

**ESTRUCTURA Y PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE ABUNDANCIA EN
UNA POBLACIÓN CAVERNÍCOLA DE *Phalangodussp. n.* (Opiliones:
Cranidae: Cranainae) DE LOS ANDES COLOMBIANOS**

SOLIMARY GARCÍA HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA
BUCARAMANGA
2010**

**ESTRUCTURA Y PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE ABUNDANCIA EN
UNA POBLACIÓN CAVERNÍCOLA DE *Phalangodussp. n.* (Opiliones:
Cranidae: Cranainae) DE LOS ANDES COLOMBIANOS**

SOLIMARY GARCÍA HERNÁNDEZ

**Trabajo de Investigación para optar al título de
Bióloga**

**Director: Abel Pérez González
Codirectora: Marta Patricia Torres Sánchez**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA
BUCARAMANGA
2010**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por sentar las bases de todo el amor que siento por la vida.

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Biología por este espacio de encuentro, conocimiento, ciencia y cultura.

A todos mis amigos... en particular a Robinson Pimiento, Ricardo Prada, Laura Luna, Jairo Vergel, Pablo Castellanos y Blanca Lancheros que me ayudaron en campo.

A John Alexander Uribe por todo este amor que ha estado paralelo a el proyecto, porque se ha alegrado y preocupado conmigo y siempre me ha colaborado, mil abrazos cariño, es un logro de los dos!

A mis directores, Abel y Patricia.

A Abel, por apoyarme desde el principio, por toda esa pasión por las cuevas, por su nobleza, tiempo y dedicación. Por venir a Colombia, visitar conmigo la cueva y proyectar este trabajo más alto!

A Patricia, porque me impresiono desde que la conocí, es una mujer inspiradora y que genera confianza, es jovial, muy inteligente y buena consejera!

A Eduardo Flórez y a todos los miembros y socios del Grupo de Aracnología Colombiana, por su amistad y respaldo.

A SOCOLEN y ESPELEOCOL que han apoyado, respaldado y divulgado este trabajo.

A Adriano Kury, Glauco Machado, Rodrigo Willemart y Ricardo Pinto da Rocha, especialistas que han colaborado entusiastamente a lo largo del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MATERIAL Y MÉTODOS	3
1.1. ÁREA DE ESTUDIO.	3
1.2. ETAPA DE MUESTREO.	3
1.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	5
2. RESULTADOS	7
2.1. TAMAÑO Y ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN.	7
2.2. PATRONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE ABUNDANCIA Y USO DE HÁBITAT.	8
2.3. MOVIMIENTOS INDIVIDUALES.	10
2.4. TOPOCLIMA	11
3. DISCUSIÓN	12
4. CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXOS	27

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Figuras y Tablas.	27
ANEXO B. Pies de Figuras y Tablas.	31

RESUMEN

TITULO

ESTRUCTURA Y PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE ABUNDANCIA EN UNA POBLACIÓN CAVERNÍCOLA DE *Phalangodussp. n.* (Opiliones: Cranidae: Craninae) DE LOS ANDES COLOMBIANOS*

AUTOR

SOLIMARY GARCÍA HERNÁNDEZ**

PALABRAS CLAVES

ARACHNIDA, LANIADORES, TROGLOBIO, ESTRUCTURA POBLACIONAL, BIOESPELEOLOGÍA, COLOMBIA.

DESCRIPCIÓN

Los opiliones son arácnidos conspicuos, comunes e importantes componentes en ambientes subterráneos, constituyendo excelentes modelos en estudios ecológicos de cavernas tropicales. Entre julio y diciembre de 2007 se estudió por primera vez el tamaño y la estructura en una población cavernícola de opiliones pertenecientes a una nueva especie del género *Phalangodus* Gervais, 1842 (Cranidae, Craninae) del departamento de Santander, en los andes colombianos. El tamaño poblacional estimado mediante los métodos de captura - marca - recaptura de Jolly-Seber y Fisher-Ford varió entre 304 y 1306 individuos (732 adultos y subadultos marcados), la tasa de sobrevivencia fue alta (0.95) y la proporción sexual equitativa (1:1). La proporción etaria fue de: 21.3% crías, 5.5% juveniles, 5.3% subadultos y 67.9% adultos. El 69% de los individuos recapturados permaneció dentro del bloque inicial de colecta, demostrando baja movilidad y alta fidelidad por los microhábitat, y se observó también una preferencia en relación a sustrato a la ocupación de las paredes de roca caliza. La población estudiada de *Phalangodussp. n.* está adaptada al medio hipogeo de la cueva, donde completa su ciclo de vida sin la necesidad de dirigirse al exterior y sus ejemplares presentan leves trazos de troglomorfo, por tales motivos consideramos inicialmente esta especie como troglobia.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Abel Pérez González. Codirectora: Patricia Torres Sánchez.

SUMMARY

TITLE

STRUCTURE AND TEMPORARY SPACE PATTERNS OF ABUNDANCE IN A CAVERNICOLOUS POPULATION OF *Phalangodus* sp. n. (Opiliones: Cranidae: Cranainae) IN THE COLOMBIAN ANDES

AUTHOR

SOLIMARY GARCÍA HERNÁNDEZ **

KEY WORDS

ARACHNID, LANIATORES, TROGLOBITE, POPULATION STRUCTURE, BIOESPELEOLOGY, COLOMBIA.

DESCRIPTION

Opiliones are arachnids common, conspicuous which are important components in subterranean environments and make excellent subjects in studies of tropical caves. Between July and December of 2007 we studied for the first time the size and population structure in a cavernicolous population of opiliones belonging to a new specie of the genus *Phalangodus* Gervais, 1842 (Cranidae, Cranainae) in Santander department, in the Colombian Andes. Using the capture - mark - recapture method of Jolly-Seber and Fisher-Ford, the population size was estimated at between 304 and 1306 individuals (total recapture rate 30%, 732 adults and sub-adults marked), the survival rate was high (0.95) and sex ratio was equitable (1:1). The age structure was 21.3% hatchlings, 5.5% juveniles, 5.3% sub-adults, and 67.9% adults. 69% of recaptured individuals remained within the initial capture block, demonstrating low mobility and high fidelity by microhabitat, and also was observed a substrate preference for the occupation of the limestone walls. The studied population of *Phalangodus* sp. n. is adapted to the hypogean environment of the cave, where it completes its life cycle without the need to contacting outside environment and its specimens show slight traces of troglomorphy, that is why we initially consider this specie as troglobite.

*Work degree

**Faculty of Sciences. School of Biology. Directress: Abel Pérez González. Codirectress: Patricia Torres Sánchez.

INTRODUCCIÓN

Los Opiliones son arácnidos conspicuos normalmente de hábitos solitarios, nocturnos, omnívoros y fotofóbicos (Savory 1938, Coddington *et al.* 1990, Pinto-da-Rocha *et al.* 2007). Son comúnmente encontrados en bosques húmedos, bajo troncos, en hojarasca, musgos, bromelias y dentro de cuevas (Edgar 1990). Se considera un grupo amenazado de extinción debido a su alto endemismo y a la acelerada destrucción que el hombre ejerce sobre sus hábitats (Pinto-da-Rocha 1999). Esta situación se agrava cuando se trata de poblaciones estrictamente cavernícolas debido a su distribución altamente restringida cuando se compara con especies epigeas (Poulson y White 1969).

La taxonomía y sistemática de los opiliones ha sido objeto de varias revisiones, pero pocas especies han sido estudiadas en aspectos ecológicos (Pinto-da-Rocha y Kury 2003, Curtis y Machado 2007). Los estudios realizados, incluyen principalmente a Gonyleptidae (Ramírez y Giaretta 1994, Acosta *et al.* 1995, Gnaspini 1995, 1996, Pinto-da-Rocha 1996a, 1996b, 1999, Machado y Oliviera 1998, Machado *et al.* 2000, Machado *et al.* 2003, Willemarty y Gnaspini 2004a, 2004b, Ferreira *et al.* 2005). Entretanto, para Cranidae existen apenas esporádicas incursiones en aspectos taxonómico-sistemáticos (Orrico y Kury 2009). Solo, muy recientemente se han publicado estudios en poblaciones epigeas sobre cuidado maternal en *Santineziaserratobialis* y *Santineziasp.* (Machado y Warfel 2006) y *Phareicranus calcariferus* (Hunter *et al.* 2007), y se hipotetizó sobre el desarrollo postembrionario en *Phareicranus calcariferus* y *Santineziaserratotibialis* (Townsend *et al.* 2009).

Se han registrado 154 especies de opiliones Laniatores en Colombia (Kury 2003), con solamente registros epígeos, la espeleofauna opilionológica colombiana es aún

pobrementemente conocida. Para Cranidae se registran 45 especies, todas ellas tratadas únicamente en sus descripciones originales, listados regionales y catálogos (Flórez y Sánchez 1995; Kury 2003). En particular, el género *Phalangodus* Gervais, 1842, es conocido por una especie válida, *Phalangodus anacosmetus* Gervais, 1842, de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander. La especie cavernícola que se estudió en el presente trabajo presenta diferencias morfológicas en la forma y disposición de las apófisis espiniformes y largo de la pata IV del macho, en relación con las otras dos especies del Género, constituyendo así una nueva especie para la ciencia (Pérez-González y Kury com. pers.) y constituye un nuevo registro de género para el departamento de Santander, el primer registro de un opilión cavernícola colombiano y el primer estudio sobre la ecología de un opilión para el país.

Por estos motivos los objetivos de este estudio son estimar el tamaño poblacional, proporción sexual y estructura de edades, identificar la distribución espacial y la variación temporal de la abundancia, y los patrones de movimiento y uso de hábitat de los individuos.

1. MATERIAL Y MÉTODOS

1.1. ÁREA DE ESTUDIO.

La población estudiada se encontró en la Cueva Alsacia (6°47' 01" Norte, 73°15' 47" Oeste) a una altitud de 1777 msnm, en el municipio de Zapatoca, departamento de Santander, Colombia. La entrada de esta cueva cárstica está ubicada a tres kilómetros del casco urbano del municipio, eventualmente es usada para actividades espeleológicas. En el exterior la temperatura promedio anual es 18.7°C, la humedad relativa promedio es 88% y la precipitación promedio anual es de 106.7 mm, con un régimen de precipitación bimodal, caracterizado por presentar dos periodos húmedos (abril-mayo y septiembre-noviembre) intercalados por dos periodos secos (diciembre-marzo y junio-agosto) (IDEAM 2007).

La forma de la cueva es principalmente horizontal, con una serie de salones y pasillos distribuidos a lo largo de una galería central, donde se encuentran algunas ramificaciones secundarias de acceso restringido (fig. 1). En los alrededores es presenta un agroecosistema transformado subandino, con predominancia de pastos para ganadería (IAvH 2001), donde también se encuentra arrayán (*Mirtus*sp.), cucharo (*Clusia longifolia*), guadua (*Guadua* sp.), pomaroso (*Eugenia jambos*), eucalipto (*Eucalyptus*sp.) (observaciones personales).

1.2. ETAPA DE MUESTREO.

Se realizaron ocho colectas de julio a diciembre de 2007, ubicando dos transectos en banda de 550 m de longitud, ubicados en las paredes de la galería

central de la cueva. En cada transecto lateral se establecieron bloques de 50 m² (20 m de largo por 2.50 m de alto) separados a una distancia de 20 metros. Se consideró cada pareja de bloques laterales como una zona de muestreo, sumando en total catorce lugares de colecta. Así mismo, en las zonas más anchas de la cueva se localizaron tres bloques sobre el piso, y en el exterior cinco más (fig.1). Estos últimos fueron distribuidos en los tres tipos de vegetación presentes en el lugar (un bloque sobre pastizales para ganado, dos sobre el cauce de un riachuelo que llega a la entrada de la cueva y dos más en zonas con arbustos y frutales) todos instalados en un radio de 200 m alrededor de la entrada de la cueva.

Los muestreos hipogeos se realizaron entre las 8:00h y las 17:00h y los epigeos entre las 20h y 22h, utilizando una linterna de cabeza con luz blanca. Una vez encontrados, los individuos eran colectados manualmente, medidos, marcados y posteriormente liberados. A cada individuo se le midió el ancho máximo del escudo dorsal, utilizando un calibrador manual Vernier ®. Para este estudio, adoptamos el criterio práctico de usar el Ancho máximo del Escudo Dorsal (AED), como la variable más confiable para estimar la edad de los opiliones y complementar la información sobre uso de hábitat. Se establecieron cuatro clases de edad: crías, juveniles, subadultos y adultos según diferencias significativas entre las medianas del AED. Las marcaciones se realizaron de manera individual en los fémures I-IV, mediante una combinación de tres colores, utilizando pinturas Postermarker® en base agua, que se mantienen fijas durante varios meses y no alteran el comportamiento ni la sobrevivencia. Debido a la dificultad de fijar la pintura al cuerpo y a las probables pérdidas de la marcación como resultado de las mudas, únicamente se marcaron subadultos y adultos.

Cada espécimen marcado fue sexado siguiendo el criterio típico para la familia (Pinto-da-Rocha y Giribet 2007). Cuando se avistaron hembras con nidos, se contó el número de huevos o crías. Para cada Opilión, capturado o recapturado se registro la zona, bloque, altura sobre el nivel del piso y tipo de substrato, teniendo

en cuenta las seis categorías de substrato disponibles y seleccionadas previamente: roca caliza, espeleotemas, guano, grava, arena y arcilla. Adicionalmente se efectuaron mediciones de temperatura y humedad relativa para cada zona.

Stránka:

5

Se colectaron una serie de ejemplares de respaldo que se depositaron en la Colección Entomológica de la Universidad Industrial de Santander, la Colección Entomológica del Museo de Ciencias de la Universidad El Bosque, la Colección Aracnológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. La identificación taxonómica será realizada por los especialistas Dr. Abel Pérez González y Dr. Adriano B. Kury de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, y los individuos que se designen como tipos o lectotipos serán depositados en Colección Aracnológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y en la Colección Entomológica de la Universidad Industrial de Santander.

1.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se realizaron pruebas de bondad y ajuste de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, para determinar normalidad de los datos. El tamaño poblacional se estimó utilizando el método de captura-marca-recaptura de Jolly-Seber (Jolly 1965; Heyer *et al.* 1994) y Fisher-Ford (Seber 1982, 1992, Krebs 1989), métodos que requieren diferentes fases de marcaje y recapturas, permitiendo obtener estimados del tamaño poblacional para cada muestreo. Cada método se comparó mediante un Mann-Whitney U test. La tasa de recaptura la calculamos determinando el porcentaje del número total de individuos recapturados en relación al número total de individuos marcados. Se utilizó test G para probar si la proporción sexual se desviaba de la proporción 1:1. La densidad de Opiliones se

determinó dividiendo el número de capturados por el área muestreada. Para estudiar la influencia de las características físicas del ambiente sobre la abundancia de los opiliones, fue realizado un análisis de correlación r de Pearson. Para determinar la preferencia por alguno de los sustratos estipulados, se utilizó el índice de preferencia de hábitat (P_i) siguiendo el criterio de Duncan (1983): $P_i = \log ((V_i / A_i) + 1)$ donde V_i es el porcentaje de individuos registrados en cada sustrato y A_i es el porcentaje de cobertura correspondiente a cada sustrato en el área muestreada. Se considera que los valores superiores a 0.3 indican una alta preferencia por una determinada unidad de ambiente y valores inferiores señalan una menor selectividad. De la misma forma para el análisis sobre uso de hábitat, se construyeron tablas de contingencia y se realizó un análisis de varianza de una sola vía tipo I. Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó el q test de Tukey, recomendado por Toothaker (1993). Se realizaron gráficas de abundancia a lo largo del periodo de muestreo. El nivel de significación aplicado para todas las pruebas fue 0.05. Para todos los análisis realizados se utilizaron los paquetes estadísticos de acceso libre PAST 1.91 (Hammer *et al.* 2001) y G-Stat 2.0 (Molina y Marino 2001).

2. RESULTADOS

2.1. TAMAÑO Y ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN.

Se observaron 1000 opiliones, de los cuales se marcaron individualmente 732 opiliones adultos y sub-adultos. Los restantes 268 comprenden 204 crías encontradas en nidos, nueve crías dispersas y 55 juveniles. La tasa de recaptura fue del 30.3%. El tamaño poblacional estimado por el método Jolly-Seber fue de 401 a 1136 individuos, con el método de Fisher-Ford fue de 304 a 1306 (fig. 2). Los valores arrojados por los estimadores para cada evento de colecta no difirieron significativamente entre sí (Mann Whithney U-test; $U = 22$; $P = 0,7983$; $N = 7$). Julio y agosto corresponden al periodo seco, septiembre, octubre y noviembre al periodo húmedo. Los picos de mayor abundancia para ambos estimados se registraron en los inicios de noviembre (periodo húmedo). Con el método Jolly-Seber las tasas de sobrevivencia variaron entre 0.4 y 1.47. Para el mismo periodo, el método Fisher-Ford estimó confiablemente una tasa constante de sobrevivencia igual a 0.9521.

Para las cuatro clases de edad establecidas obtuvimos 21.3% crías (en nidos y dispersas), 5.5% juveniles, 5.3% subadultos y 67.9% adultos (fig. 3a), entre las cuales se presentó una diferencia significativa (Kruskal Wallis: $H = 674.7$, $P < 0.000$) de los valores de las medianas para el AED (Tabla I). No hubo diferencias significativas entre las medianas del AED de machos y hembras (Kruskal Wallis: $H = 0.743$, $P = 0.39$).

Las crías fueron colectadas en todos los eventos excepto en los muestreos de agosto y diciembre. Los juveniles estuvieron ausentes en el primer muestreo, pero en los siguientes la abundancia se hacía cada vez mayor. Se observaron adultos

y subadultos en todos los muestreos realizados (fig. 3b). Con 337 hembras y 339 machos, la proporción sexual no fue significativamente diferente de 1:1 (G-test; $G = 0.006$; d.f. = 1; $P = 0.939$). Los datos colectados en cada uno de los muestreos correspondientes a la observación de los nidos de *Phalangodussp n.* los registramos en la fig. 3c.

2.2. PATRONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE ABUNDANCIA Y USO DE HÁBITAT.

Se observaron opiliones en cada uno de los bloques ubicados en la cueva y solo en un bloque externo, el que se encontraba ubicado contiguo a la entrada sobre el riachuelo. A continuación, no se tienen en cuenta las crías encontradas en los nidos.

Los bloques parietales, con 735 opiliones, presentaron una densidad de 0.525 opiliones/m²; los bloques de piso, con 57 individuos, presentaron una densidad de 0.38 opiliones/m²; los bloques epigeos, con cuatro individuos, presentaron una densidad de 0.016 opiliones/m². Se calcula para el área muestreada una densidad absoluta de 0.51 opiliones/m².

La altura registrada para cada opilión en el momento de la captura está significativamente correlacionada de forma positiva con el ancho máximo del escudo dorsal (Correlación de Pearson; $r = 0.1157$; $P = 0.0013$; $n = 796$), aunque se debe anotar que esta correlación es baja. Complementariamente, observamos mediante un análisis de Kruskal-Wallis, que la mediana de las alturas en la que se encuentran los machos (mediana = 1.1m) fue significativamente ($P < 0.0001$) diferente de la mediana tanto de las hembras (mediana = 0.8m) como de los inmaduros en general (mediana = 0.7m).

En pocas ocasiones observamos individuos adultos fuera de nuestro alcance, sobre paredes y techo, a más 2.5m de altura. Nunca se encontraron agregaciones, entendiéndose estas como grupos de tres o más individuos con sus patas solapadas (Machado *et al.* 2000).

Aunque la población de *Phalangodussp. n.* se distribuye a lo largo de toda la caverna, la distribución horizontal de su abundancia no es homogénea, siendo diferente en cada una de las zonas en que se divide la cavidad acorde a la intensidad luminosa: la zona de entrada o umbral, la zona de penumbra o transición y la zona oscura o afótica. De acuerdo a esto tenemos, la zona umbral con 1.06 opiliones/m² (zona de muestreo 14), la zona de penumbra con 0.94 opiliones/m² (zona de muestreo 13) y la zona oscura con 0.45 opiliones/m² (zonas de muestreo 12 a 1). La densidad de la zona umbral más la zona de penumbra (1.0 opiliones/m²) es 2.2 veces mayor que la densidad para la zona oscura. Sin embargo la densidad en los bloques de piso no sigue esta misma distribución. Se obtuvo que la densidad del bloque Piso 3 (0.58 opiliones/m²) fue mayor que la del Piso 1 (0.50 opiliones/m²) y esta a su vez mayor que la del Piso 2 (0.06 opiliones/m²).

Las abundancias totales de los opiliones encontrados en bloques parietales, excepto las crías halladas en los nidos, presentaron diferencias estadísticas significativas (ANOVA F = 9.898; d.f. = 13; P < 0.001). Es importante señalar que la abundancia correspondiente a la zona 14 (Zona Umbral) fue significativamente mayor (P < 0.05) que la abundancia de las demás zonas, excepto la zona 7 (P = 0.054) y la zona 13 (P = 0.99). La abundancia de zona 13 (zona de penumbra) fue significativamente mayor (P = 0.05) que la abundancia de ocho zonas de muestreo de la zona oscura. Esto aparentemente sigue el mismo patrón de distribución acorde a la intensidad luminosa, donde la abundancia es mayor en la zona umbral-penumbra y menor en la oscura. Identificamos una correlación negativa entre la abundancia y distancia de cada zona a la entrada de la cueva (Correlación

de Pearson; $r = -0.6640$; $P = 0.0096$; $n = 14$), es decir, a medida que se adentra en la cueva hay una tendencia a la disminución de la cantidad de opiliones. No encontramos una correlación con significancia estadística entre la abundancia total y la humedad ambiental promedio de cada zona (Correlación de Pearson; $r = 0.2608$; $P = 0.3677$; $n = 14$), pero encontramos una correlación negativa entre la abundancia total y la temperatura promedio de cada zona (Correlación de Pearson; $r = -0.6676$; $P = 0.009$; $n = 14$).

La abundancia total no varió significativamente a lo largo del tiempo (ANOVA, $F = 0.733$; d.f. = 7; $P = 0.6444$). Al estudiar las abundancias de cada clase de edad observamos un marcado pico de abundancia de las crías en el cuarto muestreo precedido de una ausencia completa de las mismas en el tercer muestreo. Juveniles, subadultos y adultos, representan una distribución un poco más estable, sin marcadas variaciones de abundancia a lo largo del tiempo (ver fig. 4).

Los porcentaje de cobertura de los sustratos observados en el área muestreada corresponden a: 53% roca caliza, 24% espeleotemas, 2% guano, 10% arcilla, 4% arena, 7% grava. Con el análisis de preferencia de hábitat de Duncan se identificó una preferencia por el sustrato roca caliza durante todo el periodo de estudio, con algunas preferencias adicionales de otros sustratos en algunos meses (Tabla II). La preferencia por el sustrato roca caliza se mantuvo, aun cuando se analizaron independientemente machos, hembras e inmaduros.

2.3. MOVIMIENTOS INDIVIDUALES.

De los 222 individuos recapturados en un intervalo de capturas desde de una hasta cuatro veces, el 69% se encontraron en el bloque de colecta inicial y el 7% en el bloque del frente de la misma zona. Estos datos nos muestran que el 76% de los opiliones estudiados permanecieron en la misma zona de colecta durante el

período analizado. La proporción sexual se mantuvo en 1:1 (G-test; $G = 0.625$; d.f. = 1; $P = 0.425$). El 18% de los individuos recapturados se movilizó hacia las zonas contiguas o lo hizo desde la pared al bloque de piso más cercano o viceversa. Los restantes 6% evidenciaron un mayor movimiento, pues fueron recapturados en zonas no aledañas. Nuevamente la proporción sexual fue de 1:1 (G-test; $G = 0.972$; d.f. = 1; $P = 0.324$). No se reportaron movimientos frecuentes ni masivos hacia el exterior. Durante la noche, se encontró en medio epigeo cuatro individuos sin marca (dos hembras en el cuarto muestreo y un macho y un subadulto en el quinto), capturados a menos de 5 metros de la entrada.

2.4. TOPOCLIMA

En el medio hipogeo la temperatura promedio fue $20.7^{\circ}\text{C}\pm 2$ y una humedad relativa ambiental promedio fue 89%. Estos valores son ligeramente mayores a los valores promedio anuales en el medio epigeo. En los muestreos de septiembre, octubre y noviembre, que corresponden al periodo húmedo, se presentaron inundaciones parciales debido a lluvias en los días previos al muestreo (ver fig. 1). Durante el periodo de estudio, la humedad relativa no varió significativamente (ANOVA, $F=1.169$; d.f. = 13; $P = 0.325$) entre las catorce zonas de la cueva. Sin embargo, la temperatura presentó diferencias significativas entre las catorce zonas (ANOVA, $F = 4,544$; d.f. = 13; $P < 0,001$).

3. DISCUSIÓN

Los estudios que estiman el tamaño de poblaciones cavernícolas de Opiliones Grassatores son escasos y la comparación de los resultados con los obtenidos para otras poblaciones de cranaídeos es imposible, dado que este estudio es pionero en este sentido, sin embargo, existen datos sobre poblaciones cavernícolas de otras especies de opiliones Gonyleptidae, familia filogenéticamente cercana a Cranidae (ambas pertenecen a Gonyleptoidea) disponibles para comparaciones. La población de *Phalangodussp. n.* que habita la cueva de Alsacia, que estima una cantidad de 304 a 1306 individuos (método de Fisher Ford), es la mayor cantidad registrada para un gonileptoideo comparada con las siguientes estimaciones: 158 a 610 individuos para una población del troglófilo *Daguerreia inermis* Soares y Soares 1947 (Gonyleptidae) de la cueva Lancinha (Pinto-da-Rocha 1996b), 164 a 236 para individuos del troglóbulo *Pachylospeleus strinatii* Silhavy 1974 (Gonyleptidae) de la cueva de Areias (Pinto-da-Rocha 1996a) y con poblaciones estimadas entre seis y 246 individuos, para el troglóxeno *Goniosomaspelaeum* Mello-Leitão 1993 (Gonyleptidae) de seis cuevas del estado de Sao Pablo (Gnaspini 1996).

La proporción sexual equitativa (1:1) también se observa en las poblaciones estudiadas de *Pachylospeleus strinatii*, *Daguerreia inermis* y *Goniosomaspelaeum* (Pinto-da-Rocha 1996a, 1996b; Gnaspini 1996), sin embargo una población del troglóxeno *Goniosoma albiscriptum* Mello-Leitao 1932 presentó una proporción mayor de hembras (1:1.42) (Willemarty Gnaspini 2004a).

Se hipotetiza que no ocurre emigración/inmigración, desde y hacia el medio epigeo, basados en la ausencia significativa de *Phalangodussp. n.* en el área epigea de los alrededores de la cueva. Por lo tanto el aumento del tamaño

estimado de la población está dado por los nacimientos y, en nuestro caso, el paso del último estadio de juveniles a subadultos, y la disminución del tamaño estimado de la población está dado por muertes.

Entre los Laniatoresneotropicales, algunas especies univoltinas (por ejemplo, *Pachylusquinamavidensis* ver Juberthiey Muñoz-Cuevas 1971, *Vononessayi* verCokendolphery Jones 1991) o bivoltinas (por ejemplo *Goniosomalongipes*, ver Machado y Oliveira 1998), mientras otras son multivoltinas (por ejemplo *Discocyrtuspectinifemur*, verMatthiesen 1975). Aunque el periodo de estudio no es suficiente para determinar con certeza el o los periodos de reproducción, se observa que *Phalangodussp. n.* presentó un marcado pico de abundancia de las crías en el tercer muestreo, lo que podría señalar una explosión reproductiva estacional alrededor del mes de septiembre, momento en el que comienza el periodo húmedo, previo al mayor número de observaciones de huevos que fueron realizadas en julio (periodo seco). Sin embargo, aunque en menor cantidad, observamos crías en seis de los ocho eventos de muestreo y huevos en todos los eventos de muestreo, lo que podría apuntar a una reproducción constante a través del año, independiente del periodo climático. Además la presencia, en un momento dado, de varios estados de desarrollo en la población de *Phalangodussp. n.* nos indica la posibilidad de que la población se haya mantenido sexualmente activa durante un tiempo. Debido a que el único trabajo de desarrollo postembrionario de cranaídae realizado por Townsend *et al.* (2009) no determinó la duración de cada estado, no podemos ser conclusivos en el periodo de actividad sexual de estos opiliones. El solapamiento generacional también está indicando que la esperanza de vida de *Phalangodussp. n.* es mayor que la edad a la cual se alcanza la madurez reproductiva. Según Townsend *et al.* (2009) la madurez reproductiva en Cranidae se alcanza en el estado subadulto.

La abundancia de *Phalangodussp. n.* se concentra en las zonas de umbral y penumbra, pero la distribución horizontal en el interior de las cavernas puede estar

influenciada por innumerables factores dentro de la cueva, para establecer las causas de esa distribución son necesarios estudios adicionales, ya que el diseño experimental realizado no señala las causas de este fenómeno.

Las condiciones ambientales externas y los microclimas internos también pueden influir en la distribución espacial y también temporal de la abundancia de los organismos. La estacionalidad ambiental (periodo seco y periodo húmedo) no tuvo influencia sobre la abundancia de *Phalangodussp. n.* en la cueva. La humedad relativa fue muy homogénea a lo largo del interior de la cavidad, sin embargo, esta característica microclimática no mostró ninguna relación con las variaciones de la abundancia de *Phalangoussp. n.* la cual si mostró una significativa correlación positiva con las variaciones de la temperatura interior . Esta correlación es particularmente más marcada en las zonas más próximas a la entrada, sin embargo, estudios adicionales deberán ser realizados para establecer cuáles son los factores que están determinando el aumento de abundancia de la población en las zonas de umbral y penumbra.

Las condiciones de la caverna, hicieron difícil medir el porcentaje de cobertura de los sustratos estudiados para cada uno de los bloques, por lo tanto, aunque no determinamos la influencia de los tipos de sustrato a pequeña escala, a una escala mayor, la distribución espacial de *Phalangodussp. n.* parece estar asociada a las zonas con mayor porcentaje de roca caliza. Tal vez esto se explique a que la roca caliza y los espeleotemas, a diferencia de los otros sustratos presentan intersticios de mayor tamaño que le sirven a los opiliones como refugios. Sustratos como arcilla, arena, guano y grava, tienen intersticios de menor tamaño, donde los opiliones más grandes quedan fácilmente expuestos. Esta misma justificación se le atribuye a las diferentes densidades que presentaron los bloques de piso, ya que aunque presentaron la mayor concentración de guano, éste se complementaba con: grava (Piso 1), arcilla (Piso 2) y roca caliza (Piso3), así la mayor abundancia en el bloque de piso3 parece estar asociado a la preferencia

por la roca caliza. Roca caliza y espeleotemas son los sustratos sobre los cuales se encontraron todos los nidos, así que son probablemente los sustratos que le ofrecen a las hembras las condiciones microclimáticas adecuadas para colocar sus huevos.

Así como opiliones Goniosominae (Trajano y Gnaschini-Netto 1991), Cranaina ha presentado al menos una especie constitutiva de la fauna parietal. Los bloques de la pared presentaron la mayor densidad de opiliones por lo que podemos señalar a *Phalangodus* sp. n. como una especie principalmente de hábitos parietales. Esta preferencia también fue observada por Pinto-da-Rocha (1996) en la población de *Pachylospeleus strinatii*, quien la atribuyó a la posibilidad de evitar aumentos repentinos de flujo de agua en el interior a la cueva posterior a las lluvias y a la posibilidad también de evitar, en las esquinas inferiores de la cueva, la presencia de uno de sus mayores depredadores. La cueva Alsacia, presenta en casos de lluvia previa, inundación de la mitad o la totalidad de la cueva, así los hábitos parietales podrían favorecer a *Phalangodus* sp. n. en caso de inundación. La posible ventaja de evitar algún depredador, no puede ser confirmada, ya que, aún no se han identificado depredadores para *Phalangodus* sp. n.

Este estudio mostró una alta tasa de recaptura, como lo fue para *Goniosomaspelaeum* 53% (Gnaschini 1996) y *G. albiscryptum*, 68% (Willemarty-Gnaschini 2004). Otro hecho importante es que el 75.7% las recapturas fueron registradas en la misma zona demostrando baja vagilidad y solo un 8.4% se encontraron en alejados del punto inicial de colecta, contabilizando un desplazamiento mayor a 60m. Para las poblaciones cavernícolas troglóxenas, los mayores desplazamientos se registran justo después del atardecer (Gnaschini 1996, Willemarty-Gnaschini, 2004), cuando se dirigían al exterior a través de la entrada más cercana, a menos de aproximadamente 30 m, en el caso de la población de *G. albiscryptum* en la cueva cuarta división de Brasil (Willemarty-Gnaschini, 2004).

Al analizar conjuntamente esta información, nosotros hemos concluido que *Phalangodus* sp. n. muestra alto grado de filopatría, como también ha sido detectado para *G. speleumy* la población epigea de *Ilhaiacuspidata* Roewer 1913 (Gonyleptidae) (Mestrey Pinto-da-Rocha 2004). Sin embargo, contrario a lo reportado para *G. albiscriptum* (Willemarty Gnaschini 2004) y *G. speleum*, no se observaron diferencias en la movilidad de adultos y hembras, por lo tanto la filopatría es igualmente común para los dos sexos.

Phalangodus sp. n. ha poblado satisfactoriamente la cueva, convirtiéndose en un componente importante y dominante, que demostró baja movilidad y alta fidelidad a los microhábitas, distribuyéndose preferiblemente por las paredes constituidas por roca caliza. La distribución de esta población está demarcada por unos límites discretos, dentro de los cuales el hábitat ofrece importantes aportes nutricionales y excelentes refugios. La actividad reproductiva presente durante todo el tiempo de muestreo, el gran tamaño poblacional, la alta tasa de sobrevivencia, una estructura estable y una proporción sexual de 1:1, reflejan alta estabilidad y poca vulnerabilidad de la población dentro del ecosistema de la cueva, sin embargo, por ser la cueva un ecosistema de tamaño pequeño y altamente vulnerable a la acción antrópica, *Phalangodus* sp. n. y las otras poblaciones de animales cavernícolas de su interior adquieren también la alta vulnerabilidad de la cueva Alsacia como ecosistema cárstico.

Un aspecto que requiere un análisis detallado es la posible clasificación ecológico-evolutiva de la especie estudiada. Los opiliones al igual que el resto de los animales cavernícolas pueden ser categorizados en tres grupos, de acuerdo con su relación ecológico-evolutiva con el medio subterráneo: troglobios, troglófilos y troglóxenos. Los troglobios son especies restrictas al medio subterráneo, donde completan integralmente su ciclo de vida, que presentan comúnmente características morfológicas, llamadas, troglomorfismos (expresiones morfológicas del proceso de adaptación al ambiente cavernícola, e.g. anoftalmia,

despigmentación, alargamiento de los apéndices, aumento de las estructuras sensoriales etc.), fijadas durante el proceso de adaptación selectiva a este hábitat; los troglófilos son cavernícolas facultativos, cuyas poblaciones son capaces de completar integralmente su ciclo de vida tanto en ambientes hipogeos como epigeos, y los troglóxenos, los cuales realizan parte de su ciclo de vida en el ambiente hipogeo pero que para completarlo necesitan el epigeo (actividades de alimentación y/o reproducción) (Hoffmann *et al.* 1986, Culvery White 2004).

Los datos obtenidos no señalan inequívocamente una categoría de esa clasificación ecológico-evolutiva. Gnaspini y Hoenen (1999) establecieron varios criterios “prácticos” que ayudan en la definición de las categorías: para distinguir entre un troglófilo y un troglóxeno recomiendan establecer si los ejemplares de la especie completan su ciclo de vida dentro de la cueva, observando directamente si se alimentan dentro de la caverna y si se reproducen (si se encuentran parches de huevos y juveniles en el interior de la cavidad). Los resultados obtenidos demuestran que los ejemplares de *Phalangodussp.n.* completan su ciclo de vida en la caverna. Fueron observados individuos alimentándose y todos los estadios de desarrollo de la especie en todas las regiones de la caverna y no se detectó ningún tipo de migración al exterior en todo el período de estudio, tiempo que se ha considerado suficiente para asegurar tal observación. Estas evidencias descartan la categoría de troglóxenos para la especie estudiada.

La definición de troglobio ha sido consistentemente relacionada a la presencia de los troglomorfismos (Christiansen 1992). Sin embargo, es cada vez más común, sobre todo en ecosistemas cavernícolas tropicales, la presencia de troglobios sin la presencia de los característicos troglomorfismos, lo cual dificulta su reconocimiento (Gnaspini y Hoenen, 1999). En este caso el discernimiento entre los troglobios y los troglófilos constituye un reto para los bioespeleólogos. Gnaspini y Hoenen (1999) recomiendan para reconocer entre troglófilos y troglobios intentar localizar la especie en ambientes epigeos (carácter de troglófilos) y para rechazar

que sean un “troglófilos estricto”, se debe descartar la presencia de la especie en cavidades pertenecientes a lentes cársticas independientes, pues esto significaría que aunque no se encuentran normalmente en el medio epigeo, si lo utilizaron para dispersarse (Gnaspini y Hoenen, 1999). En los muestreos epigeos no fue encontrado ningún indicio de una población establecida en el exterior de la cavidad, los individuos encontrados en el bloque exterior representan solo un 0.4% del total observado, esto unido a que fueron encontrados muy cercanos a la entrada de la cueva sugiere que estos individuos llegaron por azar durante procesos de exploración y no como un patrón de forrajeo típico de organismos de hábitos troglógenos (como, por ejemplo, el descrito para *Goniosomaspelaeum* por Gnaspini, 1996) . Faltaría corroborar la presencia o no de la especie en otras zonas cársticas independientes del departamento de Santander. Por el momento una pequeña colecta en la cueva Pastizal (Málaga, Santander, Colombia) rindió una especie diferente de *Phalangodus*, *Phalangodus anacosmetus*, pero colectas adicionales son necesarias.

Aunque externamente la especie carece de modificaciones morfológicas conspicuas que evidencien su adaptación al ambiente cavernícola, un ligero troglomorfismo es detectado: el largo de sus piernas es mayor que el de las especies epigeas (A.B. Kury, comunicación personal). Queda por corroborar si es de hecho un verdadero troglomorfismo o una preadaptación de esta especie.

4. CONCLUSIONES

La población de *Phalangodussp. n.* es estable y poco vulnerable dentro del ecosistema cavernícola, sin embargo, *Phalangodussp. n.* es tan vulnerable como el ecosistema de la cueva Alsacia. *Phalangodussp. n.* ha poblado satisfactoriamente la cueva, convirtiéndose en un componente importante y dominante, que demostró baja movilidad y alta preferencia por paredes de roca caliza. La abundancia de *Phalangodussp. n.* no varió en el tiempo debido a la estabilidad ambiental del medio hipogeo.

Se tienen varias evidencias que favorecen la categoría de troglobio para la especie estudiada, sin embargo, algunas corroboraciones adicionales deben ser realizadas para descartar o confirmar que sea una especie troglófila. Ante las evidencias creemos que la actitud más coherente sería la de asignar “tentativamente” la categoría de troglobio para *Phalangodussp.n.* (basado en las evidencias encontradas) a la espera que estudios adicionales, que confirmen o no esta asignación.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, L. E., F. E. PEREYRA y R. A. PIZZI. 1995. Field observation on *Pachyloidellus goliath* (Opiliones, Gonyleptidae) in Pampa de Achala, province of Córdoba, Argentina. *Bulletin of the British Arachnological Society*, **10**:23-28.
- CHRISTIANSEN K. 1992. Biological processes in space and time: cave life in the light of modern evolutionary theory. En: CAMACHO A. I. (Ed), *The Natural History of Biospeleology*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- CODDINGTON, J. A., M. HORNER, y E. A. SODERSTROM. 1990. Mass aggregations in tropical harvestmen (Opiliones, Gagrellidae; *Prionostemma* sp.). *Revue Arachnologique*, **8**:213-219.
- COKENDOLPHER, J. C. y JONES, S. R. 1991. Karyotype and notes on the male reproductive system and natural history of the harvestman *Vononessayi*(Simon) (Opiliones: Cosmetidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, **93**: 86-91.
- CULVER, D. C. Y W. WHITE (Eds). 2005. *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- CURTIS D. J. y G. MACHADO. 2007. Ecology. En: R. Pinto-da-Rocha, G. Machado y G. Giribert (Eds), *Harvestmen: The Biology of Opiliones*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts y Londres, Inglaterra.

- DUNCAN, P. 1983. Determination of the use of habitats by horses in Mediterranean wetland. *Journal of Animal Ecology*, **52**: 93-109.
- EDGAR, A. L. 1990. Opiliones (Phalangida). En: Dindal D. L. (Ed.) *Soil Biology Guide*. John Wiley y Sons, New York.
- FERREIRA, R.L., E.M. KAWAMURA, G.B. PONTES, S.P. ALMEIDA, V. A. ARAÚJO y V.R. C. TEIXEIRA. 2005. Ecologiapopulacional de *Goniosomasp.* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae) em uma caverna ferruginosa do município de Ouro Preto, M.G. *Revista Brasileira Zoociências*, **7** (2).
- FLÓREZ D., E. y H. SANCHEZ C., 1995. La diversidad de los arácnidos en Colombia — Aproximación inicial. En: O. Rangel (Ed.), *Colombia, Diversidad Biótica*, I. Inst. Ciencias naturales, UN, Inderena, Fes, Fen. Santafé de Bogotá.
- GNASPINI, P. 1995. Reproduction and postembryonic development of *Goniosomaspelaeum*, a cavernicolous harvestman from southeastern Brazil (Arachnida: Opiliones: Gonyleptidae). *Invertebrate Reproduction and Development*, **28**:137-151.
- GNASPINI, P. 1996. Population ecology of *Goniosomaspelaeum*, a cavernicolous harvestman from south-eastern Brazil (Arachnida: Opiliones: Gonyleptidae). *Journal of Zoology*, **239**: 417-435.
- GNASPINI, P. y HOENEN S. 1999. Considerations about the troglophilic habit: The cave cricket model. *Mémoires de Biospéologie*, **26**:151-158.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. AND RYAN, R.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**(1): 9. [Programa estadístico de acceso libre]

Disponible desde internet en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

- HEYER, R., DONNELLY, FOSTER, M. 1994. *Methods for Measuring and Monitoring Amphibians*. Smithsonian Press. Nueva York.
- HOFFMANN, A., J. G. PALACIOS-VARGAS y J. B. MORALES-MALACARA. 1986. *Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. UNAM. México, 171 Págs.
- HUNTER, R. K., D.N. PROUD, J.A. BURNS, J.A. TIBBETTS y V. R. TOWNSEND, JR. 2007. Short communication parental care in the neotropical harvestman *Phareicranaus calcariferus* (Opiliones, Cranidae). *The Journal of Arachnology*, **35**:199–201.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. IDEAM. Acceso 2007. Series históricas. [Web en línea] Disponible desde internet en: <www.ideam.gov.co>
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. IAvH. 2001. Ecosistemas de los Andes Colombianos. [Web en línea] Disponible desde internet en: <<http://hermes.humboldt.org.co/ecosistemas/andes/ecosistemas.php>>
- JOLLY, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration stochastic model. *Biometrika*, **52**: 225-247.
- JUBERTHIE, C. 1972. Reproduction et développement de *Cynortacubana* (Banks), de Cuba. *Annuel Spéléologie*, **27**: 773-785.

- JUBERTHIE, C. y MUÑOZ-CUEVAS A. 1971. Sur la ponte de *Pachylusquinamavidensis* (Opiliones, Gonyleptidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle*, **107**:468-474.
- KREBS, J. R. 1989. *Ecological methodology*. 2ª ed. Harper Collins, Nueva York.
- KURY, A. B. 2003. Annotated catalogue of the Laniatores of the New World (Arachnida, Opiliones). *Revista Ibérica de Aracnología*, volumen especial monográfico, **1**:1-337.
- MACHADO, G. 2000. Maternal care, defensive behavior, and sociality in Neotropical *Goniosoma harvestmen* (Arachnida, Opiliones). *Insectes Sociaux*, **49**:1-6
- MACHADO, G., y P.S. OLIVEIRA. 1998. Reproductive biology of the neotropical harvestman (*Goniosoma longipes*) (Arachnida, Opiliones: Gonyleptidae): mating and oviposition behavior, brood mortality, and parental care. *Journal of Zoology*, **246**:359-367.
- MACHADO, G., R. L. G. RAIMUNDO y P. S. OLIVEIRA. 2000. Daily activity Schedule, gregariousness, and defensive behavior in the Neotropical harvestman *Goniosoma longipes* (Opiliones: Gonyleptidae). *Journal of Natural History*, **34**:587-596.
- MACHADO, G. y C. H. E. VASCONCELOS. 1998. Multi-species aggregations in Neotropical harvestmen (Arachnida: Opiliones: gonyleptidae). *Journal of Arachnology*, **26**:89-391.
- MACHADO, G. y J. G. WARFEL. 2006. First case of maternal care in the family Cranidae (Opiliones: Laniatores). *Journal of Arachnology*, **34**:269-272.

- MACHADO, S.F., R. L. FERREIRA, y R. P. MARTINS. 2003. Aspects of the population ecology of *Goniosomasp.* (Arachnida Opiliones Gonyleptidae) in limestone caves in southeastern Brazil. *Tropical Zoology*, **16**:13-31.
- MATTHIESEN, F. A. 1975. Sobre a postura de *Discocyrtuspectinifemur* Mello-Leitão, 1937 (Opiliones, Gonyleptidae). *Ciência e Cultura*, **27**: 372.
- MESTRE, L. A. y R. PINTO-DA-ROCHA. 2004. Population dynamics of an isolated population of the harvestman *Ilhaiacuspidata* (Opiliones, Gonyleptidae), in Araucaria Forest (Curitiba, Paraná, Brazil). *Journal of Arachnology*, **32**:208-202.
- MOLINA E. y A. P. MARINO. 2001. G-Stat 2.0 *Programa de análisis estadísticos*. GlaxoSmithKline, S.A. Tres Cantos, Madrid. [Programa estadístico de acceso libre] Disponible desde internet en: <http://www.e-biometria.com/g-stat/index.html>
- ORRICO, V.G.D. y A. B. KURY. 2009. A cladistic analysis of the Stygnicranainae Roewer, 1913 (Arachnida, Opiliones, Cranidae) — where do longipalpcranids belong? *Zoological Journal of the Linnean Society*, **157**, 470–494.
- PINTO-DA-ROCHA, R. 1993. Invertebrados cavernícolas da porção meridional da província espeleológica do Vale do Ribeira, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **10**:229-255.
- PINTO-DA-ROCHA, R. 1996a. Biological notes on and population size of *Pachylospeleusstrinatii* Silhavy 1974 in the Gruta das Areias de Cima, Iporanga, south-eastern Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, **10**(5):189–192.

- PINTO-DA-ROCHA, R. 1996b. Description of male of *Daguerreia inermis* Soares y Soares, with biological notes on population size in Gruta da Lancinha, Paraná, Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, **13**(4):833–842.
- PINTO-DA-ROCHA, R. 1999. Opiliones. En: C.A. Joly, and C.E.M. Bicudo (org.). *Biodiversidade do estado de Sao Paulo, Brasil: íntese do conhecimento ao final do século XX. Volume V. Invertebrados terrestres*. FAPESP.
- Pinto-da-Rocha, R. y A. B. Kury. 2003. Phylogenetic analysis of *Santinezia* with description of five new species (Opiliones, Laniatores, Cranidae). *Journal of Arachnology*, **31**:173-208.
- PINTO-DA-ROCHA R., G. MACHADO y G. GIRIBET (Eds.) 2007. *Harvestmen The Biology of Opiliones*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and Londres, Inglaterra.
- PINTO-DA-ROCHA, R. y G. GIRIBERT. 2007. Taxonomy. En: R. Pinto-da-Rocha, G. Machado y G. Giribet (Eds.), *Harvestmen: The Biology of Opiliones*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts y Londres, Inglaterra.
- POULSON, T. L. y W. B. WHITE. 1969. *The cave environment*. *Science*, **165** (3897) 971:981
- RAMIRES, E. N. y A. A. GIARETTA. 1994. Maternal care in a neotropical harvestmen, *Acutisoma proximum* (Opiliones, Gonyleptidae). *Journal of Arachnology*, **22**:179–180.

- SAVORY, T. H. 1938. Notes on the biology of harvestmen. *The Quekett Journal of Microscopic Club*, **1**:89-94
- SEBER, G. A. F. 1982. *The estimation of animal abundance and related parameters*. Macmillan, Nueva York.
- SEBER, G. A. F. 1992. A review of estimating animal abundance. *International Statistical Review*, **60**:129-166.
- TOOTHAKER, L. E. 1993. *Multiple comparisons procedures*. Sage Publications. Beverly Hills.
- TOWNSEND, V.R. JR., N.J. RANA, D.N. PROUD, M.K. MOORE, P. ROCK. y B.E. FELGENHAUER. 2009. Morphological changes during postembryonic development in two species of Neotropical harvestmen (Opiliones, Laniatores, Cranidae). *Journal of Morphology*, **270**:1055-1068.
- TRAJANO E. y P. GNASPINI-NETTO. 1991. Notes on the food webs in caves of southeastern Brazil. *Mémoires de Biospéologie*, **18**:75-79.
- WILLEMART R.H. y P. GNASPINI. 2004a. Breeding biology of the cavernicolous harvestman *Goniosoma albiscriptum* (Arachnida, Opiliones, Laniatores): Sites of oviposition, egg-batches characteristics and subsocial behavior. *Invertebrate Reproduction y Development*, **45**:15-28.
- WILLEMART R. H. y P. GNASPINI. 2004b. Spatial distribution, mobility, gregariousness, and defensive behavior in a Brazilian cave harvestman *Goniosoma albiscriptum* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Animal Biology*, **54**(3): 221-235.

ANEXOS

ANEXO A. Figuras y Tablas.

Figura 1.

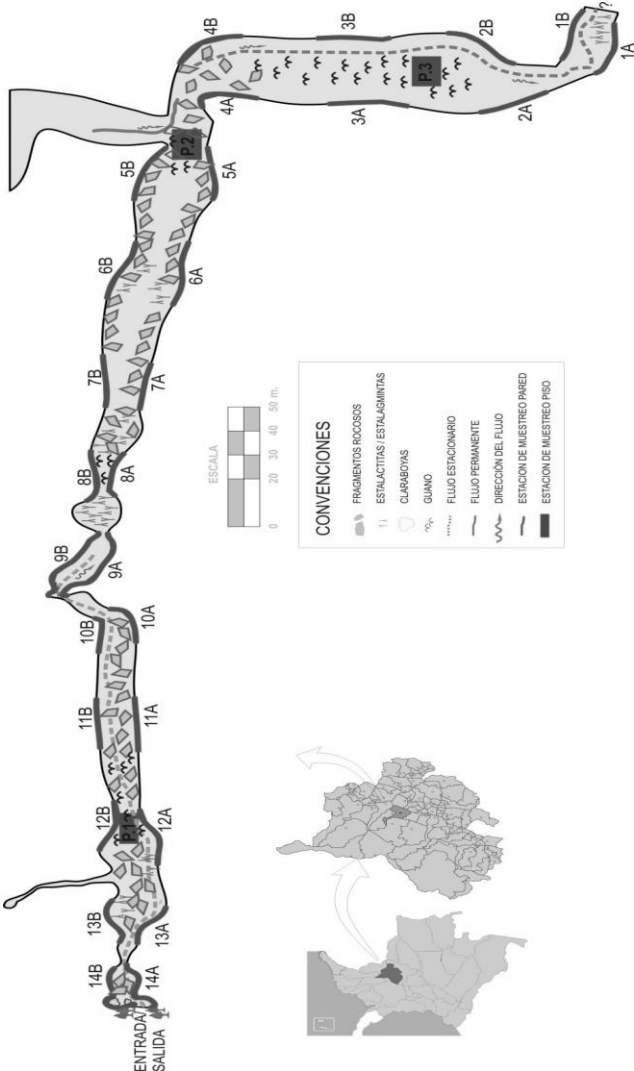


Figura 2.

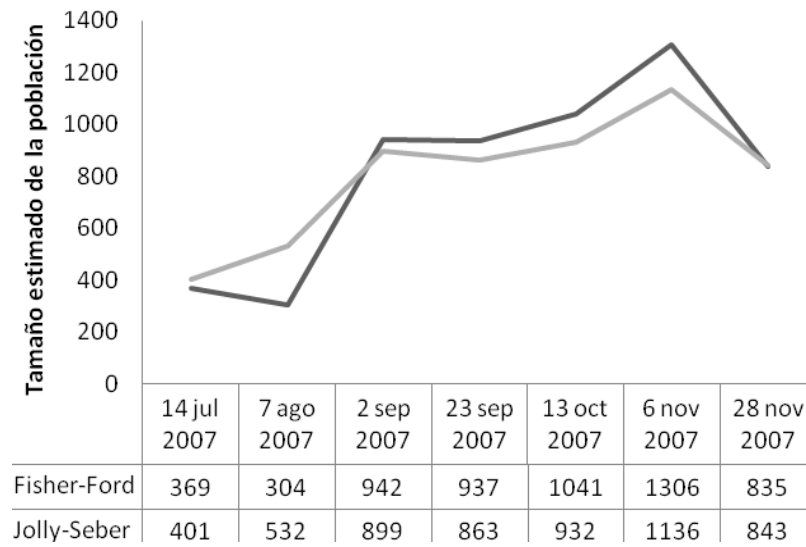
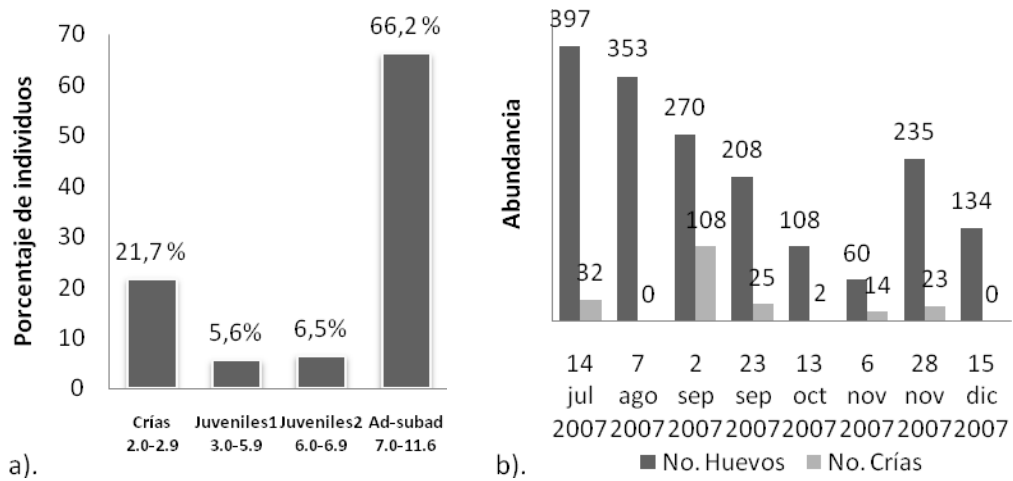


Figura 3.



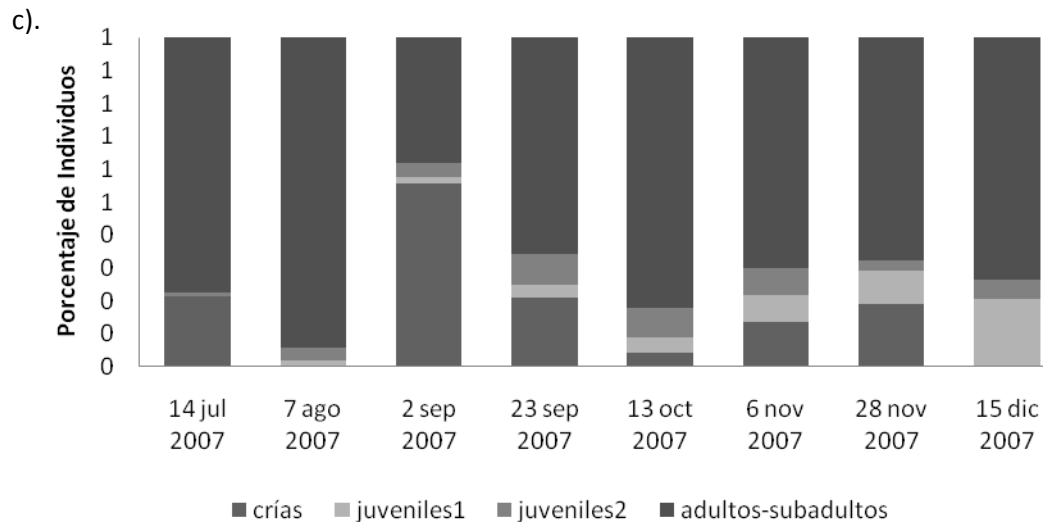


Figura 4.

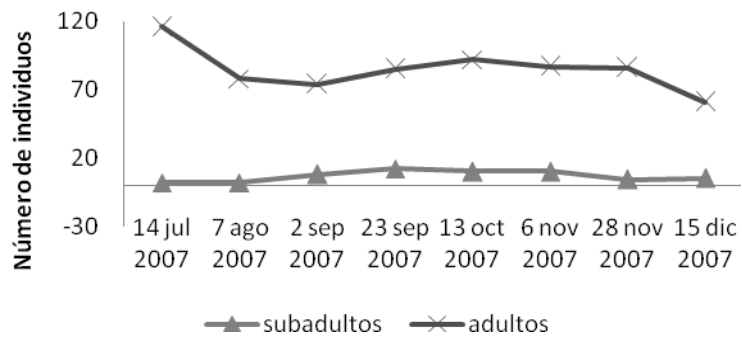


Tabla 1.

Clase de edad	N	Ancho máximo del escudo dorsal		
		Rango	Mediana	Des. Estand
CRIAS	213	2,0-2,9	2	0,1029
JUVENILES	55	3,05-5,7	4,1	0,8636
SUBADULTOS	52	6,0-6,8	6,4	0,2505
ADULTOS	679	7,1-11,6	9	0,7033

Tabla 2.

Sustratos	Índice Duncan								% Total de Sustrato
	14-jul	07-ago	02-sep	23-sep	13-oct	06-nov	28-nov	15-dic	
Roca caliza	0,369	0,381	0,383	0,358	0,398	0,399	0,394	0,39	53
Espeleotemas	0,273	0,188	0,251	0,165	0,174	0,143	0,241	0,162	24
Arcilla	0,245	0,165	0,069	0,407	0,233	0,274	0,17	0,243	10
Grava	0	0,054	0	0,184	0,068	0,097	0,041	0,172	7
Arena	0,152	0,378	0,316	0,137	0,06	0	0	0,068	4
Guano	0	0,378	0	0,241	0	0,274	0	0,225	2

ANEXO B. Pies de Figuras y Tablas.

Fig. 1. Mapa de la cueva Alsacia, municipio de Zapatoca, Santander. Ubicación topográfica de los bloques de muestreo, distribuidos en catorce zonas.

Fig. 2. Comparación entre los tamaños poblacionales estimados por Fisher-Ford y Jolly-Seber (Mann Whithney *U*-test; $U = 22$; $P = 0,7983$; $N = 7$).

Figs. 3. (a) Estructura etaria de la población *Phalangodus* sp. n. de la cueva Alsacia, Santander, Colombia. (b) Variación de la estructura de la población de *Phalangodus* sp. n. durante el periodo de estudio. (c) Huevos y crías observados en los nidos de *Phalangodus* sp. n. en cada uno de los muestreos, obsérvese que la mayor cantidad de huevos observados se registro para los dos primeros muestreos (periodo seco). Un total de 90 nidos fueron observados, sin embargo, los mismos nidos pudieron ser contados en más de un evento de muestreo.

Fig. 4. Variación temporal de la abundancia de cada una de las clases de edad de población de *Phalangodus* sp. n. de la cueva Alsacia, Santander, Colombia.

Tabla I. Se proporcionan las medidas del ancho máximo del escudo dorsal, correspondientes a cada clase de edad de la población de *Phalangodus* sp. n. de la cueva Alsacia, Santander, Colombia.

Tabla II. Resultados del Índice de preferencia de hábitat de Duncan, aplicado en la identificación de la preferencia de *Phalangodus* sp. n. por las seis categorías de sustrato disponibles en la cueva Alsacia (Santander, Colombia) durante el periodo de estudio, teniendo en cuenta a cada uno con diferentes porcentajes, ofrecidos por la cueva Alsacia. Los valores mayores a 0.3 (negrilla) señalan preferencia por el sustrato.