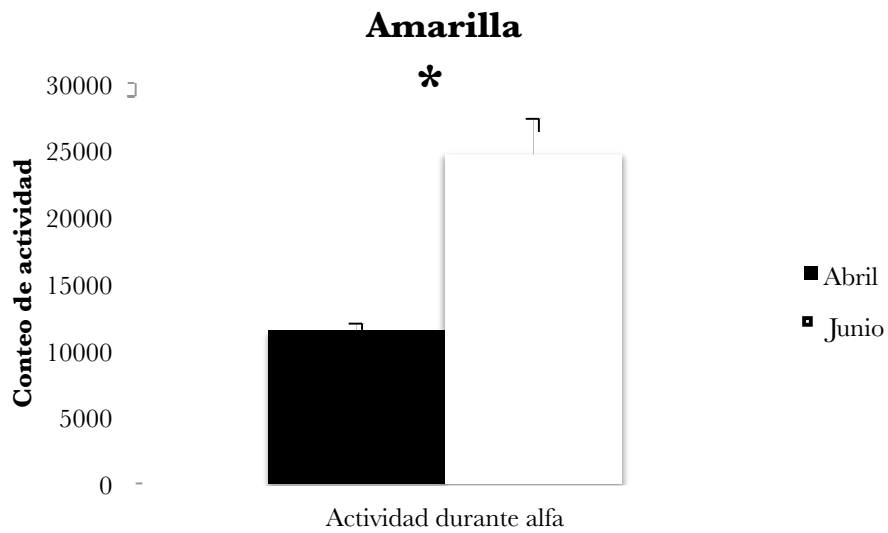
Parámetro	Abril 12 – 27 (Periodo vacacional)	Junio 16 -30 (Periodo con la menor afluencia turística)	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	25.60 ± 21.82	2.10 ± 1.93	<0.001	**
Inicio de Actividad	6.06 ± 0.79	6.52 ± 0.27	0.08	-
Término de Actividad	19.54 ± 0.33	19.71 ± 0.22	0.72	-
Alfa	13.47 ± 0.96	13.19 ± 0.42	0.50	-
Pico de Actividad	14.93 ± 3.04	14.26 ± 3.16	0.72	-
Psi Inicio de Actividad	0.23 ± 0.90	1.06 ± 0.26	0.87	-
Psi Término de Actividad	1.15 ± 0.33	0.89 ± 0.34	0.95	-
Actividad durante Alfa	6221.87 ± 1083.27	5557.81 ± 542.69	0.57	-
Actividad durante Rho	431 ± 58.92	593.37 ± 281.93	0.44	-
% de Actividad durante Alfa	93.42 ± 1.12	89.79 ± 4.88	0.87	-
% de Actividad durante Rho	6.57 ± 1.12	10.21 ± 4.88	0.06	-
Actividad Total Durante el Día	6652.87 ± 1107.27	6151.18 ± 418.23	0.03	*

**TABLA 11.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad de Verde.

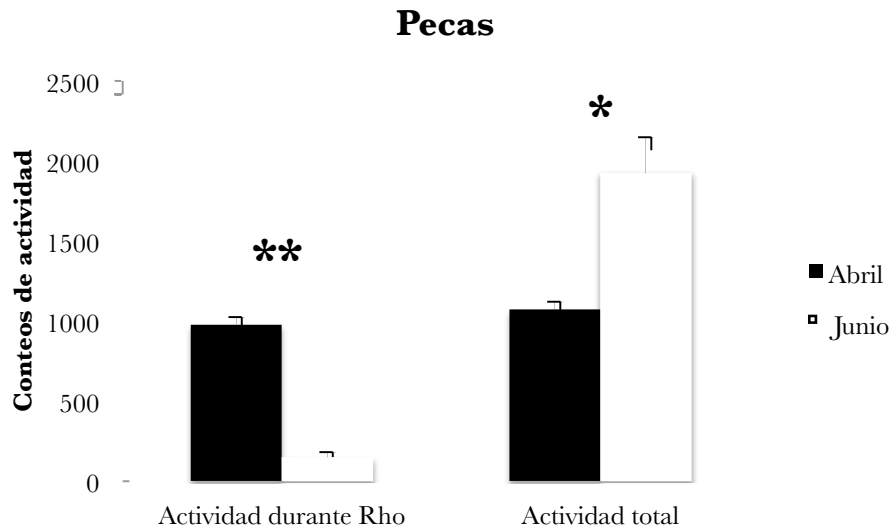
Parámetro	Abril 12 – 27 (Periodo vacacional)	Junio 16 -30 (Periodo con la menor afluencia turística)	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	25.60 ± 21.82	2.10 ± 1.93	<0.001	**
Inicio de Actividad	5.61 ± 0.07	5.87 ± 0.52	0.16	-
Término de Actividad	18.80 ± 0.52	19.15 ± 0.23	0.03	*
Alfa	13.18 ± 0.53	13.27 ± 0.66	0.64	*
Pico de Actividad	8.01 ± 2.78	12.75 ± 3.16	0.2	-
Psi Inicio de Actividad	0.21 ± 0.19	0.42 ± 0.52	0.005	*
Psi Término de Actividad	0.41 ± 0.52	0.33 ± 0.21	0.32	-
Actividad durante Alfa	5750.68 ± 565.51	3861.62 ± 971.52	0.27	-
Actividad durante Rho	323.56 ± 162.44	360.18 ± 169.04	0.87	-
% de Actividad durante Alfa	94.72 ± 2.30	91.67 ± 2.63	0.02	*
% de Actividad durante Rho	5.27 ± 2.30	8.32 ± 2.63	0.02	*
Actividad Total Durante el Día	6074.25 ± 638.42	4221.81 ± 1098.53	1.00	-

**TABLA 12.** Valores p y significancia, resultado de la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros del ritmo de reposo-actividad del promedio de las cuatro hembras.

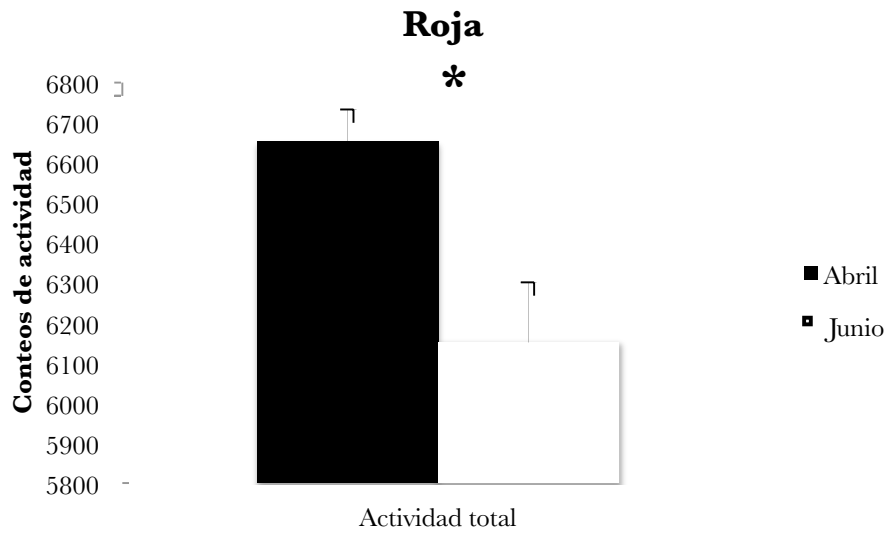
Parámetro	Abril 12 – 27 (Periodo vacacional)	Junio 16 -30 (Periodo con la menor afluencia turística)	U de Mann-Whitney, valor de p	significancia
Lanchas por Hora	25.60 ± 21.82	2.10 ± 1.93	<0.001	**
Inicio de Actividad	5.92 ± 0.20	5.87 ± 0.64	0.57	-
Término de Actividad	19.43 ± 0.39	19.57 ± 0.51	0.44	-
Alfa	13.18 ± 0.58	13.69 ± 1.00	0.27	-
Pico de Actividad	13.73 ± 2.08	12.93 ± 2.02	0.95	-
Psi Inicio de Actividad	0.09 ± 0.35	0.41 ± 0.63	0.19	-
Psi Término de Actividad	1.05 ± 0.39	0.69 ± 0.56	1.00	-
Actividad durante Alfa	6117.84 ± 589.27	8961.43 ± 1765.02	1.00	-
Actividad durante Rho	641.49 ± 116.90	744.60 ± 431.53	0.003	*
% de Actividad durante Alfa	93.04 ± 2.39	91.28 ± 3.72	0.38	-
% de Actividad durante Rho	6.95 ± 2.39	8.71 ± 3.72	0.44	-
Actividad Total Durante el Día	6717.21 ± 696.40	9706.04 ± 1630.18	0.27	-



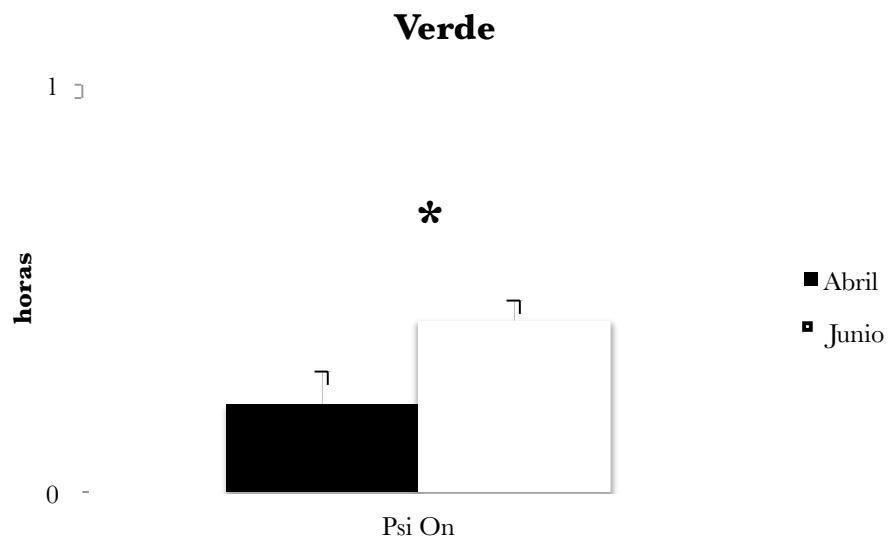
**FIGURA 16.** Diferencias en la cantidad de actividad durante  $\alpha$  de Amarilla al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney: \* $p \leq 0.05$ .



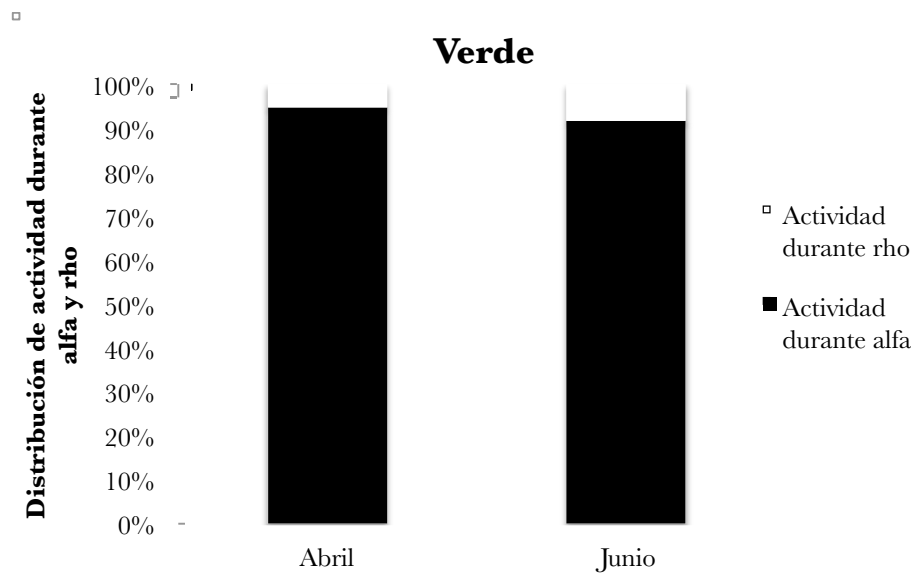
**FIGURA 17.** Diferencias en actividad durante  $\rho$  y la actividad total de Pecas al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney: \*\* $p \leq 0.001$ , \* $p \leq 0.05$ .



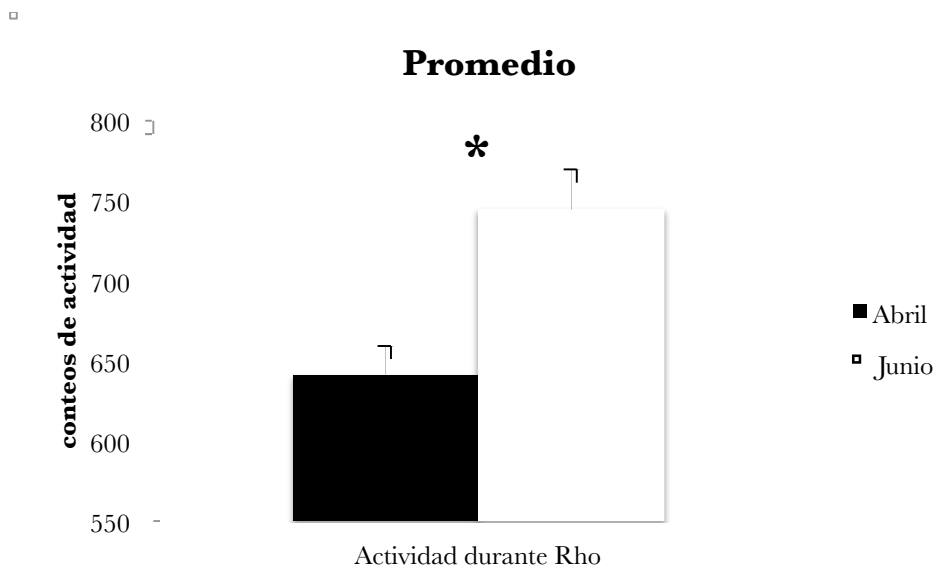
**FIGURA 18.** Diferencias en la actividad total de Roja al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $*p \leq 0.05$ .



**FIGURA 19.** Diferencia en  $\Psi$  On de Verde al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $*p \leq 0.05$ .



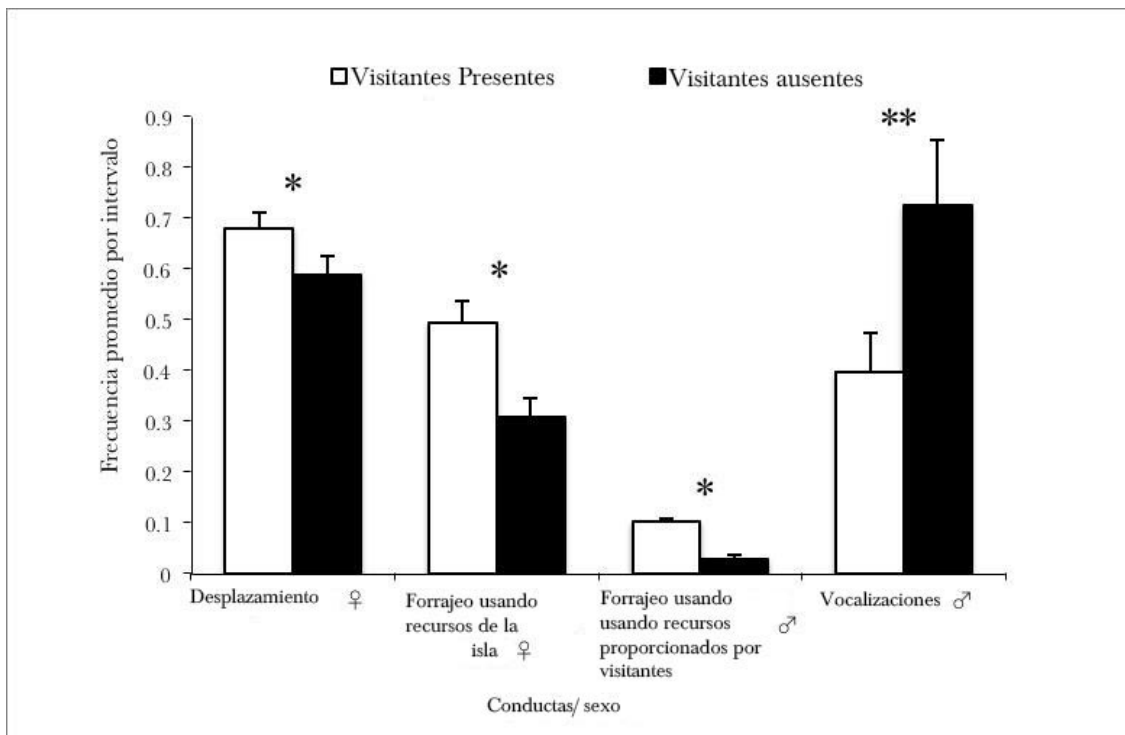
**FIGURA 20.** Diferencias en la distribución porcentual de actividad entre  $\alpha$  y  $\rho$  de Verde al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística.



**FIGURA 21.** Diferencias en actividad durante  $\rho$  promedio al comparar los periodos con mayor y menor afluencia turística. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de U de Mann-Whitney:  $*p \leq 0.05$ .

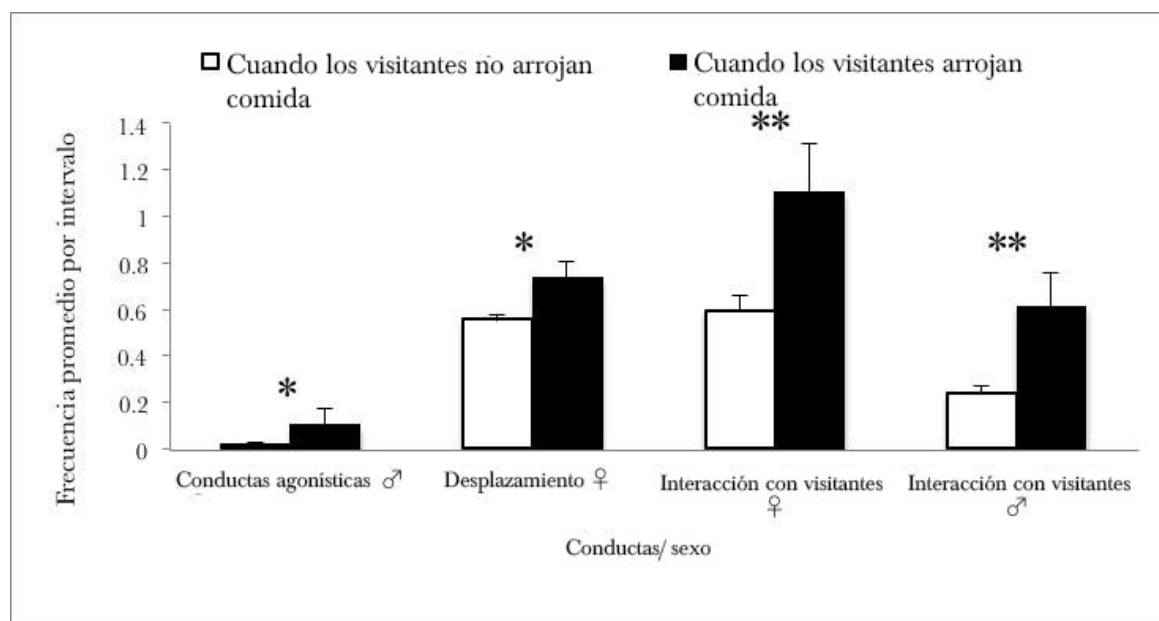
## EFFECTO DE LA PRESENCIA HUMANA EN LA CONDUCTA DEL MONO ARAÑA

Como se muestra en la tabla 13, la afluencia de turistas se correlacionó significativamente con las conductas autodirigidas y las vocalizaciones en machos, así como con las conductas de forrajeo utilizando recursos de la isla en hembras. También se encontró correlación con las interacciones con humanos para ambos sexos. En los casos en que encontramos correlación entre alguna conducta y la cantidad de turistas, la misma correlación se encontró con el número de lanchas. Con respecto a la presencia humana, encontramos que en los intervalos con presencia de visitantes, las frecuencias de las conductas de desplazamiento ( $Z = -2.385$ ,  $p = 0.017$ ) y forrajeo usando los recursos de la isla ( $Z = -2.385$ ,  $p = 0.017$ ) son mayores en las hembras; mientras que en los machos hay un incremento en las conductas de forrajeo usando los recursos proporcionados por los turistas ( $Z = -2.691$ ,  $p = 0.007$ ), así como un decremento en las vocalizaciones ( $Z = -3.201$ ,  $p = 0.001$ ) (Figura 22).



**FIGURA 22.** Diferencias significativas entre las frecuencias conductuales promedio con respecto a la presencia y ausencia de visitantes. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de Wilcoxon: \*\* $p \leq 0.001$ , \* $p \leq 0.05$ .

En cuanto a los efectos causados por el alimento que los turistas ofrecen a los monos, los resultados indican que los machos presentan una mayor frecuencia de conductas agonísticas ( $Z = -2.861$   $p=0.004$ ) y las hembras mayor desplazamiento ( $Z = -2.680$   $p=0.007$ ) cuando los turistas ofrecen alimento a los monos, asimismo, las interacciones con humanos son más frecuentes en ambos sexos cuando hay alimento de por medio (Figura 23).



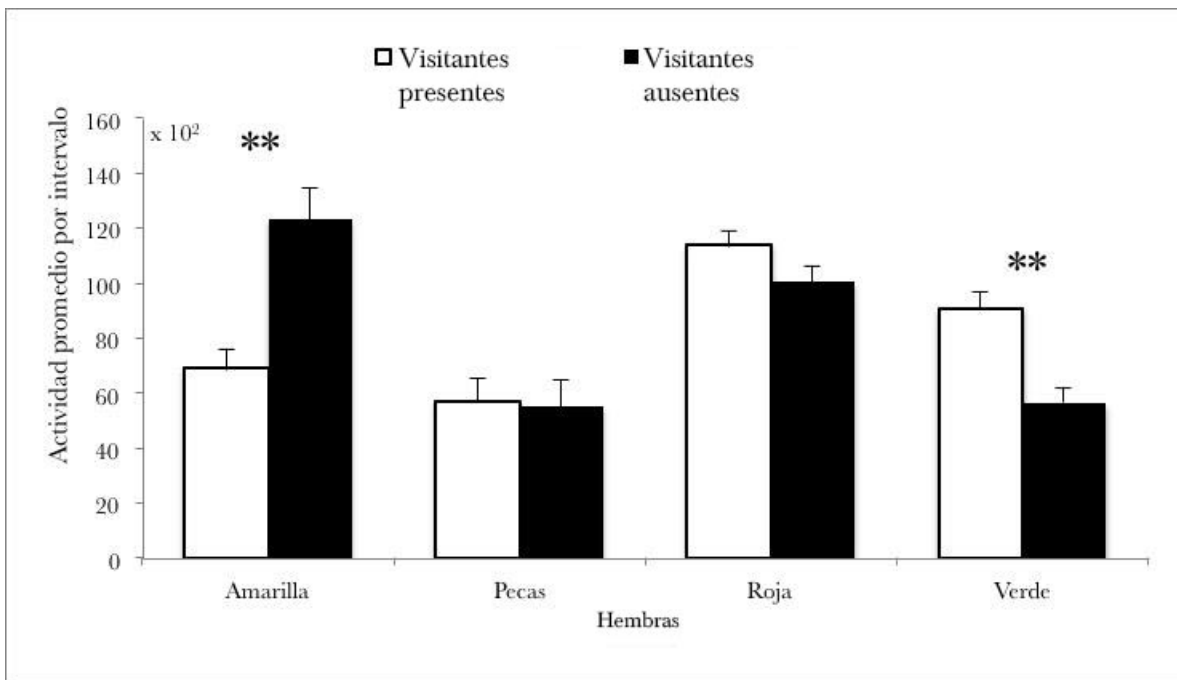
**FIGURA 23.** Diferencias significativas entre las frecuencias conductuales promedio con respecto a los intervalos en que los visitantes ofrecieron comida a los monos. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de Wilcoxon: \*\* $p \leq 0.001$ , \* $p \leq 0.05$ .

Por otra parte, como se muestra en la tabla 14, los niveles de actividad y la cantidad de turistas muestran correlación significativa en dos de las cuatro hembras. Dichas correlaciones fueron negativa en Amarilla y positiva en Verde. Además, de acuerdo con la prueba de Wilcoxon, en los intervalos con presencia de turistas Amarilla presenta menor actividad ( $Z = -4.765$ ,  $p < 0.001$ ) mientras que Verde se muestra más activa ( $Z = -4.987$ ,  $p < 0.001$ ) (Figura 24).



**Tabla 13.** Sumario de valores de  $\rho$  y p, resultados de la prueba de Spearman al comparar las conductas por sexo con la cantidad de lanchas y turistas

Conductas	Sexo		Lanchas	Número de turistas
Conductas afiliativas	♀	rho	0.037	0.03
		p	0.461	0.541
	♂	rho	-0.093	-0.096
		p	0.061	0.054
Conductas agonísticas	♀	rho	0.05	0.076
		p	0.311	0.129
	♂	rho	-0.002	0.017
		p	0.968	0.729
Conductas autodirigidas	♀	rho	0.017	0.001
		p	0.73	0.981
	♂	rho	-0.139	-0.129
		p	0.005*	0.009*
Desplazamiento	♀	rho	0.086	0.096
		p	0.085	0.054
	♂	rho	-0.025	-0.002
		p	-0.611	0.973
Interacción con humanos	♀	rho	0.532	0.53
		p	<0.001**	<0.001**
	♂	rho	0.301	0.3
		p	<0.001**	<0.001**
Forrajeo usando recursos de la isla	♀	rho	0.2	0.197
		p	<0.001**	<0.001**
	♂	rho	-0.005	0.01
		p	0.925	0.839
Forrajeo usando recursos proporcionados por los cuidadores	♀	rho	0.021	0.016
		p	0.674	0.472
	♂	rho	0.002	0.011
		p	0.965	0.832
Forrajeo usando recursos proporcionados por los turistas	♀	rho	0.229	0.247
		p	<0.001**	<0.001**
	♂	rho	0.126	0.162
		p	0.011*	0.001**
Vocalizaciones	♀	rho	-0.09	-0.095
		p	0.071	0.055
	♂	rho	-0.207	-0.202
		p	<0.001**	<0.001**



**Figura 24.** Diferencias en la actividad de cada hembra promediada por intervalos de 15 minutos, con respecto a la presencia de visitantes. Los asteriscos marcan los niveles de significancia de acuerdo a la prueba de Wilcoxon: \*\* $p \leq 0.001$ .

**Tabla 14,** Sumario de valores de  $\rho$  y  $p$ , resultados de la prueba de Spearman al comparar las actividad de cada mona con la cantidad de lanchas y turistas.

Hembra		Lanchas	Número de turistas
Amarilla	rho	-0.324	-0.322
	p	<0.001**	<0.001**
Pecas	rho	0.033	0.026
	p	0.311	0.129
Roja	rho	0.99	0.083
	p	0.076	0.138
Verde	rho	0.336	0.334
	p	<0.001**	<0.001**

## DISCUSIÓN

### PARTICULARIDADES DEL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD DE *Ateles geoffroyi* EN LA ISLA TANAXPILLO

A diferencia de lo reportado en estudios anteriores sobre el ritmo de reposo-actividad del mono araña (Muñoz-Delgado et al., 2004; 2005; 2014), en la Isla Tanaxpillo no encontramos un patrón de actividad bimodal, lo cual podría representar el efecto más notable que tienen tanto las condiciones de la isla como la presencia humana sobre el patrón de actividad de *A. geoffroyi*.

Como se muestra en los actogramas (figura 4), las horas de inicio y término de actividad ocurren más o menos a la misma hora durante todo el periodo de registro, siendo similares entre las cuatro hembras. Esto podría ser un indicio del efecto que ejercen las interacciones sociales en ciertos parámetros del ritmo de reposo-actividad, como ya ha sido reportado en otras especies de primates (Erkert et al., 1986; Yellin y Hauty, 1971; Rohles y Osbaldiston, 1969). Por otra parte, encontramos notables diferencias en el patrón de actividad de cada hembra; mientras amarilla parece concentrar la mayor parte de su actividad en la mañana, las tres hembras restantes muestran mayor actividad al final del día. Asimismo la distribución general de la actividad a lo largo del día es distinta en cada mona. Estas peculiaridades podrían estar relacionadas con variables intrínsecas de cada individuo, como la edad (Melo et al., 2010) que a su vez influyen la manera en que cada individuo responde a cambios en el ambiente. Así, sirviendo como evidencia los datos aquí presentados, se plantea la necesidad de prestar más atención a las diferencias individuales en este tipo de estudios, que podrían indicar la existencia de distintos cronotipos en la especie, dado que podrían representar cronotipos distintos dentro de la especie, esto con el fin de esclarecer la manera en que cada parámetro del ritmo de reposo actividad del mono araña es afectado por las variaciones en el ambiente.

## EFFECTO DE LOS FACTORES CLIMATOLÓGICOS Y EL FOTOPERIODO SOBRE EL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD

En cuanto a la influencia de los factores astronómicos, específicamente el efecto causado por las horas de salida y puesta de sol, a diferencia de lo que se esperaba, no encontramos correlación con las horas de inicio y termino de actividad, como ya se había reportado antes para la especie (Muñoz-Delgado et al., 2004). Sin embargo, esta falta de correlación podría explicarse por la corta duración del periodo de registro, ya que, mientras en este estudio se registró la actividad por únicamente seis meses, en trabajos anteriores en los que sí se ha reportado correlación entre el fotoperiodo y la duración de la actividad, los registros se llevaron a cabo por periodos de más de un año. Así, las variaciones estacionales en la duración del día, no están representadas en un periodo de registro de seis meses, situación por la que probablemente no encontramos resultados significativos, aunque para corroborar estas ideas, se debe realizar el estudio por un periodo de tiempo más prolongado en la Isla Tanaxpillo.

Por otra parte, encontramos que el parámetro climatológico que mayor influencia tiene sobre el ritmo de reposo-actividad del mono araña es la temperatura promedio, al correlacionarse con las horas de inicio y término de actividad, con  $\alpha$ , y con la diferencia de ángulo de fase del inicio de actividad y la salida del sol. Esto concuerda con los resultados de diferentes estudios con primates, en los que ya se había reportado la influencia de la temperatura en el ritmo circadiano de reposo-actividad., Por ejemplo, Melo, et al. (2010) reportan que en *Callithrix jacchus*, a mayor temperatura disminuye la actividad total a lo largo del día y el patrón bimodal (también reportado en esta especie) se vuelve más marcado. De manera similar, Fernandez-Duque et al. (2003) argumentan que la temperatura, en conjunto con la cantidad de luz lunar, es un buen predictor de la cantidad de actividad diurna en *Aotus azarai*. Por su parte, Kappeler y Herkert (2003), encontraron que en

lemúridos, hay una correlación entre la temperatura y la cantidad de actividad nocturna. En *Ateles geoffroyi*, Muñoz-Delgado et al. (2004) ya habían reportado una correlación positiva entre la temperatura y la hora de inicio de actividad, lo cual concuerda con los resultados encontrados en este trabajo, por lo que ambos resultados sugieren que la temperatura es uno de los enmascaradores más relevantes en el ritmo de reposo-actividad del mono araña.

Por su parte, la humedad relativa, se correlacionó con los mismos parámetros que la temperatura, pero con menores índices de significancia, esta situación sugiere que existe una asociación entre humedad y temperatura, de modo que estos dos parámetros parecen estar actuando en conjunto sobre la ritmicidad circadiana del mono araña.

En cuanto a la velocidad del viento, cuyo impacto en la isla es más severo (debido a la entrada directa de las ráfagas) que en condiciones de estudio anteriores (Muñoz-Delgado et al., 2004), no se encontró correlación con ninguno de los parámetros del ritmo de reposo-actividad. La lluvia, por su parte, está asociada con incrementos en la actividad total, a la fecha no existen reportes oficiales sobre el efecto directo que tiene la lluvia sobre la conducta del mono araña, por lo que aquí no nos queda sino limitarnos a reportar que, bajo nuestras condiciones de estudio, la precipitación está asociada con mayores niveles de actividad, y aunque podemos especular sobre la clase de conductas asociadas a este incremento (por ejemplo la búsqueda activa de refugio contra la lluvia entre la vegetación), ya se ha reportado que existen diferentes respuestas conductuales al agua entre grupos de una misma especie de primate (Nishida, 1980), por lo que es probable que el efecto aquí reportado no sea una regla general para la especie, aunque este supuesto debe ser probado mediante la observación directa en diferentes condiciones de estudio.

Finalmente, en cuanto al pico de actividad, que anteriormente se había reportado como uno de los parámetros mas afectados por factores climatológicos y/o astronómicos (Muñoz-Delgado, et al., 2004; 2005; 2015), aquí, como se mencionó anteriormente, no se encontró un patrón bimodal aunque se trabajó con el valor de actividad más alto promediado de cada dos días, referido como pico de actividad, éste tiene el valor más elevado de desviación estándar ( $\pm 2.10$  h) de entre todos los parámetros del ritmo de reposo-actividad en la isla, por lo que determinar algún tipo de efecto causado por factores de carácter geofísico, se vuelve una tarea sumamente complicada.

#### EFFECTO DE LA PRESENCIA HUMANA SOBRE EL RITMO DE REPOSO-ACTIVIDAD

Al comparar los diferentes parámetros del ritmo de reposo-actividad entre semana contra los fines de semana, solo se encontraron diferencias en la cantidad de actividad durante la fase de reposo ( $\rho$ ) para Amarilla, y durante  $\alpha$  para Verde, siendo en ambos casos, ligeramente mayor durante los fines de semana que hay cerca de cuatro veces más turistas que entre semana. Esta situación se podría interpretar como una alteración producida por la presencia humana a lo largo del día, que a su vez, como se discutirá más adelante, podría estar relacionada con diferencias en la ingesta calórica debidas a los alimentos altos en grasas y azúcares proporcionados por los turistas, esto, con base en un estudio de Moscrip, et al. (2000) en el que se reporta que macacos rhesus con mayor ingesta energética a lo largo del día, presentan mayores niveles de actividad tanto en el día como en la noche.

Por el contrario, ninguno de los parámetros de Pecas y Roja, así como del promedio de las cuatro hembras, mostró diferencias entre semana y fines de semana. Probablemente esta disparidad de resultados es producto de las diferencias individuales en la manera en que cada sujeto responde la

presencia humana. Así, si los incrementos en la actividad de Amarilla y Verde están asociados con una mayor ingesta calórica, el acceso a los recursos proporcionados por los turistas, posiblemente es diferente para cada hembra, y ciertos componentes individuales, que podrían estar ligados a su posición gerárquica dentro del grupo(Freeman y Gosling, 2010), están ejerciendo cierto efecto sobre la manera en que cada mona responde a la presencia humana.

Al analizar los parámetros del ritmo de reposo-actividad en los periodos con mayor y menor afluencia turística, se encontraron más diferencias, además de que en todas las hembras se hallaron alteraciones en por lo menos uno de los parámetros. En este caso, los efectos no se limitaron a la cantidad de actividad, sino que ciertos componentes de carácter temporal, como las horas de inicio y término de actividad, y las diferencias de ángulo de fase, mostraron alteraciones. Estos resultados podrían ser indicio de un efecto más profundo, no solo en la conducta de los monos, sino en el intrínsecamente programado ritmo de reposo-actividad. Este incremento en el número de hembras afectadas y en la diversidad de parámetros alterados, podría explicarse por las diferencias tan marcadas que hay entre los dos periodos analizados. De tal modo que, en la comparaciones entre fines de semana y días entre semana, en las que encontramos alteraciones solamente en dos hembras, la diferencia de lanchas entre fines de semana y días entre semana fue de aproximadamente cinco lanchas por hora, mientras que en estos análisis, la diferencia fue de poco más de 23 lanchas por hora. Así, aunque cada hembra muestra alteraciones en diferentes parámetros, es plausible suponer que a mayor cantidad de turistas se presentan más alteraciones en el ritmo de reposo-actividad bajo nuestras condiciones de estudio.

## EFFECTO DE LA PRESENCIA HUMANA SOBRE LA CONDUCTA

Dado que los turistas ocasionalmente ofrecen comida que típicamente no forma parte de la dieta de los monos (galletas y cacahuates, por ejemplo), y que, como nuestros resultados señalan, dichos recursos son consumidos habitualmente, es probable que los monos hayan establecido una asociación entre presencia humana y la disponibilidad de recursos novedosos. Dicha asociación puede estar relacionada con la mayor parte de las alteraciones conductuales que aquí se reportan. Debido a que la comida rica en azúcar y grasas que los turistas arrojan a la isla no es suficiente para todos los individuos, la disponibilidad limitada de dichos recursos podría ser una fuente de conflictos dentro del grupo y tener así un efecto negativo para los monos. Esta idea, concuerda con parte de nuestros resultados. En primer lugar, encontramos una correlación entre la afluencia turística y las conductas autodirigidas en los machos, lo cual concuerda con lo reportado por Cooke y Schillaci (2006), quienes argumentan que dicho incremento podría ser un indicador de estrés fisiológico. Por otra parte, encontramos que las hembras presentan incrementos en las conductas de desplazamiento y búsqueda de alimento, situación que, de acuerdo con Morgan y Tromborg (1998), puede ser interpretada como alteraciones en el estado de vigilancia producidas por la competencia por los recursos provenientes de los turistas. Además, se encontró que cuando los turistas arrojan comida a la isla, la frecuencia de conductas agonísticas en los machos es significativamente mayor, lo cual coincide con los resultados de Southwick y Siddiqi (1998), quienes encontraron la misma asociación en un grupo de macacos sometidos a la presencia humana. Los autores argumentan que es debido a la comida que la presencia humana tiene consecuencias negativas en la conducta de primates. Finalmente, la disminución en la emisión de vocalizaciones, asociada a la presencia humana, podría también ser explicada bajo el contexto de la competencia por recursos novedosos, previamente se ha reportado que las vocalizaciones emitidas por A.



*geoffroyi* durante el forrajeo generalmente reciben respuesta de conoespecíficos (Teixidor y Byrne,1999), y aunque la intencionalidad de las vocalizaciones no ha sido demostrada para esta especie, un estudio reciente con chimpancés (Kalan, et al., 2014) argumenta que las vocalizaciones pueden contener información sobre la presencia y calidad del alimento, así, si la comida proporcionada por los turistas es un recurso valioso y fuente de conflictos, la intención de no llamar la atención del resto del grupo, disminuyendo la emisión de vocalizaciones podría explicar nuestros resultados.

La aparente asociación entre presencia de turistas y disponibilidad de comida, dificulta dilucidar el efecto que la mera presencia humana tiene sobre la conducta de los monos, ya que, si estos realmente relacionan a los humanos con comida (como nuestros resultados sugieren), entonces probablemente presentan una respuesta conductual de anticipación a la comida aún si los turistas no les ofrecen nada, por lo que no está claro cómo responderían a la presencia humana sin alimento de por medio. En cuanto al efecto de la cantidad de turistas, podemos concluir que no es un factor crucial en nuestros resultados, dado que en todos los casos en que se encontraron alteraciones relacionadas con el número de turistas, el mismo efecto se presentó con respecto a la cantidad de lanchas, y como anteriormente se describió, las lanchas tienen la capacidad de transportar entre uno y 20 pasajeros. Esto sugiere que los monos responden de manera similar a la presencia de lanchas con solo un pasajero que a lanchas a su máxima capacidad.

En lo que concierne a los niveles de actividad, los resultados sugieren que en esta especie no hay solo una forma de responder a la presencia humana, dado que encontramos que la presencia de turistas está relacionada tanto con el incremento como con el decremento de actividad así como con la ausencia de alteraciones entre nuestros sujetos de estudio. Esta variedad de respuestas,

contrasta con lo reportado previamente para monos diana (Todd et al., 2007), gorilas (Wells, 2005) y gibones (Cooke y Schillaci, 2006), debido a que en dichas especies se encontró que el incremento de actividad es una de las respuestas inmediatas más comunes ante la presencia humana, de manera similar dos estudios con 12 (Hosey y Druck, 1987) y 11 (Mitchell et al. 1992) especies de primates respectivamente, reportan mayores niveles de actividad como respuesta a la presencia humana. Así, aunque como regla general, parece que los primates son más activos ante la presencia humana, nuestros resultados no coinciden por completo con esto. La manera en que los monos de la isla responden a los visitantes y a la disponibilidad de recursos novedosos, parece no depender exclusivamente de las características generales de la especie, nuestra diversidad de resultados sugiere que ciertas características específicas de cada individuo podría estar involucradas en la respuesta que los monos presentan ante los visitantes. Aunque los estudios sobre el efecto de la presencia humana en primates, poco a poco han ido considerando más variables, como el ruido, la actividad, el tamaño y la composición de los grupos de visitantes (Cooke y Schillaci, 2006; Choo et al., 2011), es necesario prestar más atención a ciertas características individuales de los primates, por ejemplo la edad, el sexo (Lukas et al., 2002) o la posición jerárquica dentro del grupo. Así, con base en nuestros registros de conducta y a pesar de que no analizamos a detalle la posición jerárquica de cada individuo, notamos que Amarilla, la hembra que muestra un decremento en sus niveles de actividad como respuesta a la presencia humana, nunca estuvo involucrada en interacciones afiliativas y además fue víctima de conductas agresivas en un par de ocasiones; mientras que Pecas, una de las hembras que no muestra alteraciones en sus niveles de actividad, fue la hembra que con mayor frecuencia estuvo involucrada en interacciones afiliativas. Estas observaciones podrían representar evidencia de la importancia que juega la posición dentro del grupo en la manera en que los primates responden a la presencia humana.

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados indican que en la Isla Tanaxpillo, las condiciones ambientales, notablemente caracterizadas por la presencia humana, son causantes de alteraciones importantes tanto en el ritmo diario de reposo-actividad como en la conducta de *A. geoffroyi*.

En cuanto al ritmo, se encontró que, a diferencia de lo reportado anteriormente en todos los estudios sobre la cronoecología del mono araña, en la Isla Tanaxpillo, *A. geoffroyi* no presenta un patrón de actividad bimodal, lo cual está ligado a la visita recurrente de turistas y al aprovisionamiento de alimentos ricos en grasas y azúcares en horarios irregulares. De igual forma, encontramos variaciones en la cantidad de actividad diaria de los monos, lo cual también se relaciona con la presencia humana.

Por otra parte, se reafirma que la temperatura y la humedad son los factores geofísicos que mayor impacto tienen sobre el ritmo de reposo-actividad, lo cual ya ha sido reportado tanto para *A. geoffroyi* como para otras especies de primates. Con respecto a la influencia del fotoperiodo, aunque claramente la fase de actividad está determinada por las horas del día y la fase de reposo por la oscuridad de la noche, ningunos de los parámetros del ritmo de reposo-actividad responde a los sutiles cambios en la duración del día a lo largo del periodo de registro, incluso cuando se analizan los datos de manera mensual, esto se atribuye a la corta duración de nuestro estudio, por lo que es necesario realizar los registros de actividad de manera ininterrumpida por lo menos durante un año para poder determinar el efecto tanto de las horas de salida y puesta del sol, como de la duración del fotoperiodo sobre los diferentes parámetros del ritmo de reposo-actividad de *A. geoffroyi* en la Isla Tanaxpillo.

Debe mencionarse que aunque la influencia de los factores climatológicos, el fotoperiodo y la presencia humana se analizaron de manera separada, el diseño del estudio no consigue demostrar qué efecto producen todos estos factores de manera independiente, dado que no es posible separar la presencia humana de las condiciones geofísicas. Sin embargo, los datos aquí presentada representan evidencia importante sobre el papel que desempeña la plasticidad en el ritmo de reposo-actividad del mono araña para la ecología de la especie, permitiéndole ajustarse a diferentes condiciones ambientales tanto geofísicas como de disponibilidad de recursos. Esto podría ayudar a comprender su amplia distribución en una variedad de regiones en centro y Sudamérica.

En lo que concierne a las alteraciones en la conducta de *A. geoffroyi*, se concluye que la presencia humana tiene un efecto negativo, especialmente si se ofrece comida a los monos, esto con base en los resultados que muestran incrementos en las conductas agonísticas y autodirigidas relacionadas con los visitantes. En cuanto a las variaciones en la actividad motriz, cada uno de los sujetos de estudio muestra una respuesta diferente ante la presencia de turistas, esta respuesta a su vez podría estar relacionada con características específicas de cada individuo, como la posición social dentro del grupo o la personalidad. Asimismo, dichas alteraciones posiblemente tienen un efecto sobre el patrón diario de actividad y las dinámicas de consumo y gasto energético, por lo que se debe prestar atención a factores que puedan perturbar de manera constante el itinerario habitual de actividades de los monos. Así como la mayor parte de la investigación realizada con animales en cautiverio, se espera que los resultados aquí presentados contribuyan al enriquecimiento de los planes de manejo para esta especie.

## LITERATURA CITADA

Alberts HE, Lydic R, Gander PH, Moore-Ede MC. 1984. Role of Suprachiasmatic nuclei in the circadian timing system of squirrel monkey. I. The generation of rhythmicity. *Brain Research*. 300:275-84.

Ardura J, Revilla, MA, Andrés JM, Aldana J, Villamañan I. 1994. Bases conceptuales de la cronobiología y aplicaciones clínicas. *Boletín de pediatría* 135(15):89-97.

Aschoff J. 1960. Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. Cold spring harbor symposia in quantitative biology. 25:11-28.

Aschoff J. 1981. Freerunning and entrained circadian rhythms. En: Aschoff J (ed.) *Handbook of behavioral neurobiology*, vol 4. Biological rhythms. Plenum, New York pp 57-80. *Bibliotheca primatologica*. Atlanta Georgia. pp. 39-51.

Birke L. 2002. Effects of browse, human visitors, and noise on the behaviour of captive orangutans. *Animal Welfare*. 11:189-202.

Brereton AR. 1994. Copulatory Behavior in a Free-ranging Population of Stumptail Macaques (*Macaca arctoides*) in Mexico. *Primates*. 35(2):113-122.

Castellanos HG, Chanin P. 1996. Seasonal differences in food choice and patch preference of long-haired spider monkeys (*Ateles belzebuth*). En: Norconk MA, Rosenberger AL, Garber PA (eds.) *Adaptive Radiations of Neotropical Primates*. New York: Plenum Press. pp. 451-466.

Chamove AS, Hosey GR, Schaezel P. 1988. Visitors excite primates in zoos. *Zoo Biology*. 7:359-369.

Chapman CA, Chapman L J. 1990. Reproductive biology of captive and freeranging spider monkeys. *Zoo Biology*. 9:1-9.

Chapman CA, Chapman LJ. 1991. The Foraging Itinerary of Spider Monkeys: When to Eat Leaves?. *Folia Primatologica*. 56:162-166.

Chapman CA, Wrangham RW, Chapman L J. 1995. Ecological constraints on group size: an analysis of spider monkey and chimpanzee subgroups. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 36:59-70.

Chapman CA. 1995. Primate seed dispersal: coevolution and conservation implications. *Evolutionary Anthropology*. 4:74-82.

Choo Y, Todd PA, Li D. 2011. Visitor effects on zoo orangutans in two novel, naturalistic enclosures. *Applied Animal Behaviour Science*. 113:78-86.

Cook S, Hosey GR. 1995. Interaction sequences between chimpanzees and human visitors at the zoo. *Zoo Biology*. 14:431-440.

Cooke CM, Schillaci MA. 2006. Behavioral responses to the zoo environment by white handed gibbons. *Applied Animal Behaviour Science*. 106:125-133.

Costa MSMO, Moreira LF, Alones V, Lu J, Santee UR, Cavalcante JS, Moraes PRA, Britto LRG, Menaker M. 1998. Characterization of the circadian system of monkey (*Callithrix jacchus*): Immunohistochemical analysis and retinal projections. *Biological Rhythm Research*. 29:510-520.

Curtis DJ, Zaramody A, Martin RD. 1999. Cathemeral activity in the mongoose lemur, *Eulemur mongoz*. *American Journal of Primatology*. 47:279-298.

Daan S, Merrow M, Roenneberg T. 2002. External time – Internal time. *Journal of Biological Rhythms* 17(2):107-109.

Davis N, Schaffner CM, Smith TE. 2005. Evidence that zoo visitors influence HPA activity in spider monkeys (*Ateles goeffroyii rufiventris*). *Applied Animal Behaviour Science*. 90:131-141.

Dew JL. 2005. Foraging, food choice and food processing by sympatric ripe-fruit specialists: *Lagothrox lagotricha poepigii* and *Ateles belzebuth belzebuth*. *International Journal of Primatology*. 26:1107-1135.

Di Fiore A, Campbell CJ. 2007. The atelines: variation in ecology, behavior, and social organization. En: Campbell CJ, Fuentes AF, MacKinnon KC, Panger M, Bearder S (eds.). *Primates in Perspective*. New York: Oxford University Press. pp.155-185.

Di Fiore A, Link A, Dew JL. 2008. Diets of wild spider monkey. En: Christina J. Campbell (ed.). *Spider Monkeys Behavior, Ecology and Evolution of the Genus Ateles*. Cambridge. pp 81-137.

Donati G, Lunardi A, Kappeler PM, Borgognini TSM. 2001. Nocturnal activity in the cathemeral red-fronted lemur (*Eulemur fulvus rufus*), with observations during a lunar eclipse. *American Journal of Primatology*. 53:69-78.

Donati G, Lunardini A, Kappeler PM. 1999. Cathemeral activity of red-fronted brown lemurs (*Eulemur fulvus rufus*) in the Kirindy Forest/CFPF. En: Rakotosamimanana B, Rasamimanana H, Ganzhorn JU, Goodman SM, (eds). *New directions in lemur studies*. New York: Plenum Press. pp 119-137.

Eisenberg JF. 1973. Reproduction in two species of spider monkeys, *Ateles fusciceps* and *Ateles goffroyi*. *Journal of Mammalogy*. 54: 955-957.

Erkert GH, Nagel B, Stephani I. 1986 Light and social effects on the free-running circadian activity rhythm in common marmosets (*Callithrix jacchus*; Primates): social masking, pseudo-splitting, and relative coordination. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 18:443-452.

Erkert HG. 2008. Diurnality and nocturnality in nonhuman primates: comparative chronobiological studies in laboratory and nature. *Biological Rhythm Research*. 39:229-267.

Erkert HG. 2011. Cronobiological aspects of primate research. En Setchell JM, Curtis DJ, (eds). *Field and Laboratory Methods in Primatology*. Cambridge University Press. pp 119-138.

Fa JE. 1989. Influence of people on the behavior of display primates. In: Segal, E.F. (Ed.), *Housing, Care and Psychological Well-Being of Captive and Laboratory Primates*. Noyes Publications, Park Ridge. pp. 270–290.

Fernandez-Duque E. 2003. Influences of moonlight, ambient temperature, and food availability on the diurnal and nocturnal activity of owl monkeys (*Aotus azarai*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 54:431-440.

Ford SE, Davis L. 1992. Systematics and body size: implications for feeding adaptations in NewWorld monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*. 88: 415-468.

Freeman HD, Gosling SD. 2010. Personality in nonhuman primates: a review and evaluation of past research. *American Journal of Primatology*, 72:753-671.

Glaston AR, Geilvoet-Soeteman E, Hora-Pecec E, Van Hooff JARAM. 1984. The influence of the zoo environment on social behavior of groups of cotton-topped tamarins, *Saguinus oedipus oedipus*. *Zoo Biology*. 3:241-253.

Golombek D. 2002. Cronobiología: la máquina del tiempo. En: Golombek D (ed.). *Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad*. Universidad Nacional de Quilmes. pp 21-31.

Hannibal J. 2002. Neurotransmitters of the retinohypothalamic tract. *Cell Tissue Research* 309: 73-88.

Hernández-López L, Parra GC, Cerda-Molina AL. Sperm quality differences between the rainy and the dry season in captive black-handed spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *American Journal of Primatology*. 57(1):35-42.

Hosey G. 2008. A preliminary model of human–animal relationships in the zoo. *Applied Animal Behaviour Science*. 109:105-127

Hosey GR, Druck PL. 1987. The influence of zoo visitors on the behaviour of captive primates. *Applied Animal Behaviour Science*. 18:19-29.

Hosey GR. 2004. How does the zoo environment affect the behaviour of captive primates?. *Applied Animal Behaviour Science*. 90:107-129.

Kalan K, Mundry R, Boesch C. 2014. Wild chimpanzees modify food call structure with respect to tree size for a particular fruit species. *Animal Behavior*. 101:1-9.

Kalmus H. 1935. Periodizität und Autochronie (Ideochronie) als Zeitregelnde Eigenschaften der Organismen. *Biología Generalis*. 11:93-14.

Kappeler PM, Erkert HG. 2003. On the move around the clock: correlates and determinants of cathemeral activity in wild redfronted lemurs (*Eulemur fulvus rufus*). Behavioral Ecology and Sociobiology. 54:359-369.

Kinzey WG. 1997. Synopsis of NewWorld primates (16 genera). En: Kinzey WG (ed.). New World Primates: Ecology, Evolution, and Behavior. New York: Aldine de Gruyter, pp. 169-324.

Klein DC, Moore RY, Reppert SM. 1991. Suprachiasmatic nucleus. The mind's clock. Oxford University Press.

Leloup JCH, Goldbeter A. 2003. Toward a detailed computational model for the mammalian circadian clock. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100:7051-7056.

Lemos DR, Downs JL, Urbanski HF. 2006. Twenty-four-hour rhythmic gene expression in the rhesus macaque adrenal gland. Molecular Endocrinology. 20:1164-1176.

Link A, Palma AC, Velez A, de Luna AG. 2006. Costs of twins in free-ranging white-bellied spider monkeys (*Ateles belzebuth belzebuth*) at Tinigua National Park, Colombia. Primates. 47(2):131-139.

Lukas EK, Barkauskas TR, Maher AS, Jacobs AB, Bauman EJ, Henderson JA, Calcagno MJ. 2002. Longitudinal study of delayed reproduction success in a pair of white cheeked gibbons (*Hylobates leucogenys*). Zoo Biology. 21:413-434.

Mallapur A, Sinha A, Waran N. 2005. Influence of visitor presence on the behaviour of captive lion-tailed macaques (*Macaca silenus*) housed in Indian zoos. Applied Animal Behaviour Science. 94:341-352.

Marriner LM, Drickamer LC. 1994. Factors influencing stereotyped behavior of primates in a zoo. Zoo Biology. 13:267-275.

Martin RD. 1990. Primate origins and evolution. London: Chapman and Hall.

Matsuda I, Izawa K. 2008. Predation of wild spider monkeys at La Macarena, Colombia. Primates. 49(1):65-8.

Melo PR, Belísio AS, Menezes AAL, Azevedo CVM. 2010. Influence of Seasonality on Circadian Motor Activity Rhythm in Common Marmosets During Puberty. Chronobiology International. 27(7):1420-1437.

Mercado-López C, Díaz-Muñoz M. 2011. Tic-tac biológico: ¿Cómo medimos el tiempo?. Revista Digital Universitaria 12(3):1-13.

Mitchell G, Tromborg CT, Kaufman J, Bargabus S, Simoni R, Geissler V. 1992. More on the influence of zoo visitors on the behaviour of captive primates. Applied Animal Behaviour Science. 35:189-198.



Moore-Ede MC, Sulzman FM. 1981. Internal temporal order. In Aschoff J (ed). Handbook of behavioral neurobiology, Vol. 4, New York, Plenum Press. pp 215-241.

Moore RY, Silver R. 1998. Suprachiasmatic nucleus organization. *Chronobiology International* 15:475-487.

Morgan KN, Tromborg CT. 2007. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*. 102:262-302.

Moscip TD, Ingram DK, Lane MA, Roth GS, Weed JL. 2000. Locomotor activity in female rhesus monkeys: assessment of age and calorie restriction effects. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 55(8):b373-b380.

Muñoz-Delgado J, Corsi-Cabrera M, Canales-Espinosa D, Santillán-Doherty AM, Erkert HG. 2004. Astronomical and meteorological parameters and rest-activity rhythm in the spider monkey *Ateles geoffroyi*. *Physiology and Behavior*. 83:107-117.

Muñoz-Delgado J, Fuentes-Pardo B, Euler Baum A, Lanzagorta N, Arenas-Rosas R, Santillán-Doherty AM. 2005. Presence of a circadian rhythm in the spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) motor activity. *Biological Rhythm Research*. 36:115-122.

Muñoz-Delgado JM, Sanchez-Ferrer JC, Pérez-Galicia S, Canales-Espinoza D, Herkert HG. 2014. Effects of housing conditions and season on the activity rhythm of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) kept under natural conditions within their distributional range in Central Mexico. *Chronobiology International*. 31(9):983-995.

Nishida T. 1980 Local differences in responses to water among wild chimpanzees. *Folia Primatologica*. 33:189-209

Perelman P, Johnson WE, Roos C, Seuánez HN, Horvath JE, Moreira MA, Kessing B, Pontius J, Roelke M, Rumpler, Scheeider MP, Silva Artur, O'Brien SJ, Pecon-Slattery J. 2011. A Molecular Phylogeny of Living Primates. *PLoS GENETICS*. 7(3):1-17.

Perret K, Preuschoft H, Preuschoft S. 1995. Einfluss von Zoobesuchern auf das Verhalten von Schimpansen (*Pan troglodytes*). *Der Zool. Garten N. F.* 65:314-322.

Pittendrigh CS. 1981. Circadian systems: general perspective. En: Aschoff J (ed.). Handbook of behavioral neurobiology, vol 4. Biological rhythms. Plenum, New York. pp 57-80.

Porter CA, Page SL, Czelusniak J, Schneider H, Schneider MP, Sampaio I, Goodman M. 1997. Phylogeny and evolution of selected primates as determined by sequences of the e-globin locus and 5' flanking regions. *International Journal of Primatology*. 18:261-295.

Rangel-Negrín, A, Alfaro JL, Valdez RA, Romano MC, Serio-Silva JC. 2009. Stress in Yucatan spider monkeys: effects of environmental conditions on fecal cortisol levels in wild and captive populations. *Animal Conservation*. 12:496-502.

Rasmussen MA. 1999. Ecological influences on activity cycle in two cathemeral primates, *Eulemur mongoz* (mongoose lemur) and *Eulemur fulvus fulvus* (common brown lemur). Tesis de Post Doctorado. Universidad de Duke, Durham, North Carolina.

Redlin U, Mrosovsky N. 2004. Nocturnal activity in a diurnal rodent (*Arvicanthis niloticus*): The importance of masking. *Journal of Biological Rhythms*. 19: 58–67

Reppert SM, Weaver DR. 2001. Molecular analysis of mammalian circadian rhythms. *Annual Review of Physiology* 63:647-676.

Rohles FH, Osbaldiston G. 1969. Social entrainment of bio-rhythms in Rhesus monkeys. En Rohles FH (ed.). *Circadian Rhythms in nonhuman Primates*.

Rollag M, Berson D, Provenci I. 2003. Melapsin, ganglion cell photoreceptors and mammalian photoentrainment. *Journal of Biological Rhythms*. 18:227-234.

Rosenberger AL, Helenar L, Cooke SB, Hartwing WC. 2008. Morphology and evolution of the spider monkeys, genus *Ateles*. En: Christina J. Campbell (ed). *Spider Monkeys Behavior, Ecology and Evolution of the Genus Ateles*. Cambridge. pp 19-50.

Rowe N. 1996. *The Pictorial Guide to the Living Primates*. East Hampton, NY: Pogonias Press. pp. 107–117.

Salazar-Juárez A, Parra Gámez L, Barbosa-Méndez S, Leff P, Antón B. 2006. Sincronización luminosa. Conceptos básicos. Primer parte. *Salud Mental* 29(2):11-17.

Serio-Silva JC. 2006. "Las islas de los changos" (The monkey islands): the economic impact of ecotourism in the region of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *American Journal Of Primatology*. 68(5): 499-506.

Shimooka Y. 2003. Seasonal variation in association patterns of wild spider monkeys (*Ateles belzebuth belzebuth*) at La Macarena, Colombia. *Primates*. 44:83-90.

Skyner LJ, Amory JR, Hosey G. 2004. The effects of visitors on the self-injurious behaviour of a male pileated gibbon (*Hylobates pileatus*). *Der Zoologische Garten N.F.* 74:38:41.

Smith JJ. 2014. Human–Animal Relationships in Zoo-Housed Orangutans (*P. abelii*) and Gorillas (*G. g. gorilla*): The Effects of Familiarity. *American Journal of Primatology*. 76, 942–955.

Southwick C, Siddiqi MF. 1998. The rhesus monkey's fall from grace. En: Ciochon RL, Nisbett RA (Eds.), *The Primate Anthology*. Prentice Hall, New Jersey. pp. 211–218.

Starck D. 1978. *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere auf evolutionsbiologischer Grundlage*. Vol. 1: Theoretische Grundlagen. Stammesgeschichte und Systematik unter Berücksichtigung der niederen Chordata. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. pp. 274.

Symington MM. 1987. Ecological and social correlates of party size in the black spider monkey, *Ateles paniscus chamek*. Tesis de Post Doctorado. Universidad de Princeton, Princeton, NJ.

Symington MM. 1988. Food competition and foraging party size in the black spider monkey (*Ateles paniscus chamek*). *Behavior*. 105:117-134.

Tattersall I, Sussman RW. 1975. Observations on the ecology and behavior of the mongoose lemur, *Lemur mongoz mongoz* linnaeus (primates, lemuriformes) at Ampijoroa, Madagascar. *Anthropological Papers of the American Museum of Natural History*. 52:195-216.

Teixidor P, Byrne RW. 1999. The 'whinny' of spider monkeys: individual recognition before situational meaning. *Behaviour*. 136:279-308.

Terborg J. 1983. *Five New World Primates: A Study in Comparative Ecology*. Princeton University Press. Princeton.

Todd PA, Macdonald C, Coleman D. 2007. Visitor-associated variation in captive Dian monkey (*Cercopithecus diana diana*) behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. 107:162-165.

van Roosmalen MG, Klein LL. 1988. The Spider Monkeys, Genus *Ateles*. En: Mittermeier RA, Rylands AB, Colbra-filho A y Fonseca GA (eds.) *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*. Vol.2. World Wildlife Fund. Washington D. C., E. U. pp 610.

Wells DL. 2005. A note on the influence of visitors on the behaviour and welfare of zoo-housed gorillas. *Applied Animal Behaviour Science*. 93:13-17.

Wislocki GB. 1936. The external genitalia of the simian primates. *Human Biology*. 8:309-347.

Wormell D, Brayshaw M, Price E, Herron S. 1996. Pied tamarins *Saguinus bicolor bicolor* at the Jersey Wildlife Preservation Trust: management, behaviour and reproduction. *Dodo* 32:79-97.

Wright PC. 1989. The nocturnal primate niche in the New World. *Journal of Human Evolution*. 18:635-658.

Wutman R. 1980. The pineal gland as a neuroendocrine transducer. En: Krieger H. Hughes (eds.). *Neuroendocrinology*. HP publishing Co. Neva York. pp 102-109.

Yellin AM, Hauty GT. 1971. Activity cycles of the Rhesus monkey (*Macaca mulatta*) under several experimental conditions, both in isolation and in a group situation. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research*. 2(4):475-490.