

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

E. A. P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Uso de la irradiación gamma como tratamiento
cuarentenario para el control de *Copitarsia decolora*
(Guenée, 1852) Lepidoptera:**

Noctuidae en el espárrago verde fresco para exportación

TESIS

para optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Zoología

AUTOR

Marisela Huamán Maldonado

Lima- Perú

2007

**A Dios por haberme
dado su bendición y su
fuerza.**

**A mi madre Graciela por su apoyo
y confianza constante durante mi vida.
A mi tía María Elena (mi segunda madre)
por demostrarme su gran valor, las ganas
de vivir, sobretodo por siempre alentarme
a cumplir con mis aspiraciones
personales.**

**A mis abuelos Rodolfo y Lucinda
por darme la oportunidad de vivir en el
campo y aprender mucho de él, a mi Tía
Gladys por su carisma y a mi tío
Victor
por su ejemplo de buen profesional.**

**“Cuando tienes un sueño, hay dos opciones ó dejas de soñarlo ó
empiezas a vivirlo”**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la facultad de Ciencias Biológicas, por su valiosa contribución en mi formación profesional. Al Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas – IPEH por el financiamiento; sin su ayuda habría sido muy difícil, sino imposible la ejecución de esta investigación. Al Instituto Peruano de Energía Nuclear, donde se realizó las irradiaciones de las larvas.

Quiero agradecer a mi asesora de tesis, Norberta Martínez Luján por su estímulo y enseñanzas. A mis coasesores Dr. Guy Hallman por compartir sus sabios conocimientos en irradiación de insectos, su apoyo incondicional y por su confianza puesta en mí. A Andrés Angulo por esclarecerme y ayudarme en la identificación de *Copitarsia decolora* y por su buena hospitalidad en la Universidad de Concepción - Chile. Marco Linares quien colaboró en el proceso de irradiación.

Un especial agradecimiento a Beatriz Tubino y Leylha Rebaza, por la confianza en mi trabajo y permitirme pertenecer al Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas (IPEH). A Zoila Torres sin su ayuda no hubiera establecido contacto con el IPEH y el Dr. Guy Hallman. Alicia Diestro, quien apoyó en la logística de la crianza de las larvas. A mis colegas y amigos Cristhian Rossi, Vilma Taipe, Diana Amaya y Karina G, quienes colaboraron en el mantenimiento de la crianza de las larvas de *Copitarsia decolora*. Ing Félix Uribe B. por su colaboración. Anel Arteaga y nuevamente a Cristhian Rossi por

el apoyo en las tomas fotográficas. A el equipo de irradiación de alimentos –IPEN Mónica Vivanco, Paula Huamanlazo y Johny Vargas. Al Dr. Misael Guevara P., Dr. Julio Manosalva B. y Blga. Nilda Oliveros R., por la revisión integral de la presente tesis.

A los propietarios, ingenieros y personal responsable de las empresas o Fondos: Agrovictoria S.A., Agrícola Athos S.A., Fundo Nuevo Horizonte, Complejo Agroindustrial BETA S.A. fundo Galmo, Inagro Sur S.A. A las Blgs., Elizabeth Moreno, Marinuela Cussi y Alicia Siguas por la hospitalidad y apoyo recibido para la realización de las colectas en espárrago.

A mis amigos del alma July Rodríguez, y Alberto Guanilo por su amistad incondicional, y apoyo moral para culminar mi tesis. Al Ing. Jorge Castillo por sus buenos consejos y levantarme la moral cuando mas lo necesitaba.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCION	5
ANTECEDENTES	7
I. El espárrago en el Perú	7
II. Problemática fitosanitaria de <i>Copitarsia decolora</i>.	8
III. <i>Copitarsia decolora</i>	9
• Clasificación	9
• Historia de la <i>Copitarsia decolora</i> en la Costa peruana	10
• Aspectos taxonomicos de <i>Copitarsia decolora</i>	12
• Ciclo de vida de <i>Copitarsia</i> sp.	17
IV. Conceptos Generales de Irradiación	17
V. Historia de la Irradiación como tratamiento cuarentenario	20
VI. Irradiación en espárrago.	22
MATERIALES Y METODOS	24
I. Colecta	24
II. Métodos de identificación de <i>Copitarsia</i> sp	25
II.1. Identificación de larvas	25
II.2. Identificación de pupas y sexado	25
II.3. Identificación de adultos	25
III. Crianza de <i>Copitarsia decolora</i>	26
IV. Dosimetría Química - Fricke	27
V. Irradiaciones	29
RESULTADOS	31
DISCUSIÓN	37
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
ANEXOS	52
ADDENDUM	117

RESUMEN

En el año 2000, Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS) notificó la atención de embarques de espárrago fresco procedente de Perú con infestaciones de huevos y larvas hasta el segundo estadio de *Copitarsia* sp., ante lo cual se estableció como requisito fitosanitario, la fumigación con Bromuro de Metilo de los embarques de espárrago fresco peruano antes de su ingreso a los Estados Unidos.

Sin embargo la fumigación con Bromuro de metilo actualmente esta originando a la industria del espárrago fresco; costos estimados de US\$ 2.6 millones, pérdidas de calidad, reducción de tiempo de vida útil del producto y ruptura de la cadena de frío.

En el presente trabajo se propone el uso de la irradiación gamma en espárrago como alternativa de tratamiento cuarentenario con la finalidad de asegurar la no emergencia de adultos de *Copitarsia decolora* al 100% sobre las larvas de segundo estadio.

Asimismo, se identificó a la especie *Copitarsia decolora* en los valles de Ica, Cañete y Lurin; las identificaciones se basaron en la genitalia extraído de los machos adultos obtenidos del material colectado en los cultivos de espárrago.

Realizada las identificaciones, se estableció una crianza de *C. decolora* con la finalidad de obtener larvas del segundo estadio para las pruebas de irradiación.

Asimismo previamente a las irradiaciones se realizó dosimetría Fricke sobre las larvas II de *C. decolora* con la finalidad de determinar la dosis absorbida. La dosimetría Fricke puede determinar dosis bajas entre 0.04-0.4KGy. por ello su elección entre las dosimetrías químicas.

Las larvas II de *C decolora* fueron expuestas entre un rango de dosis de 30Gy - 100Gy, en esta etapa preliminar se determina que la dosis mínima efectiva que asegura la no emergencia de adultos es de 100Gy.

Determinada la dosis mínima efectiva se procedió a realizar la prueba confirmatoria que consistió en 10 réplicas cada uno de ellas con 1000 larvas del segundo estadio, obteniendo como resultado 100% de mortandad.

El efecto de la irradiación de *Copitarsia decolora* se ve reflejado con la mayor mortandad en el proceso de la muda y a la vez se observa un retardo en el ciclo biológico de las larvas tratadas con irradiación.

Se demuestra que la irradiación es una buena alternativa de tratamiento cuarentenario al Bromuro de metilo.

ABSTRACT

In 2000, Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS) notified the detection of infected fresh Peruvian asparagus shipments with eggs and larvae of *Copitarsia* sp., due to this, it was a phytosanitary requirement to fumigate with methyl bromide the fresh Peruvian asparagus shipments before their admission in the United States.

In the present research, it is proposed the use of gamma irradiation in asparagus as an alternative quarantine treatment with the purpose of assuring the no emergency of adults of *Copitarsia* sp. in 100 %.

Here, was identified the species *Copitarsia decolora* in the Ica, Cañete and Lurin valleys; the identification was based in the genitalia extracted from adult males obtained from collected material of asparagus crops. Done the identifications, was established a breeding of *C. decolora* with the purpose of obtain second instar larvae to the irradiation tests. Previously to the irradiations, the Fricke dosimetry was done on larvae II of *C. decolora*, with the purpose of determine the absorbed dose. The Fricke dosimetry can determine low doses between 0.04 – 0.4 KGy and due to this, is chosen as a better option against chemical dosimetries.

The *C. decolora*'s larvae II were exposed to a dose of 30Gy – 100 Gy, in this preliminary stage was determined the minimum effective dose that assure no emergency of adults, and this was 100 Gy.

Determined the minimum effective dose a confirmatory test was done, it consisted in 10 replicas each one with 1000 larvae on second instar, obtained a mortality of 100%.

The irradiation effect of *C. decolora* is reflected with a high mortality in the moulting process and at the same time present a lag in the biological cycle of larvae treated with irradiation.

Is demonstrated that irradiation is a good alternative of quarantine treatment besides Methyl bromide.

INTRODUCCIÓN

La producción de espárrago a nivel mundial, se ha constituido durante los últimos años en una actividad con un creciente auge debido al alto consumo humano por su sabor, valor nutricional y fácil preparación.

En la actualidad el Perú es el primer exportador de espárragos del mundo, habiendo logrado desplazar a importantes países productores como la Republica Popular de China y Estados Unidos de América, y ser reconocido mundialmente por la calidad de su producto.

El espárrago fresco peruano, en el año 2005, alcanzó un volumen de exportación de 80 000TM aprox. (inform@ccion,2005a), siendo nuestro principal mercado los Estados Unidos de Norteamérica, a donde se destina el 70% de las exportaciones de espárrago fresco (principalmente en verde) (IPEH, 2005).

En el año 2000, APHIS notificó la detención de embarques de espárrago fresco procedente de Perú con infestaciones de huevos y larvas hasta el segundo estadio de *Copitarsia* sp., por lo cual se estableció como requisito fitosanitario, la fumigación con Bromuro de Metilo de los embarques de espárrago fresco peruano antes de su ingreso a los Estados Unidos (Información proporcionada por SENASA e IPEH).

Sin embargo la fumigación con bromuro de metilo actualmente esta originando a la industria del espárrago fresco; sobre costos estimados de US\$ 2.6 millones, pérdidas

de calidad, reducción de tiempo de vida útil del producto y ruptura de la cadena de frío (IPEH, 2005).

El presente trabajo de investigación propone como medida cuarentenaria alternativa a la fumigación con bromuro de metilo, la aplicación de irradiación ionizante.

La irradiación de alimentos, como una tecnología de seguridad alimentaría, ha sido estudiada por más de 50 años y está aprobada en más de 40 países Narvaiz, P. (2002).

Cuenta con la aprobación de los importantes organismos internacionales como: La Organización Mundial de la Salud (OMS), La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la organización Internacional de Energía Atómica (IAEA).

A fin de superar las restricciones impuestas por el mercado norteamericano, se ha iniciado la búsqueda de alternativas de tratamientos cuarentenarios post cosecha, siendo la tecnología de irradiación de alimentos una alternativa viable de tratamiento cuarentenario, por ser un tratamiento físico que no altera las características organolépticas del alimento fresco. De este modo se multiplicará el volumen de exportación de espárrago y sobre todo se logrará superar las limitaciones fitosanitarias, consecuentemente el Perú podrá mantenerse como uno de los principales productores y exportadores del mundo.

El objetivo principal del presente trabajo es determinar la dosis mínima efectiva de irradiación gamma que asegure la no emergencia de adultos de *Copitarsia decolora* al 100% aplicado a larvas del segundo estadio, garantizando la calidad y la vida útil del espárrago verde fresco, adicionalmente determinar los efectos de la irradiación sobre la biología y morfología del insecto.

ANTECEDENTES

I.- EL ESPÁRRAGO EN EL PERÚ

El sector agroexportador genera al país más de US\$ 800 millones anuales. El espárrago constituye uno de los principales productos de la agroexportación, mostrando un importante crecimiento a través de los años. En el 2003, el espárrago se constituyó como el producto agrícola de mayor valor de exportación, desplazando al café (O'Brien & Díaz, 2004).

Las exportaciones de espárrago fresco peruano en el año 2005 alcanzaron un monto estimado de 79 916 855 Kg. (Inform@ccion, 2005), siendo nuestro principal mercado los Estados Unidos de Norteamérica, donde se destina el 70% de las exportaciones de espárrago fresco verde.

El cultivo del espárrago se inició en el Perú a principios de la década del 50. Las primeras siembras se realizaron en el valle de Virú, su crecimiento fue lento, circunscrito al departamento de la Libertad y fragmentado a partir de 1972 por la reforma agraria.

El verdadero desarrollo se produjo a partir del 1985. Los rendimientos logrados tanto en espárrago verde como blanco fueron muy altos desde el principio, gracias a las excelentes condiciones climáticas y a los suelos sueltos de la costa peruana, que es el invernadero natural más grande del mundo. Esto permitió lograr hasta dos cosechas

por año en algunos valles y en otros tres en dos años, superándose en los mejores casos una producción de 20 000Kg. por hectárea y por año.

A medida que las áreas de cultivo de espárrago fueron aumentando, el Perú fue escalando rápidamente posiciones como país exportador, superando a los exportadores tradicionales como México, España, Estados Unidos y China; además, al alcanzar a cada país, Perú lo hacía con menos de la mitad de área, gracias a tener los mas altos rendimientos del mundo; un promedio de más de 9000Kg por hectárea (O'Brien & Díaz, 2004).

Según el Censo Nacional de productores y exportadores de espárrago realizado por el IPEH en junio del 2005, se ubicaron 17 567.87Has. de espárrago, las zonas con más áreas dedicada al cultivo del espárrago fueron Ica y la libertad. 3 045.59 Has. destinadas al cultivo de espárrago blanco y 12,802.28 Has. de espárrago verde con lo que se deduce que el Perú tiene el 80.78% de área esparraguera sembrada para espárrago verde.(IPEH.-FA, 2005).

II.- PROBLEMÁTICA FITOSANITARIA DE *Copitarsia decolora*

En el año 2000, APHIS notificó la detención de embarques de espárrago fresco procedente de Perú con infestaciones de huevos y larvas hasta el segundo estadio de *Copitarsia* sp., por lo cual se estableció como requisito fitosanitario, la fumigación con Bromuro de Metilo (BM) de los embarques de espárrago fresco peruano antes de su ingreso a los Estados Unidos. Inicialmente, la fumigación con BM era aplicable sólo a los embarques que eran detectados con la plaga; posteriormente, cuando la frecuencia de embarques con detecciones de la plaga

alcanzó altos niveles, el APHIS determina que la fumigación con BM sea mandatoria para todos los espárragos peruanos (SENASA).

III.- *Copitarsia decolora*

Clasificación

Reino	:Animalia
Phyllum	:Arthropoda
Clase	:Hexapoda
Orden	:Lepidoptera
Familia	:Noctuidae
Subfamilia	:Cucullinae
Género	:<i>Copitarsia</i>
Especie	:<i>Copitarsia decolora</i> (<i>Guenée,1852</i>)

Sinonimias dadas por Simmons et. Al. 2004

Agrotis heydenreichii Freyer 1851:139 preocupado por *Agrotis heydenreichii* 1842:pl
14 Poole 1989:49.

Mamestra decolora Guenée, 1552:190.

Copitarsia decolora Poole 1989:272

Polia turbata Eric –Schäffer 1855:60

Copitarsia turbata Hampson 1906:184 Poole 1989:272.N.SYN.

Mamestra induta Hampson 1906:184 Poole 1989:272

Copitarsia induta Hampson 1906:184;Poole 1989:272

Spaelotis subsignata Hampson 1906:184;Poole 1989:272

Copitarsia subsinata Walter Hampson 1906:184; Poole 1989:272.

Agrotis hostilis Walter 1857:737

Copitarsia hositilis Hampson 1906:184; Poole 1989: 272.

Graphiphora sobria Walter1857:744

Copitarsia sobria Hampson 1906:184 Poole 1989 :272.

Lycophotia margaritilla Dognin1916:11.

Copitarsia margaritiella Poole 1989:272 REV: SYN:

Historia de *Copitarsia decolora* en la Costa Peruana.

Angulo en 1975 hace referencia que Valencia y Valdivia (1973) presentan una clave preliminar para larvas de noctuidos del Valle de Ica y a la vez incluyen la existencia de 14 especies presentes en dicho lugar; entre ellas figura *Copitarsia* sp. que en realidad era *Copitarsia consueta*(Walker).

En 1975a Angulo. & Weigert presentaron una clave práctica para identificar huevos, larvas y pupas de 13 especies de noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae) del valle de Ica y hace mención que dentro de las especies de noctuidos en el valle de Ica se encuentra la Sub familia Cucullinae con la especie de *C. consueta* (Walker).

Desde entonces en el Perú las identificaciones para noctuidos se basaban en las publicaciones ya mencionadas, la publicaciones del Dr. Angulo “*Copitarsia consueta* (Walker) Biología e Importancia Económica en el Cultivo de Raps (Nabo de mesa) (Lepidoptera: Noctuidae)” donde hace una descripción detallada de la morfología de

los huevos larvas adultos de la especie y la publicación “Estados inmaduros de Lepidópteros: Nóctuidos de importancia económica en Chile” y claves para su determinación (Lepidoptera:Noctuidae) de Angulo y Weigert 1975b.

En Chile Castillo, E. & Angulo realizan una nueva publicación en 1991 mencionando que en Chile desde hace mucho tiempo atrás se conocía la especie como *Copitarsia consueta* (Walker), sin embargo se había realizado una mala identificación y la especie bien identificada era y es *Copitarsia turbata* (H-S).

Dos años antes Poole, en su catalogo de Noctuidae indica que *Copitarsia incommoda* (Walker) es el sinónimo de *Copitarsia consueta* (Walker).

En el Perú a pesar de las publicaciones de Poole 1989 y Angulo (1990) los trabajos seguían referidos a *Copitarsia consueta*.

Sánchez, G. & Vergara, V. en 1996 mencionan que desde enero de 1993 hasta mayo de 1996, realizaron observaciones no periódicas en los departamentos de Ica, Lima, Ancash y La Libertad donde se cultiva espárrago. Colectando larvas y adultos que fueron identificados en el Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Ellos comentan que en los meses de verano de 1993 se registró las primeras infestaciones de *C. consueta* en el Valle de Pisco posteriormente fue detectada en las Pampas de Villacurí, en los valles de Ica y Chincha. En el departamento de Lima, en el valle de Cañete hasta 1995, no se había observado *C. consueta*. Recién entre marzo y abril de 1996 se le detecta en algunos fundos.

Es en el año 2000, Sánchez y Apaza mencionan a *Copitarsia incommoda* como una de las plagas principales del cultivo de espárrago en el Perú, tanto por los daños que ocasionan al área foliar como por las posturas que las hembras ovipositan en los

turiones durante la cosecha, afectando la calidad comercial del producto cosechado. Luego en 2002 Vergara, C. & Cervantes, J. Observaron que el ciclo biológico de *Copitarsia incommoda* (Walker) en condiciones de laboratorio (25 °C y 75%HR.) comprende un periodo de incubación de 3 días, el periodo larval de 6 estadios con un rango de 18 a 26 días, el periodo pupal entre 13 y 16 días, el periodo de pre oviposición de 2 a 6 días, el periodo de oviposición de 10 a 15 días y el periodo de post oviposición con un promedio de 0.6 días. (XLIV Convención Nacional de Entomología 2002).

El aspecto taxonómico del género *Copitarsia* en el cultivo de espárrago en el Perú ha sido recientemente aclarado por Simmons & Pogue (2004), quienes indican que en el pasado *Copitarsia turbata* fue erróneamente identificada como *Copitarsia incommoda*. Los mismos autores designan a *Copitarsia decolora* (Guenée) como el nombre principal de esta plaga, donde *C. turbata* (Herrich-Schäffer) pasa a ser sólo un sinónimo.

Es importante resaltar que la poca información técnica-científica sobre el género *Copitarsia* en espárragos en el Perú ha sido producida sobre *C. incommoda* como se puede apreciar en los párrafos anteriores. Esta información actualmente sería válida para *Copitarsia decolora*.

Aspectos Taxonómicos de *Copitarsia decolora*

Descripción del Estado Adulto (Simmons, R. & Pogue, M. 2004)

Adultos de tamaño mediano, marrón claro a gris, con las manchas orbicular y reniforme bien definidas. (Fig.1).

Machos.**Cabeza.**

Marrón; antena larga marrón, biserrada y ciliada; palpos largos marrones, ápex blanco.

Tórax.

Patagium marrón grisáceo, mesotórax marrón pálido, metatórax de gris a blanco, patas delanteras medias y posteriores mezcla de escalas de marrón y blanco, tibiae con espuelas, bandas marrones, tarso blanco (fig1).

Alas.

Longitud de las alas delanteras = 13-18mm. Fondo de color marrón claro a gris; líneas antemedial y postmedial, doble fila de líneas marrones en zigzag con blanco entre ellos; área basal con líneas marrones bien definidas, mancha reniforme marrón, contorno blanco; mancha orbicular color de fondo e interno blanco y margen exterior de color negro; Margen exterior con manchas negras entre las venas alares; franja pardusca marrón. Alas posteriores fondo de color blanco; banda marrón marginal ancha; venas marrones hacia la ala marginal; franja marrón básicamente con remanentes blanco (Fig.1).

Abdomen.

Tres primero segmentos abdominales grises claros, resto de abdomen gris. Penacho genital gris; remiendas esclerotizadas presentes en la membrana pleural cerca al segundo segmento abdominal; pelos en cepillo; tergito terminal débilmente esclerotizado en la parte media, fuertemente esclerotizado en la parte lateral, formando dos áreas laterales.

Genitalia (Fig.2).

Tegumen redondo, uncus apical hinchado aspecto alargado setado; saccus extendida y estrecho hacia la punta del ápex; corona presente, ampolla tenue; ápex extendido a lo largo del margen costal de la valva; digitus espatulado; yuxta una lamina ancha, con laminas marginales laterales, lamina ventral media con márgenes sinuosos y redondeados, margen dorsal en forma de V con un par de brazos producidos centralmente con ápices curvados dorsalmente; forro espinoso presente debajo del aedeagus; ápex del aedeagus con una pequeña placa esclerotizada conformado de uno largo y dos puntos de proyección, una larga placa esclerotizada opuesta a una placa pequeña; vesica alongada; cornutis de varios tamaños, espinas alongadas en ambos clusters y solitaria en una línea espiral basal a un cuarto de vesica.

Hembra

Como el macho, excepto antena filiforme y ciliada; alas anteriores longitud =14-18 mm.; alas posteriores mas oscuras que los machos.

Genitalia (Fig.2).

Papilas anales, apófisis posteriores no modificados, apófisis anterior reducido en longitud, grueso, S8 no modificado, placa entero vaginal en forma de U, textura especulada, simétrica, ductus bursae esclerotizada, espinosa; corpus bursae profundamente surcado, esférico, 3 líneas de sigma, apéndice bursae mas largo que el

corpus bursae; membranosa y de forma irregular; ductus seminales procedentes de la parte posterior del apéndice bursae.

Descripción de Estados Inmaduros

Huevo (Olivares, T. & Angulo, A. 2004) (Fig.3)

Ligeramente aplastado en su base con un diámetro de 0.58mm; con 34 costas radiales semionduladas, de las cuales 21 llegan al área micropilar; la roseta primaria se encuentra sobre la proyección dorsal del corion; 10 a 13 celdas primarias; 12 a 15 celdas secundarias subiguales en largo; presencia de 2 a 3 micropilas.

Las masas de huevos agrupan hasta 40 o más huevos: algunos son puestos aislados o en pequeños grupos o en pares.

Larva (Angulo, A. & Olivares, T. 2005) (Fig 4)

Cabeza castaño –rojiza de 2.8mm de ancho; cuerpo amarillo blanquizco- rojizo de 40.00 de largo y 6mm. En su parte más ancha, cuatro de espeuripedios desarrollados normalmente, aparte de los anales, suturas adfrontales no alcanzan el seno occipital; epidermis lisa sin ornamentación estructural, mandíbulas con los cinco dientes notoriamente diferenciado, línea medio-dorsal del metatórax y dos primeros segmentos abdominales con simples ensanchamientos; pináculos rodeas por áreas que contrastan el resto del área.

Pupa (Artigas, J. &Angulo, A. 1973) (Fig.5)

Obtecta, desnuda, castaño rojiza oscura, de 14–18 mm de largo 4-5 mm de ancho. El extremo cefálico moderadamente romo, aproximadamente los dos tercios anteriores

son subcilíndricos atenuándose hacia el extremo posterior; Las Ceratotecas nacen detrás de los ojos dirigiéndose hacia el extremo posterior y curvándose hacia la línea media, continuando paralelas a la altura del término de las podotecas mesotorácicas, finalizando un poco antes del término de la espiritrompa, Bajo ésta última se observa el ápice de la podotecas metatorácicas que alcanzan junto con las pterotecas casi hasta el borde posterior del 4º segmento abdominal; a la altura de los ojos en la línea media del cuerpo se encuentra el clypeus semicircular y bajo éste el labrum semilunar, a continuación los palpos labiales atenuados, las genas se encuentran entre los ojos y el clypeus-labrum; la podotecas protorácicas nacen bajo los ojos y se dirigen hacia el punto medio de la espiritrompa donde finalizan; en el extremo posterior de la pupa se encuentra el cremaster constituido por 2 pares de espinas rectas: las ventrales el doble largo de las posteriores; los segmentos abdominales visibles(4º-11º) ocupan el tercio posterior de la pupa; del 8º-11º se encuentran los caracteres sexuales diferenciales: en el **macho** (Fig.5b) segmento presenta una doble escotadura en el extremo posterior, en el 9º segmento en su borde medio posterior se ubica el gonoporo, en la región media del 10º- 11º segmento se observa la abertura anal; en la **hembra**(Fig.5c) el 8º segmento presenta en el borde posterior una fuerte escotadura que en la línea medio ventral reduce el ancho del segmento a un quinto de su ancho en el costado, la abertura de la bursa copulatrix divide totalmente el segmento 9º, en la región media del 10-11º segmento se observa la abertura anal.

Ciclo de Vida de *Copitarsia* Sp.

Según Larrain en 1996 observó Bajo condiciones controladas de 20°C y 75% de H.R. *C. turbata* demora un promedio de 82.5 días para desarrollar sus estados de huevos hasta la emergencia de los adultos.

Cada hembra dura un promedio de 13.2 días y coloca un promedio de 1036.8 huevos.

Luego en 2002 Vergara, et.al. Observaron que el ciclo biológico de *Copitarsia incommoda* (Walker) en condiciones de laboratorio (25 °C y 75%HR.) comprende un periodo de incubación de 3 días, el periodo larval de 6 estadíos con un rango de 18 a 26 días , el periodo pupal entre 13 y 16 días, el periodo de pre oviposición de 2 a 6 días, el periodo de oviposición de 10 a 15 días y el periodo de post oviposición con un promedio de 0.6 días. (XLIV Convención Nacional de Entomología 2002).

IV.- Conceptos Generales de Irradiación

Irradiación

Tratamiento con irradiación ionizante.

Radiación Ionizante

Los rayos gamma, rayos x o radiaciones corpusculares capaces de producir iones directa o indirectamente.

Radiación Gamma

Es un tipo de radiación electromagnética producida generalmente por elementos radiactivos, procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

Este tipo de radiación tan energética también es producida en fenómenos astrofísicos de gran violencia.

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo que son usados para esterilizar equipos médicos y alimentos.

(Se requiere de 1M de espesor de hormigón armado o pocos cm. de plomo para detenerla). La energía de este tipo de radiación se mide en megaelectronvoltios (MeV). Un Mev corresponde a fotones gamma de longitudes de onda inferiores a 10^{-11} m o frecuencias superiores a 10^{19} Hz.

Los rayos gamma se producen en la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos.

Actividad de una Fuente

La actividad de una fuente es la cantidad del radionucleído en un estado de energía en un momento dado. Se mide en Curies (Ci), que se define como la actividad de una cantidad de sustancia radiactiva en la que se tiene lugar $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones atómicas por segundo. Actualmente la unidad que se utiliza en el Sistema Internacional (SI) es el Becquerelio (Bq) igual a una desintegración por segundo (ICN, 1985). Entonces se puede establecer la siguiente igualdad:

$$1\text{Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ desintegraciones por segundo} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Becquerelios.}$$

Fuente

Entidad física que puede causar exposición a la radiación concretamente emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materias radiactivas (NTP209.500).

Vida Media

Es el periodo de tiempo en el cual la actividad de la fuente se reduce a la mitad, así por ejemplo el tiempo de vida media del isótopo ^{60}Co es 5,27 años y del el ^{137}Cs es 30,17 años. (INC, 1985).

Energía Absorbida

La energía absorbida por un material cualquiera, expuesta a las radiaciones y/o partículas emitidas por una fuente radiactiva se denomina DOSIS. La unidad de la dosis absorbida por cualquier material inorgánico u orgánico en el sistema internacional es el Gray (Gy) equivalente a la absorción de un Joule de energía por un Kg de materia. Esta unidad reemplaza al Rad que era usado anteriormente, con la siguiente equivalencia:

$$1\text{Gray} = 100\text{rad} = 1\text{Joule/Kg.}$$

Usualmente se emplea el múltiplo KGy, que equivale a 1000 Grays.

Dosimetría

La medición del nivel de energía ionizante absorbida.

Dosímetro

Dispositivo que ante la presencia de irradiación muestra un cambio cuantificable en alguna de sus propiedades y se le puede encontrar una relación con la dosis absorbida por un material determinado, utilizando las técnicas e instrumentación analíticas apropiadas (FAO, 2002).

Dosis mínima

Nivel por debajo del cual no debe ser tratado el alimento para conseguir el efecto deseado.

Dosis Máxima

Nivel por encima del cual no debe ser tratado un alimento, para no producir alteración en sus propiedades (químicas, físicas, y sensoriales).

Dosis de Transito

Es la dosis absorbida por el producto mientras este pasa a hacer irradiado, es decir es lo que absorbe el producto mientras transita de su posición inicial a su posición final para su irradiación establecida.

V.- Historia de la Irradiación como Tratamiento Cuarentenario

Según Burditt (1994), Koidsumi realiza el primer estudio de radiación ionizante como tratamiento cuarentenario a fines de 1980, en Formosa. Él encontró la

prevención de la emergencia de adultos de mosca de la fruta oriental e inmaduros de la mosca del melón con dosis bajas de irradiación, la tolerancia a la irradiación se incrementa con el desarrollo de los insectos. Escasamente un año después que Koidsumi publica su trabajo se iniciaba el uso de tratamiento en frío y vapor caliente para la desinfección de la mosca de la fruta en cítricos en Florida Texas y México. 25 años más tarde se inicio las investigaciones en irradiación como tratamiento cuarentenario contra mosca de la fruta en Hawaii. En la siguiente década, las investigaciones fueron focalizadas al número de moscas que deberían tratarse, estos estudios permitieron evidenciar que la mosca de la fruta y otro insectos no morían rápidamente con la irradiación en productos agrícola frescos, por lo que la prevención de la emergencia de adultos fue establecido como una medida de eficacia de tratamientos cuarentenarios con irradiación.

El Dibromuro de metilo fue usado como tratamiento cuarentenario y fue prohibido su uso en todas las frutas importadas por los Estados Unidos de Norteamérica en 1997, debido a que le Doctor Ruckelshaus en 1984 demuestra que es cancerígeno. La prohibición del Dibromuro de metilo provocó motivación de usar la irradiación como tratamiento cuarentenario.

En 1986 se produce el primer embarque de mangos irradiados procedentes de Puerto Rico hacia el estado de Florida como tratamiento cuarentenario. En el siguiente año se irradió el primer embarque de papayas procedentes de Hawaii para ser comercializadas en el estado de California reportándose una gran aceptación por parte de los consumidores.

En 1991 International Consultive Group on Food Irradiation (ICGFI) recomienda la dosis de 0.15K Gy para la mosca de la fruta y 0.3K Gy para otras especies de insectos. En 1989 la dosis de 0.15 KGy fue aprobado como tratamiento cuarentenario para la

eliminación de la mosca de fruta en papayas, procedentes de Hawaii hacia los Estados Unidos. Sin embargo esta nunca fue usada porque Hawaii no poseía facilidad para irradiar en escala comercial. (Hallman, 2001a)

En 1996 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Servicio de Inspección de Salud - Planta y Animal (APHIS) publica la aceptación de la irradiación como tratamiento cuarentenario contra algunas especies de Mosca de la Fruta. (Hallman, 2001b).

En mayo del 2000 se realizó el ingreso comercial de camote irradiado a California procedente de Florida como control cuarentenario de *Cylas formicarius elengantulus* (Summers), a una dosis de 0.165 kGy (Hallman, G. J. & Schwalbe, P. 2002)

Agosto del 2000 Hawaii tenía un embarque de 400Tns entre papayas, rambutan, carambola, litchi, longan, atemoya las irradiaciones se realizaron en Illinois y New Jersey. Posteriormente fue construido un acelerador en Hawaii para tratar frutas e inició sus operaciones en agosto del 2000. La viabilidad de la Irradiación se facilitaba para Hawaii y pudo reducir sus costos en el mercado (Hallman, 2001a)

Hallman 2001 menciona que las investigaciones de tratamiento cuarentenario se deben concentrar en el estado más tolerante del insecto; presente en los embarques de los productos de exportación. En la Irradiación la etapa más tolerante es casi invariable, la etapa más tolerante a la irradiación es el estado más desarrollado del insecto encontrado en el embarque de exportación.

VI.- Irradiación en Espárrago

Estudios con respecto a la calidad del producto, realizados por la Universidad de Michigan concluyeron que al irradiar espárrago entre las dosis de 0.01- 1.0 KGy.

retarda ligeramente el brotamiento de los turiones, pero tiene un pequeño efecto en el color y textura (Markakis y Nicholas, 1972); luego, Marcotte (1994) hace mención a Cast, el cual comenta en 1984 que las dosis comprendidas entre 0.05kGy – 0.15kGy extiende el tiempo de almacenamiento del espárrago, debido a la inhibición del brote, y en Chile Rubio, et .al. (1988) observaron que la radiación ionizante no tiene efectos significativos sobre parámetros químicos, microbiológicos y organolépticos, en espárragos tanto blancos como verdes.

En el Perú Linares, (1990) realizó trabajos experimentales en espárrago blanco con irradiación, señalando que las dosis mas apropiada para la conservación del espárrago es de 1.5 kGy almacenados entre 1 y 2° C y 90-95% HR .

En Argentina Lescano et. al. (1993) demostraron que el espárrago (*Asparagus officinalis Var. Argenteuil*) empaquetados en caja de poliéster enrollados con PVC film almacenados a $3\pm 2^{\circ}$ C. y $92\pm 5\%$ HR, duplica su tiempo de almacenamiento cuando es tratado a 2kGy de radiación gamma.

Marcotte (1994) concluye que el espárrago puede tolerar una desinfección por irradiación y su periodo de vida útil puede ser probablemente similar o ligeramente mas largo que el espárrago no irradiado.

En Perú Cornejo et. al. (1994) observaron que irradiando a la dosis de 1kGy; el espárrago verde fresco no sufre cambios marcados en sus características organolépticas y vida útil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación se realizó identificaciones de las larvas de *Copitarsia* sp. colectadas en campos de cultivo de espárrago, luego fueron criadas en laboratorio a condiciones ambientales no controladas durante 2 generaciones.

Antes de realizar la prueba preliminar de irradiación se realizó una dosimetría química con 100 larvas II con el fin de encontrar la tasa de dosis (Gy/seg) y determinar los tiempos de irradiación.

Realizada la dosimetría se inició la prueba preliminar que consistió en irradiar larvas II buscando la dosis mínima efectiva que asegure la no emergencia de adultos de *Copitarsia* sp. en un 100%, luego se procedió a realizar la prueba confirmatoria donde se aplicará la dosis mínima encontrada sobre 10 000 larvas II.

I. Colecta:

Se realizaron 9 colectas de larvas en 6 fundos diferentes de espárragos (Tabla1). Ubicados en el departamento de Lima (Cañete y Pachacamac) y en el departamento de Ica (valle de Ica), entre agosto del 2003 y mayo del 2005. El muestreo se realizó en un periodo de 4 horas diurnas y siguiendo la metodología de evaluación de las plagas del espárrago (Sánchez & Sarmiento, 2000). Un lote de espárrago no mayor de 10Ha. fue dividido en 5 cuadrantes, en cada cuadrante se muestreo 5 plantas o matas de espárrago, para colectar las larvas fue necesario sacudir la mata del espárrago y las larvas se recogieron e incorporados en un taper con follaje de siete litros de capacidad y se codificó (fig.6).

II.- Método de Identificación de *Copitarsia* sp.

II.1.- Identificación de Larvas :

En el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Mayor de San Marcos las larvas colectadas fueron confrontadas con las claves de Angulo y Weigert (1975), Castillo y Angulo (1991), con la finalidad de separar la especie de *Copitarsia* sp. de los demás noctuidos como: *Spodoptera frugiperda*, *Heliothis virescens*, *Agrotis bilitura* etc.

II.2.- Identificación de Pupas y sexado:

Las pupas obtenidas en el laboratorio de Crianza fueron identificadas y sexadas al décimo día de pupar, con las claves con de Angulo y Weigert (1975), Castillo y Angulo (1991).

II.3.- Identificación de adultos:

Los adultos fueron identificados utilizando los caracteres morfológicos externos y la morfología de la genitalia tanto de la hembra como la del macho, para esto se realizó extracciones de las genitalias y montajes en bálsamo de Canadá, según la metodología de Angulo & Weigert (1977).

La extracción de la genitalia se realizó la ayuda de pinzas finas con las que separó el abdomen del ejemplar, esta estructura se humedeció en alcohol etílico al 70% durante una hora, luego fue transferido en KOH 10% donde se dejó durante 15 horas aproximadamente, al término de las cuales se procedió abrir el abdomen lateralmente a lo largo de la pleura y se separó el ápice de el abdomen junto con las estructuras quitinizadas del aparato genital , las cuales tras haber sido limpiadas de elementos extraños (tráqueas, restos de aparato digestivo posterior, etc.) pudieron ser observadas y fotografiadas.

III.- Crianza de *Copitarsia decolora*

III.1.- Registro de las Condiciones Ambientales: Se registró la temperatura y la humedad relativa diariamente con ayuda de un termohigrógrafo

III.2.-Acondicionamiento de larvas en el laboratorio: las larvas fueron colocadas en tapers de 7 litros de capacidad, en cuya base se colocó papel absorbente con la finalidad de mantener la humedad y se les proporcionó una dieta natural a base de follaje de espárrago fresco, el cual fue desinfectado con 5mL de hipoclorito de sodio 6% en 10L de agua. El follaje fue obtenido en campos de cultivo de espárrago que no utilizaban químicos, fungicidas y/o virus y del cultivo de espárrago de la UNMSM para evitar mortandad en las larvas. El alimento era proporcionado a las larvas diariamente, la parte superior de los tapers fueron cubiertos con tela organza y aseguradas con las tapas adecuadamente adaptadas para evitar la fuga de las larvas (fig.7).

III.3.-Acondicionamiento de Pupas: Cuando las larvas alcanzaron su máximo desarrollo y se encontraban en prepupa, fueron trasladados a nuevos envases, en cuyas bases se colocó arena desinfectada para proporcionarles refugio a las pupas. Los frascos eran asegurados con tela organza. Luego de diez días que la larva pasó al estado de pupa se procedió a sexarlas. (Fig.8-9)

III.4.-Acondicionamiento de Adultos: Luego de sexar las pupas, se colocó 1 pareja de *Copitarsia sp* en un taper de plástico de medio litro de capacidad al que se le acondicionó papel kraft en sus paredes, con la finalidad que cuando los adultos emerjan y maduren sexualmente, las hembras coloquen sus posturas sobre el papel y así facilitar la colecta de éstos. A los adultos se les proporcionó una dieta artificial consistente en una solución de una parte de miel y tres de agua, el que fue incorporado en un recipiente de plástico de 5mL con algodón. El alimento fue cambiado diariamente (Fig.10).

III.5.- Colecta de Huevos Después de tres días de la emergencia de adultos se cambió el papel Kraft de los frascos, colectando las masas de huevos cada dos días.

III.6.- Acondicionamiento de Huevos: se colocó 100 huevos aproximadamente en un frasco de plástico de dos litros tapados con tela organza y sugurados con la tapa adecuadamente adaptada para ayudar la ventilación y evitar la fuga de las larvas recién emergidas, se registró la fecha de eclosión de los huevos y se procedió a darles dieta natural para que continúe su desarrollo (Fig. 11)

Conforme las larvas se desarrollaban fueron separadas en grupos de a 50 y luego de 10 individuos para de esta manera evitar el canibalismo.

III.7.-Renovación del Material Biológico: Luego de tres generaciones (F3) se renovó el material biológico con individuos colectados de campo con el fin de mantener el material genético con características silvestres que aseguren el potencial para desarrollarse, sobrevivir y reproducirse.

IV.- Dosimetría Química

La dosimetría es un sistema utilizado para determinar la dosis absorbida, que consta de dosímetros los cuales pueden ser soluciones químicas, polímeros u otro material que pueda sufrir cualquier cambio físico ó químico con la irradiación, cuenta con un sistema de medición que utiliza equipamiento para evaluar estos cambios, el uso de los diferentes sistemas dosimétricos toman como referencia a Normas Internacionales de referencia, y procedimientos para el uso del sistema. La dosimetría de la irradiación garantiza que el producto a ser irradiado ha permanecido el suficiente tiempo en la cámara de irradiación, y asegura que ha recibido la dosis mínima del tratamiento para el proceso deseado.

Para realizar la dosimetría se utilizó la dosimetría Fricke basándose en la Norma Internacional ASTM Standards: E1026-95. La intercalibración y certificación se realiza con el sistema dosimétrico de Referencia de Alanina que posee el OIEA por intermedio del Sistema de International Doses Service (IDAS) (FAO,2000) (Fig.14).

IV.1.- Método Estandarizado de Dosimetría de sulfato Ferroso (Fricke)

La dosimetría de sulfato ferroso esta basado en el proceso de oxidación de los iones ferrosos en solución de iones férrico por efecto de la radiación ionizante.

Este método puede ser usado para la determinación de dosis en el rango de 0.04- 0.4KGy.

El cambio de la absorbancia de una solución irradiada de sulfato ferroso amónico fue medido en un espectrofotómetro (Fig.14c) a una longitud de onda característica y a una temperatura controlada de 27°C.

La dosis de absorbancia en una solución es proporcional al cambio en la absorbancia (densidad óptica); siendo esta proporcionalidad lineal, la dosis puede ser determinada multiplicando el cambio en la absorbancia por un factor de conversión.

IV.2.-Preparación de la solución Dosimétrica.

Las concentraciones de las soluciones son:

Sulfato ferroso amoniacal 0.001M

Cloruro de sodio 0.001M

Ácido sulfúrico 0.8N

Se Disolvió 0.392g de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(6\text{H}_2\text{O})$) y 0,0585g de cloruro de sodio (NaCl) en 12.5ml de ácido sulfúrico al 0.8N solución estándar de ácido sulfúrico , luego se diluyó a un litro en un matraz aforado (fiola) con la misma solución de 0.8N ácido

sulfúrico.

Como esta solución no es estable, de preferencia fue preparada cada día o en caso contrario se almacenó en un recipiente de vidrio oscuro en refrigeración por un espacio hasta dos semanas.

IV.3.-Procedimiento de Dosimetría Para Larvas del Segundo Estadio Larval

En el centro de la cámara del irradiador Gammacell 220 Excell (Fig.15) se colocó dos placas petrí y cada una de ellas contará con 50 larvas II, luego se colocarán 4 ámpulas con solución dosimétrica en los cuatro extremos de las placas y se procederá a irradiar a periodos de tiempo predeterminado.

Pasado el tiempo respectivo se sacaron las ámpulas y se lee la absorbancia de la solución irradiada a 305nm con ayuda de un espectrofotómetro.

El proceso de irradiación debe tener una uniformidad de dosis que no debe exceder al 20% ($U=1.2$), esto quiere decir que la relación entre la dosis Máxima y a dosis Mínima no debe ser mayor del 20%.

V.-IRRADICIONES

V.1.- Prueba Preliminar (Fig.15)

Se procedió a irradiar 100 individuos a la dosis de 30Gy. y se aumentó la dosis a irradiar conforme se observaba individuos sobrevivientes con la finalidad de identificar la mínima dosis que impida la emergencia del estado adulto en un 100% y luego se procedió a realizar la prueba confirmatoria con esta dosis.

V.2.- Condiciones de irradiación (Fig.16):

- Se utilizó larvas del segundo estadio procedentes de la crianza en laboratorio,

mantenidas con dieta natural; consistente en follaje de espárrago fresco.

- Las larvas fueron colocadas en dos placas petrí de plástico en el centro del irradiador.
- Sólo se utilizó individuos hasta la segunda generación de la crianza.
- Tanto la dosis a tratar y el control contaron con la misma cantidad de individuos.
- Todo el material a irradiar presentó las mismas condiciones de tamaño.
- Terminada la irradiación las larvas fueron colocados en recipientes con alimento y acondicionadas en el laboratorio de crianza. Igualmente se procedió con el control, con la finalidad de continuar su crianza.

V.3-Evaluación Post irradiación:

Los tratamientos y el control fueron evaluados diariamente; cuantificando las larvas muertas y vivas y si las que lograron pasar al siguiente estadio se les siguió proporcionando alimento hasta su muerte.

V.4.-Prueba Confirmatoria (Fig.15)

Encontrada la dosis mínima se procedió a confirmar esta dosis en 10 000 individuos, este número fue dado por el APHIS para cumplir las exigencias de tratamientos cuarentenarios. Para esta prueba se utilizó films dosimétricos con la finalidad de estar seguros de estar irradiando a 100Gy esto films cambian de color con el proceso de irradiación. (Fig.16)

RESULTADOS

I.-Reconocimiento de la especie de *Copitarsia decolora* (Guenée,1852)

(Tabla 1, Fig. 6, y Fig. 13)

Las larvas de noctuidos colectadas en los 6 fundos de espárragos (Fig. 6): Fundo El Despertar (valle de Ica), Fundo Santiago Apóstol (Valle de Ica), Fundo Santa Filomena(valle de Ica), Fundo San Hilarión (valle de Cañete), Fundo Camelot (valle de Lurín), Fundo Nueva Esperanza (valle de Cañete), y Fundo Santa Margarita (Valle de Ica), fueron confrontadas con las claves de Angulo y Weigert (1975), Castillo y Angulo (1991), dando resultado el género de *Copitarsia*.

Obtenidos los adultos se realizó los láminas de las genitalias de los machos reconociendo a la especie de *Copitarsia decolora* (Addendum IV) para los 6 fundos donde se realizaron las colectas. (Fig. 13).

Observaciones: Las genitalias de los machos concuerdan con las descripciones realizadas por Simmons & Pogue en el 2004 y de A. Angulo & T. Olivares 2005. Si observamos la fig. 13 la forma del digitus es semejante a los digitus de las genitalias de los machos disectados lo que nos confirma que la especie es *Copitarsia decolora*.

II.- Biología y etología de la especie de *Copitarsia decolora* (Guenée,1852).

II.1. Descripción de los estados de desarrollo de *C. decolora* (Fig.1-5)

Huevo

Es de forma ovalado, ligeramente aplanados en la base, en las primeras horas es blanco cremoso, y con el tiempo va tornándose marrón claro a negro.

El tiempo de incubación del huevo es variable, según la temperatura. En invierno el tiempo máximo para su emergencia fue de siete días, mientras que en verano fue de dos días. La Viabilidad resultó ser mayor en un 90% cuando las hembras eran copuladas; cuando no lo eran, en la progenie se presentó huevos no viables los cuales fueron reconocidos por el color amarillo y presencia de deshidratación.

La oviposición se realiza tanto en forma individual como en masa y pueden agruparse de 10 hasta 150 huevos. Cuando la oviposición es en masa no se ha observado separación entre los huevos, incluso algunos se les encontró sobrepuestos (Fig.3).

Larva

Su coloración es variable tanto en el laboratorio como en el campo (Fig.6-7), se ha observado larvas de color amarillo, verde limón, verdes, marrones y negras. Sin embargo en todas las coloraciones es muy notoria la línea dorso lateral de la larva. La variabilidad de coloración esta muy relacionada a la alimentación, ejemplo si las larvas se alimentan de flores del espárrago estas se tornan de color amarillo y si se alimentan de turiones son de color verde.

Pero también esta relacionada a la muda antes de mudar las larvas son de color negro y luego de la muda o cambio de estadio son de color verde.

El estado larval comprende 6 instares, los cuales se determinaron por la presencia de 6 cápsulas cefálicas y exsuvias. (Fig.4)

Las larvas poseen una vida muy activa, reduciéndola cuando están próximas a la muda o ecdisis.

Es notorio el canibalismo en los estadios V y VI a la vez son susceptibles de contraer bacterias y virus.

Al igual que el huevo, el tiempo de la larva es variable, según la temperatura. En invierno el tiempo máximo para alcanzar el estado de larva fue de treinta días, mientras que en verano fue de dieciséis días.

Pupa

Es obtecta, desnuda de color castaño rojizo oscuro, cremáster formado por un par de espinas ventrales y otro par posterior. En verano *Copitarsia decolora* puede estar 13 días en estado de pupa y en invierno puede prolongarse hasta 32 días.

Al momento de determinar el sexo de las pupas es importante seleccionar hembras con machos del mismo tamaño, se ha observado que individuos de diferentes tamaños mueren durante la copula (Fig.5)

Adulto

La alas anteriores de coloración castaño y las posteriores de color claro. Tanto las hembras como los machos deben eclosionar el mismo día para lograr 100% la copula y así obtener huevos viables.

A las 24 horas la hembra inicia su llamado al macho luego de tres días de emergencia inicia la oviposición.

Los machos normalmente mueren a los 4 días después de la copula, de no producirse la cópula, pueden prolongar su tiempo de vida. Las hembras sobreviven hasta 12 días después de la copula con la finalidad de ovipositar los huevos.

Los adultos hembras en verano pueden vivir entre 12 a 15 días y en invierno entre 10 – 12 días. Los machos pueden vivir entre 4 a 8 días.

III.- Resultados del la dosimetría Fricke

(Tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5, tabla 6. y tabla 7)

Realizada la dosimetría se obtuvo los siguientes resultados (Cuadro 2):

Dosis mínima de 17.9905 KGy/h

Dosis Maxima de 21.0956 KGy/h.

Uniformidad de dosis: 1.1726

Una dosis de transito de: 0.0221689 (Tabla 3)

Con los resultados obtenidos se realizaron los cálculos (Tabla 5) para obtener los tiempos de irradiación para la prueba preliminar; obtenidos los tiempos se procedió a realizar las irradiaciones (Tabla 4). Igualmente se precedió a realizar los cálculos (Tabla 7) para obtener los tiempos de irradiación a una dosis de 100Gy para la etapa confirmatoria, en el cuadro 6 se puede observar los tiempos utilizados para irradiar larvas del segundo estadio.

IV.- Resultados de la Irradiación

IV.1.- Etapa Preliminar

(Tabla 8, tabla 9, gráfica 1, tabla 10, tabla 11, tabla12, gráfica2, tabla 13, tabla 14, gráfica 3, y tabla 5)

En esta etapa se inició probando cuatro dosis las cuales fueron: 30Gy, 40Gy, 60Gy, y 80Gy en cada dosis se irradiaron 100 larvas II de *C. decolora*. Se Puede observar en la tabla 8 que el número de individuos muertos por cada semana y en la tabla 9 la sumatoria de los individuos muertos acumulados por semana.

Estas dosis fueron descartadas debido a que se obtuvieron individuos adultos por lo tanto la efectividad de las dosis no llegó al 100% como se puede apreciar en el cuadro 10. Como consecuencia se procedió a aumentar la dosis a 100Gy, se realizaron seis réplicas en cada uno de ellas se trataron 100 larvas II. Esta dosis alcanzó 100% de mortandad en las seis réplicas. (Tabla 11- 12) A diferencia del control (Tabla 13 - 14) donde la mortandad se encontró entre 45-61% Sin embargo este rango equivale a 70-94.5% de adultos que lograron emerger del estado de pupa; lo que demuestra que más del 50% de las pupas control pasó al estado de adulto (Porcentaje recomendado por el Dr. Hallman).

En base a los resultados obtenidos en la prueba preliminar se procedió a realizar la prueba confirmatoria.

IV.2.- Etapa Confirmatoria.

(Tabla 16, tabla 17, tabla 18, tabla 19, tabla 20, tabla 21, gráfica 4, y tabla 22)

Para la prueba confirmatoria se irradió aproximadamente 10 000 larvas II siguiendo la recomendación dada por el APHIS. Se realizó en 10 réplicas de 1000 larvas II cada una, en 5 fechas diferentes de irradiación. (Tabla 22)

A igual que en la prueba preliminar se registró el número de larvas muertas por cada semana (Tabla 17) y en cuadro 18 se puede apreciar la sumatoria de los individuos muertos por semana, además observamos que en las semanas IV y V mueren todos los individuos tratados con una dosis de 100Gy de irradiación, lo que nos indica que a la quinta semana del tratamiento la mortandad llega a un 100% , en este cuadro también observamos que el mayor número de muertos se dio en la segunda semana del tratamiento.

El máximo estadio que las larvas irradiadas alcanzaron fue el de prepupa a diferencia del control donde se registró adultos. (Tabla 22)

Se tuvieron 5 controles de 100 larvas cada uno debido a que se realizaron las 10 réplicas de 1000 larvas en 5 fechas diferentes de irradiación por lo que no fue necesario tener un control por cada réplica si no por fecha de irradiación.

La mortandad del control fue entre 49- 36% (Tabla 19). A diferencia de la larvas tratadas, el control completó su ciclo biológico es decir a la semana VI se registró emergencia de adultos (Tabla 20).

DISCUSIÓN

***Copitarsia decolora* ó *Copitarsia incommoda* en los cultivos de espárrago en la costa sur del Perú.**

Las muestras de genitalia examinadas de los adultos machos obtenidos de los diferentes fundos de espárrago ubicados en Ica uno de los valles mas importantes en la producción de espárrago verde (Censo 2005 IPEH- FA), Cañete, y Lurin resultaron ser *Copitarsia decolora*, con lo que se confirma lo planteado por Simmons y Pogue en el 2004; que el pasado *Copitarsia turbata* fue erróneamente identificada como *Copitarsia incommoda*, los mismos designan que *Copitarsia decolora* (Guenée) como el nombre principal de esta plaga, donde *C. turbata* (Herrich- Schaffer) pasa a ser sólo un sinónimo.

Hay registros en el Perú de *Copitarsia turbata* para la sierra y en cultivos de cebolla (Velásquez 1987). Se tuvo la oportunidad de examinar las muestras del Museo de Entomología de la Universidad de Concepción de Chile donde se tiene genitalias de machos *Copitarsia* del departamento de Junin - Perú y los cuales son realmente de *Copitarsia Incommoda* y no de *C. decolora* y cabe señalar al gran diferencia que hay entre las dos especies es en el digitus de la genitalia,(Addendum II -III)

Los trabajos reportados en Perú sobre las especies de (*Copitarsia* Hampson 1906) son de *Copitarsia incommoda* relacionada al espárrago y actualmente sabemos que es un error que en realidad es *Copitarsia decolora* y *Copitarsia turbata* registrada para sierra. Según los datos obtenidos podemos plantear la siguiente hipótesis que la

especie descrita en sierra es en realidad *Copitarsia incommoda* sin embargo es necesario realizar nuevos muestreos de adultos.

Debemos tener en cuenta que existen 21 especies descritas de *Copitarsia* (Hampson, 1906) distribuidas desde América del norte a Sudamérica. Taxonómicamente se separan en dos grupos de especies: uno de ellos es el grupo de la especie *turbata* y el otro es el grupo de la especie *naenoides* (Andrés O. Angulo & Tania Olivares, 2003). En Perú hasta la actualidad sólo se ha reportado dos especies *decolora* e *incommoda*.

Biología y etología de la especie de *Copitarsia decolora* (Guenée,1852)

La temperatura tiene una influencia directa en la actividad así como en la tasa de desarrollo de los insectos (F. Urrea & J Apablaza, 2005), El desarrollo del individuo esta directamente proporcional a la temperatura (Chiang, 1982). Esto nos confirma porque *Copitarsia decolora* varia su ciclo marcadamente en verano e Invierno.

Huevo

Urrea & Apablaza, 2005 mencionan que el desarrollo embrionario del huevo esta entre 2.5-3.5 a una temperatura de 25.4 ± 3.2 , mientras que Moreno & Serna (2006) mencionan que el huevo tiene un periodo de 4 días a una temperatura de $23.7^{\circ}\text{C} \pm 7$ y 82.93 ± 16 HR. Larrain en 1996 menciona que el huevo tiene un mínimo de 5 días de desarrollo y un máximo de 8 días a 20°C y 75% HR.

En el presente trabajo se ha observado que el huevo se desarrolla entre 2 y 3 días a una temperatura de $29^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $55 \pm 5\%$ HR. Verano lo que se aproxima a lo planteado por Urrea & Apablaza, (2005) y en Invierno el huevo eclosiona en 7 días a una temperatura de $14^{\circ}\text{C} \pm 1$ y $74 \pm 7\%$ HR. En invierno se asemeja a los resultados dados por Larrain (1996).

Larva

Copitarsia decolora puede desarrollar entre 4 a 6 estadios larvales dependiendo de la temperatura y la disponibilidad de alimento (Gould et. al. 2005). esto explica porque en el presente trabajo se observó 6 estadios larvales alimentadas con follaje de espárrago a igual que en la investigación de Larrain pero fueron alimentaban con dieta artificial, mas no con el trabajo realizado por Monero & Fajardo donde reportaron 5 instares para la larva *C. decolora* en este caso alimentadas a base de flores comerciales. El tiempo de la larva es variable, según la temperatura. En invierno a $14^{\circ}\text{C} \pm 1$ y $74 \pm 7\%$ HR el tiempo máximo para alcanzar el estado de larva fue de treinta días, mientras que en verano a $29^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $55 \pm 5\%$ HR fue de dieciséis días. Urra & Apablaza, 2005 mencionan que la larva se desarrolla en 18 días a una temperatura de 23.9°C sin embargo no reportan la % HR y las alimentaron con alfalfa, sin embargo probaron diferentes temperaturas y observaron que *C. decolora* alarga su ciclo biológico. A temperaturas más bajas.

Las descripciones de las larvas se ajustan a las proporcionadas por Angulo, A. & Olivares, T. (2005)

Pupa

Las descripciones de las pupa se ajustan a las proporcionadas por Angulo, A. & Olivares, T. (2005)

En el presente trabajo se ha encontrado que las pupa de *C. decolora* necesita en verano a $29^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $55 \pm 5\%$ HR 13 días para completar su desarrollo lo que se confirma lo mencionado por Gould Et. AL 2005 donde las pupas se desarrollan más rápido a altas temperaturas. En invierno se observó que las pupas alcanzan su desarrollo en 32 días confirmando que la temperatura influye en el desarrollo de la pupa

Adulto

Larrain (1996) menciona que no se observó dimorfismo sexual,, en el presente trabajo tampoco se observó dimorfismo entre hembras y machos coincidiendo con Larrain.

Arce & Neder (1992) observaron que la hembras son más longevas que los machos debido a que las hembras tienen que destinar tiempo para la oviposición. En el presente trabajo sobrevivieron hasta 12 días después de la cópula. En el presente trabajo se observó que las hembras sobrevivieron hasta 12 días después de la copula. Confirmando que las hembras son más longevas.

También se observó fracaso en copulas y huevos no viables según Rojas León (1992) la edad de la hembra de *Copitarsia* es de una gran importancia para que se realice la cópula. .

Los adultos hembras en verano pueden vivir entre 12 a 15 días $29^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $55 \pm 5\%$ HR y en invierno entre 10 – 12 días $14^{\circ}\text{C} \pm 1$ y $74 \pm 7\%$ HR

Proceso de Irradiación

En el 2000, APHIS notificó la detención de embarques de espárrago fresco procedente del Perú con infestaciones de huevos y larvas hasta el segundo estadio de *Copitarsia* sp Hallman (2001) menciona que las investigaciones de irradiación como tratamiento cuarentenario siempre están dirigidos al estado mas resistente de la plaga encontrado en un embarque comercial, y no al estado mas susceptible. Hallman (2000) da un ejemplo claro para un lepidóptero como *Cydia pomonella*, el estado mas desarrollado encontrado en los embarques de fruta fue la larva. El estado más resistente encontrado en los embarques de espárrago fue la larva de II

En el pasado la principal guía en las investigaciones de tratamiento cuarentenario era el Probit 9 estándar (método que consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para estimar las consecuencias desfavorables sobre una población u otros elementos vulnerables a los fenómenos físicos peligrosos) para determinar la eficacia del tratamiento. Actualmente el criterio tradicional de la alta mortalidad para demostrar la efectividad de un tratamiento no es considerado apropiado y/o relevante para tratamientos fitosanitarios de mercaderías agrícolas por irradiación. Mas bien el criterio es producir la esterilidad, que no se complete los estados o el ciclo biológico del insecto, o la no emergencia de adultos (IAEA, 2004) De ahí el objetivo del presente trabajo determinar la dosis mínima efectiva de irradiación gamma que asegure la no emergencia de adultos de *Copitarsia decolora* al 100% aplicado a larvas del segundo estadio.

Por tal motivo que se descartó las primeras dosis de irradiación debido a que se registró emergencia de adultos de *Copitarsia* (Fig.17) dado que el porcentaje de mortandad no llegó al 100% como se aprecia en la gráfica 1. Se Observó deformidad en las pupas y semi emergencia de adultos. (Fig.17 -18)

Al aumentar la dosis de irradiación a 100Gy se pudo observar en las seis réplicas que la mortandad de las larvas fue lenta, sin embargo mortandad llegó al 100% a la quinta semana de irradiadas; con estas observaciones se confirma lo anunciado por Hallman en 1998; los insectos no mueren inmediatamente después de ser tratados con la irradiación. (Gráfica 3).

Se observó que la dosis de 100Gy es efectiva logrando una mortandad de 100% a la quinta semana de tratados a diferencia de control que esta por debajo de este porcentaje de mortandad (Gráfica 4)

La radiosensibilidad de los insectos en este caso *Copitarsia* se ve afectado en el núcleo de la célula, puntualmente en la molécula de ADN y durante la mitosis (Narvaiz, 2000).

Y sobretodo se ha podido observar que la mayor mortandad se da el proceso de muda cuando las células epidérmicas responden a los cambios hormonales aumentando su índice de la síntesis de la proteína. Esto conduce rápidamente a la apolysis (Es la separación física de la epidermis de la vieja endocutícula. Chapman, 1982). (Fig. 20)

Otra observación importante es que la larva control siempre estaba dos estadios mas desarrollada que las larvas irradiadas (Fig.21)

La irradiación no daña al producto ni a la salud humana y sobretodo no es residual a diferencia de los pesticidas (Hallman, 2003)

Según los estudios realizados por Cast (1984), Rubio, et. Al. (1998), Linares (1990) , Lescano (1993) y Cornejo en 1994 demuestran que el espárrago soporta hasta 1.5K Gy incluso aumenta su tiempo de vida útil en anaquel. La dosis óptima encontrada para la emergencia de adultos de *Copitarsia* es de 100Gy en la que el espárrago no sufre ningún daño organoléptico o fisicoquímico.

CONCLUSIONES

1. Las muestras colectadas en el valle de Ica , Cañete y Lurin corresponden *Copitarsia decolora*.
2. La dosis mínima efectiva de irradiación gamma sobre las larvas II que asegura la no emergencia de adultos de *Copitarsia decolora* al 100% es 100Gy.
3. El efecto de la irradiación de *Copitarsia* se ve reflejado que la mayor mortandad se da en el proceso de muda y a la vez se concluye un retardo en el ciclo biológico de las larvas tratadas
4. El máximo estado que logra alcanzar una larva II irradiada antes de su muerte es el de prepupa y a la quinta semana del tratamiento la mortandad alcanza un 100%.
5. La forma de reconocer una larva irradiada es por la alteración en la cutícula.
6. La irradiación es una buena alternativa de tratamiento cuarentenario para el control de *Copitarsia decolora*

RECOMENDACIONES

1. Este trabajo aspira a servir como referencia, o punto de partida de otros más amplios que conduzcan a resolver el agudo problema que significa la especie de *Copitarsia* plaga clave para los principales cultivos de exportación como el espárrago.
2. Realizar estudios para determinar una dieta óptima para *Copitarsia decolora* y más estudios sobre su biología y comportamiento en nuestro medio.
3. Es necesario realizar un estudio detallado de las especies presentes de *Copitarsia* Hampson (1906) y establecer su distribución geográfica en el Perú.
4. Datos del presente trabajo sirven como referencia para iniciar estudios en Técnica del insecto estéril (TIL) para la especie de *Copitarsia* y otros noctuidos.
5. Sería conveniente que la industria agro exportadora invirtiera en la irradiación como tratamiento cuarentenario no sólo en *Copitarsia* si no en otras plagas de cuarentena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo, A.O. & Olivares, T.S. 2005. Guía de Práctica del Primer Curso Internacional de Noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae) Facultad de Ciencias Naturales Departamento de Zoología Concepción - Chile.

Angulo, A.O. & Weigert, G. Th. 1975a. Noctuidae (Lepidoptera) de insectos económicos del valle de Ica, Perú: Clave para estados inmaduros. Revista Peruana de entomología 18(1):98-103.

Angulo, A.O. & Weigert, G. Th. 1975b. Estados inmaduros lepidópteros noctuidos de importancia económica en Chile y claves para su determinación (Lepidoptera: Noctuidae) Sociedad Biológica de Concepción. Publicación especial 2:153.

Angulo, A.O. & Weigert, G. Th. 1977. *Pseudoletia puntalata* (Balanchard) y *Pseudoletia unipuntalata* (Guenée) Lepidoptera: Noctuidae.

Arce, M. & Neder, L. 1992. Aspectos Bioecológicos de *Copitarsia turbata* (Herrich – Schäffer) (Lepidoptera: Noctuidae) importantes en la determinación del daño económico en cultivos de *Lactuca sativa* L. de la quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. Revista de la Sociedad entomológica argentina 50(91):73-87.

- Artigas, J. & Angulo, A. 1973. *Copitarsia consueta* (Walter) Biología e Importancia Económica en el cultivo de Raps (Lepidoptera: Noctuidae) Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 46:216.
- Burditt, A.K. 1994. Irradiation In. J. L. Sharp and G. J. Hallman (eds.), Quarantine treatments for pests of food plants. Westview, Boulder, Co. 101-117.
- Castillo, E. & Angulo, A. 1991. Contribución al conocimiento del genero *Copitarsa* Hampson (Lepidoptera: Glossata: Cucullinae). Gayana Zoológica 55(3):227-246.
- Cornejo, S. Gonzáles, A. & Sánchez, A. 1994 Utilización de la energía nuclear a través de la tecnología pico onda en la conservación de la calidad y disminución de la carga microbiana del espàrrago verde fresco IPEN 200pp.
- Chapman, R. 1982. The Insect structure and function. Third Edition Harvard University Press.501-503.
- Chiang, H. 1985. Insects and their enviroment. Fundamentals of Aplied entomology. MacMillan Publishing Company, NY, USA 128-161.
- FAO 2002. Directrices para utilizar la irradiación como medida fitosanitaria proyecto de comité de normas 3-9.

- Gould, J., Vedette, R., and Winograd, D. 2005 Effect of temperature on development and population parameters of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) Journal Environmental Entomology 34(3) 548-556.
- Hallman, G. J. 2000. Expanding radiation quarantine treatments beyond fruit flies. J. Agriculture Forest Entomology 2:1-11.
- Hallman, G. J. 2001a. Irradiation as a quarantine treatment, Food irradiation principles and applications In. R. Molis edition 113-130.
- Hallman, G. J. 2001b. Ionizing irradiation quarantine treatment against sweet potato weevil (Coleoptera:Curculionidae) Journal Florida Entomology 84(3).
- Hallman, G. J. 2003 Ionizing irradiation quarantine treatment against plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) Entomology Society of America 96(5):1399-1404.
- Hallman, G. J. & Schwalbe, P 2002 Invasive arthropods in agriculture. Problems and Solutions 281.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) 2004. Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities Australia 181pp.
- ICGFI (International Consultive Group on Food Irradiation) 1991. Irradiation as a quarantine treatment of fresh fruits and vegetables. ICGFI Document 13. International Atomic Energy Agency, Vienna, Australia.

INC (Instituto de Ciencias Nucleares) 1985 Preservación de alimentos irradiados. Quito.
300pp.

IPEH- FA (Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas – Frío Aéreo) 2005. Censo Nacional
de Productores y Exportadores de Espárrago 30pp.

IPEH (Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas) 2005 El horticultor: Sembrando
noticias en todos los campos. Boletín Informativo del IPEH. 3 (1):15pp.

Inform@ccion 2005 Agricultura: Espárrago Cuadro de Exportaciones Fuente: Adex
Aduana. www.informaccion.com.

Koidsumi, K. 1930. Quantitative studies on the lethal action of x-rays upon certain insects.
Journal Societe Tropic Agricultura Japon. 2:243-263.

Larrain, P. 1996 Biología de *Copitarsia turbata* (Lep. Noctuidae) bajo ambiente controlado.
Agricultura Técnica Chile 56(3):220-230.

Lescano, G., Narvaiz, P. and Kairiyama, E. 1993. Gamma irradiation of *Asparagus* (
Asparagus officinalis, Var. Arfenteuil) Lebensm- Wiss. Technology 26: 411-416.

Linares, M. 1990. Estudio de la radio preservación en espárrago (*Asparagus officinalis*) Tesis
para optar el Título de Ingeniero químico Universidad Nacional del Callao Perú 204
pp.

- Marcotte, M. 1994 Suitability of irradiation disinfestations for produce previously deemed to be unsuitable or sensitive Nordium International INC. 3pp.
- Markakis ,P. & Nicholas,R. 1972. Irradiation of Fruits and Vegetables. Journal Isotopes & Radiation Tecnology. 9(4):472-474.
- Moreno, L. & Serna, F. 2006. Biología de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae), En flores cultivadas del h´brido comercial de *Alstroemeria* sp. Revista de la Facultad Nacional de Medellín 59(1): 3257-3270.
- Narvaiz, P. 2002. Irradiación de alimentos. www.nutriinfo.com.ar. 1-4.
- Norma Técnica Peruana NTP209.500 2001 Irradiación de Alimentos. Requisitos. Primera edición 10pp.
- O'Brien & Díaz, A. 2004. Ejemplo del espárrago Peruano IICA-Prompex. 33pp.
- Olivares, S. & Angulo, A. 2004 Descripción de los huevos de *Copitarsia incommode* (Walker) y *Copitarsia turbata* (Herrich- Scheffer) (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae). Gayana Concepción 68(1):1-6.
- Poole, R. W. 1989. Lepidopterorum Catalogus (New Series). Part I E. J. Brill / Flora y Fauna Publication. 500pp.

- Rojas León 1992 Conducta reproductiva de *Copitarsia consueta* (Walter) (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias especialista en entomología Colegio de post Graduados Colpos México 89pp.
- Rubio, C., Espinoza, B. & Godoy, A: 1989. Efecto de la radiación ionizante en la calidad comercial de los espárragos de exportación. Núcleo Técnica 9(16):17-29.
- Rukelshaus, W. D. 1984. Ethylene dibromide: Amendment of notice of intent to cancel registration pesticide products containing ethylene dibromide Fed Reg. 49(70):14182-14185.
- Sánchez, G. & Vergara C. 1996 Lepidópteros Defoliadores del Espárrago en la Costa del Perú Rev.Per.Ent. 38: 99-100
- Sánchez, V. & W.T. Apaza 2000 Plagas y enfermedades del espárrago en el Perú Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas. 120pp.
- Sánchez, G. & Sarmiento J. 2000 Evaluación de insectos Universidad Nacional Agraria la Molina. 117pp.
- Simmons, R. And Pogue. 2004 Redescription of two often confused noctuidae pest, *Copitarsia decolora* and *Copitarsia incommoda* (Lepidoptera : Noctuidae) Annals of the Entomologist Society of America 97(6):1159-1164.

Urrea, F. and Apablaza, J. 2005. Threshold temperature and thermal constant for the development of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera:Noctuidae) Ciencia e Investigación Agraria 32(1):16-23.

Valencia, V. & Valdivia, M. 1973. Noctuidae del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Revista Peruana de entomología 3:28pp.

Velásquez, Z. 1987 Ciclo Biológico de *Copitarsia turbata* (lep: Noctuidae) sobre Cebolla , en Arequipa Revista Peruana de Entomología 30:108-110.

Vergara, C. & Cervantes, J. 2002 Biología de *Copitarsia incommoda* (Walker) (Lep.: Noctuidae) en espárrago (*Asparagus officinalis*) XLIV Convención Nacional de Entomología 33.

ANEXOS

ILUSTRACIONES

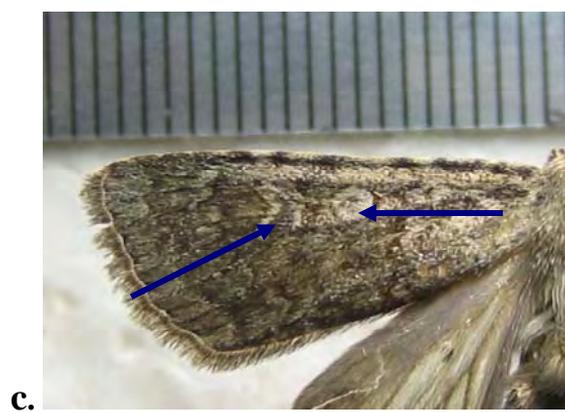
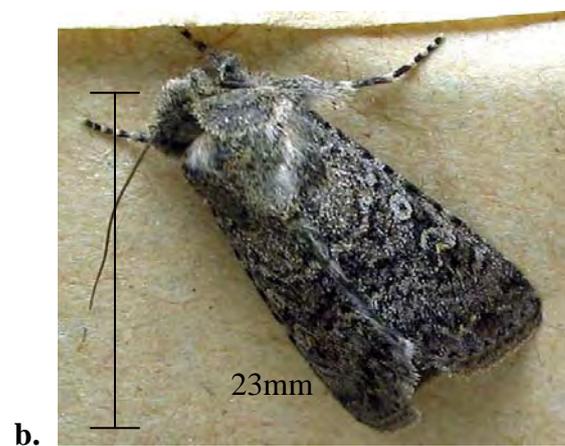
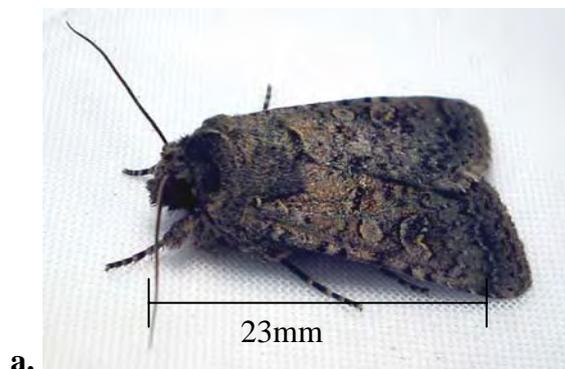


Fig1.-Adulto de *Copitarsia decolora*. a. Vista de perfil del adulto, b. Vista dorsal del adulto de *C. decolora*, c. manchas orbicular y reniforme

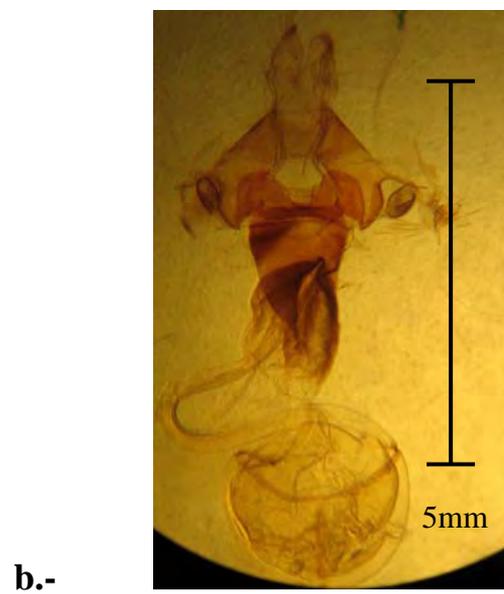


Fig.2.-Genitalias a.Genitalia de *C. decolora* macho adulto, b Genitalia de *C. decolora* hembra adulta

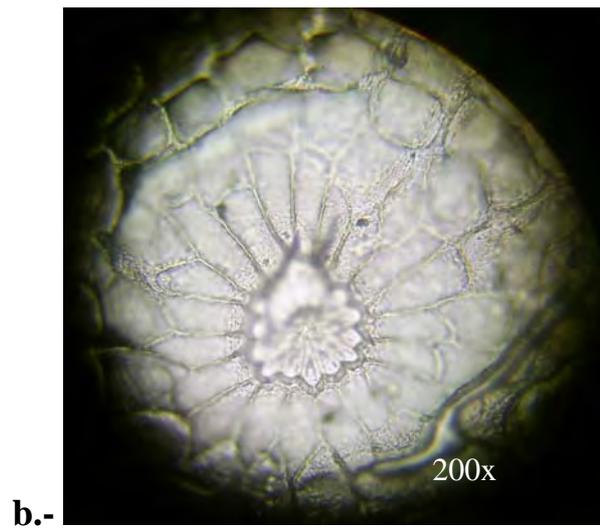


Fig3.-Huevo de *C. decolora* a. Huevos viables, b. Vista dorsal del área micropilar.

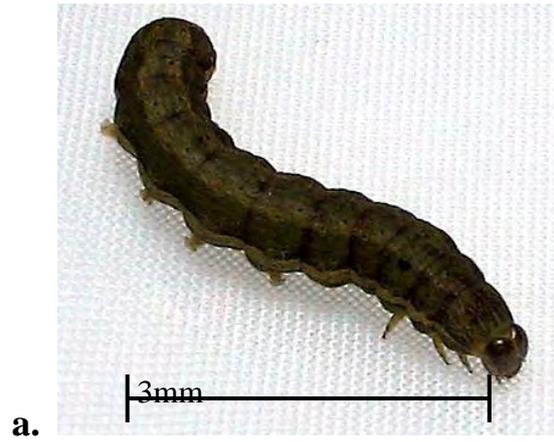


Fig.4.-Larvas de *C. decolora* del sexto estadio a. Larva vista dorso lateral, b. Larva vista dorsal, c. exuvia de una larva



a



b.



c

Fig.5 Pupas: a. Vista ventral de pupas hembras y macho, b. Macho, c. Hembra



6.1. Fundo el Despertar (Salas Guadalupe Villacurí – Ica)



6.2. Fundo el Despertar



6.3. Material colectado en el fundo

Fig.6.Áreas de colecta de larvas de *C. decolora*



Fig.6.4 fundo Santiago Apóstol -Ica



Fig.6.5 Material colectado en el fundo



Fig.6.7 Larvas de *C.decolora* de diferentes estadios y colores colectadas



Fig.7 Acondicionamiento de larvas en el Laboratorio



Fig.8 Acondicionamiento de Pupas en el Laboratorio

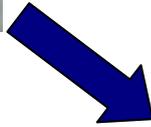
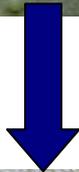
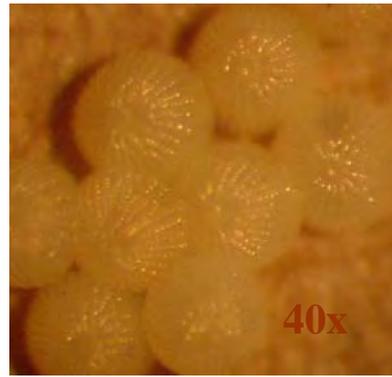


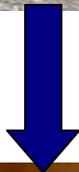
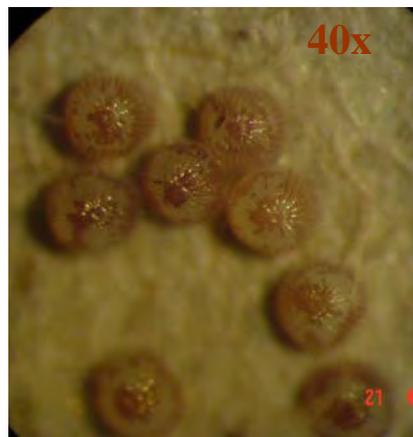
Fig.9 Sexado de pupas.



Fig.10 Acondicionamiento de adultos en el Laboratorio



11.1 huevos de un día de ovipositados



11.2 huevos de tres días de ovipositados



11.3 larvas recién emergidas

Fig.11 Colecta y acondicionamiento de huevos en el Laboratorio



Fig.12 ciclo biológico de *Copitarsia decolora*



13.1 Genitalia de Macho – Fundo el Despertar



13.2 Genitalia de Macho – Fundo Santiago A.



13.3 Genitalia de Macho – Fundo Santa Filomena



13.4 Genitalia de Macho – San Hilarión

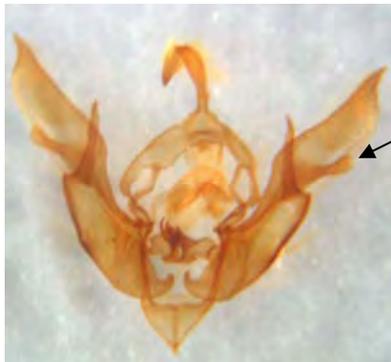
Fig.13 Genitalia de Machos de *Copitarsia decolora* de los diferentes lugares de colecta.



13.5 Genitalia de Macho – Fundo Camelot



13.6 Genitalia de Macho – Nueva Esperanza



13.7 Genitalia de Macho – Santa Margarita

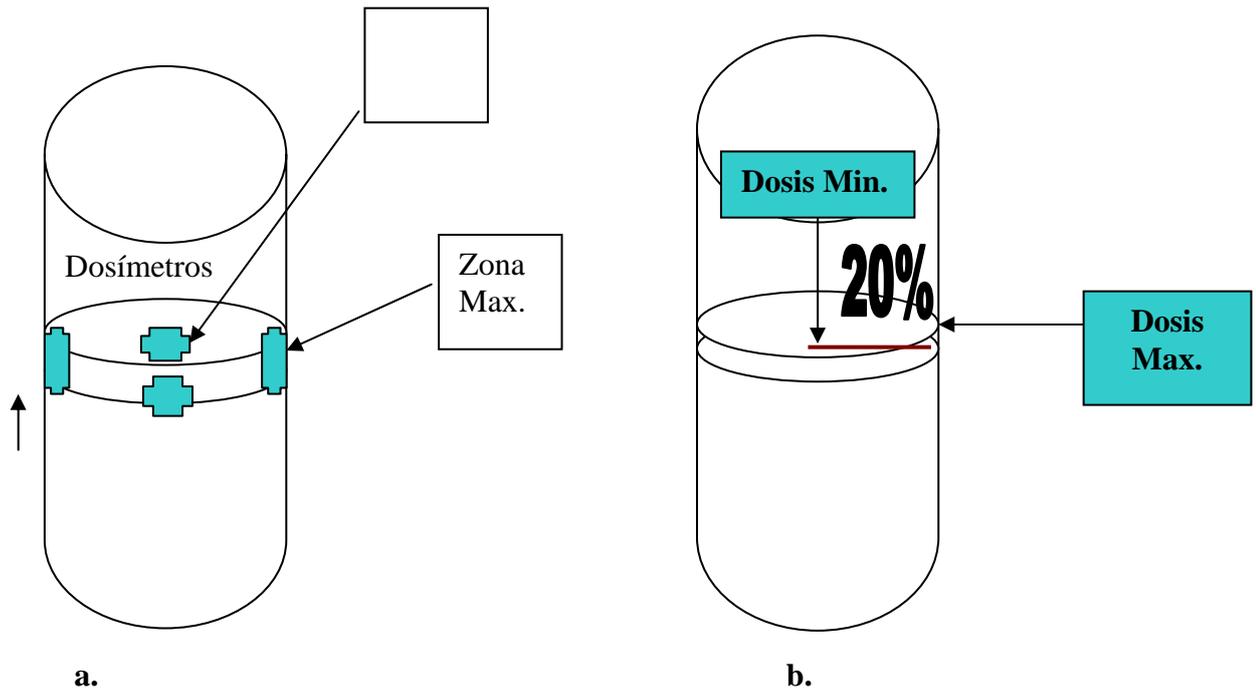


Fig.14 Dosimetría: a. Posición de las ámpulas para la dosimetría, b. Posición de la dosis mín. y máx , c. Espectrofotómetro.



a.



b.



c.

Fig.15 Irradiación a. Irradiador Gammacell Excel 220 IPEN, b. Prueba preliminar, c. Prueba confirmatoria



a.



b.



c.



d.

Fig.16 Proceso de irradiación en la etapa confirmatoria a. Selección de larvas II, b. Conteo de larvas, c-d.Frasco con las 1000 larvas II a irradiar.



e.



f.



g.

e. Frasco en el centro del cilindro del irradiador, f. Proceso de irradiación, g. Larvas irradiadas.

Después de la Irradiación

Antes de la Irradiación



h

h. Films colocados en la prueba confirmatoria.



a.

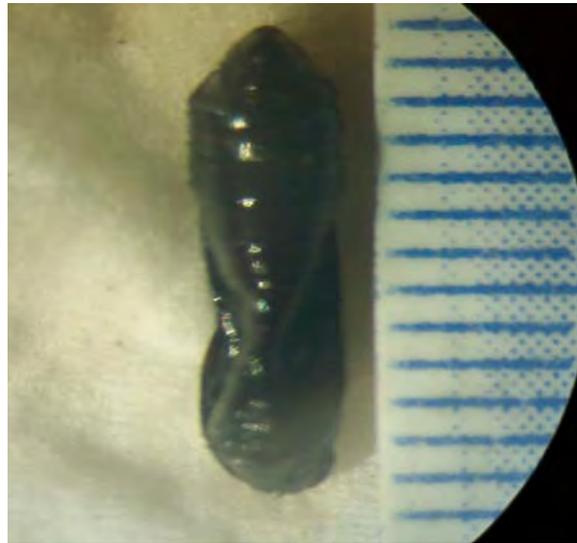


b.



c.

Fig.17. Larvas irradiados a 80Gy que alcanzaron el estado adulto a. Adulto sobreviviente, b. Deformación de adultos, c. Semi emergencia de adultos.



a.



b.

Fig.18 Etapa preliminar a. Pupas malformadas, b. Mortandad de larvas



a.



b.



c.

Fig.19 Etapa confirmatoria a. Conteo de larvas, b. Las larvas aún sobrevivientes a la irradiación, c. Larvas muertas consecuencia de la irradiación

a.



b.



c.



d.

Fig.20 Efectos de la irradiación sobre las larvas a. Vista dorsal de la larva, b. Vista ventral de la larva, c. Vista dorso lateral de la larva, d. Larvas no irradiadas.



Fig. 21.- Comparación entre larva no irradiada (superior) y larvas irradiadas (inferior).

Tablas

Tabla 1.- Datos de colecta de larvas de *Copitarsia decolora*

Nombre del fundo	Dapartamento	Provincia	Distrito	fecha	Variedad de Espárrago	Larvas Colectadas
Agrovictoria S.A .Fundo el Despertar	ICA	Ica	Salas de Guadalupe - Villacuri	18.11.03	UC 153 FI	450
Agrovictoria S.A. Fundo el D espertar	ICA	Ica	Salas de Guadalupe - Villacuri	12.02.04	UC 153 FI	201
Agrovictoria S.A. Fundo el Despertar	ICA	Ica	Salas de Guadalupe - Villacuri	31.02.04	UC 153 FI	280
Agricola Athos - Fundo Santiago Apóstol	ICA	Ica	Santiago	16.04.04	UC 153 FI	250
Agricola Athos - Fundo Santa Filomena	ICA	Ica	Santiago	21.01.05	UC 153 FI	510
Inagro sur - Fundo San Hilarión	LIMA	Cañete	San Vicente	04.02.05	UC 153 FI	106
Fundo Camelot	LIMA	Lima	Pachacamac	12.02.05	UC 153 FI	142
Inagro Sur - Nueva Esperanza	LIMA	Cañete	San Vicente	19.02.05	UC 153 FI	140
CAIBETA- Santa Margarita	ICA	Ica	Santiago	20.05.05	UC 153 FI	250

Tabla 2.- Determinación de la Dosis máxima y Mínima por Dosimetría de Fricke en larvas de segundo estadio de *Copitarsia decolora*

Producto a tratar Larvas II
 Peso 32.52g
 Densidad 0.009g/ml
 Ecuación recta $Y=A + BX$
 Fecha 17.03.04

Tiempo	Posición	Absorbancia	$A_i - A_0$	Temperatura de Medición(°C)	Temp. Irradiación (°C)	Dosis (KGy)	Dosis Promedio (KGy)	Dosis Gral(KGy)
15	3	0.4150	0.415	27	28	0.11186	Dmax:	0.10216
	5	0.4000	0.400	27	28	0.10782	0.11186	
	6	0.3430	0.3430	27	28	0.09245	Dmin:	
	7	0.3730	0.3730	27	28	0.10054	0.09245	
25	3	0.6310	0.6310	27	28	0.17008	Dmax:	0.15714
	5	0.6090	0.6090	27	28	0.16415	0.17008	
	6	0.5350	0.5350	27	28	0.14421	Dmin:	
	7	0.5430	0.5430	27	28	0.14636	0.14421	
35	3	0.8490	0.8490	27	28	0.22884	Dmax:	0.21146
	5	0.8140	0.8140	27	28	0.21941	0.22884	
	6	0.7200	0.7200	27	28	0.19407	Dmin:	
	7	0.7420	0.7420	27	28	0.20000	0.19407	
45	3	1.0390	1.0390	27	28	0.28006	Dmax:	0.26496
	5	1.0610	1.0610	27	28	0.28599	0.28599	
	6	0.9260	0.9260	27	28	0.24960	Dmin:	
	7	0.9050	0.9050	27	28	0.24394	0.24394	
55	3	1.2470	1.2470	27	28	0.33612	Dmax:	0.31968
	5	1.2870	1.2870	27	28	0.34690	0.34690	
	6	1.1160	1.1160	27	28	0.30081	Dmin:	
	7	1.0850	1.0850	27	28	0.29246	0.29246	

Salida de Regresión

Tiempo	Dosis	
	Min	Max
15	0.09245	0.11186
25	0.14421	0.17008
35	0.24394	0.22884
45	0.24394	0.28599
55	0.29246	0.34690

DOSIS MINIMA	
Constante	0.018518
Erros de Estandar Y	0.001028
R cuadrado	0.999873
Grados de Libertad	4
Coeficiente X	0.004997

DOSIS MAXIMA	
Constante	0.023639
Erros de Estandar Y	0.000979
R cuadrado	0.999916
Grados de Libertad	4
Coeficiente X	0.00586

VALOR DOSIS MINIMA	17.9905 KGy/h
VALOR DOSIS MAXIMA	21.0956 kGy/h
UNIFORMIDAD DE DOSIS	1.1726

Tabla 3.- Resultado de la Dosis en Transito para el equipo Gammacell

220 Excell

Fecha : 17.03.04

Producto: Aire

Factor ASTM: 0.278

Factor IPEN: 0.2760302

Tiempo (s/min)	Posición	Abs.Dosímetro	Abs. Neta	Temp. (°C)	Dosis (KGy)	Dosis Corregida (KGy)	Dosis Promedio
1	central	0.0740	0.0740	28	0.02001	0.02001	0.02181
	central	0.0950	0.0950	28	0.02568	0.02568	
	central	0.0730	0.0730	28	0.01974	0.01974	
1	central	0.0920	0.0920	28	0.02487	0.02487	0.02253
	central	0.0760	0.0760	28	0.02055	0.02055	
	central	0.0820	0.0920	28	0.02217	0.02217	
						Promedio	0.0221689

Tabla 4.- Prueba Preliminar: Tiempo de irradiación de larvas del segundo estadio estimado para una determinada dosis según la dosimetría Fricke.

Fecha de irradiación	Dosis (Gy)	Tiempo de Irradiación (seg)	Nº de réplicas x dosis
03.06.04	30	01".7"	I
	40	03".8"	I
	60	07".9"	I
	80	12".0	I
	0	0	
06.09.04	100	16"86"	I
	0	0	
09.09.04	100	16"88"	II
	0	0	
14.09.04	100	16"92"	III
	0	0	
18.10.04	100	16"95"	IV
	0	0	
20.10.04	100	16"97"	V
	0	0	
22.10.04	100	17"22"	VI
	0	0	

Tabla 5- Prueba Preliminar: Cálculos para determinar el tiempo de irradiación para larvas del segundo estadio

Cálculo 1.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	03.06.04
Tiempo transcurrido	78 días

Formula

Tiempo de Irradiación:
$$\left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

Para determinar el tiempo de irradiación para las larvas es necesario antes calcular la actividad final del irradiador a usar (D_x):

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_0 e^{-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]} \quad (2)$$

Donde:

D_x = actividad Final

D_0 = Actividad inicial

$\text{Ln}2 = 0.693$

T = Periodo de semi desintegración constante propia de cada radio isótopo par el Co 60

$T = 5.272$ años tiempo en el cual la actividad se reduce a la mitad de su valor.

$$T_{1/2} = 5.272 \times 365 = 1924.28$$

t = tiempo transcurrido de la dosimetría hasta la actualidad

Reemplazando en la formula (2) tenemos:

$$-[0.693 \times 78 / 1924.28]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-[0.028090506]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.972300365$$

$$D_x = 17.4216968$$

Luego es necesario calcular la dosis de transito final del irradiador (D_{tx})

$$-[\ln 2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

Donde:

D_{tx} = Dosis de transito final

D_{to} = Dosis de transito inicial

$$\ln 2 = 0.693$$

T = Periodo de semi desintegración constante propia de cada radio isótopo para el Co 60

$T = 5.272$ años tiempo en el cual la actividad se reduce a la mitad de su valor.

$$T_{1/2} = 5.272 \times 365 = 1924.28$$

t = tiempo transcurrido de la dosimetría de transito hasta la actualidad.

Reemplazando en la formula tenemos:

$$-[0.693 \times 78 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-[0.028090506]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0972300365$$

$$D_{tx} = 0.021554829$$

Finalmente con los datos obtenidos podemos reemplazar en la formula inicial

(1)

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.030 - 0.021554829}{0.021554829} \times 3600 = 1'' 7''''$$

$$17.4216968$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.040 - 0.021554829}{0.021554829} \times 3600 = 3'' 8''''$$

$$17.4216968$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.060 - 0.021554829}{0.021554829} \times 3600 = 7'' 9''''$$

$$17.4216968$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.080 - 0.021554829}{0.021554829} \times 3600 = 12''$$

$$17.4216968$$

Cálculo 2.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	06.09.04
Tiempo transcurrido	173 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 173 / 1924.28]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-[0.062303303]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.93959786$$

$$D_x = 16.90383531$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 173 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-[0.062303303]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.020829851$$

$$D_{tx} = 0.020829851$$

Reemplazando en la formula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.1 - 0.020829851}{0.0221689} \times 3600 = 16'' 86'''$$

$$16.90383531$$

Cálculo 3.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	09.09.04
Tiempo transcurrido	176 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-\left[\ln 2 \times t / T_{1/2} \right]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-\left[0.693 \times 176 / 1924.28 \right]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-\left[0.063383707 \right]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.938583263$$

$$D_x = 16.8855822$$

$$-\ln 2 \times t / T_{1/2}$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-\ln 2 \times 176 / 1924.28$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-\ln 2 \times 0.020807358$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.938583263$$

$$D_{tx} = 0.020807358$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] \times 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.1 - 0.020807358}{0.020807358} \times 3600 = 16'' 88''''$$

$$16.8855822$$

Cálculo 4.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	14.09.04
Tiempo transcurrido	181 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-\left[\ln 2 \times t / T_{1/2} \right]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-\left[0.693 \times 181 / 1924.28 \right]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-\left[0.06518438 \right]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.936894702$$

$$D_x = 16.85520414$$

$$-\left[\ln 2 \times t / T_{1/2} \right]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-\left[0.693 \times 181 / 1924.28 \right]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-\left[0.0618438 \right]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.936894702$$

$$D_{tx} = 0.020769915$$

Reemplazando en la formula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis } -Dt_x}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \underline{0.1 - 0.020769915} \times 3600 = 16'' 92''''$$

$$16.85520414$$

Cálculo 5.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	18.10.04
Tiempo transcurrido	215 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis } -Dt_x}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T1/2]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 215 / 1924.28]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-[0.077422896]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.925492768$$

$$D_x = 16.65007765$$

$$-[\ln 2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 215 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-[0.077422896]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.925492768$$

$$D_{tx} = 0.0205161924$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.1 - 0.0205161924}{16.65007765} \times 3600 = 17''19''''$$

$$16.65007765$$

Cálculo 6.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de tránsito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905 KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689 KGy/h
Fecha de irradiación	20.10.04
Tiempo transcurrido	217 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis } -D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 217 / 1924.28]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-[0.078149229]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.924826404$$

$$D_x = 16.63808943$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 217 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-[0.078149229]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.924826404$$

$$D_{tx} = 0.020502384$$

Reemplazando en la formula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.1 - 0.020502384}{16.63808943} \times 3600 = 17'' 20''''$$

$$16.63808943$$

Cálculo 7.-

Fecha de dosimetría:	17.03.04
Fecha de Dosis de transito:	17.03.04
Dosis Mínima:	17.9905KGy/h
Promedio de dosis:	0.0221689KGy/h
Fecha de irradiación	22.10.04
Tiempo transcurrido	219 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 219 / 1924.28]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$-[0.078869499]$$

$$D_x = 17.9905e$$

$$D_x = 17.9905 \times 0.92416052$$

$$D_x = 16.62610984$$

$$-\left[\ln 2 \times t / T_{1/2}\right]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-\left[0.693 \times 219 / 1924.28\right]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$-\left[0.078869499\right]$$

$$D_{tx} = 0.221689e$$

$$D_{tx} = 0.221689 \times 0.924416052$$

$$D_{tx} = 0.020487622$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \underline{0.1 - 0.020487622} \times 3600 = 17'' 22''''$$

$$16.62610984$$

**Tabla 6- Prueba Confirmatoria: Tiempo de irradiación estimado para
100Gy.**

Fecha de irradiación	Dosis (Gy)	Tiempo de Irradiación (seg)	Nº de réplicas x dosis
12.05.05	100	20"87""	I
12.07.05	100	21"45""	II
	100	21"45""	III
14.07.05	100	21"47""	IV
	100	21"47""	V
	100	21"47""	VI
18.07.05	100	21"51""	VII
	100	21"51""	VIII
06.10.05	100	22"19""	IX
	100	22"19""	X

Tabla 7- Prueba Confirmatoria: Cálculos para determinar el tiempo de irradiación

Cálculo 1.-

Fecha de dosimetría:	7.12.04
Fecha de Dosis de transito:	20.04.05
Dosis Mínima:	15.3545KGy/h
Promedio de dosis:	0.01584KGy/h
Fecha de irradiación	12.05.05
Tiempo transcurrido desde la dosimetría a la fecha de irradiación:	156 días
Tiempo transcurrido desde la dosimetría de transito a la fecha de irradiación:	23 dias

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 156 / 1924.28]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$-[0.056181013]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$D_x = 15.3545 \times 0.945367996$$

$$D_x = 14.51574744$$

$$-\left[\ln 2 \times t / T_{1/2}\right]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-\left[0.693 \times 23 / 1924.28\right]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$-\left[8.283098094\right]^{-03}$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$D_{tx} = 0.01584 \times 0.991751112$$

$$D_{tx} = 0.015709397$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis } -D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \underline{0.1 - 0.01509397} \times 3600 = 20'' 90''''$$

$$14.51574744$$

Cálculo 2.-

Fecha de dosimetría:	7.12.04
Fecha de Dosis de transito:	20.04.05
Dosis Mínima:	15.3545KGy/h
Promedio de dosis:	0.01584KGy/h
Fecha de irradiación	12.07.05
Tiempo transcurrido desde la dosimetría a la fecha de irradiación:	217 días
Tiempo transcurrido desde la dosimetría de transito a la fecha de irradiación:	83 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 217 / 1924.28]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$-[0.078149229]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$D_x = 15.3545 \times 0.924826404$$

$$D_x = 14.20033951$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 83 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$-[0.0289118]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$D_x = 0.01584 \times 0.970551143$$

$$tD_x = 0.01537353$$

Cálculo 3.-

Fecha de dosimetría:	7.12.04
Fecha de Dosis de transito:	20.04.05
Dosis Mínima:	15.3545KGy/h
Promedio de dosis:	0.01584KGy/h
Fecha de irradiación	14.07.05
Tiempo transcurrido desde la dosimetría a la fecha de irradiación:	219 días
Tiempo transcurrido desde la dosimetría de transito a la fecha de irradiación:	85 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\ln 2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 219 / 1924.28]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$-[0.078869499]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$D_x = 15.3545 \times 0.92416052$$

$$D_x = 14.19011512$$

$$-[\ln 2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 85 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$-[0.030611449]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$D_{tx} = 0.01584 \times 0.969852336$$

$$D_{tx} = 0.015362461$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \frac{0.1 - 0.015362461}{0.015362461} \times 3600 = 21'' 47''''$$

$$14.19011512$$

Cálculo 4.-

Fecha de dosimetría:	7.12.04
Fecha de Dosis de transito:	20.04.05
Dosis Mínima:	15.3545KGy/h
Promedio de dosis:	0.01584KGy/h
Fecha de irradiación	18.07.05
Tiempo transcurrido desde la dosimetría a la fecha de irradiación:	223 días
Tiempo transcurrido desde la dosimetría de transito a la fecha de irradiación:	89 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis -Dtx}}{Dx} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-\left[\text{Ln}2 \times t / T1/2\right]$$

$$Dx=Doe \quad (2)$$

$$-\left[0.693 \times 223 / 1924.28\right]$$

$$Dx=15.3545e$$

$$-\left[0.080310038\right]$$

$$Dx=15.3545e$$

$$Dx= 15.3545 \times 0.922830189$$

$$Dx= 14.16968843$$

$$-\left[\text{Ln}2 \times t / T1/2\right]$$

$$Dtx=Dtoe \quad (3)$$

$$-\left[0.693 \times 89 / 1924.28\right]$$

$$Dtx=0.01584e$$

$$-\left[0.032051988\right]$$

$$Dtx= 0.01584e$$

$$Dtx= 0.01584 \times 0.968456232$$

$$D_x = 0.015340346$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis } -D_{t_x}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \underline{0.1 - 0.015340346} \times 3600 = 21'' 51''''$$

$$14.16968843$$

Cálculo 5.-

Fecha de dosimetría:	7.12.04
Fecha de Dosis de transito:	20.04.05
Dosis Mínima:	15.3545KGy/h
Promedio de dosis:	0.01584KGy/h
Fecha de irradiación	06.10.05
Tiempo transcurrido desde la dosimetría a la fecha de irradiación:	297 días
Tiempo transcurrido desde la dosimetría de transito a la fecha de irradiación:	163 días

Formula

$$\text{Tiempo de Irradiación: } \left[\frac{\text{Dosis } -D_{t_x}}{D_x} \right] 3600 \quad (1)$$

$$-[\text{Ln}2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_x = D_{oe} \quad (2)$$

$$-[0.693 \times 297 / 1924.28]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$-[0.10696005]$$

$$D_x = 15.3545e$$

$$D_x = 15.3545 \times 0.898561609$$

$$D_x = 13.79705409$$

$$-[\ln 2 \times t / T_{1/2}]$$

$$D_{tx} = D_{toe} \quad (3)$$

$$-[0.693 \times 163 / 1924.28]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$-[0.058701956]$$

$$D_{tx} = 0.01584e$$

$$D_{tx} = 0.01584 \times 0.94298779$$

$$D_{tx} = 0.014936926$$

Reemplazando en la fórmula (1)

$$\text{Tiempo de Irradiación:} \quad \left[\frac{\text{Dosis} - D_{tx}}{D_x} \right] 3600$$

$$\text{Tiempo: } \underline{0.1 - 0.014936926} \times 3600 = 22'' 19''''$$

$$13.79705409$$

Tabla 8- Prueba preliminar: Número de Larvas muertas por cada semana luego del proceso de irradiación.

Semana	Dosis				
	0 Gy	30Gy	40 GY	60 Gy	80 gy
Sem I	1	4	7	4	7
Sem II	18	18	20	18	29
Sem III	14	28	14	35	25
Sem IV	4	9	13	2	14
Sem V	20	2	8	9	22
Sem VI	0	2	3	2	2
Sem VII	0	0	0	0	0

Tabla 9- Prueba preliminar: Sumatoria de larvas muertas por semana luego del proceso de la irradiación.

semana	Dosis				
	0 Gy	30Gy	40 GY	60 Gy	80 gy
Sem 0	0	0	0	0	0
Sem I	1	4	7	4	7
Sem II	19	32	27	22	36
Sem III	33	60	41	57	61
Sem IV	37	69	54	59	75
Sem V	57	71	62	68	97
Sem VI		73	65	70	99

Gráfica 1.- Gráfica comparativa entre los porcentajes de mortandad a diferentes dosis de Irradiación y el control

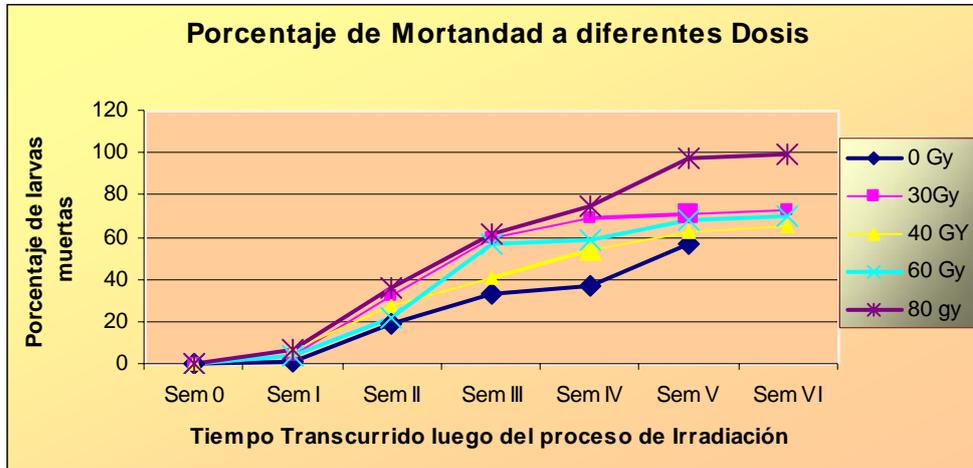


Tabla 10- Prueba preliminar:

Porcentaje de larvas II de *C. decolora* que alcanzaron diferentes estados desarrollo a diferentes dosis de irradiación.

Dosis (Gy)	Replicas	Nº de larvas II Tratadas	% de pupas formadas a partir de Larvas II Irradiadas	% de Adultos formados a partir de Larvas II Irradiadas	% de emergencia de pupas a adultos	% de mortalidad
0	I	100	39	37	94.9	61
30	I	100	38	35	92.1	62
40	I	100	32	30	93.8	68
60	I	100	63	43	68	57
80	I	100	3	1	33	99

Tabla 11.- Prueba preliminar: Número de Larvas muertas por cada semana luego del proceso de irradiación a 100Gy.

Semana	Replicas de 100Gy					
	I	II	III	IV	V	VI
Sem I	40	82	65	61	10	89
Sem II	38	9	29	28	72	11
Sem III	16	4	6	8	16	0
Sem IV	6	3	0	1	1	
Sem V	0	2	0	2	1	
Sem VI	0	2	0	0	0	

Tabla 12.- Prueba preliminar: Sumatoria de larvas muertas por semana luego del proceso de irradiación a 100Gy.

Semana	Replicas de 100Gy					
	I	II	III	IV	V	VI
Sem I	40	82	65	61	10	89
Sem II	78	91	94	89	82	100
Sem III	94	95	100	97	98	
Sem IV	100	98		98	99	
Sem V		100		100	100	

Gráfica 2.- Gráfica de los porcentajes de mortandad a la dosis de 100Gy

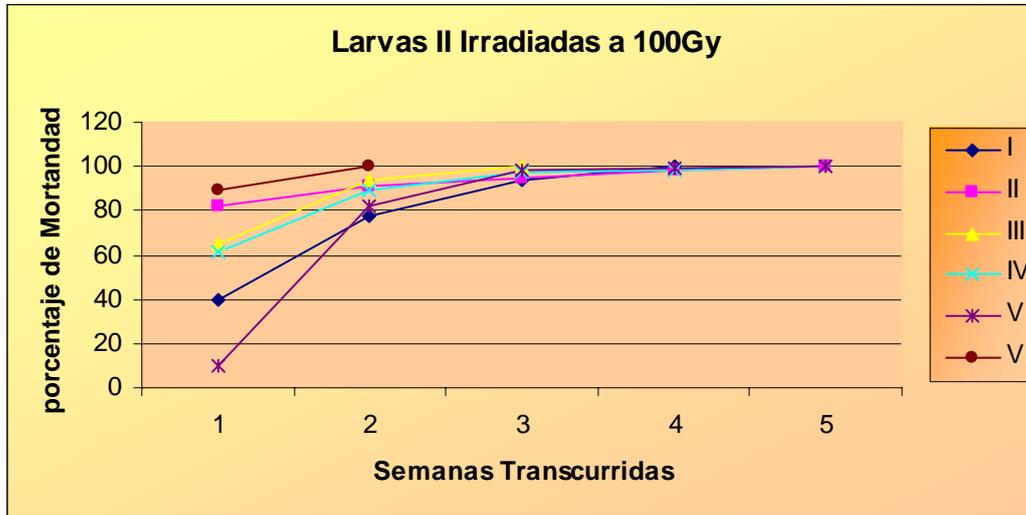


Tabla 13.- Prueba preliminar: Número de Larvas control muertas por cada semana transcurrida.

Semana	Replicas de 0Gy					
	I	II	III	IV	V	VI
Sem I	40	20	15	0	0	30
Sem II	25	17	30	38	17	10
Sem III	16	14	3	19	23	0
Sem IV	9	6	0	0	10	0
Sem V	0	0	0	4	5	18

Tabla 14.- Prueba preliminar: Sumatoria de larvas control muertas por semana.

Semana	Replicas de 0Gy					
	I	II	III	IV	V	VI
Sem I	2	20	15	0	0	30
Sem II	27	20	45	38	17	40
Sem III	43	51	48	57	40	40
Sem IV	52	57	48	57	45	40
Sem V	52	57	48	61	45	58

Gráfica 3.- Gráfica de los porcentajes de mortandad del control

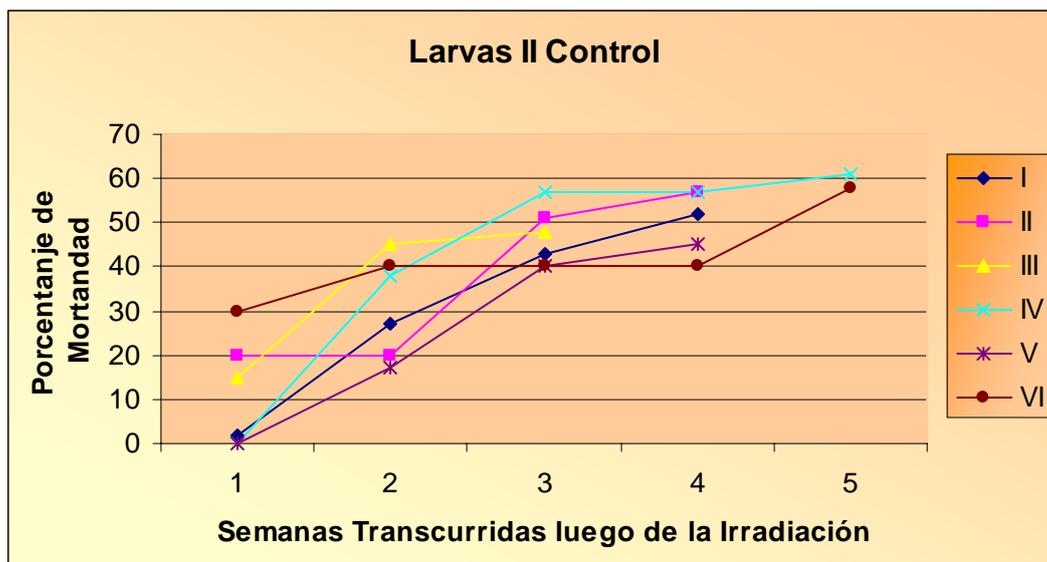


Tabla 15- Prueba preliminar: Comparación de los porcentaje de larvas II de *C. decolora* que alcanzaron diferentes estados desarrollo entre la dosis de 100Gy y el control

Dosis (Gy)	Replicas	Nº de larvas II Tratadas	% de pupas formadas a partir de Larvas II Irradiadas	% de Adultos formados a partir de Larvas II Irradiadas	% de emergencia de pupas a adultos	% de mortalidad
0	I	100	57	48	84	52
	II	100	49	43	87.8	57
	III	100	55	52	94.5	58
	IV	100	43	39	90.7	61
	V	100	50	45	90	55
	VI	100	60	42	70	58
100	I	100	0	0	0	100
	II	100	0	0	0	100
	III	100	0	0	0	100
	IV	100	0	0	0	100
	V	100	0	0	0	100
	VI	100	0	0	0	100

Tabla 16.- Prueba Confirmatoria: Número de Larvas muertas por cada semana transcurrida a 100Gy

Semana	Réplicas de 100Gy									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Sem I	378	503	548	432	521	316	444	393	27	27
Sem II	432	422	381	400	459	526	329	352	932	727
Sem III	125	63	43	177	22	125	164	218	68	221
Sem IV	55	37	69	11	15	63	51	37	7	17
Sem V	10	0	9	5	8	0	12	17	0	18
Total de Irradiados	1000	1025	1050	1025	1025	1030	1000	1017	1034	1010

Tabla 17.- Prueba Confirmatoria: Sumatoria de larvas muertas por semana a 100Gy.

Semana	Réplicas de 100Gy									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Sem I	378	503	548	432	521	316	444	393	27	27
Sem II	810	925	929	832	980	842	773	745	959	754
Sem III	935	988	972	1009	1002	967	937	963	1027	975
Sem IV	990	1025	1041	1020	1017	1030	988	1000	1034	992
Sem V	1025		1050	1025	1025		1000	1017		1010

Tabla18.- Prueba Confirmatoria: Porcentajes y promedios de larvas muertas por semana de las 10 réplicas a 100Gy.

Semana	Réplicas de 100Gy										Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Sem I	37.8	49.1	52.2	42.1	50.8	30.7	44.4	38.6	2.6	2.7	351	35.1%
Sem II	81	90.2	88.5	81.2	95.6	81.7	77.3	73.3	93.7	74.7	837.2	83.72%
Sem III	93.5	96.4	92.6	98.4	97.8	93.9	93.7	94.7	99.3	96.5	956.8	95.68%
Sem IV	99	100	99.1	99.5	99.2	100	98.8	98.3	100	98.2	992.1	99.21%
Sem V	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000	100%

Tabla 19.- Prueba Confirmatoria: Número de Larvas control muertas por cada semana transcurrida.

Semana	Réplicas de 0Gy				
	I	II	III	IV	V
Sem I	0	0	0	0	0
Sem II	0	4	0	0	0
Sem III	14	12	0	15	0
Sem IV	16	17	21	12	20
Sem V	15	16	15	20	4
Sem VI	0	0	0	0	18
N de muertas	45	49	36	47	42
N de sobrevivientes	55	51	64	53	58

Tabla 20.- Prueba Confirmatoria: Porcentaje y Promedios de larvas control muertas por semana

Semana	Réplicas de 0Gy					Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V		
Sem I	0	0	0	0	0	0	0
Sem II	0	4	0	0	0	4	0.8
Sem III	14	16	0	15	0	45	9
Sem IV	30	33	21	27	20	131	26.2
Sem V	45	49	36	47	24	201	40.2
Sem VI	45	49	36	47	42	219	43.8

Tabla 21.- Prueba Confirmatoria: Promedios de larvas muertas por semana

Semana	Dosis	
	0 Gy	100Gy
Sem I	0	35.1
Sem II	0.8	83.72
Sem III	9	95.68
Sem IV	26.2	99.61
Sem V	40.2	100
Sem VI	43.8	

Gráfica 4.- Gráfica de los porcentajes de mortandad entre el Control y la dosis de 100G

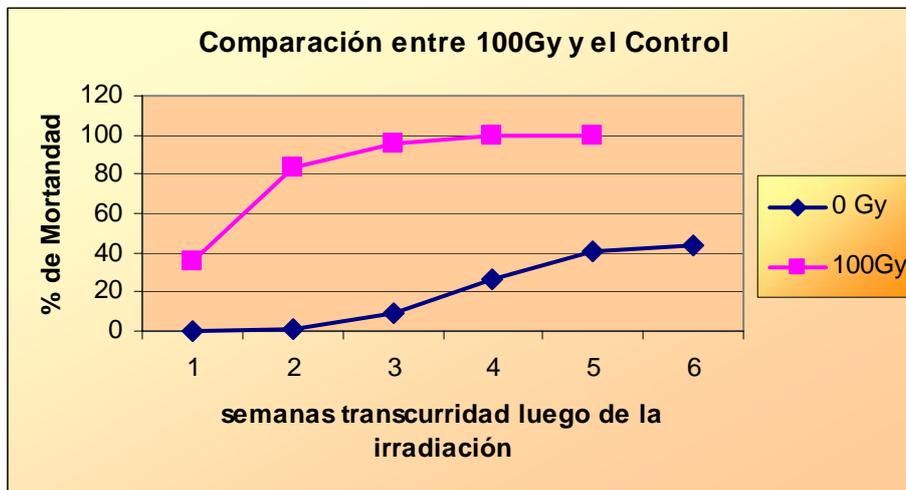


Tabla 22- Prueba Confirmatoria: Comparación de los porcentaje de larvas

II de *C. decolora* que alcanzaron diferentes estados desarrollo entre la dosis de

100Gy y el control

Fechas de Irradiación	Replicas	N° larvas tratadas con irradiación	% de Prepupas formadas a partir de Larvas II Irradiadas	Porcentaje de Adultos formados a partir de Larvas II Irradiadas	Efectividad de la Irradiación sobre las larvas II
12/05/2005	I	1000	0%	0%	100%
12/07/2005	II	1025	0%	0%	100%
	III	1050	0%	0%	100%
14/07/2005	IV	1025	0.10%	0%	100%
	V	1025	0.20%	0%	100%
	VI	1030	0%	0%	100%
18/07/2005	VII	1000	0.10%	0%	100%
	VIII	1017	0.30%	0%	100%
06/10/2005	IX	1034	0.10%	0%	100%
	X	1010	0.50%		100%
Total de larvas tratadas		10216			

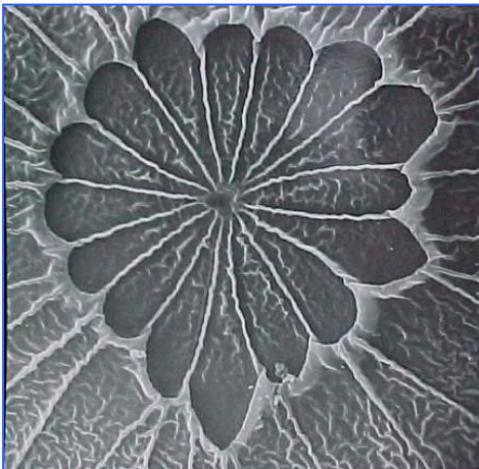
ADDENDUM

I.- FOTOGRAFÍA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DEL HUEVO DE *Copitarsa decolora* (Angulo & Olivares 2005)



100x

Vista general del huevo



1000x

Vista de la roseta primaria del huevo.

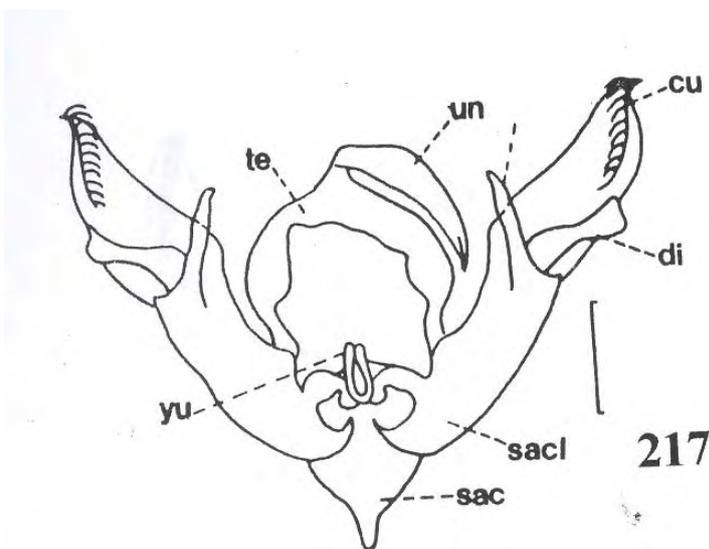
II.- FOTOGRAFÍA DE LA GENITALIA MACHO DE *Copitarsa incommoda*

Angulo & Olivares 2005 Museo de Entomología de la Universidad de Concepción de Chile



III.- DIAGRAMA DE LA GENITALIA DEL MACHO DE *Copitarsia decolora* (A.

Angulo y T. Olivares 2005)



**IV.-CLAVES PARA EL GENERO Y ESPECIES DE NOCTUIDOS,
BASADA EN LA GENITALIA DEL MACHO dadas por Angulo A. &
Olivares T. (2005)**

1 Valvas con una hendidura entre el cucullus y el sacullus (<i>Spodoptera Guenée</i> , 1852).....	2
1' Valvas sin hendidura.....	4
2(1) Tegumen sin estructuras soci en la base del uncus <i>Spodoptera frugiperda</i> (Abbot & Smith)	
2' Tegumen con largas estructuras soci en la base del uncus	3
3(2') Con un segundo par de alerones(gnathus) sobre el tercio superior del tegumen; con una pequeña hendidura entre el sacullus y la ampolla del cucullus, punto del sacullus clavata.....	<i>Spodoptera albula</i>
3' Con un segundo par de alerones (gnathus) sobre el tercio superior del tegumen; con una hendidura ancha entre el sacullus y la ampolla del cucullus; extremo del sacullus puntiagudo.....	<i>Spodoptera eridania</i> (Cramer)
4(1') Valvas bilobuladas, con el lóbulo posterior menos alargado que el anterior(Pseudaletia fraclemeont, 1915)	
4' Valvas no como arriba.....	6
5(4) Con una espina en el ápice del cucullus, aguda o escasamente roma.....	<i>Pseudaletia punctulata</i> Blanchard
5' Con dos espinas en el ápice del cucullus, aguda o escasamente roma.....	<i>Pseudaletia impuncta</i> Guenée

- 6(4) Valvas con una muy pronunciada escotadura en su tercio medio y porción subdistal en la región ventral.....7
- 6' Valvas prácticamente con sus lados subrectos y paralelos, aunque si hay escotadura en el margen ventral ésta es leve.....17
- 7(6) Valvas con la escotadura en el margen ventral en la mitad de ella;claster macizo, curvado hacia fuera, por sobre la región de la escotadura.....(Pseuoleucania staudinger, 1899)
- 7' Valvas con la escotadura del margen ventral en la porción distal de ésta.....11
- 8(7) Cláster más largo que ancho de la valva, curvado hacia fuera, de punta obtusa; uncus con 4 espinas apicales ventrales (2 pequeñas y 2 largas).....*Pseudoleucania diana* (Butler)
- 8' Cláster más largo que el ancho de la valva, curvado hacia afuera, con extremo macizo, serrado o curvado con prominencia.....9
- 9(8') Aedeagus alberga dos espinas, una curvada y otra recta; uncus en su región distal se estrecha bruscamente, y el ápice (Casi agudo) lleva dos espinas.....*Scania aspersa* (Butler)
- 9' Aedeagus con 2 o 3 espinas, uncus de extremo redondeado con 2 o 3 espinas.....10
- 10(9') Uncus con 3 espinas apicales, aedeagus con 3 espinas, una recta y pequeña, 2 curvadas, una el doble del tamaño que la otra.....*Scania messia* (Butler)
- 10' Uncus con 2 espinas apicales; aedeagus con dos espinas rectas subyúgales en tamaño y otra pequeña curvada de alrededor de 1/3 de largo de las otras.....*Pseudoleucania ferruginescens* (Blanchard) (= *Scania messia* (Butler))
- 11(7') Valvas en que las escotaduras del margen ventral es pequeña, uncus con lados subconvergentes y de ápice romo.....12

11'	Margen ventral de las valvas escotado ampliamente hacia la región distal	14
12(11)	Armazón del aedeagus es un largo proceso quitinizado (espina) , curvo; el lado curvo con pequeños dientecitos	<i>Peridroma clerica</i> (Butler)
12'	Armazón del aedeagus constituida por una pequeña y simple placa serrada en el canto opuesto.	13
13(12')	Uncus terminado en punta y lobulado antes de las puntas.	<i>Peridroma saucia</i> (Hubner)
13	Uncus terminado en punta ,con 2 espinas dorsales, muy ensanchado en sus 2/3 proximales, estrechándose bruscamente hacia el ápice.	<i>Peridroma ambrosioides</i> (Walter)
14(11')	Extremo apical de las valvas es bifurcado, uncus de los lados sub paralelos y ápice romo, sin cláspes (<i>Syngrapha</i> Hubner, (1821) (1916)).	<i>Syngrapha gammoides</i> (Blanchard)
14'	Extremo apical de las valvas como un lóbulo; uncus romboideo con cláspes dirigido hacia adentro (<i>Faronta</i> Sminth,1908)	<i>Dargia albilinea</i> (Hübner)
15(6')	Valvas sin formación interna, alargadas en su porción distal (<i>Heliothis</i> Ochsenheimer, 1816).	16
15'	Valvas con formación interna.	18
16(15)	Cara externa de las valvas con unos largos penachos de pelos.	<i>Heliothis virescens</i> Fabricius
16'	Valvas no como arriba.	17
17(16')	Vésica con 9 ½ a 11 vueltas y espinas pequeñas.	<i>Heliothis zea</i> (Boddie)

17'	Vésica con 6 ½ a 8 ½ vueltas, las espinas crecen entre la segunda y quinta vuelta, decrecen en 1 ó 2 vueltas y luego largas otra vez.....	<i>Heliothis gelotopoenon</i> (Dyar)	
18(15')	Valvas con cláster (<i>Rachiplusia</i> Hampson, 1913).....		19
18'	Valvas con ampolla y / o digitus sin cláster.....		20
19(18)	Apice del saccus subtriangular.....	<i>Rachiplusia nu</i> (Guenée)	
19'	Apice del saccus subcuadrangular.....	<i>Rachiplusia virgula</i> (Blanchard)	
20(18')	Uncus con una prominencia dorsal en su tercio medio, agudizandose hacia el ápice <i>Copitarsia</i> Hampson, 1906).....	<i>Copitarsia decolora</i> (Guenée)	
20'	Uncus no como arriba		21
21(20')	Uncus algo deprimido, ensanchado entre el tercio distal y proximal, de ápice redondeado (<i>Chabuata</i> Walter, (1958),(1857).....	<i>Chabuata bonaerensis</i> (Berg)	
21'	Uncus no como arriba.....		22
22(21')	Ampolla alargado a la forma de clava, de ápice redondeado(<i>Autographa</i> Hübner,(1821) (1816)).....	<i>Autographa bonaerenses</i> (Berg)	
22'	Ampulla en forma de gancho, de ápice agudo		23
23(22')	Vesica del aedeagus con un apofisi dorsal (<i>Feltia</i> walter, 1856).....	<i>Feltia malefida</i> (Guenée)	
23'	Vesica del aedeagus sin esta apófisis (<i>Agrotis</i> Ochsenheimer, 1816).....		24
24(23')	Ápice del uncus en punta.....		26
24'	Ápice del uncus romo.....		25
25(24')	Saccus subcuadrangular.....	<i>Agrotis hispidula</i> (Guenée)	
25'	Saccus subtriangular	<i>Agrotis edmonsi</i> (Butler)	
26(24)	Transtilla al menos la mitad del largo del cláster.....	<i>Agrotis bilitura</i> Guenée	
26'	Transtilla de menor tamaño		27

- 27(26) Ampulla notablemente desarrollado, la mitad del largo de la valva, vesica
inerte costa valvar lisa.....*Agrotis subterranea*
- 27' Ampulla menos de la mitad del largo de la valva, vesica armada.Costa valvar
sinuosa.....*Agrotis ipsilon* (Hufnagel)