



Biología de *Callosobruchus maculatus* (Fab. 1775) (Coleoptera: Bruchinae) "gorgojo del caupí", en semillas de *Vigna unguiculata* (L.)

Biology of *Callosobruchus maculatus* (Fab. 1775) (Coleoptera: Bruchinae) "cowpea weevil", in seeds of *Vigna unguiculata* (L.)

Sarita A. Yacila-Mendoza¹; Pedro S. Castillo-Carrillo²

1 SENASA; Perú.

2 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N PampaGrande, Tumbes, Perú.

* Autor corresponsal: saritayacila@hotmail.com (S. Yacila).

ID ORCID de los autores:

S. A. Yacila-Mendoza:  <http://orcid.org/0000-0001-7892-2521>

P. S. Castillo-Carrillo:  <https://orcid.org/0000-0002-0255-1047>

RESUMEN

Vigna unguiculata (L.) Walp. es una leguminosa cultivada en zonas tropicales y subtropicales del mundo y fuente de proteínas de bajo costo. Durante su almacenamiento, los granos son infestados por *Callosobruchus maculatus* (Fab. 1775). El objetivo fue determinar en laboratorio y durante tres generaciones la duración del ciclo de desarrollo, capacidad reproductiva, longevidad y realizar una descripción morfológica de sus estados de desarrollo. El estado de huevo durante las tres generaciones, duró en promedio 3,5 días, en larva 13,0 días la primera y segunda generación y 14,0 días la tercera, la pupa 5,0 días en la primera y segunda y 5,5 días en la tercera. El ciclo de desarrollo durante la primera y segunda generación duró 23,0 días y 24, 5 días en la tercera. El número de huevos promedio total por hembra en la primera generación fue $51,6 \pm 3,9$; $90,2 \pm 3,6$ en la segunda y $93,2 \pm 10,5$ en la tercera. En lo que corresponde a la longevidad de los adultos, esta fue mayor en las hembras que en los machos. Lo realizado nos permite contar con una metodología básica para posteriores estudios de biología en granos almacenados de otras especies de leguminosas que son infestados por este gorgojo en nuestra región.

Palabras clave: *Callosobruchus*; *Vigna*; caupí; ciclo de desarrollo; edeago.

ABSTRACT

Vigna unguiculata (L.) Walp. is a legume cultivated in tropical and subtropical areas of the world and a low-cost source of protein. During storage, the grains are infested by *Callosobruchus maculatus* (Fab. 1775). The aim of this study was to determine in the laboratory and during three generations the duration of the development cycle, reproductive capacity, longevity and to make a morphological description of their development stages. The egg stage during the three generations lasted an average of 3.5 days, in the larva 13.0 days in the first and second generation and 14.0 days in the third, the pupa 5.0 days in the first and second and 5, 5 days in the third. The development cycle for the first and second generations lasted 23.0 days and 24.5 days for the third. The total average number of eggs per female in the first generation was 51.6 ± 3.9 ; 90.2 ± 3.6 in the second and 93.2 ± 10.5 in the third. Regarding adult longevity, it was higher in females than in males. What has been done allows us to have a basic methodology for subsequent biological studies in stored grains of other legume species that are infested by this weevil in our region.

Keywords: *Callosobruchus*; *Vigna*; cowpea; development cycle; edeago.

Recibido: 13-07-2023.

Aceptado: 08-10-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El frijol caupí *Vigna unguiculata* (L.) Walp es una fuente importante de alimento y producción en nuestra región, el Perú, así como en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Es una importante fuente proteica de gran importancia económica y social de bajo costo, así como de carbohidratos (almidón) para las personas en Latino América, Asia y África (Oliveira et al., 2018; Devi et al., 2015; Prazeres et al., 2015; Pasos de Castro et al., 2013; Phillips et al., 2003).

Uno de los problemas esenciales que se presentan en los granos almacenados de esta leguminosa y otras, son los bruquidos, a nivel mundial constituyen un serio problema para los granos de diversas especies vegetales que son fuente nutricional de muchas personas en todo el mundo o cuando éstos son almacenados como semillas, al ver afectado seriamente su poder germinativo, cantidad y calidad (Segers et al., 2023, Elhefny et al., 2022).

Callosobruchus maculatus (Fab.1775)(Coleoptera: Chrysomelidae), comúnmente conocido como "escarabajo de la semilla de caupí" es una grave plaga cosmopolita de varias leguminosas almacenadas (Segers et al., 2023; Mansouri et al., 2022; Naseri et al., 2022; Amiri & Bandani, 2021; Sindhura et al., 2020), como el caupí (*V. unguiculata* L.), la soja (*Glycine max* L.), el guisante común (*Pisum sativum* L.) (Adebayo & Oke 2017); aunque tiene preferencia especial por los granos de frijol caupí, su huésped ancestral, donde por el grado de infestación que se puede observar en los centros de abastecimiento de este producto puede considerarse como una plaga clave de éstos llegando a ocasionar pérdidas de hasta el 100% de los granos almacenados (Tengey et al., 2023). Haouel-Hamdi et al., (2018) reportan haber criado una colonia de laboratorio de *C. maculatus* en garbanzo (*Cicer arietinum*) durante 45 generaciones y consideran que el garbanzo puede ser también un huésped "habitual" de estos gorgojos.

Esta especie es originaria de África, donde sigue siendo una especie dominante, pero tiene una amplia distribución en zonas tropicales y regiones subtropicales donde este cultivo representa una de las principales fuentes de proteína en la dieta humana (Singh & Rachie, 2009), generando pérdidas económicas a las personas que lo almacenan como grano seco, debido a que ocasiona pérdidas críticas al disminuir el peso y calidad del grano, la capacidad de germinación y la calidad nutricional (Hamzavi et al., 2022; Mosaffar-Mansouri et al., 2022; Génefol et al., 2018; Badii et al., 2014; Pasos de Castro et al., 2013; Khashaveh et al., 2011; Naseri et al., 2002; Sharma, 1984).

Un daño colateral a los daños producidos causado por este insecto por alimentación es que pueden ingresar al grano plagas secundarias u hongos, incrementando la disminución de su calidad nutricional (Hagstrum et al., 2012). Todos los granos almacenados pueden perderse en unos pocos meses debido al rápido desarrollo, la alta capacidad reproductiva, su corto ciclo de vida y sus generaciones continuas (Turaki, 2012).

Los niveles de infestación durante el almacenamiento están fuertemente influenciados por el tipo de estructura de almacenamiento empleada y de la variedad de semilla, siendo algunas más susceptibles que otras (Osman et al., 2023), igualmente depende de las instalaciones de almacenamiento, un almacenamiento hermético es una técnica eficaz para controlar el daño por estos insectos (Yewle et al., 2023), en cambio instalaciones que mantienen altos niveles de humedad de las semillas son más propensas a altos niveles de infestación (Ojimelukwe et al., 1999; Párr et al., 1998; Singh, 1997; Párr et al., 1996).

En el almacenamiento de los granos, las hembras de *C. maculatus* depositan sus huevos en la superficie del grano de la leguminosa y las larvas que nacen se alimentan del endospermo interno, dejando un orificio por donde emergen los insectos adultos. Toda la vida de las larvas y pupas transcurre dentro de un solo grano (Furk & Hines, 1993). El orden de emergencia de las hembras adultas del grano influye significativamente en la fecundidad, aunque no afecta su longevidad. Cuando dos hembras cohabitan en la misma semilla durante el desarrollo inmaduro, el éxito de apareamiento de la primera hembra que emerge es mayor (91,7%) que la segunda (87,5%) (Amiri & Bandani, 2022).

La larva de esta especie se desarrolla exclusivamente en semilla de leguminosas (Fabácea), los adultos no requieren alimentos o agua viven entre una a dos semanas tiempo suficiente para el apareamiento y la puesta de los huevos en los granos, llegando a ovipositar hasta 115 huevos, aunque esta puede reducirse si las semillas se encuentran previamente infestadas, algunas hembras adultas pueden tener la capacidad de distinguir sus propias marcas de oviposición y otras parecen ignorar las marcas de oviposición de otras hembras. La T° óptima para la oviposición de *C. maculatus*, es 30-35 °C. (Kergoat et al., 2007; Párr et al., 1998; Párr et al., 1996).

Un aspecto interesante sobre esta especie es lo que reportan Rodríguez-Leyva et al. (2002), quienes, en México, han realizado estudios para utilizar sus larvas para la crianza de *Catolaccus* spp., un ectoparásitoide del picudo mexicano *Anthonomus grandis*, empleando como sustrato para la crianza de *C. maculatus*, granos quebrados de garbanzo.

Para proteger los granos de caupí de las infestaciones de *C. maculatus*, los agricultores suelen utilizar insecticidas y fumigantes químicos durante el almacenamiento. Sin embargo, estos compuestos pueden tener efectos nocivos sobre los granos almacenados para humanos y el medio ambiente (Isman, 2008).

Existen pocos estudios realizados al respecto, por lo que, el objetivo de este estudio fue conocer la biología de *C. maculatus*, así como su ciclo de desarrollo, capacidad reproductiva, longevidad. También realizar una descripción morfo-lógica de sus estados de desarrollo de tal manera y que en un futuro permitan establecer las estrategias de control más adecuadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Métodos

Los estudios de biología y comportamiento de la especie en estudio se desarrollaron en una sala de crianza del laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Tumbes bajo condiciones de temperatura que fluctuó entre 21 y 31 °C y entre 73% y 75% de humedad relativa.

Recolecta de ejemplares para la crianza

Los ejemplares de *C. maculatus* fueron recolectados en los diferentes centros de abastos o almacenes del mercado de Tumbes, de sacos conteniendo granos de frijol caupí.

Crianza masal

Los adultos de *C. maculatus* recolectados se depositaron en placas Petri descartables (8 cm de diámetro x 1,2 cm de altura), conteniendo granos sanos de frijol caupí, con la finalidad de obtener una cantidad suficiente de huevos de una misma fecha, los cuales sirvieran para iniciar el trabajo de investigación. Se acondicionaron 10 parejas de *C. maculatus* con 5 granos de frejol caupí por placa Petri.

Acondicionamiento de posturas

Una vez que las hembras ovipositaron en los cinco granos de caupí, que era el sustrato de oviposición, estos fueron separados y puestos en las placas Petri debidamente etiquetadas con las fechas de oviposición. Las observaciones se efectuaron diariamente, evaluando los cambios morfológicos y biológicos de los diferentes estados de desarrollo hasta la emergencia del adulto. con la ayuda de un Estereoscopio marca Olympus modelo SZ2-ILST (Filipinas). Para iniciar una nueva generación, nuevamente se colocaron 5 granos de frejol caupí en las placas Petri.

Registros morfométricos y de comportamiento de los estados de huevo, larva, pupa y adulto

Después de dos días se tomaron las dimensiones de huevos y en el caso de cada uno los estadíos larvales, se registró la longitud del cuerpo, ancho de la cápsula cefálica, tórax, abdomen, con sus respectivos apéndices. De igual modo se registró la duración en día de cada uno de los estadíos; el comportamiento de las larvas recién emergidas y ritmo de alimentación durante su ciclo de desarrollo e igualmente la duración en días del estado de pupa y el proceso de emergencia de los adultos y dimensiones.

Morfometría y comportamiento

Huevo. Recién ovipositado es de color transparente brillante en forma de lágrima o huso, en el primer día el huevo parece una bolsa translúcida suave de apariencia lisa con la base plana cementada sobre la superficie del grano (Figura 1a), resultados que concuerdan con lo reportado por Beck & Blumer (2014), a medida que transcurre el tiempo el corión va endureciéndose. Días antes

Acondicionamiento de los adultos

Emergidos los adultos de una misma edad, previamente sexados, se depositó una pareja por placa Petri, colocándosele como sustrato de oviposición. Para los adultos no se les colocó fuente de alimentación, ya que según Mitchell (1975) reporta que los adultos de *C. maculatus* no necesitan alimentarse ni beber agua ya que obtienen sus requerimientos alimentarios durante el estado larval.

Determinación del comportamiento durante la madurez sexual

En lo que corresponde al comportamiento del insecto durante la madurez sexual se observó la emergencia del estado adulto de la semilla; forma de vida; desplazamiento, apareamiento, periodo pre cópula, forma como se realiza la cópula y el tiempo de la cópula. Estos aspectos fueron observados en cinco parejas, apareando machos que han copulado con hembras sexualmente maduras sin copular o hembras apareadas con machos sexualmente maduros sin haber copulado.

Determinación del periodo de preoviposición

Se determinaron teniendo en cuenta el número de días.

Determinación de la duración del ciclo de desarrollo y biológico

Para la determinación del ciclo de desarrollo se emplearon 50 huevos y en ellos se determinó la duración del periodo de incubación, periodo larval y pupal, hasta la emergencia de los adultos.

Estudio de la capacidad reproductiva

En base a 10 parejas se determinó: el periodo de oviposición, el número de huevos por hembra, promedio diario de huevos por hembra, así como el porcentaje de fertilidad de los huevos.

Longevidad de adultos

Se determinó en base a los ejemplares utilizados durante la evaluación del ciclo de desarrollo durante las tres generaciones.

Análisis estadístico

Se obtuvieron los rangos promedios, suma, máximo, mínimo, del ciclo de desarrollo, capacidad reproductiva y longevidad de adultos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

de la eclosión puede observarse el embrión en el estereoscopio por transparencia. Al momento de la eclosión el huevo adopta un color blanco cremoso debido a que la larva que emerge de él posee esa coloración. Emergida la larva esta ingresa a la semilla pudiéndose observar el polvillo y excremento de la larva que genera al momento de ingresar al grano. Miden en promedio 0,8 mm de longitud y 0,6 mm de ancho (Tabla 1), Mitchell

(1975) reporta valores de 0,74 mm de longitud y 0,38 mm de ancho, observados a 50 aumentos. Los huevos son ovipositados de preferencia en la zona más lisa de la semilla, pero cuando hay una alta población no tienen preferencia. Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por (Yus, 1976).

Larva

Primer estadio. La larva es de tipo carabiforme, generalmente presenta una coloración cremosa, de aspecto rígido, en este estadio, la cabeza es más desarrollada que el resto del cuerpo. Tiene una longitud de 0,4 mm y un ancho de 0,1 mm y su capsula cefálica de 0,2 mm (Tabla 1).

Segundo estadio. La larva presenta cutícula blanca o ligeramente amarillenta, forma cifosomática, curvada ventralmente en forma de C abierta, bastante engrosado en proporción con la cabeza, la cual queda embebida en la parte anterior del cuerpo, aunque claramente distinguible por su mayor quitinización y por el color castaño-rojizo, salvo las mandíbulas que son negras. Tórax sin placa protorácica. Segmentos torácicos algo más anchos que los del abdomen. Abdomen grueso y carnoso, arqueado ventralmente. Mide 1,3 mm de longitud y 0,8 mm de ancho y su cápsula cefálica 0,5 mm de longitud y 0,4 mm de ancho (Tabla1).

Tercer estadio. Igualmente, con cutícula blanca o ligeramente amarillenta, no esclerosada. Cuerpo muy similar al estadio anterior, aunque algo más curvada, más engrosado, quedando la cabeza aún más embebida en el tórax, igual coloración que el estadio anterior. Las patas son más gruesas, fuertemente reducidas a un muñón donde apenas sobresale un artejo visible. Tórax robusto, similar a la de la larva II. Patas proporcionalmente más cortas que las de la larva II, más anchas y chatas, igualmente formadas por 3 artejos. Mide 2,2 mm de longitud y 1,4 mm de ancho, la cápsula cefálica tiene una longitud de 0,6 mm y un ancho de 0,5 mm (Tabla1).

Cuarto estadio. El cuerpo es relativamente grande y rechoncho, de forma fuertemente cifosomática, de tonos blanco-amarillentos, cubierto de setas dispersas, excepto la cabeza que está fuertemente esclerosada, tomando por ello un color castaño oscuro (Figura 1b), quedando embutida en la parte anterior del cuerpo y proporcionalmente muy pequeña. Tórax voluminoso, patas de 3 segmentos muy cortos y anchos. Mide en promedio 2,9 mm de longitud y 1,7 mm ancho, y su cápsula cefálica 0,6 mm de longitud y 0,7 de ancho, las patas son poco desarrolladas, similares a las de la larva III, estos datos concuerdan con los registrados por Yus (1976).

Pre-pupa

Este estadio es intermedio entre la larva IV y pupa, en esta fase pierde la forma cifosomática y el cuerpo se endereza notablemente hasta adquirir el aspecto de una larva eruciforme, al mismo tiempo que se contrae la masa corporal y se distingue de la larva IV debido a que detiene prácticamente todo su

movimiento, y empieza a mostrar características que finalmente darán lugar a la pupa, es un periodo breve. La cabeza, sobresale del tórax, sin perder su posición hipognata, conservando su quitinización y colores castaños, el tórax aparece notablemente desarrollado, más ancho y robusto que el resto del abdomen, y de tonalidad blanquecina. La longitud en promedio es de 3,8 mm de longitud y 1,5 mm de ancho. Se concuerda con lo registrado por Yus & Coello (2008).

Pupa

Es del tipo libre o exarate de color amarillo con tonalidades grisáceas, generalmente el cuerpo es de consistencia blanda (Figura 1c). A medida que se va transformado en adulto, presenta sus apéndices, patas, y sus alas en desarrollo. Tiene cierta semejanza al adulto y se le denomina estado farate. La longitud es de 4,4 mm y 2,2 mm de ancho, está en concordancia con lo encontrado por Yus & Coello (2008), pero difieren con lo que reporta Beck & Blumer (2014), quienes indican que el color de la pupa es blanquecino, y que mide 3,87 mm de largo y 1,76 mm de ancho a 50X, y precisan que cuando la larva comienza a convertirse en pupa, la cáscara de la semilla comienza a adelgazarse.

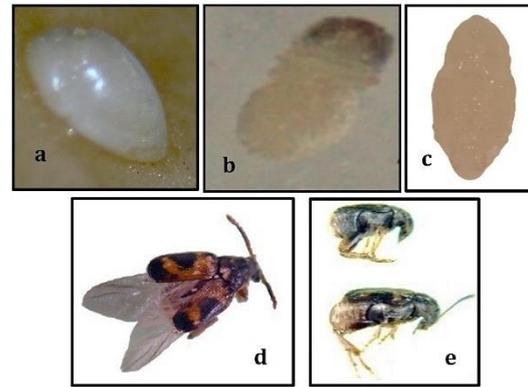


Figura 1. *Callosobruchus maculatus*: (a) huevo, (b) larva, (c) pupa, (d) adulto, (e) macho y hembra

Tabla 1

Dimensiones promedio en mm de los estados de desarrollo y cápsula cefálica durante tres generaciones de *C. maculatus*. N = 50

Estado de desarrollo	Dimensiones			
	Cuerpo		Cápsula cefálica	
	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho
Huevo	0,8	0,6	0,0	0,0
Larva 1	0,4	0,1	0,2	0,2
Larva 2	1,3	0,8	0,5	0,4
Larva 3	2,2	1,4	0,6	0,5
Larva 4	2,9	1,7	0,6	0,7
Pre pupa	3,8	1,5	0,0	0,0
Pupa	4,4	2,2	0,0	0,0
Adulto macho	3,7	1,4	0,8	0,6
Adulto hembra	4,0	2,0	0,9	0,7

Adulto

Es de color marrón - rojizo en general, con el negro y el gris marcado, resalta en cada élitro una mancha de color marrón en forma de C, pegada a los márgenes internos, lo que origina dos manchas

negras centrales de forma más o menos triangular pegadas al margen costal (Figura 1d). Presentan dimorfismo sexual, las hembras son más grandes que los machos (Figura 1e) y más oscuras, mientras que los machos son de color marrón. El macho tiene una longitud de 3,7 mm y un ancho de 1,4 mm y la hembra 4,0 mm y 2,0 mm respectivamente (Tabla 1). Presenta un par de antenas color marrón aserradas con vellosidades sus segmentos presentan prolongaciones laterales triangulares compuestas de 9 artejos de 1,4 mm de largo tanto en hembras y machos (Figura 1f), descripción que coincide con Yus (1976). El tórax es marrón, de forma cónica con la parte anterior más estrecha compuesto de vellosidades y pequeñas depresiones, en el macho la longitud es de 0,8 mm y 0,7 mm de ancho, y de 1,1 mm y 1,0 mm en la hembra; descripción coincidente con Yus (1976). En cuanto a las patas, la posterior y específicamente el fémur presenta características diferenciales para separar a *C. maculatus* de otras especies como son un par de crestas distintas (interior y exterior) en el lado ventral y posterior. En cada cresta lleva un diente cerca del extremo apical. El diente interior es triangular, e igual o ligeramente más largo que el diente exterior, en la tibia se encuentra un diente más largo, la longitud del fémur es 2,2 mm en macho y hembra. La superficie elitral está surcada por 10 estrías longitudinales, de las cuales las centrales están más o menos acortadas no apreciables. La longitud del élitro es de 2,0 mm en hembra y de 1,6 mm en el macho. La longitud del segundo par de alas es de 2,9 mm. Los datos obtenidos son similares a los proporcionados por Yus (1976) y por Howe & Currie (1964). El último segmento del abdomen se extiende por debajo de los élitros, y también tiene dos manchas negras. El abdomen, en las hembras está formado por cinco segmentos. Los segmentos 4° y 5° son amplios. Con una longitud de 2,5 mm y un ancho de 2,0 mm. En los machos los segmentos 4° al 5° son estrechos, puede escotarse para dar alojamiento a la punta del pigidio, carácter que aparece sólo en los machos. Con una longitud de 2,1 mm y un ancho de 1,5 mm. Descripciones similares a las de Yus (1976). En lo que respecta al pigidio, en los machos es muy convexo, presenta una coloración marrón uniforme y en las hembras es menos convexo que el del macho presenta dos manchas oscuras y en su intersección una línea más clara, descripción concordante con Romero & Johnson (2004). Beck & Blumer (2014) indican que el macho y la hembra pueden diferenciarse por el color de la placa al final del abdomen, en la hembra, la placa es grande y de color negro en los lados con una línea longitudinal blanca, mientras que en el macho es más pequeña y carece de franjas.

Comportamiento durante la madurez sexual

Los machos vírgenes no pueden aparearse si no hasta que tenga sus espermátóforos completamente formados lo que se produce hasta 24 horas después de la emergencia, se observó competencia entre machos durante el proceso de cópula. Las hembras después de aparearse, no pueden hacerlo nuevamente sino hasta varias horas después. Para aparearse los machos persiguen a las hembras

hasta que son capaces de montar y copular con las hembras. La cópula generalmente dura de 8 a 12 minutos., después de este tiempo la hembra expulsa al macho con las patas posteriores empujándolo dando por terminado el apareamiento, luego de esta acción la hembra suele esconderse para evitar otra copulación inmediata. Cuando los machos o las hembras copulaban con varias parejas nuevas, el comportamiento copulador no era significativamente repetible. Respecto al aparato genital del macho cabe indicar que presentan espinas y tienden a perforar el tracto genital de las hembras durante la cópula, tal como lo indican Edvardsson & Tregenza (2005). Tanto los machos como las hembras son polígamos. Según Wasserman & Asami (1985) y Fox (1993), las hembras que se aparean con múltiples machos vírgenes viven más tiempo, ponen más huevos que son de mayor tamaño a lo largo de su vida, que las hembras que se aparean una sola vez. Credland & Wright (1986) y Messina & Slade (1999), indican que el número de huevos ovipositados por la hembra depende de la disponibilidad de los huéspedes para disminuir así, la competencia larval.

Arnqvist et al. (2021) indican que la comprensión de la coevolución entre los aparatos genitales masculinos y femeninos sigue siendo incompleta y que esto quizás sea especialmente cierto para las especies de insectos cuyos aparatos genitales masculinos ocasionen lesiones internas en las hembras, como es el caso de los edeago espinosos de la especie en estudio, donde los machos con edeago que presentan espinas relativamente largas disfrutaron de un éxito de fertilización relativamente alto. En el escarabajo de las semillas *C. maculatus*, se ha demostrado que la expresión de algunos rasgos genitales masculinos (en particular, las espinas del órgano intromitente masculino) afecta el éxito de la fertilización competitiva masculina (Hotzy & Arnqvist, 2009; Hotzy et al., 2012) e imponen costos sustanciales de aptitud física a las hembras (Crudgington & Siva-Jothy, 2000; Edvardsson & Tregenza, 2005; Rönn et al., 2007; Shuker & Burdfield-Steel, 2017). También se ha demostrado que las espinas edeagales masculinas responden a través de la evolución de la pendiente de alometría estática a la manipulación de la oportunidad de selección sexual (Cayetano et al., 2011). Asimismo, las hembras de *C. maculatus* poseen un tracto genital complejo que también incluye espinas en la bursa copulatrix. Aunque la función de las espinas bursales no está clara, su marcado agrandamiento en otra especie de *Callosobruchus* (Kingsolver, 1999) sugiere la posibilidad de un papel sexualmente antagónico.

Ciclo de desarrollo

Periodo de incubación

El mayor tiempo de incubación del huevo fue de 4,0 días y el menor de 3,0 durante las tres generaciones (Tabla 2), registrándose temperaturas de 28,1; 27,0 y 27,9 °C y 74%, 75% y 74% de humedad relativa respectivamente. Estos resultados difieren con los reportados por Howe & Currie (1964) quienes indican una duración de 5 - 6 días. Sin embargo, se encuentran dentro de los rangos que reportan

(Sharma et al., 2017) para la India ($4,2 \pm 0,2$ días), y cercanos a los que indican Sharma et al. (2016) quienes reportan una duración de 4,3 a 5,1 días. Del mismo modo con los que registran Chudasama et al. (2015), para diferentes hospedantes donde el periodo de incubación osciló entre 2,52 y 8,16 días siendo el mínimo en caupí $2,52 \pm 0,81$ con un rango de 1 a 4 días, mientras que el máximo en soja con una media de $8,16 \pm 0,71$ y rango de 7 – 9 días.

Periodo larval

La duración mínima promedio de desarrollo fue de 13,0 días para la primera y segunda generación y el máximo de 14 días que se presentó en la tercera generación (Tabla 2). En estudios realizados por (Chudasama et al., 2015), para la India, reportan que la duración media larval + pupal osciló entre 19,66 y 38,29 días en diferentes hospedantes. (Sharma et al., 2017) igualmente para la India registraron $21,3 \pm 0,3$ días. En el caso nuestro adoptando similar descripción dichos periodos han fluctuado entre 19,5 y 21,0 días., datos similares en el caso del mínimo con los de Chudasama et al. (2015) y con los que presenta Sharma et al. (2017).

Periodo de pre-pupa

Tuvo una duración promedio de 1,5 días para las tres generaciones (Tabla 2).

Periodo de pupa

Tuvieron una duración de 5 días para la primera y segunda generación y de 5,5 días para la tercera generación (Tabla 2), el tercer valor si se le adiciona lo de la pre-pupa se acerca a lo reportado por Sharma et al. (2017) que es de $8,2 \pm 0,5$ días.

Duración del ciclo de desarrollo

La duración mínima promedio del ciclo de desarrollo fue de 23,0 para la primera y segunda generación y el máximo de 24,5 días para la tercera generación (Tabla 2). Estos resultados son similares a los encontrados en caupí por Chudasama et al., (2015), para la India, 20 a 24 días con un promedio de $22,14 \pm 1,02$ días, pero resultan ser diferentes cuando utilizaron como hospedero granos de garbanzo donde obtuvieron un promedio de $34,67 \pm 1,09$ con un rango de 31 – 37 días mientras que en soja $46,53 \pm 1,64$ con un rango de 39 a 50 días. Por otro lado, Sharma et al. (2017) empleando granos de gandul encontró un ciclo de desarrollo de $33,3 \pm 2,4$ días. Sharma et al. (2016) empleando granos de cinco legumbres diferentes, a saber, gramo negro, gramo verde, garbanzo (Desi), caupí y guisante obtuvieron una duración que fluctuó entre 31,6 a 39,1 días. Adebayo & Oke (2017) en su estudio realizado en un ambiente de 30 °C, reportan que

entre la oviposición y la emergencia del escarabajo transcurren aproximadamente 25 días, y que son los machos los que emergen previamente. Naseri et al. (2022), al estudiar el ciclo de desarrollo de *C. maculatus* y determinar la resistencia o susceptibilidad de ocho cultivares convencionales de soja, registraron una duración que alcanzó 48,35 días en la variedad L17 y en la variedad Nekador fue de 40,34 días existiendo una correlación negativa entre el contenido proteínico de la semilla. Mitchell (1975) sugirió que la duración del ciclo de vida del escarabajo hembra del frijol aumenta si la hembra pone múltiples huevos en cada semilla.

Periodo pre-oviposición

Tuvo una duración de un día, no se han encontrado reportes al respecto.

Capacidad reproductiva

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Periodo de ovoposición

La duración promedio para las dos primeras generaciones fue de 10 días y para la tercera de 8 días (Tabla 3), datos muy similares a los obtenidos por Sharma et al. (2017) al emplear como sustrato de oviposición granos de guandú ($8,2 \pm 0,5$ días), resultados que difieren un poco con los de Sharma et al. (2016), quienes en cinco hospedantes, encontraron que fluctuó entre 6,6 a 7,9 días y que la mayor cantidad de huevos ovipositados se realizó el primer día de la oviposición, con oviposiciones durante ocho días.

Número de huevos por hembra

El mayor promedio de huevos por hembra fue obtenido en la tercera generación ($93,2 \pm 10,5$ huevos), y el menor promedio de $51,6 \pm 3,9$ huevos en la primera generación (Tabla 3). Al respecto Sharma et al. (2017), reportan una fecundidad promedio de $74,8 \pm 1,8$ huevos por hembra y Sharma et al. (2016) un máximo de 89,3 huevos puestos en caupí y un mínimo de 50,7 en guisantes. Así mismo, Chudasama et al. (2015) empleando tres hospedantes reportan haber encontrado que una hembra en promedio ovipositó en caupí un máximo de 80,08 huevos, en garbanzo 70,56 y en soja 58,80. Nuestros resultados son muy similares a los obtenidos por estos autores en la tercera generación y un poco que son similares en la primera generación con lo que reporta Chudasama et al. (2015), cuando el sustrato fueron granos de soja. Beck & Blumer (2014) indican que una sola hembra oviposita más de 100 huevos durante su vida y deposita un huevo por semilla.

Tabla 2

Duración de los estados de huevo, larva, pre-pupa, pupa y ciclo de desarrollo durante tres generaciones de *C. maculatus*. N = 50.

Generación	Huevo			Larva			Pre -pupa			Pupa			Ciclo de desarrollo			T °C	H.R. %
	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}		
I	3,0	4,0	3,5	12,0	16,0	13,0	1,0	2,0	1,5	4,0	6,0	5,0	20,0	28,0	23,0	28,1	74,0
II	3,0	4,0	3,5	12,0	16,0	13,0	1,0	2,0	1,5	4,0	6,0	5,0	20,0	28,0	23,0	27,0	75,0
III	3,0	4,0	3,5	12,0	20,0	14,0	1,0	2,0	1,5	4,0	7,0	5,5	20,0	33,0	24,5	27,9	74,0

Tabla 3

Número promedio de huevos por hembra y número de huevos promedios por hembra por día de *C. maculatus*. N = 10 hembras por generación

Generación	Promedio total de huevos por hembra, por generación	SE	Nº de huevos promedio por hembra por día										T °C	H.R. %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
I	51,6	3,9	9,5	6,9	7,0	8,2	8,1	3,2	3,1	3,5	1,7	0,4	28,1	74,0
II	90,2	3,6	37,0	15,7	9,3	9,3	9,7	3,2	2,9	2,1	0,9	0,1	27,0	75,0
II	93,2	10,5	25,6	26,6	7,6	7,5	14,3	4,9	0,0	5,1	1,6	0,0	27,9	74,0

Promedio diario de huevos por hembra

El mayor promedio de huevos diarios ovipositados por hembra fue de 37, cuando las condiciones de temperatura promedio tuvieron un valor de 27,0 °C y una humedad relativa promedio de 75% y el promedio mínimo fue de 0,1 huevos diarios, que se dio en el último día de oviposición en la misma generación (Tabla 3). Sharma et al. (2016) indica que la mayor cantidad de huevos fueron puestos el primer día, pero no indica el número de ellos, en el caso nuestro esto es similar en la segunda generación.

Porcentaje de fertilidad de huevos

El porcentaje máximo se presentó en la segunda generación (Tabla 4), periodo en el cual se registró una temperatura de 27,0 °C y una humedad relativa de 75,0%, el valor mínimo se dio en la tercera generación con un registro de temperatura y humedad relativa promedio de 27,9 °C y 74% respectivamente. Sharma et al. (2017) reportan para la especie en estudio una eclosión $98,2 \pm 0,3$ por ciento.

Longevidad de adultos

El mayor promedio de longevidad de adultos machos se presentó en la primera generación, a una temperatura promedio de 28,1 °C y 74% de humedad relativa y el menor promedio se presentó en la tercera generación (Tabla 5). En las hembras,

igualmente se presenta en las mismas generaciones. De acuerdo al número de días, se observa que las hembras son más longevas que los machos. Cabe indicar que Chudasama et al. (2015) encontraron que la longevidad de los escarabajos machos varió de 6,6 a 9,72 días, siendo mínimo en garbanzo y máximo en caupí, pero en el caso de la hembra varió de 7,20 a 9,28 días siendo mínimo en soja y máximo en caupí en condiciones de temperatura de 30 ± 10 °C, éstos valores se encuentran dentro de los rangos obtenidos durante el trabajo de investigación realizado, en cambio, Beck & Blumer (2014) reportan que el adulto vive durante dos o tres semanas.

Tabla 4

Porcentaje de fertilidad de huevos de *C. maculatus*

Generación	Nº de huevos observados	Porcentaje de fertilidad	T °C	H.R. %
I	390	75,5	28,1	74,0
II	715	78,9	27,0	75,0
III	376	40,3	27,9	74,0

Tabla 5

Longevidad de adultos machos y hembras de *C. maculatus*

Generación	Machos	Hembras	T °C	H.R. %
I	8,3	14,1	28,1	74,0
II	7,8	13,5	27,0	75,0
III	7,7	13,3	27,9	74,0

CONCLUSIONES

La duración del estado de huevo tuvo una duración promedio de 3,5 días durante las tres generaciones, en el caso del estado de larva el valor fue de 13,0 días para la primera y segunda generación y de 14 días para la tercera. En cuanto al estado de prepupa tuvo un valor promedio de 1,5 para las tres generaciones. En lo que corresponde al ciclo de desarrollo este tuvo una duración de 23,0 días para la primera y segunda generación y de 24,5 días para la tercera generación. Se determinó la existencia de 4 estadios larvales, los cuales presentaron como promedio máximo 5 días y como mínimo 3 días respectivamente.

El número de huevos ovipositados por una hembra por día osciló entre 1 y 19 para la primera generación, entre 1 a 44 en la segunda y entre 1 y 52 en la tercera generación, presentándose un promedio total por hembra de $51,6 \pm 3,9$ huevos, en

la primera generación, $90,2 \pm 3,6$ en la segunda y $93,2 \pm 10,5$ huevos en la tercera generación. Respecto al porcentaje de fertilidad de huevos el menor valor (40,3%) se dio en la tercera generación y el mayor en la segunda generación (78,9%). Se deduce que la baja fertilidad en la tercera generación pudiera haberse debido a factores no tomados en cuenta, como la calidad del grano caupí utilizado y la posible presencia de patógenos que afectan a la semilla. En lo que corresponde a la longevidad de los adultos, esta fue mayor en las hembras que en los machos.

Este primer estudio nos permite contar con una metodología básica para poder realizar posteriores estudios de la biología de este insecto plaga en granos almacenados de otras especies de leguminosas que son infestados por este gorgojo en nuestra región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebayo, R. A., & Oke, T. F. (2017). Effects of honey and glucose solutions feeding and larval competition on the development of *Callosobruchus maculatus* (F.) [Coleoptera: Chrysomelidae]. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(2), 1270-1273.
- Amiri, A., & Bandani, A. R. (2022). The order of adult emergence from a bean influences *Callosobruchus maculatus* biological parameters. *Journal of Stored Products Research*, 98. doi:10.1016/j.jspr.2022.101989
- Amiri, A. & Bandani, A. R. (2021). Facultative deuterotokous parthenogenesis in *Callosobruchus maculatus*, *Zoologischer Anzeiger*, 291, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2021.01.001>.
- Arnqvist, G., Grieshop, K., Hotzy, C., Ronn, J., Polak, M., & Rowe, L. (2021). Direct and indirect effects of male genital elaboration in female seed beetles. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 28, 1959. <http://doi.org/10.1098/rspb.2021.1068>
- Badii, B. K., Adarkwah, Ch., Obeng-Ofori, D., & Ulrichs, Ch. (2014). Efficacy of diatomaceous earth formulations against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms): influence of dosage rate and relative humidity. *Journal of Pest Science* 87, 2, 285-294.
- Beck, C. W., & Blumer, L. S. (2014). A handbook on bean beetles, *Callosobruchus maculatus*.
- Cayetano, L., Maklakov, A. A., Brooks, R.C. & Bonduriansky, R. (2011). Evolution of male and female genitalia following release from sexual selection. *Evolution*, 65, 2171-2183.
- Chudasama, A., Khanpara, A. V., Acharya, M. F., & Sagarka Nisha, B. J. (2015). Comparative biology of pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) on different stored pulses. *Exp. Zool. India*, 18, 1, 341-344.
- Credland, P. F., Dick, K. M., & Wright, A. W. (1986). Relationships between larval density, adult size and egg production in the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Ecological Entomol*, 11(1), 41-50.
- Crudginton, H. S., & Siva-Jothy, M. T. (2000). Genital damage, kicking and early death - The battle of the sexes takes a sinister turn in the bean weevil. *Nature*, 407, 855-856.
- Devi, C. B., Kushwaha, A., & Kumar, A. (2015). Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6821-6827.
- Edvardsson, M. & Tregenza, T. (2005). Why do male *Callosobruchus maculatus* harm their mates? *Behav. Ecol.*, 16, 788-793.
- Elhefny, A. A., & Abdelfattah, N. A. H. (2022). Effect of infestation with *Callosobruchus maculatus* on the GC/MS chemical constituents and minerals of cowpea seeds. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(4) doi:10.1016/j.aspen.2022.101981
- Fox, C. W. (1993). Multiple mating, lifetime fecundity and female mortality of the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Functional Ecology*, 7, 203-208.
- Furk, B. C., & Hines, C. M. (1993). Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Ann. Appl. Biol.*, 123, 9-17.
- Généfol, O., Félicia, J., Seydou, T., Sibirina, S., Brice Sidoine, E., Mohamed, D., Edson Lezin, B., & Daouda, K. (2018). Assessment of the effect of fungal parasites and *Callosobruchus maculatus* Fab. on the physiological and biochemical parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seeds in Côte d'Ivoire. *Int. J. Sci.* 4, 34-46.
- Hagstrum, D. W., Phillips, T. H., & Cuperus, G. (2012). Stored product protection. In: Mason, L.J. & McDonough, M. (Eds.), *Behaviour, and Ecology of stored Grain and Legume Insects*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Hamzavi, F., Naseri, B., Hassanpour, M., Razmjou, J., & Golizadeh, A. (2022). Biology and life table parameters of *Callosobruchus maculatus* (F.) on *Vigna unguiculata* (L.) Walp. fertilized with some mineral- and bio-fertilizers. *Journal of Stored Products Research*, 97, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101978>.
- Haouel-Hamdi, S., Bachrouch, O., Hedjal-Chebheb, M., Labidi, M., Oujj, A., Boushah, E., & Mediouni-Ben, J. J. (2018). Changes in host discrimination behaviour of *Callosobruchus maculatus*: shifting from habitual to ancestral hosts. *Evolutionary Ecology Research*, 19, 195-208.
- Hotzy, C., Polak, M., Ronn, J. L., & Arnqvist, G. (2012). Phenotypic engineering unveils the function of genital morphology. *Curr. Biol.* 22, 2258-2261.
- Hotzy, C., & Arnqvist, G. (2009). Sperm competition favors harmful males in seed beetles. *Curr. Biol.*, 19, 404-407.
- Howe, R. W., & Currie, J. E. (1964). Algunas observaciones del laboratorio en los índices de desarrollo, la mortalidad y la oviposición de varias especies de cría Bruchidae en pulsos almacenados. *Boletín de Investigaciones Entomológicas*, 55(3), 437-477.
- Isman, M. B. (2008). Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag. Sci.*, 64, 8-11.
- Kergoat, G. J. F., Silvain, A., Delobel, M., Tuda, K., & Anton, W. (2007). Defining the limits of taxonomic conservatism in host-plant use for phytophagous insects: Molecular systematics and evolution of host-plant associations in the seed-beetle genus *Bruchus* Linnaeus (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43, 251-269.
- Khashaveh, A., Ziaee, M., & Safaralizadeh, M.H. (2011). Control of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) using spinosad dust in storage conditions. *J. Stored Prod. Res.*, 51(1), 77-81. <https://doi.org/10.2478/v10045-011-0014-z>. Kitch, L.W., Kingsolver, J. M. (1999). A new species of *Callosobruchus* (Coleoptera: Bruchidae) from Thailand and China. *Entomological News*, 110(4), 209-213
- Mansouri, S. M., Naseri, B., & Bidar, F. (2022). Oviposition preference, population growth and digestive enzymatic function of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) on six legume grains. *Journal of Stored Products Research*, 99. doi:10.1016/j.jspr.2022.102011
- Messina, F. J., & Slade, A. F. (1999). Expression of a life-history trade-off in a seed beetle depends on environmental context. *Physiological Entomol.* 24(4), 358-363.
- Mitchell, R. (1975). The evolution of oviposition tactics in the bean weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Ecology*, 56(3), 696-702.
- Naseri, B., Ebadollahi, A., & Hamzavi, F. (2022). Oviposition preference and life-history parameters of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) on different soybean (*Glycine max*) cultivars. *Pest Management Science*, 78(11), 4882-4891. doi:10.1002/ps.7109
- Ojimelukwe, P. C., & Okoronkwo, S. (1999). Effect of preservation with *Xylopa aethiopia* on the shelf life of cowpea seeds. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 36(2), 170-172.
- Oliveira, W. J. de, Souza, E. R. de, Santos, H. R. B., Silva, E. F. de F., Duarte, H. H. F., & Melo, D. V. M. de. (2018). Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(3), 2592-2603, <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n300700>.
- Osman, D. F., Omara, S. M., Hassanein, S. S. M., Ghareb, M. S., Al-Otaibi, W. M., Aljameeli, M. M. E., & Ismail, H. A. (2023). Varietal susceptibility of certain broad bean seeds to infestation with *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(5) doi:10.1016/j.sjbs.2023.103645.
- Parr, M. J., Tran, D. M. O., Simmonds, M. S. J., Credland, P. F. (1996). Oviposition behaviour of the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Physiological Entomology*, 21(2), 107-117.
- Parr, M. J., Tran, D. M. O., Simmonds, M. S. J. & Credland, P. F. (1998). Duration of behaviour patterns during oviposition by the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Physiological Entomology*, 23(2), 150-157.
- Passos de Castro, M. de J., Lopes-Baldin, E. L., Leite-Cruz, P., Souza, M. de Souza, & Soares da Silva, P. H. (2013). Caracterização da resistência de genótipos de feijão-caupi a *Callosobruchus maculatus*. *Pesq. agropec. bras.* 48(9), 1201-1209.
- Phillips, R. D., McWatters, K. H., Chinnan, M. S., Hung, Y. C. et al. (2003). Utilization of cowpeas for human food. *Field Crops Research*, 82(2-3), 193-213, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00038-8)
- Prazeres, S. da S., Lacerda, C. F. de, Barbosa, F. E. L., Amorim, A. V., Araújo, I. C. DA S., & Cavalcante, L. F. (2015). Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@ambiente On-line*, 9(2), 111-118. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>
- Romero, N. J., & Johnson, C. D. (2004). Sinopsis de los brúquidos de México (Insecta: Coleoptera), pp758-763. In Morales M., A.M.Ibarra G., A. del P. Rivera G & S. Standford C.(Eds). *Entomología Mexicana*. Vol. 3. Colegio de Postgraduados-SME. Montecillo. Edo. De México.

- Rodríguez-Leyva, E., Gómez-Tovar, V., Bárcenas-Ortega, N. M. & Leyva-Vázquez, J. L. (2002). Efectos de diferentes factores sobre la cría de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) para la producción de *Catolaccus* spp. (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 86, 87-101.
- Rönn, J., Katvala, M., & Arnqvist, G. (2007). Coevolution between harmful male genitalia and female resistance in seed beetles. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 104, 10921-10925.
- Segers, A., Carpentier, J., Francis, F., & Caparros Megido, R. (2023). Gene silencing of laccase 1 induced by double-stranded RNA in *Callosobruchus maculatus* (Fabricius 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) suggests RNAi as a potential new biotechnological tool for Bruchid's control. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2). doi:10.3390/agriculture13020412.
- Sharma, R., Devi, R., Yadav, S., & Godara, P. (2017). Biology of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) and its response to botanicals in stored pigeonpea, *Cajanus cajan* (L.) grains. *Legume Research an International Journal*, LR-3807. DOI:10.18805/LR-3807.
- Sharma, R., Renu, D., Soni, A., Sharma, U., Yadav, S., Sharma, R., & Kumar, A. (2016). Growth and developmental responses of *Callosobruchus maculatus* (F.) on various pulses. *Legume Research*, 39(5), 840-843. DOI:10.18805/lr.v39i5.3774
- Sharma, R. (1984). Review of literature on the losses caused by *Callosobruchus* species (Bruchidae: Coleoptera) during storage of pulses. *Bull. Grain Technol.*, 22(1), 62-71.
- Shuker, D. M., & Burdfield-Steel, E. R. (2017). Reproductive interference in insects. *Ecological Entomology*, 42, 65-75. <https://doi.org/10.1111/een.12450>
- Sindhura, K. A., & Godhani, P. H. (2020). Comparative biology of pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (f.). *Indian Journal of Entomology*, 82(2), 232-234. doi:10.5958/0974-8172.2020.00052.8
- Singh, S. (1997). Comportamiento de oviposición y el desarrollo de tres especies de gorgojos bajo condición de campo. *Anales de Ciencias fitosanitarias*, 5(2), 214-215. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/10987> "12/11/14"
- Singh, S. R., & Rachie, R. O. (2009). *Cowpea Research; Production and Utilization*. John Wiley and Sons, London, U.K., 357.
- Tengey, T. K., Alidu, S. M., Moro, A., Nboyine, J., & Affram, E. I. (2023). Resistance to *Callosobruchus maculatus* among cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes. *Journal of Crop Improvement*, 37(3), 309-322. doi:10.1080/15427528.2022.2092573
- Turaki, J. M. (2012). Simulating infestations and losses in storage from egg an adult *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) sources in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *IRJAS*, 2, 333-340.
- Wasserman, S. S., & Asami, T. (1985). The effect of maternal age upon fitness of progeny in the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Oikos*, 91-196.
- Yewle, N. R., Gupta, S. V., Patil, B. N., Mann, S., & Kandasamy, P. (2023). Hermetic Super Grain bags for controlling storage losses caused by *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchinae) in stored mung bean (*Vigna radiata*). *Bulletin of Entomological Research*, 113(1), 98-106. doi:10.1017/S0007485322000360
- Yus, R., (1976). Las especies de Brúquidos (gorgojos de las Leguminosas) de interés agrícola y fitosanitario (Col. Bruchidae). I: Caracteres generales. *Bol. Serv. Plagas*, 2, 1-35.
- Yus, R., & Coello García, P. (2008). Ciclo biológico y comportamiento reproductor de *Bruchidius raddianae* Anton y Delobel, 2003 (Coleoptera: Bruchidae) en la acacia sudafricana (*Acacia karroo* Haynes) en la Península Ibérica". *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 43, 297-308.