



ARTÍCULO / ARTICLE

TAMAÑO POBLACIONAL Y HÁBITAT DE *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 (COLEOPTERA: DYNASTINAE) EN UN EJIDO DE CAMPECHE

POPULATION SIZE AND HABITAT OF *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 (COLEOPTERA: DYNASTINAE) IN AN EJIDO OF CAMPECHE

Aixchel Maya Martínez¹, Romel René Calderón-Mandujano²,
Mauro Sanvicente López³ y Sophie Calmé³

RESUMEN

Se realizó la caracterización biológica y del hábitat de una población de *Megasoma elephas* en el ejido La Lucha, Calakmul, Campeche. Se regionalizó la información sobre la historia natural del escarabajo y se propuso una posible tasa de aprovechamiento como base para futuros trabajos. El tamaño de la población se estimó con el modelo de Jolly-Seber; para la caracterización del hábitat se establecieron parcelas de 400 m² alrededor del árbol donde se capturaba a *Megasoma*, así como transectos lineales de 500 m en el área del ejido, con el método de intercepción de línea. Se obtuvieron 57 individuos y se marcaron 47, con una proporción de sexos de 1.62:1 (machos: hembras). El tamaño de la población estimado fue de 110 individuos, con un máximo de 595 y un mínimo de cero. La tasa de aprovechamiento estimada fue de 25 ejemplares anualmente. Al caracterizar el hábitat se registraron 229 árboles, 18 familias y 52 especies; las 10 más abundantes representaron 67.30% de los individuos muestreados y las dominantes fueron *Hampea trilobata*, *Bursera simaruba*, *Lasiantha fruticosa* var. *fruticosa* y *Lonchocarpus xuul*. *Lonchocarpus guatemalensis* ocupó el decimoprimer lugar en abundancia y fue la especie en la que se observó 100% de *M. elephas*. En comparación con datos tomados en años anteriores al estudio, no se determinaron diferencias significativas en la talla, pero sí en el tamaño poblacional. Se efectuaron observaciones del comportamiento del insecto en la región, lo cual aporta nueva información a su historia natural. La tasa de aprovechamiento calculada debe tomarse de forma precautoria, ya que los resultados están basados en una sola etapa del ciclo de vida y en un periodo específico; por lo tanto, se sugiere un monitoreo anual de las poblaciones adultas, así como el estudio de los otros estadios del ciclo de vida de la especie.

Palabras clave: Aprovechamiento, Coleoptera, ecología, Jolly-Seber, *Lonchocarpus guatemalensis* Benth., *Megasoma elephas* Fabricius, 1775.

ABSTRACT

This work characterizes the habitat and biology of a population of *Megasoma elephas* at La Lucha Ejido, Calakmul, Campeche state. It regionalizes the information on the natural history of this beetle and proposes a viable utilization rate as a basis for future works. The size of the population was estimated using the Jolly-Seber method. For the habitat characterization, 400 m² plots were established around the tree where *Megasoma* was caught; 500 m linear transects in the ejido area were also established, using the line interception method. 57 individuals were collected and 47 were marked; the proportion between the sexes was 1.62:1 (males: females). The estimated population size was 110 individuals, with a maximum of 595 and a minimum of zero. The estimated utilization rate was 25 specimens per year. For the habitat characterization, 229 trees, 18 families and 52 species were recorded; the 10 most abundant species represent 67.0% of the sampled specimens, and the most dominant species were *Hampea trilobata*, *Bursera simaruba*, *Lasiantha fruticosa* var. *fruticosa* and *Lonchocarpus xuul*. *Lonchocarpus guatemalensis*, which occupies the eleventh place in abundance, was the species on which 100% of the *M. elephas* were observed. Compared to the data obtained in years previous to the study, significant differences were determined in population size but not in the body size of the individuals. The insects' behavior in the region was observed, whereby new information was contributed to its natural history. The estimated utilization rate must be taken with reserve, since these results are based on a single stage of the life cycle and on a single specific period; therefore, it is suggested to make annual monitoring of adult populations, as well as studying other stages of the species' life cycle.

Key words: Harvesting, Coleoptera, ecology, Jolly-Seber, *Lonchocarpus guatemalensis* Benth., *Megasoma elephas* Fabricius, 1775.

Fecha de recepción / date of receipt: 13 de junio de 2012. Fecha de aceptación / date of acceptance: 15 de abril de 2013.

¹ Campo Experimental Edzná, CIR-Sureste, INIFAP. Correo-e: maya.aixchel@inifap.gob.mx

² Desarrollo, Ambiente y Sociedad S.C.

³ Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal.

INTRODUCCIÓN

El sur de la península de Yucatán es un área de gran riqueza biológica (Flores-Villela y Gerez, 1994); debido a ello y a sus endemismos: cinco especies de angiospermas, seis de coleópteros, dos de lepidópteros, dos de saurios, una de serpientes, ocho de aves y siete de mamíferos, la región es considerada como un *hotspot* para la biodiversidad en el ámbito mundial (Conabio, 1995; Myers *et al.*, 2000; Morrone, 2005; Semarnat, 2005). Sin embargo, la deforestación ocasionada, principalmente, por el cambio de uso del suelo ha repercutido de forma negativa en los recursos naturales (Bray *et al.*, 2008). Además de la pérdida de estos recursos, resalta el desconocimiento sobre la diversidad biológica de la península, en especial del grupo de artrópodos, ya que solo existe información para ciertos grupos taxonómicos, como el de las mariposas (Pozo *et al.*, 2003; Maya-Martínez *et al.*, 2005, 2009; Pozo, 2011), el cual enfrenta amenazas locales, como la pérdida de hábitat, el uso de pesticidas y el aprovechamiento no regulado de las especies (Brooks *et al.*, 2006). Esta última concierne a pocos taxa de interés comercial; algunos ejemplos: mariposas, arañas, tarántulas y ciertos coleópteros (Redak, 2000).

De ese último grupo, los escarabajos elefante (*Megasoma* Kirby, 1825) son de los insectos más grandes y voluminosos de centro y sudamérica (Per, 2006); pertenecen a la subfamilia Dynastinae cuyos miembros se alimentan de tejidos, secreciones o restos vegetales y pocos depredan a otros insectos. Su distribución es mundial, aunque es más diversa en las regiones tropicales y su abundancia puede ser superior entre el nivel del mar y 700 m de altitud (Morón, 1979; Morón-Ríos, 1984; Morón, 1996).

En México se distribuyen ocho especies de *Megasoma*, cinco pequeñas y tres gigantes, entre las que destacan *Megasoma elephas* (Fabricius), *M. occidentalis* Bolívar & Pieltaín & Jiménez-Asúa & Martínez, 1963 y *M. nogueirai* Morón, 2005 (Morón y Gómez-Anaya, 2002; Morón, 2005). Son coleópteros lamellicornios, cuyos adultos tienen la cabeza proporcionalmente pequeña; presentan dimorfismo sexual marcado en los machos por proyecciones cefálicas en forma de cuernos o por diferencia en la coloración y la textura (Morón y Gómez-Anaya, 2002). Su ciclo de vida es largo, con una duración de dos a tres años para completar desde la etapa larval, hasta la adulta. Se ha registrado que los individuos en dicho estado de desarrollo están activos durante el otoño-invierno, en los meses de octubre a enero. Son escarabajos, esencialmente nocturnos, aunque en ocasiones se les puede ver alimentándose durante el día (Morón y Blackaller, 1997; Morón y Deloya, 2001). Se cuenta con pocos estudios sobre aspectos de sus poblaciones y ciclo vital (Morón y Deloya, 2001).

En la región de Calakmul se distribuye *Megasoma elephas*, especie que ha estado sometida a una explotación oportunista en varias localidades de la zona, por lo que de octubre a noviembre de 2000 se realizó un programa de captura, marcaje y recaptura

INTRODUCTION

The south of the Yucatan peninsula is an area of great biological wealth (Flores-Villela and Gerez, 1994); due to this wealth and its endemic species-five angiosperm; six Coleoptera; two Lepidoptera; two saurian, one serpent, eight bird and seven of mammal species- the region is considered as a hotspot for biodiversity worldwide (Conabio, 1995; Myers *et al.*, 2000; Morrone, 2005; Semarnat, 2005). However, the deforestation primarily caused by the change of soil use has had negative consequences on the natural resources (Bray *et al.*, 2008). Not only are these resources being lost, but also there is much ignorance of the biological diversity of the peninsula, especially of the arthropoda, for the available information is restricted to certain taxonomic groups, such as butterflies (Pozo *et al.*, 2003; Maya-Martínez *et al.*, 2005, 2009; Pozo, 2011). Furthermore, this taxon faces local threats, such as the loss of its habitat, the use of pesticides and the unregulated utilization of species (Brooks *et al.*, 2006). This latter threat equally concerns several taxa of commercial interests, e.g. butterflies, spiders, tarantulas and certain coleoptera (Redak, 2000).

Of this last group, the elephant beetles (*Megasoma* Kirby, 1825) are one of the largest and most voluminous insects of Central and South America (Per, 2006); they belong to the subfamily Dynastinae, whose members feed on vegetable tissues, secretions or remains; only a few prey on other insects. Their distribution is worldwide, although it is more diverse in tropical regions, and they can be more abundant between sea level and an altitude of 700 m (Morón, 1979; Morón-Ríos, 1984; Morón, 1996).

In Mexico there are eight species of *Megasoma* -five small and three giant ones-, the most prominent of which are *Megasoma elephas* (Fabricius, 1775), *M. occidentalis* Bolívar & Pieltaín & Jiménez-Asúa & Martínez, 1963 and *M. nogueirai* Morón, 2005 (Morón and Gómez-Anaya, 2002; Morón, 2005). They are lamellicorn coleoptera. The adults have a proportionally small head; they have a marked sexual dimorphism, manifested in males as cephalic projections in the shape of horns or through a difference in color and texture (Morón and Gómez-Anaya, 2002). Their life cycle is long, taking two to three years for its completion from larval to adult stages. Individuals in this stage of development are active during the fall-winter, from October to January. They are essentially nocturnal beetles, although they can occasionally be seen feeding in the daytime (Morón and Blackaller, 1997; Morón and Deloya, 2001).

Megasoma elephas is found in the region of Calakmul. This species has been subject to opportunistic exploitation in several localities of the area. For this reason, a capture-mark-recapture program was carried out in October and November, 2000, within the La Lucha community, in the municipality of Calakmul, Campeche. This community had implemented a species utilization program without previously having performed the pertinent population

en la comunidad La Lucha, municipio Calakmul, Campeche. Dicha comunidad contaba con un programa de aprovechamiento de la especie, sin haber realizado los estudios poblacionales pertinentes (Maya-Martínez *et al.*, 2000). La presente investigación fue financiada y supervisada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y se realizó en un área donde había registros de una alta densidad de *M. elephas* (Maya-Martínez *et al.*, 2000). Es importante mencionar que, debido a la carencia de información sobre el insecto en la región de análisis, se utilizaron datos obtenidos por los pobladores en años anteriores, para compararlos con los del censo elaborado en este trabajo.

De tal forma que, los objetivos fueron a) estimar el tamaño poblacional de *Megasoma elephas* en la localidad; b) presentar una descripción física del coleóptero y caracterizar el hábitat donde se desarrolla en la región, a fin de incrementar y regionalizar la información sobre su historia natural; y c) determinar el estado actual de su población, respecto al medio ambiente que lo rodea, para ello se considera que cada hábitat es la combinación de múltiples factores físico-químicos y bióticos que ejercen un efecto en tiempo y espacio; por ende, si un factor se altera, se deteriora al hábitat o puede limitar el desarrollo de la biota del lugar en un momento dado. En consecuencia, la detección de ese factor y la atenuación de su efecto favorece el estudio y manejo de las poblaciones biológicas (Ojasti y Dallmeier, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ejido La Lucha (18°25'27" N y 89°26'13" O) se ubica en la parte sur de la meseta de Zoh Laguna, la cual posee las elevaciones más prominentes de la península de Yucatán, con alturas de hasta 380 msnm (Morales-Rosas, 1999) (Figura 1). La superficie ejidal es de 2 210 ha y está habitada por 250 individuos. Colinda al este con la Reserva de la Biósfera Calakmul (RBC) (Chablé *et al.*, 2007).

El clima predominante en la región es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual entre 22 y 26 °C (García, 1990). Tiene precipitaciones de 1 300 mm anuales, con lluvias entre junio y noviembre, y se observa una marcada estacionalidad, característica de la región, dividida en lluvias, "nortes" y secas (Orellana *et al.*, 1999; Orellana *et al.*, 2003). Según la clasificación del suelo mostrada por López-García *et al.* (1990), el área presenta Regosoles, Redzinas, Vertisoles y Litosoles y, en la parte más cercana al Ejido La Lucha, suelos profundos sin estratos endurecidos. En la zona no se localiza ningún tipo de corriente superficial permanente; sin embargo, una cantidad importante de aguadas y escorrentías temporales se llenan en la época de lluvias. La vegetación dominante es la Selva Mediana Subperennifolia, aunque, principalmente, en una fase de sucesión (Miranda, 1958; Miranda y Hernández-X, 1963; Martínez y Galindo-Leal, 2002).

studies (Maya-Martínez *et al.*, 2000). This research was financed and supervised by the Environment and Natural Resources Department (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat), and was carried out in an area for which a high density of *M. elephas* was registered (Maya-Martínez *et al.*, 2000). It is worth noting that, due to lack of information about the insect in the analysis region, data collected from the inhabitants in previous years were used and compared with those obtained through the census carried out for this work.

Thus, the objectives were a) to estimate the population size of *Megasoma elephas* in the locality; b) to present a physical description of the coleopteron and characterize its habitat in the region, in order to increase and regionalize information about its natural history, and c) to determine the current state of its population in relation to its environment. For this purpose, each habitat is considered to be the combination of multiple physical-chemical and biotic factors exerting an effect in time and space; therefore, if a factor is altered, the habitat is damaged, or it may limit the development of the local biota at a certain point in time. Consequently, the study and management of biological populations is favored by the detection of this factor and the reduction of its effects (Ojasti and Dallmeier, 2000).

MATERIALS AND METHODS

Study area

La Lucha Ejido (18°25'27" N and 89°26'13" W) is located in the southern part of the Zoh-Laguna plateau, which comprises the most prominent elevations of the Yucatan peninsula, with altitudes up to 380 m (Morales-Rosas, 1999) (Figure 1). Its surface is 2 210 ha and it has 250 inhabitants. Adjoining to the east is the Calakmul Biosphere Reserve (RBC, Spanish acronym) (Chablé *et al.*, 2007).

The predominant climate in the region is warm and subhumid, with a mean annual temperature of 22 to 26 °C (García, 1990). It has annual precipitations of 1 300 mm, with rains between June and November, with a marked seasonality, characteristic of this region, divided into rains, storms caused by northern winds and dry seasons (Orellana *et al.*, 1999; Orellana *et al.*, 2003). According to the soil classification by López-García *et al.* (1990), the area includes regosolic, redzinic, verisolic and lithosolic soils, and, adjoining La Lucha Ejido, deep soils without hardened strata. There are no permanent superficial currents of any type in the area; however, an important amount of pools and temporary runoffs are filled during the rainy season. The dominant vegetation is medium sub-evergreen forest, although primarily in a succession phase (Miranda, 1958; Miranda and Hernández-X, 1963; Martínez and Galindo-Leal, 2002).



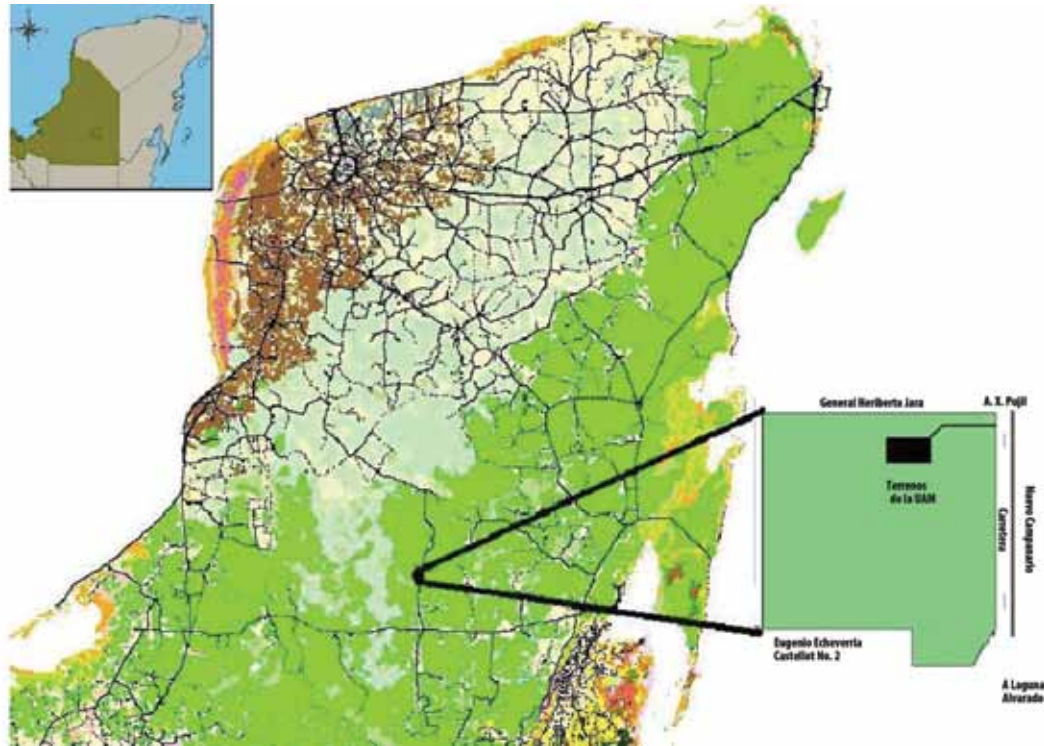


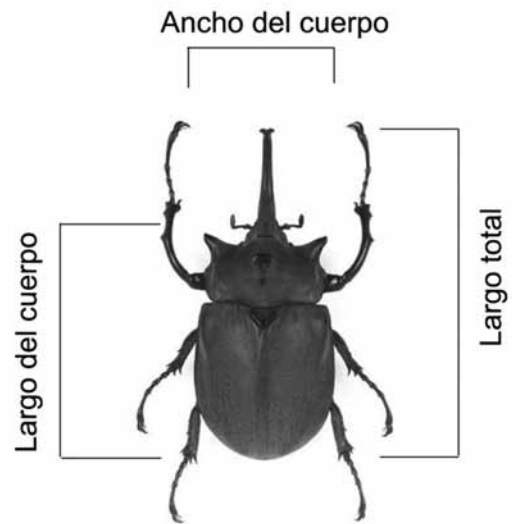
Figura 1. Área de estudio ubicada en el ejido La Lucha, Calakmul, Campeche.
Figure 1. Study area, located in La Lucha Ejido, Calakmul, Campeche.

Trabajo de campo

Se realizó un muestreo de diez días, distribuidos entre octubre y noviembre de 2000, pues se considera que el período reproductivo de la especie ocurre en el ciclo otoño-invierno (Morón y Blackaller, 1997; Morón y Deloya, 2001). A continuación se describen los métodos empleados para la toma de datos tanto de *M. elephas* como de la vegetación.

Captura de ejemplares

Los ejemplares de *M. elephas* se capturaron, marcaron y liberaron inmediatamente. Se tomaron caracteres somáticos: largo total, largo del cuerpo, sexo, peso y color; en el caso de las hembras no se consideró la longitud total, ya que incluyó el cuerno (Figura 2). Se aplicaron pruebas de normalidad y se efectuó un análisis de varianza (Prueba de t) de los caracteres entre sexos y de los consignados en la literatura. Esta prueba de diferencia de medias se llevó a cabo por el bajo número de registros obtenidos durante el muestreo (Krebs, 1998). El marcaje se realizó sobre el élitro derecho, con números ordinales consecutivos, mediante un pincel y pintura vítrea blanca (Figura 3). Para ello, se localizaron y recolectaron desprendiéndolos de las ramas de los árboles, con el apoyo de redes y ganchos o subiéndose a los árboles y capturándolos directamente.



Ancho del cuerpo = Body width; Largo del cuerpo = Body length; Largo total = Total length.

Figura 2. Características medidas en los ejemplares de *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 (capturados y marcados en el Ejido La Lucha).

Figure 2. Characteristics measured in the specimens of *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 (captured and marked at La Lucha Ejido).



Figura 3. Medición y marcaje de ejemplares de *Megasoma elephas* Fabricius, 1775.
 Figure 3. Measurement and marking of specimens of *Megasoma elephas* Fabricius, 1775.

Cuadro 1. Parámetros utilizados para caracterizar a la población de *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 del Ejido La Lucha, Campeche.
 Table 1. Parameters utilized to characterize the population of *Megasoma elephas* Fabricius, 1775 at La Lucha Ejido, Campeche.

Parámetros	Unidad de medida	Descripción
Fecha	dd/mm/aaaa	Día de muestreo
Árbol	Número ordinal	Individuo arbóreo n en el que se registró al escarabajo n
Diámetro	cm	Diámetro a la altura del pecho del árbol n en el que se registró el escarabajo n
Altura	cm	Altura del árbol n donde se registró al escarabajo n
Sexo	H, M	H= Hembra; M= macho
Captura	0, 1	0= si no fue capturado; 1= si fue capturado
Recaptura	0, 1	0= si no fue recapturado; 1= si fue recapturado
Largo total	cm	Largo del escarabajo, incluyendo el cuerno; en el caso de las hembras no se consideró esta medida
Largo del cuerpo	cm	Largo del escarabajo, sin considerar el cuerno; medida tomada a hembras y machos
Ancho	cm	Ancho del cuerpo del escarabajo
Marca	Número ordinal	Número del escarabajo n capturado
Peso	g	Peso total del escarabajo n

Se efectuaron anotaciones sobre su comportamiento y alimentación durante las capturas; las medidas morfológicas se registran en el Cuadro 1.

Evaluación de la población

Para estimar el tamaño poblacional de individuos adultos de *M. elephas* en el área de estudio se empleó el método de captura-marcaje-recaptura, el cual supone que la proporción de individuos recapturados en la población marcada es igual a la proporción de individuos capturados en la población total (Greenwood, 1997).

Field work

Sampling was carried out during ten days, in October and November, 2000, since the species' reproductive period occurs in the fall-winter cycle (Morón and Blackaller, 1997; Morón and Deloya, 2001). The methods used for the collection of data regarding both *M. elephas* and the vegetation are described below.



El modelo de estimación poblacional utilizado fue el de Jolly-Seber (Jolly, 1965) que tiene la ventaja de ser válido para poblaciones abiertas donde existen la inmigración, emigración, mortalidad y natalidad, el cual es el caso de la mayoría de las poblaciones naturales; además de ser un modelo matemáticamente robusto (Pollock, 1981; Krebs, 1998; Heyer, et al., 2001). Los supuestos del modelo son:

1. Cada individuo tiene la misma probabilidad de captura sea o no marcado en cualquier etapa del muestreo.
2. Cada individuo, marcado o no tiene la misma probabilidad de sobrevivir durante todos los muestreos.
3. Las marcas no se pierden o se omiten por parte de los observadores durante las capturas.
4. El tiempo de cada evento de muestreo es insignificante en relación con los intervalos entre los muestreos.

Este modelo destaca la permanencia en la población, ya que particulariza la sobrevivencia mediante la recaptura más reciente, sobre cuándo fue marcado originalmente. Su precisión para estimar la sobrevivencia es similar a la de calcular el tamaño de la población, pero es mayor que la del intervalo de natalidad, lo cual se apega más a las poblaciones naturales (Krebs, 1998).

El tamaño de la población se determinó de acuerdo a Jolly (1965):

$$\text{Tamaño de población} = \frac{\text{tamaño de la población marcada}}{\text{proporción de animales marcados}} \quad (1)$$

La proporción de animales marcados correspondió:

$$\hat{\alpha}_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1} \quad (2)$$

Donde:

+1= Corrección para el sesgo en muestras pequeñas.

Asimismo, se consideraron dos componentes: 1) animales marcados actualmente atrapados y 2) animales marcados presentes, pero no capturados en la muestra t, por lo que Seber (1982) muestra que el tamaño de la población podría calcularse como:

$$\hat{M}_t = \frac{(s_t + 1) Z_t}{R_t + 1} + m_t \quad (3)$$

Donde:

\hat{M}_t = Tamaño estimado de la población marcada antes del muestreo en el tiempo t; por tanto, el tamaño de la población estimado es:

$$\hat{N}_t = \frac{\hat{M}_t}{\hat{\alpha}_t} \quad (4)$$

Capture of specimens

Specimens of *M. elephas* were captured, marked and immediately set free. The somatic characters -total length, body length, sex, weight, and color- were registered; in the case of females, total length was not considered because it included the horn (Figure 2). Normality tests were applied, and a variance analysis (T test) of the characters between the sexes and of characters registered in the literature was carried out. This measures difference test was performed because of the small number of registers obtained during the sampling (Krebs, 1998). The specimens were marked on their right elytrum with consecutive ordinal numbers using a brush and white vinyl paint (Figure 3). For this purpose the specimens were located and collected, being detached from tree branches with nets, hooks, or directly by hand on the trees.

Notes were taken on their behavior and nutrition during the captures. Morphological measures are registered on Table 1.

Population size assessment

In order to estimate population size of adult individuals of the *M. elephas* population in the study area, the capture-mark-recapture method was used, which assumes that the proportion of recaptured individuals among the marked population is equal to the proportion between the captured individuals and the total population (Greenwood, 1997).

The population estimation model utilized was that of Jolly-Seber (Jolly, 1965), which has the advantage of being valid for open populations where immigration, emigration, mortality and births exist, as occurs in most natural populations; besides, it is a mathematically robust model (Pollock, 1981; Krebs, 1998; Heyer et al., 2001). The model's assumptions are:

1. Every individual has the same probability of being captured, regardless of whether or not it is marked, at any stage of the sampling.
2. Every individual, whether it has been marked or not, has the same probability of surviving during all the samplings.
3. The marks are not lost or omitted by the observers during the captures.
4. The timing of each sampling event is insignificant in relation to the intervals between samplings.

This model highlights permanence in the population, particularizing survival by means of the most recent recapture since the original marking date. Its precision for survival estimation is similar to that for population size estimation but is higher than for the estimation of the birth interval, which corresponds better with natural populations (Krebs, 1998).

Donde:

$$\hat{N}_t = \text{Tamaño estimado de la población antes del muestreo en el tiempo } t$$

Por su parte, para caracterizar morfológicamente a los individuos de la población *M. elephas*, además de los datos morfométricos tomados durante el muestreo se consideraron las observaciones de los pobladores del ejido, en el período de 1995 a 1997 (Maya-Martínez *et al.*, 2000).

Características y uso del hábitat

Los datos para caracterizar el hábitat incluyeron la identificación a nivel de especie y las medidas dasométricas: diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de los árboles que frecuenta *M. elephas*, así como de la vegetación circundante al área de la población del escarabajo en el ejido La Lucha. Se delimitaron parcelas de 400 m² (20 x 20 m) de superficie alrededor del árbol en el que se observó al insecto (Sutherland, 2000). Dicho árbol se marcó con una línea y un número consecutivo, el cual se colocaba al lado izquierdo de su tallo (Conafor, 2010). De igual manera, se establecieron al azar transectos de 500 m a lo largo y perpendicular al camino principal que atraviesa el ejido, y con el método de intercepción de línea se contaron los primeros 10 árboles con un diámetro a la altura del pecho mayor de 10 cm; es además se identificaron y midieron (Sutherland, 2000).

Dado a que los escarabajos capturados en años anteriores se ubicaron principalmente sobre el *Lonchocarpus guatemalensis* Benth. (Fabaceae) ("palo de gusano"), sus individuos se contaron en la zona de muestreo, se tomó su altura total, y su diámetro a la altura del pecho.

Las abundancias relativas de las especies vegetales, estimadas, como la frecuencia de individuos de cierto taxon especie en la muestra total, se obtuvieron del conteo de árboles en las parcelas y en los transectos donde se observó a *M. elephas*.

RESULTADOS

Caracterización de la población de *Megasoma elephas*

Se registraron 57 individuos: 47 fueron capturados y marcados (18 hembras y 29 machos), tres se anotaron como muertos (una hembra y dos machos) y siete fueron registros visuales (cuatro hembras y tres machos). Lo anterior definió una proporción de sexos de 1.62:1 (machos: hembras). La longitud corporal promedio fue de 6.83 ± 1.04 cm, y se apreció que los machos tuvieron tamaños (7.10 ± 1.07 cm) más grandes que las hembras (6.37 ± 0.80 cm).

Los datos de observaciones previos (1995-1997) (Maya-Martínez *et al.*, 2000) permitieron conseguir información adicional de 82 individuos y, junto con los datos de este muestreo (47 con registro

Population size was determined according to Jolly (1965):

$$\text{Population size} = \frac{\text{size of the marked population}}{\text{proportion of marked animals}} \quad (1)$$

The proportion of marked animals was:

$$\hat{a}_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1} \quad (2)$$

Where:

+ 1 = Bias correction in small samples

Also, two components are considered: 1) actually captured marked animals, and 2) marked animals present in sample t but not captured; therefore, Seber (1982) shows that the population size may be calculated as:

$$\hat{M}_t = \frac{(s_t + 1) Z_t}{R_t + 1} + m_t \quad (3)$$

Where:

\hat{M}_t = Estimated size of the population marked before the sampling at t time; therefore, the estimated population size is:

$$\hat{N}_t = \frac{\hat{M}_t}{\hat{a}_t} \quad (4)$$

Where:

\hat{N}_t = Estimated population size before the sampling at t time

Moreover, in order to morphologically characterize the individuals of the *M. elephas* population, not only the morphometric data obtained during the sampling but also the observations by the inhabitants of the ejido during the 1995-1997 period were taken into account (Maya-Martínez *et al.*, 2000).

Characteristics and habitat use

The data used for habitat characterization included identification at species level and the mensuration measures: diameter at breast height (DBH) and height of the trees frequented by *M. elephas*, as well as of the vegetation surrounding the population area of the beetle at La Lucha Ejido. Plots with an area of 400 m² (20 x 20 m) around the tree where the insect was observed (Sutherland, 2000) were delimited. The tree was marked with a line and a consecutive number, which was placed on the left side of the stem (Conafor, 2010). Equally, 500 m transects were randomly established along and perpendicular to the main road across the ejido, and the first 10 trees with a diameter at breast height of over 10 cm were counted using the line interception method; besides, they were identified and measured (Sutherland, 2000).

de parámetros morfométricos), se puede confirmar la diferencia significativa entre hembras y machos (dimorfismo sexual), ya que éstos últimos alcanzaron tallas mayores que las primeras, tanto para la longitud del cuerpo ($t=3.05$, $p=0.003$) como para el ancho ($t=2.46$, $p=0.015$) (Cuadro 2).

Because the beetles captured in previous years were located mainly on *Lonchocarpus guatemalensis* Benth (*Fabaceae*) ("white cabbage bark") trees, the individuals of this species in the sampling area were counted, and their total height and diameter at breast height were measured.

Cuadro 2. Medidas de los individuos de *Megasoma elephas* Fabricius 1775 capturados en el ejido La Lucha, Calakmul, México en 1995-1997 (Maya et al., 2000) y 2000.

Table 2. Measures of *Megasoma elephas* Fabricius 1775 specimens captured at La Lucha Ejido, Calakmul, Mexico, in 1995-1997 (Maya et al., 2000) and 2000.

Variable	Hembra Media	(n=50) Desv.est.	Mín-máx	Macho Media	(n=79) Desv.est.	Mín-máx
Largo total (mm)	-	-	-	96.6	18.0	53.0 - 137.0
Largo del cuerpo (mm)	64.7	7.3	44.0 - 80.0	69.5	10.1	41.0 - 90.0
Ancho del cuerpo (mm)	39.1	6.2	24.0 - 60.0	42.1	7.7	19.5 - 64.0

Fuente: Maya et al. (2000); datos del periodo (1995-1997).

Source: Maya et al. (2000); data of the period 1995-1997.



Tamaño de la población

Se capturaron, marcaron y liberaron 47 escarabajos, para una población promedio de adultos en el ejido de 110 (SD= 201), con un máximo de 595 y un mínimo de cero ejemplares, según las fechas (Cuadro 3).

The relative abundances of the estimated vegetable species, such as the frequency of individuals of a species of a particular taxon in the total sample were calculated based on the counting of trees in the plots and on the transects where *M. elephas* was observed.

Cuadro 3. Estadísticos de captura-recaptura de los individuos de *Megasoma elephas* Fabricius 1775 en el ejido La Lucha, Calakmul.

Table 3. Statistics of capture - recapture of *Megasoma elephas* Fabricius 1775 specimens at La Lucha Ejido, Calakmul.

Fecha	mi	ni	Si	Ri	Zi	Mi	ai	Ni
31/octubre/2000	0	4	4	8	0	0	0.20	0
1/noviembre/2000	0	9	9	18	8	0	0.10	0
2/noviembre/2000	0	6	6	186	26	21	0.14	147
3/ noviembre /2000	1	13	13	713	38	85	0.14	595
7/ noviembre /2000	1	1	1	31	65	11	1.00	11
10/ noviembre /2000	1	4	3	36	66	7	0.40	18
14/ noviembre /2000	3	18	15	125	73	15	0.21	71
15/ noviembre /2000	2	7	5	68	0	14	0.38	37
16/ noviembre /2000	2	4	2	14	0	2	0.60	3
17/ noviembre /2000	2	3	1	0	0	2	0.75	0

Ni: Media=110.30; error típico=71.37; mediana=27.47; desviación estándar=201.85; varianza de la muestra=40744.40; curtosis=6.60; coeficiente de asimetría=2.53; rango=595; mínimo=0; máximo=595; suma=882.42; cuenta=8; nivel de confianza (95.0%)=168.75; mi = Total de marcados en el tiempo i (fecha); ni = Número de animales capturados en el tiempo i (fecha); Si = Número total de animales liberados después del tiempo i (fecha) (ni-muertes accidentales o eliminación); Ri = Número de individuos Si liberados en el tiempo t a los que se capturó en un muestreo posterior; Zi = Número de animales marcados antes del tiempo i, no capturados en la muestra i pero sí en una posterior a la del tiempo t; Mi = Número de animales macados capturados en el muestreo i en la última captura en el muestreo r; ai = Proporción de animales marcados; Ni = Tamaño de la población.

Ni: Mean=110.30; typical error=71.37; median=27.47; standard deviation=201.85; sample variance=40744.40; kurtosis=6.60; asymmetry rate=2.53; range=595; minimum=0; maximum=595; addition=882.42; count =8; confidence level (95.0%)=168.75; mi = Total marked individuals at i time (date); ni = Number of animals captured at i time (date); Si = Total number of freed animals after time i (date) (ni-accidental deaths or elimination); Ri = Number of Si individuals liberated at i time which were captured in a later sampling; Zi = Number of animals marked before i time, not captured at i sampling time but after t time; Mi = Number of marked animals captured at i sampling time in the last capture of the r sampling; ma = Proportion of marked animals; Ni = Population size

La tasa de aprovechamiento calculada fue de 25 ejemplares por año (15 machos y 10 hembras). Tradicionalmente, se considera 10% de la población como susceptible de aprovechamiento (Sánchez et al., 2011). En este caso, la tasa se



estimó considerando la biología de la especie y la proporción de sexos observados durante el muestreo. Conforme aumente el conocimiento de la dinámica poblacional de la especie en la zona se podrá modificar ese valor.

Características del hábitat

Se registraron 229 individuos de árboles representados por 52 especies y 19 familias; las dominantes fueron Leguminosae (53 individuos) Asteraceae (31 individuos) y Burseraceae (28 individuos); el diámetro promedio de los árboles fue de 19.6 ± 11.3 cm, con un máximo de 83 cm. La altura varió entre 1.8 y 18.0 m, con un promedio de 5.4 ± 2.0 m. Sin embargo, la caracterización de la vegetación se hizo con base en las 10 especies arbóreas más abundantes (Cuadro 4), ya que constituyen dos terceras partes (67.3%) de los individuos muestreados. De ellas, *Hampea trilobata* Standl, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Lasianthaea fruticosa* (L.) K.M. Becker. var. *fruticosa* y *Lonchocarpus xuul* Lundell representaron casi la mitad de los individuos (46.7%). La especie de mayores dimensiones fue *Lasianthaea fruticosa* (L.) Sarg. con diámetro y altura promedios de 51.1 cm \pm 21.8 cm y 10.8 ± 4.4 m, respectivamente.

Cuadro 4. Especies de árboles más frecuentes en el área de aprovechamiento del ejido la Lucha, Calakmul, México.
Table 4. Most frequent tree species in the area in the utilization area of La Lucha Ejido, Calakmul, Mexico.

Familia	Nombre científico	AR	DAP	Altura
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i> Standl.	13.54	15.6 ± 6.1	4.7 ± 1.1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	12.23	24.3 ± 12.5	5.61 ± 1.9
Compositae	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M. Becker. var. <i>Fruticosa</i>	10.92	13.2 ± 3.5	4.1 ± 1.0
Leguminosae	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	10.04	16.2 ± 5.4	5.2 ± 1.1
Boraginaceae	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	3.93	30.6 ± 10.2	6.1 ± 2.8
Euphorbiaceae	<i>Croton lundelli</i> Standl.	3.93	17.4 ± 7.1	5.8 ± 1.6
	Desconocida	3.93	17.4 ± 3.9	5.2 ± 4.4
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	3.49	19.5 ± 7.9	6.4 ± 3.0
Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	2.62	51.1 ± 21.8	10.8 ± 4.4
Moraceae	<i>Cecropia peltata</i> auct. non L.	2.62	30.2 ± 13.5	7.0 ± 0.9

AR = Abundancia relativa (%); DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm); A = Altura (m).

AR = Relative abundance (%); DAP= Diameter at breast height (cm); A=Height (m).

En el área estudiada destaca, también, la presencia de *Lonchocarpus guatemalensis*, la decimoprimer en términos de abundancia relativa. Para ella se registraron 100% de los individuos de *M. elephas* y, por esta razón, adicionalmente se tomaron los datos de 110 individuos de dicha especie, los cuales forman parte del dosel del bosque secundario, con diámetros y alturas arriba del promedio de la vegetación (cuadros 4 y 5).



RESULTS

Characterization of the *Megasoma elephas* population

57 individuals were registered: 47 (18 females y 29 males) were captured and marked, three (one female and two males) were listed as dead, and there were visual registers of seven (four females and three males). This defined a proportion between the sexes of 1.62:1 (males: females). The average body length was 6.83 ± 1.04 cm, and the males were larger (7.10 ± 1.07 cm) than the females (6.37 ± 0.80 cm).

Data from previous observations (1995-1997) (Maya-Martínez et al., 2000) made it possible to obtain additional information about 82 individuals, and together with the data from this sampling



(47 with a register of morphometric parameters), they enable confirmation of the significant difference between males and females (sexual dimorphism), since the males attained larger sizes than the females both for body length ($t=3.05$, $p=0.003$) and body width ($t=2.46$, $p=0.015$) (Table 2).

Population size

47 beetles were captured, marked and set free, for an average population of adults of 100 (SD= 201) at the Ejido, with a maximum of 595 and a minimum of zero specimens, according to the dates (Table 3).

Cuadro 5. Características de 110 individuos de *Lonchocarpus guatemalensis* Benth. en el ejido La Lucha, Calakmul, México.

Table 5. Characteristics of the 110 *Lonchocarpus guatemalensis* Benth. specimens at Ejido La Lucha, Calakmul, Mexico.

Descriptor	Diámetro (cm)	Altura (m)
Promedio	39.0	9.7
Desviación estándar	17.0	3.3
Mediana	35.5	8.0
Mínima	9.0	3.0
Máxima	100.5	20.0

Se aprecia que los ejemplares corresponden a individuos jóvenes de la especie *L. guatemalensis*, ya que ésta comúnmente alcanza entre 15 y 25 m, incluso hasta 30 m de altura, y un diámetro de 80 cm (Oxford Plant Systematics, 2000). Es una especie de uso maderable y medicinal cuya resina ayuda a contrarrestar los efectos de los ácaros en la piel.

DISCUSIÓN

Características de la población de *Megasoma elephas*

Las medidas morfológicas tomadas, tanto a los ejemplares capturados durante la investigación como en años anteriores muestran que la talla no se ha modificado por agentes como la falta de alimento, por ejemplo, según lo sugerido por Morón y Deloya (2001); sin embargo, el número de individuos capturados indica que la población era mucho mayor durante las temporadas 1995-1996 y 1996-1997, y disminuyó para la relativa a 2000-2001. Se infiere que, además del esfuerzo de muestreo, los factores climáticos pueden ser una de las causas de las bajas densidades poblacionales registradas durante el muestreo efectuado en el presente trabajo, ya que, de acuerdo con testimonios de pobladores del ejido; con datos publicados (Pronatura Península de Yucatán, A. C. y The Nature Conservancy, 2005; García y Secaira, 2006) y con registros de la estación meteorológica: 766950 (MMCP) (Cuadro 6), los inviernos 1995-1997 fueron más húmedos y calientes que el invierno 2000-2001. Por lo anterior, se recomienda incluir el registro de estos valores ambientales en futuros análisis; ello permitiría determinar la duración de la etapa adulta de este insecto en la región, así como definir la mejor época de captura de los ejemplares aprovechables y, en consecuencia, establecer un programa de monitoreo del escarabajo. El conocimiento limitado de la dinámica poblacional de la especie a lo largo de su distribución se enriquecerá con los resultados anuales de dichos monitoreos. De igual forma, las tasas de aprovechamiento estarán sujetas a esas variaciones.



The estimated utilization rate was 25 specimens per year (15 males and 10 females). Traditionally, 10% of the population is regarded as utilizable (Sánchez et al., 2011). In this case, the rate was estimated taking into account the biology of the species and the proportion between the sexes observed during the sampling. As knowledge of the population dynamics of the species in the area increases, it will be possible to modify this value.

Habitat characteristics

229 specimens of trees were represented by 52 species and 19 families; the dominant species were Leguminosae (53 specimens), Asteraceae (31 specimen) and Burseraceae (28 specimens); the average diameter of the trees was 19.6 ± 11.3 cm, with a maximum of 83 cm. The height varied between 1.8 and 18.0 m, with an average of 5.4 ± 2.0 m. However, the characterization of the vegetation was based on the 10 most abundant tree species (Table 4), since they constitute two thirds (67.3%) of the sampled individuals, almost half (46.7%) of which are represented by *Hampea trilobata* Standl, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Lasianthaea fruticosa* (L.) K. M. Becker. var. *fruticosa* and *Lonchocarpus xuul* Lundell. The largest species was *Lasianthaea fruticosa* (L.) Sarg., with an average diameter and height of 51.1 cm \pm 21.8 cm and 10.8 ± 4.4 m, respectively.

Lonchocarpus guatemalensis, the eleventh species in terms of relative abundance, is also prevalent in the study area. 100% of the *M. elephas* individuals were registered for this tree species, and so were the data for 110 specimens of it, which are part of the canopy of the secondary forest, with diameters and heights above the average vegetation (tables 4 and 5).

It was observed that the specimens of the *L. guatemalensis* species were young because their height was usually between 15 and 25 m, even 30 m, and a diameter of 80 cm (Oxford Plant Systematics, 2000). It is a timber-yielding and medicinal species whose resin helps counteract the effects of mites on the skin.

DISCUSSION

Characteristics of the *Megasoma elephas* population

The morphological measures taken, both of the specimens captured during the research and of those captured in previous years, show that body size has not been modified by agents like lack of food, for instance, as has been suggested by Morón and Deloya (2001); however, the number of captured specimens indicates that the population was much larger during the 1995-1996 and 1996-1997 periods, and diminished for the 2000-2001 period. It is inferred that, besides the sampling effort, climate factors may be one of the causes of the lower population densities registered during the sampling effected for this work, since, according to testimonies of the Ejido inhabitants, to the published data (Pronatura Península de Yucatán, A. C.

Cuadro 6. Clima general para el estado de Campeche (1995-2001).
Table 6. General climate for the state of Campeche (1995-2001).

Año	T	TM	Tm	PP	V	RA	TS	FG
1995	27.50	33.10	21.50	1301.71	11.60	86.00	15.00	23.00
1996	27.10	32.20	20.80	841.75	12.00	69.00	18.00	18.00
1997	27.80	32.10	22.30	1081.25	12.70	72.00	6.00	19.00
1998	28.00	32.90	22.40	886.96	12.80	65.00	6.00	22.00
1999	27.00	32.10	21.20	1295.46	11.90	92.00	12.00	24.00
2000	27.00	33.10	20.80	971.59	11.70	69.00	5.00	16.00
2001	27.20	33.20	21.20	1168.73	14.30	83.00	4.00	20.00

T=Temperatura media anual (°C), TM=Temperatura máxima media anual (°C), Tm=Temperatura mínima media anual (°C), PP=Precipitación total anual de lluvia (mm), V=Velocidad media anual del viento (Km/h), RA=Total días que llovió durante el año, TS=Total días con tormenta durante el año, FG=Total días con niebla durante el año.

T=Mean annual temperature (°C); MT=Maximum annual temperature (°C); mT=Minimum mean annual temperature (°C); PP=Total annual rain precipitation (mm); W=Annual mean speed of the wind (Km/h); AR=Total number of days that it rained during the year; TS=Total number of days when there were storms during the year; FG=Total number of days with fog during the year.

A través del desarrollo del estudio se pudieron hacer observaciones de los individuos de *M. elephas* y su comportamiento en la región, mismas que aportaron información nueva o distinta, respecto a sus poblaciones en otros sitios de México (Morón, 1979, 1994; Morón y Deloya, 2001). Algunas diferencias entre los *M. elephas* de Calakmul y los de otras poblaciones distribuidas en el país incluyen la coloración de la vestidura setífera y su tipo de alimentación.

Las sedas que cubren al escarabajo elefante en la localidad de estudio fueron de color pardo en la mayoría de los ejemplares capturados; además las hembras presentaron tonalidades grisáceas oscuras. Morón (1979) cita que está cubierto por pilosidad muy corta y fina de color ante amarillento o rojizo, tanto en hembras como en machos; por su parte, Morón-Ríos (1984) no consigna el color, pero el macho que ilustra una de sus fotografías luce una vestidura pardo rojiza, mientras que Morón *et al.* (1997) indicaron la presencia de pubescencia amarillo rojiza. Es recomendable realizar un análisis taxonómico más profundo para conocer el grado de diferenciación en las poblaciones del sur de la península de Yucatán, de las del resto del país.

Por otro lado, en el área de estudio se observó que *M. elephas* se alimentó exclusivamente de la savia de *L. guatemalensis*, a cualquier hora del día. Ratcliffe y Morón (2005) documentan que consume las ramas y flores de *Lonchocarpus castilloi* Standl. durante el día, cerca de Xpujil, Calakmul, Campeche; asimismo, en Guanacaste, Costa Rica este escarabajo se apreció en una especie no identificada de *Lonchocarpus*. En Mercedes de Guásimo, se ha observado a *M. elephas* alimentándose de la savia en las ramas de *Citrus nobilis* Lour, que los mismos escarabajos cortaban durante la noche, con ayuda de sus protibias. Con anterioridad, Morón (1979), Morón-Ríos (1984), Morón *et al.* (1997) y Morón y Deloya (2001) hicieron observaciones en campo o cautiverio, cuando consumían frutos maduros de mango, plátano o naranja.

La caracterización del hábitat permitió concluir que el insecto prefiere

and The Nature Conservancy, 2005; García and Secaira, 2006), and to the records of the meteorological station: 766950 (MMCP) (Table 6), the 1995-1997 winters were warmer and more humid than the winter of 2000-2001. Therefore, it is recommend to include a record of these environmental values in future analyses; this would make it possible to determine the duration of the adult stage of this insect in the region, as well as to define the best time to capture useable specimens, and consequently, to establish a program to monitor the beetle. The limited knowledge of the population dynamics of the species in the course of its distribution will be enriched with the annual results of these monitorings. Utilization rates will be equally subject to these variations.

Throughout the development of the study it was possible to observe *M. elephas* specimens and their behavior in the region, and thus to contribute new or different information about the populations of this species in other places in Mexico (Morón, 1979, 1994; Morón and Deloya, 2001). Differences between the Calakmul *M. elephas* and those of other locations across the country include the coloring of their dorsal setiferous patch and their type of nutrition.

The setiferous patches covering the elephant beetle in the study locality were dark brown in most of the captured specimens; on the other hand, the females showed dark grayish hues. Morón (1979) quotes that both the females and males of this species are covered by very short hairs with the color of yellowish or reddish suede; Morón-Ríos (1984), on his part, does not register the color, but the male in one of his photographs illustrating his study is covered in a reddish brown patch, while Morón *et al.* (1997) indicated the presence of reddish yellow pubescence. It is advisable to carry out a deeper taxonomical analysis in order to learn the degree of differentiation between the populations of the south of the Yucatan peninsula and those of the rest of the country.

On the other hand, in the study area it was observed that *M. elephas* fed exclusively on the sap of *L. guatemalensis* at any time of day, both

los ejemplares jóvenes de *Lonchocarpus guatemalensis*, por lo cual se asume que prefieren libar en individuos no muy maduros, cuya corteza es más gruesa y dura, pues ello les facilita el acceso a la resina. Otra observación que respalda esta inferencia es el hecho de que todos ellos siempre fueron capturados, sobre las ramas primarias, secundarias y terciarias del "palo de gusano" (*L. guatemalensis*), las cuales tienen una corteza mucho más delgada que el resto del árbol. Se advirtió que todos los *Megasoma* se alimentaron de la savia de este árbol durante el día.

Finalmente, se notaron dos comportamientos: el primero fue que cuando los escarabajos, particularmente las hembras, eran capturados tendían a enterrarse bajo la hojarasca o el suelo, conducta observada entre escarabajos sometidos a cautiverio. El segundo se vincula con un comportamiento defensivo, ya que al manipular a los animales hacían movimientos rápidos con el abdomen, al mismo tiempo que emitían un olor similar al de la corteza de *L. guatemalensis*.

Tamaño de la Población

La alta desviación estándar en la estimación del tamaño de la población puede ser consecuencia de que el modelo presenta una desventaja en tiempo, ya que funciona mejor cuando los intervalos entre cada muestreo son amplios y a largo plazo (Krebs, 1998). En este contexto, es recomendable tomar con mesura el resultado de la estimación en el tamaño poblacional. De igual manera, la tasa de aprovechamiento deberá apegarse a la fenología de la especie para cada zona, pues se ha notado que varía en función de las fluctuaciones climáticas (Morón *et al.*, 1997; Morón y Deloya, 2001). Para el caso específico de la zona estudiada se sugiere que el aprovechamiento de los ejemplares se efectúe al final de la época reproductiva, es decir, desde fines de diciembre a principios de mayo. Asimismo, durante el muestreo se observó que los escarabajos tienden a salir del manchón de vegetación donde se encontraron, posiblemente una vez que terminaron de aparearse. Los pobladores del ejido creen que una vez que migran de su sitio original solo es para morir y, de comprobar esta hipótesis, la mayoría de los organismos estarían disponibles para su aprovechamiento una vez concluida la temporada reproductiva; no obstante, se requiere de un monitoreo más profundo que incluya las diferentes etapas del ciclo biológico de la especie antes de intensificar las capturas.

La tasa de aprovechamiento propuesta resulta precautoria y potencialmente restrictiva para los pobladores del ejido, en un sentido económico inmediato; sin embargo podría incrementarse, si se implementara un monitoreo por año que permitiera tener una mayor certeza del efecto de las extracciones y las variaciones en la población anualmente. Una medida por considerar es el descubrimiento de los sitios de anidación, para así determinar si *M. elephas* presenta o no una selección específica o afinidad hacia *L. guatemalensis* u otra especie vegetal durante el ciclo de desarrollo temprano, o si esta surge por la influencia de factores físico-ambientales, como la cantidad de materia orgánica,

day and night. Ratcliffe and Moron (2005) document that it eats the branches and flowers of *Lonchocarpus castilloi* Standl. During daytime, near Xpujil, Calakmul, Campeche; furthermore, in Guanacaste, Costa Rica, this beetle was found on an unidentified species of *Lonchocarpus*. In Mercedes de Guácimo, Costa Rica, *M. elephas* has been observed feeding on the sap of the branches of *Citrus nobilis* Lour, which the beetles themselves cut during the night, with the aid of their protibias. Morón (1979), Morón-Ríos (1984), Morón *et al.* (1997) and Morón and Deloya (2001) had previously seen them consume ripe mango, banana or orange fruits both on-site and in captivity.

The habitat characterization made it possible to conclude that the insect prefers young specimens of *Lonchocarpus guatemalensis*, and, therefore, it is assumed that they prefer to feed on the sap of not too ripe specimens, and whose bark is therefore less thick and hard, because this facilitates access to the resin. Another observation backing this inference is the fact that they were all captured on the primary, secondary and tertiary branches of the "white cabbage bark" tree (*L. guatemalensis*), which have a much thinner bark than the rest of the tree.

Finally, two behaviors were observed: the first was that when being captured, the beetles -particularly the females- tended to bury themselves under fallen leaves or underground, a behavior observed in beetles in captivity. The second is related to a defensive behavior, for when the animals were being handled, they carried out rapid movements with their abdomen, issuing at the same time a smell similar to that of the bark of *L. guatemalensis*.

Population size

The high standard deviation in the estimation of the population size may be a consequence of the disadvantage of the model in terms of timing, since it works better when the intervals between samplings are extensive and long-term (Krebs, 1998). In this context, it is advisable to take the result of the population size estimation with restraint. Equally, the utilization rate will have to correspond with the phenology of the species for each area, for it has been observed that it varies according to the climate fluctuations (Moron *et al.*, 1997; Morón and Deloya, 2001). For the specific studied area, it is suggested that utilization of the specimens take place at the end of the reproductive season, i.e. from late December to early May. Also, during the sampling it was observed that the beetles tend to leave their native vegetation patch once they have finished mating. The inhabitants of the Ejido believe that that once they migrate from their place of origin, it is only in order to die, and if this hypothesis is proven, most organisms will be available for utilization after the end of the reproductive seasons; nevertheless, further monitoring to cover the various stages of the biological cycle of the species is required before intensifying the captures.

For the inhabitants of the Ejido, the proposed utilization rate is cautionary and potentially restrictive in an immediate economic


la humedad, el diámetro de los troncos, etcétera. Lo anterior reforzaría la implementación de programas de aprovechamiento del escarabajo elefante en los que se considere la conservación del hábitat en el que donde se desarrollan sus estadios del ciclo de vida.

Características del hábitat

De acuerdo con los resultados, el área de análisis está cubierta por vegetación secundaria de Selva Baja Subcaducifolia inundable y Selva Mediana Subcaducifolia, con poco más de 15 años de recuperación; vegetación común en los ejidos colindantes con la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) (Martínez y Galindo-Leal, 2002). No obstante, una característica particular del sitio es la abundancia *L. guatemalensis* y, aunque no se restringe al territorio del ejido estudiado tiene la particularidad de crecer en manchones dentro del sitio, situación que no se advierte en otras partes de la RBC (Martínez y Galindo-Leal, 2002).

La distribución de *Megasoma elephas* se restringe a estos manchones de *L. guatemalensis*, ya que en la región se alimenta, aparentemente, solo de su savia; por lo tanto, su presencia debería corresponder con la ubicación de manchones de esta especie arbórea. Asimismo, es recomendable que los planes de aprovechamiento de *M. elephas* tomen en cuenta la conservación de dicho árbol y particularmente los manchones que forma en el ejido y en sus alrededores.

CONCLUSIONES

El ejido La Lucha tiene una población importante de *M. elephas*, especie que ha sido aprovechada de manera oportunista por los pobladores de la zona. El tamaño de la población estimado presenta una variación considerable, por lo tanto, es recomendable continuar con su monitoreo para reforzar los resultados del modelo empleado. Las tasas de aprovechamiento calculadas son bajas, como medida precautoria en espera de un mayor conocimiento de su dinámica poblacional. *M. elephas* difiere en ciertas características físicas de las señaladas para ejemplares en otras partes del país, lo que pudiera indicar una diferenciación de sus poblaciones. El hábitat del estadio adulto del escarabajo corresponde a un bosque en regeneración, con árboles aún en desarrollo; es decir, acahuales. Se percibió una estrecha relación entre *M. elephas* y *L. guatemalensis*. Se considera que aún hace falta estudiar de manera más profunda dicha la relación para causar los factores que la determinan. 

AGRADECIMIENTOS

A José Luis Aguilar Jiménez, poblador del ejido La Lucha, Calakmul, Campeche, por su apoyo en campo y por facilitar los datos registrados en años previos a este estudio. A Esteban Martínez y Demetrio Álvarez por la identificación botánica. A Miguel Ángel Morón Ríos por las recomendaciones y comentarios hechos al manuscrito. A Ariane Dor por la edición de las figuras. A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal por su apoyo logístico. A la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta investigación (contrato No. DFS/CAMV


sense; however, this rate may be increased if yearly monitoring is implemented to allow a greater certainty as to the effect of the extractions and variations on the population. A measure to be considered is the discovery of the nesting sites in order to determine whether or not *M. elephas* has a specific selection or affinity toward *L. guatemalensis* or some other vegetable species during the early development cycle, or whether this is due to the influence of physical-environmental factors, such as the amount of organic matter, humidity, trunk diameter, etc. The above would reinforce the implementation of programs for the utilization of the elephant beetle that contemplate the preservation of the habitat in which the stages of its life cycle occur.

Habitat characteristics

According to the results, the analysis area is covered by secondary Low and Medium Subdeciduous Forests with little over 15 years of recuperation; this type of vegetation is common in the Ejidos adjoining the Calakmul Biosphere Reserve (RBC) (Martínez and Galindo-Leal, 2002). Nevertheless, a particular characteristic of the site is the abundance of *L. guatemalensis* and, although this species is not restricted to the territory of the studied Ejido, it has the peculiarity of growing in patches within it, a situation that has not been observed in other parts of RBC (Martínez and Galindo-Leal, 2002).

The distribution of *Megasoma elephas* is restricted to these patches of *L. guatemalensis*, since in that region it apparently feeds exclusively on its sap; therefore its presence corresponds with the location of the patches of this tree species. Furthermore, it is advisable that *M. elephas* utilization plans take into account the preservation of this tree species and particularly the patches of it growing at the Ejido and its surroundings.

CONCLUSIONS

La Lucha Ejido has a significant population of *M. elephas*, a species that has been opportunistically used by the inhabitants of the area. The estimated population size presents considerable variations, and therefore it is advisable to continue to monitor it in order to reinforce the results of the utilized model. The estimated utilization rates are low, as a cautionary measure while further knowledge of its population dynamics is acquired. Certain physical characteristics of *M. elephas* in this area differ from those determined for specimens living in other parts of the country, which may indicate a differentiation between their populations. The habitat of the beetle at the adult stage corresponds to a forest in regeneration, with trees still in a stage of development, i.e. undergrowth. A close relationship was perceived between *M. elephas* and *L. guatemalensis*. Further studies are required to identify the factors that determine this relationship. 



PRODERS/AD/017/2000). Al INIFAP por el aporte financiero para la publicación de este escrito.

REFERENCIAS

- Bray, D. B., E. Duran, V. H. Ramos, J. F. Mas, A. Velazquez, R. B. McNab, D. Barry and J. Radachowsky. 2008. Tropical deforestation, community forests, and protected areas in the Maya Forest. *Ecol. Soc.* 13 (2):56.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim and A. S. L. Rodrigues. 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science* 313 (5783):58-61.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. INE, Semarnat. México, D.F. México. 120 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2010. Inventario nacional forestal y de suelos. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Re-muestreo 2010. Semarnat, Conafor. México, D.F. México. 140 p.
- Chablé C., E. M. S., F. D. Gurri G., D. O. Molina R. y B. Schmook. 2007. Fuentes de ingreso y empoderamiento de las mujeres campesinas en el municipio de Calakmul, Campeche. *Polít. Cult.* 28:71-95.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso del suelo. 2a ed., Conabio-UNAM. México, D. F. México. 446 p.
- García, E. 1990. Carta IV.4.10. Clima. Atlas Nacional de México. UNAM, Instituto de Geografía. Escala 1:4 000 000. México, D.F. México. s/p.
- García, G. y F. Secaira (eds.). 2006. Una Visión para el Futuro: cartografía de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca. CI, ECOSUR, FDN, PFB, PPY, TNC, WCS. San José, Costa Rica. 40 p.
- Greenwood, J. J. D. 1997. Basic techniques: Ecological Census Techniques. In: Sutherland, W. J. A handbook. Cambridge University Press Cambridge, UK. pp. 11-110.
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek y M. S. Foster. 2001. Medición y monitoreo de la diversidad biológica. Métodos estandarizados para anfibios. Smithsonian Institution Press, Ed. Univ. de la Patagonia. Comodoro Rivadavia, Argentina. 349 p.
- Jolly, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-Stochastic model. *Biometrika*. 52:225-247.
- Krebs, C. 1998. *Ecological Methodology*. 2a ed. Addison Wesley Longman. Menlo Park, CA. USA. 620 p.
- López-García, J., C. Melos-Galegos, L. Manzano-Delgado y G. Hernández-Corzo. 1990. Carta IV.7.1. Unidades taxonómicas del Suelo. In: Instituto de Geografía. Atlas Nacional de México. Escala 1: 4 000 000. UNAM. México, D.F. México. s/p.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México. Clasificación, descripción y distribución. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 71:7-32.
- Maya-Martínez, A., C. Pozo y E. May-Uc. 2005. Las mariposas (Rhopalocera: Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae) de la selva alta subperennifolia de la región de Calakmul, México, con nuevos registros. *Folia Entomol. Mex.* 44:123-143.
- Maya-Martínez, A., C. Pozo and J. J. Schmitter-Soto. 2009. Distribution patterns of Charaxinae (Lepidoptera: Nymphalidae) in Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Zool.* 25 (2):283-301.
- Maya-Martínez, A., R. R. Calderón-Mandujano, M. Sanvicente L., S. Calmé y J. L. Aguilar J. 2000. Aprovechamiento del escarabajo elefante (*Megasoma elephas*) en la comunidad de "La Lucha", Calakmul, Campeche. Informe Final. SEMARNAT-ECOSUR. Chetumal, Q. Roo. México. 34 p.
- Miranda, F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. In: Beltrán, E. (ed.). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Tomo II. IMRNAR. México, D.F. México. pp. 215-271.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29179.
- Morales-Rosas, J. 1999. Suelos. In: Folan, W., M. C. Sánchez y J. M. Ortega. (eds.). Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche. CIHS, Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México. pp. 41-49.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank José Luis Aguilar Jiménez, an inhabitant of La Lucha Ejido, Calakmul, Campeche, for his on-site support and for facilitating the data recording in years previous to this study. To Esteban Martínez and Demetrio Álvarez for the botanical identification. To Miguel Ángel Morón Ríos for his recommendations and comments on the manuscript. To Ariane Dor for the edition of the figures. To El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal, for its logistical support. To Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) for financing the development of this research (Project number DFS/CAM/PRODERS/AD/017/2000). To INIFAP for its financial support for the publication of this paper.

End of the English version



- Morón, M. A. 1979. Fauna de coleópteros Lamellicornios de la Estación de Biología Tropical, UNAM. "Los Tuxtles", Ver. México. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología. 50 (1):375-454.
- Morón, M. A. 1994. Fauna de Coleóptera Lamellicornia en las montañas del noreste de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 63:7-59.
- Morón, M. A. 1996. Melolonthidae (Coleoptera). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. In: Llorente B., J., A. N. García A. y E. González S. Hacia una síntesis de su conocimiento. Instituto de Biología, Conabio-UNAM. México, D.F. México. pp. 287-307.
- Morón, M. A., B. C. Ratcliffe y C. Deloya. 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. I. Familia Melolonthidae. Conabio-Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. México, D.F. México. 280 p.
- Morón, M. A. and J. Blackaller. 1997. Melolonthidae y Scarabaeidae. In: González-Soriano, E., R. Dirzo y R. Voght. (eds.). Historia natural de los Tuxtles. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. pp. 227-243.
- Morón, M. A. y C. Deloya. 2001. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Megasoma elephas elephas* (Fabricius) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). *Folia Entomol. Mex.* 40 (2):233-243.
- Morón, M. A. y J. A. Gómez-Anaya. 2002. Consideraciones sobre la categoría taxonómica de *Megasoma elephas occidentalis* Bolívar y Pieltaín, Jiménez-Asúa y Martínez, 1963. (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). *Folia Entomol. Mex.* 41 (3):299-319.
- Morón-Ríos, M. A. 1984. Escarabajos. 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología. México, D.F. México. 133 p.

- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Rev. Mex. Biodiv.* 76 (2): 207-252.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403 (6772):853-858.
- Ojasti, J. y F. Dallmeier. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. *SI/MAB Series # 5*. Smithsonian Institution, MAB Biodiversity Program. Washington, DC USA. 304 p.
- Orellana, R., M. Balam e I. Bañuelos (coord.). 1999. Evaluación climática (Climatología de la Península de Yucatán). *In: García de Fuentes, A., C. Córdoba, P. Ordoñez y P. Ponce de León. (eds.). Atlas de procesos territoriales de Yucatán. Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc. México.* pp. 183-194.
- Orellana, R., G. Islebe y C. Espadas. 2003. Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. *In: Colunga-García, M.P. y A. Larqué-Saavedra. (eds.). Naturaleza y sociedad en el área Maya. Pasado, presente y futuro. Academia Mexicana de Ciencias, CICY. México, D.F. México.* pp. 37-52.
- Oxford Plant Systematics. 2000. The virtual field herbarium. <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/>. (10 de noviembre de 2012).
- Per, C. 2006. Somatic proportions in genus *Megasoma* (Scarabaeidae: Dynastinae): *Megasoma actaeon*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99(2):342-351.
- Pollock, K. H. 1981. Capture-recapture models: a review of current methods, assumptions, and experimental design. *Stud. Avian Biol.* 6:426-435.
- Pozo, C. (Ed). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 2. ECOSUR-CONABIO-Gobierno del Estado de Quintana Roo- Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D.F. México. 271 p.
- Pozo, C., A. Luis M., S. Uc T., N. Salas S. and A. Maya M. 2003. Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) of Calakmul, Campeche, Mexico. *Southwest. Nat.* 48 (4):505-525.
- Pronatura Península de Yucatán, A. C., The Nature Conservancy (comps). 2005. Plan de Conservación para Calakmul-Balam Kin-Balam Kú, Campeche, México. Campeche, México. 88 p.
- Ratcliffe, B. C. and M. A. Morón. 2005. Larval descriptions of eighth species of *Megasoma* Kirby (Coleoptera: Dynastinae) with a key for identification and notes on biology. *Coleopt. Bull.* 59 (1):91-126.
- Redak, R. A. 2000. Arthropods and multispecies habitat conservation plans: are we missing something? *Environ. Manage.* 26 (1):97-107.
- Sánchez, O., P. Zamorano, E. Peters y H. Moya (eds.). 2011. Temas sobre conservación de vertebrados terrestres en México. Publicación especial. Semarnat-Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. México. 389 p.
- Seber, G. A. F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. 2a ed. MacMillan, NY. USA. 654 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/introduccion/presentacion.html. (31 de mayo de 2012).
- Sutherland, W. J. 2000. The conservation handbook: Research, management and policy. Blackwell Science. Oxford, UK. 278 p.



