

**FACTORES DE MORTALIDAD DE
MEGACHILE ROTUNDATA (FABRICIUS) EN CHILE***
(Hymenoptera: Megachilidae)

PATRICIO ARRETZ V.**

INTRODUCCION

Los insectos son los principales agentes intercambiadores de polen en plantas que necesitan polinización cruzada para producir sus frutos y semillas. Las abejas melíferas son en la mayoría de los casos los polinizadores más abundantes y visitan flores de innumerables especies vegetales. Sin embargo, en algunas plantas como la alfalfa, debido a la disposición morfológica de sus flores, la efectividad polinizadora de la abeja melífera disminuye y como resultado la producción de semillas es baja.

En 1958 en Oregón (USA) se observó que la producción de abundantes cosechas de alfalfa estaba estrechamente vinculada con la existencia de una gran cantidad de insectos polinizadores silvestres. Al estudiar el papel individual de algunos de estos insectos en la polinización, se destacó en forma especial *Megachile rotundata* (Fabricius). Este himenóptero es originario del suroeste asiático y del sureste europeo, siendo introducido accidentalmente en Estados Unidos, en donde se le detectó en 1937.

Entre las principales características de esta especie sobresalen su alta eficiencia en la polinización, es oligoléctica, o sea, prefiere a la alfalfa para la obtención del polen aun cuando estén presentes otras fuentes. Es gregaria para anidar. En forma natural nidifica en perforaciones de troncos y en tallos huecos de plantas herbáceas. Esta forma de anidar a facilitado su semidomesticación y multiplicación en gran escala al construirseles domicilios artificiales de campo, provistos de maderos perforados o pajuelas de papel encerado para que construyan sus nidos.

En 1964 se introdujo a Chile una pequeña

partida de *M. rotundata* para estudiar las posibilidades de su adaptación a las condiciones de la zona central del país, desafortunadamente los nidos importados venían con gran número de enemigos naturales, los que causaron una alta mortalidad e impidieron el establecimiento de este polinizador.

Introducciones posteriores iniciadas en 1969 demostraron que este insecto se adapta a las condiciones climáticas de la zona central, reproduciéndose en forma aceptable, sin embargo, observaciones realizadas en este período indican que existe una elevada mortalidad de sus estados inmaduros, detectándose numerosos enemigos naturales que destruyen los nidos, también se encontró que cierto porcentaje de la mortalidad se produjo sin causa aparente, o sea, que factores abióticos también impiden el normal incremento poblacional de *M. rotundata*.

Los objetivos de este estudio son conocer los factores de mortalidad bióticos y abióticos, identificar los enemigos naturales, determinar el daño individual que éstos producen y utilizar algunos métodos de control que permitan reducir su población. También se pretende explicar las causas abióticas de mortalidad mediante el análisis de las temperaturas extremas y su incidencia en la mortalidad total.

El éxito en la introducción de un insecto benéfico a un nuevo hábitat está condicionado a una serie de factores que pueden favorecer o limitar el incremento poblacional de la especie introducida. Entre los factores que frenan o facilitan el establecimiento, se destacan los siguientes:

- Enemigos naturales,
- Condiciones del clima,
- Disponibilidad de alimentos,
- Competencia de otras especies por los mismos recursos,

*Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

**Investigación financiada por el Programa Nacional de Polinización.

Acción de pesticidas.

Numerosos estudios realizados en EE. UU., revelan que las principales causas de mortalidad de *Megachile rotundata* en ese país, están representadas por enemigos naturales, clima e insecticidas aplicados durante el período de floración de la alfalfa.

La experiencia en Chile con este insecto, indica que son los dos primeros factores los que están actuando e impidiendo un aumento poblacional acelerado que permita disponer a corto plazo de un número elevado de estos insectos benéficos.

ENEMIGOS NATURALES

Bajo esta denominación están comprendidos una serie de parásitos externos e internos, además de predadores y destructores de nidos. La acción conjunta de estos enemigos naturales está provocando daños de importancia en Chile. Fundamentalmente este daño se debe a enemigos naturales introducidos junto con *Megachile rotundata* desde EE. UU. También es de gran importancia establecer el daño causado por enemigos naturales nativos.

Estudios realizados preferentemente en EE. UU., señalan a treinta y cinco especies como enemigos naturales de *Megachile rotundata*. Entre estos organismos se incluye 1 bacteria, 6 hongos, 1 ácaro y 28 insectos (Bacon *et al.*, 1965; Johansen and Eves, 1966; Minacci *et al.*, 1965; Thorp, 1966; Waters, 1966).

Parásitos, predadores y destructores de nidos de M. rotundata presentes en Chile: La mayoría de los enemigos naturales presentes en nuestro país han sido introducidos desde el extranjero junto con los nidos de *Megachile rotundata*. En 1964, una partida de *Megachile* importada desde EE. UU. no prosperó, debido principalmente al intenso ataque de derméstidos que contenían los nidos. A fines de 1969, la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile recibió una pequeña partida de nidos de *Megachile rotundata* procedentes de California, la cual estaba libre de derméstidos, pero sin embargo se detectó la presencia de dos especies de parásitos considerados de importancia para este insecto benéfico. Poco

tiempo después, en enero de 1970 se introdujo a nuestro país otra pequeña partida de *Megachile rotundata*, la cual no contenía derméstidos y sólo un escaso número de parásitos. Posteriormente, en diciembre de 1970 el Programa de Polinización adquirió en Oregón una partida de *Megachile rotundata* consistente en 465.000 nidos, que corresponde a una introducción en gran escala de este insecto a Chile. Este material de Oregón contenía enemigos naturales, especialmente predadores y destructores de nidos, como Derméstidos y *Tribolium*, como así también algunos parásitos.

Parásitos: El himenóptero de la familia TORYMIDAE, *Monodontomerus obscurus* Westwood, es un parásito externo de *Megachile rotundata*, el adulto es negro, brillante con tonalidades verde azuladas, mide 2-4 mm. La hembra posee un largo aparato ovipositor, mediante el cual perfora la celda de nidificación de *Megachile rotundata* y coloca 5-20 huevos sobre la larva o pupa, de estos huevos nacen pequeñas larvas, las que se alimentan superficialmente succionando a su huésped. Este insecto tiene un ciclo de vida más corto que su huésped, de manera que los adultos nacen en primavera 2-3 días antes que *Megachile rotundata*.

Esta especie es considerada como uno de los parásitos más importantes en varias zonas donde se utiliza *Megachile*. En EE. UU. está presente en California, Idaho, Oregón, Utah y Washington.

En California se ha determinado que produce daños de hasta 3,6% (Thorp, 1966), en Washington se le ha encontrado parasitando el 50% de larvas de *Megachile rotundata*, (Johansen and Eves, 1966).

Existe otra especie relacionada a *Monodontomerus obscurus*, se trata de *Monodontomerus montivagus* Ashmead, que parasita a *Megachile rotundata*, su biología es similar al anterior y se le ha detectado en California, Oregón y Washington, probablemente el daño señalado corresponde a la acción conjunta de ambas especies.

Las importaciones de *Megachile rotundata* desde California y Oregón crean la posibili-

dad que las 2 especies de *Monodontomerus* se encuentran en el país, ya que adultos han sido observado en las cámaras de crianza durante el proceso de incubación de las larvas de *Megachile rotundata*, en material proveniente de todas las importaciones realizadas hasta la fecha, como así también se les ha encontrado con posterioridad en las cámaras de crianza, en material de más de un año de permanencia en el país en la etapa de multiplicación.

El daño que *Monodontomerus* está causando en Chile en la actualidad es bajo, pero es indudablemente un serio peligro potencial. En disecciones realizadas en julio de 1970, en material proveniente de California, mantenido en La Platina, se determinó un 8,88% de parasitismo total. En este porcentaje se incluye a parásitos externos que corresponden a *Monodontomerus* y parásitos internos del género *Tetrastichus*. También en esa fecha se disectó material proveniente de Oregón y multiplicado en Curacaví, observándose un parasitismo del 1,43%, en su mayor parte causado por *Monodontomerus*.

El microhimenóptero de la familia EULOPHIDAE, *Tetrastichus megachilidis* Burks es un parásito interno de *Megachile rotundata*. El adulto es de color negro brillante, mide 1,5 a 2,5 mm; la hembra ovipone numerosos huevos insertándolos en el cuerpo de larvas y pupas de *Megachile*. Las larvas del parásito se desarrollan rápidamente en el interior del huésped, ocupando gran parte del volumen interno de éste. Una larva de *Megachile* parasitada puede contener alrededor de 50 parásitos. *Tetrastichus megachilidis* tiene un ciclo biológico más corto que *Megachile rotundata* y puede emerger como adulto 4-5 días antes que su huésped. Ataca de preferencia las celdas ubicadas en el fondo de las pajuellas de nidificación, que son las primeras aprovisionadas por la hembra de *Megachile rotundata*. Por esta razón este parásito es peligroso, ya que daña de preferencia celdas ubicadas al fondo del nido que son las que originan hembras, las cuales son polinizadoras efectivas; el macho de *Megachile rotundata* nace de celdas ubicadas hacia el extremo opuesto del nido y además no poliniza.

Determinaciones del daño que este parásito causa a *Megachile rotundata* en California, revelan que éste alcanza al 0,3% en el valle de Sacramento (Thorp, 1966). Sin embargo, esta especie está provocando en Arizona un parasitismo elevado sobre *M. concinna*, un megachilido que se está multiplicando de la misma manera que *M. rotundata* para polinizar alfalfa. Observaciones realizadas han demostrado que *T. megachilidis* causa daños que alcanzan al 42% en poblaciones de *M. concinna*, parasitando el 93% de las celdas del fondo de la pajuella de nidificación (Butler and Wargo, 1963; Butler and Ritchie, 1965). Estos elevados porcentajes de parasitismo ponen de manifiesto el peligro potencial de este insecto sobre *M. rotundata*, que en California ya es considerado como uno de los más graves.

En Chile *T. megachilidis* ha sido detectado principalmente en nidos importados desde California y que se han multiplicado en La Platina desde diciembre de 1969. En julio de 1970 se disectó celdas de nidificación, encontrándose parasitadas el 8,8%. Este porcentaje de parasitismo corresponde a la acción conjunta de *Tetrastichus megachilidis* y *Monodontomerus obscurus*, pero, sin embargo, un elevado porcentaje de este total corresponde al primero de los anotados. Importaciones posteriores de nidos de *Megachile* desde Oregón llegaron al país prácticamente libres de *T. megachilidis* y sólo se observó ocasionalmente su presencia.

Control de parásitos de M. rotundata: *Monodontomerus* y *Tetrastichus* tienen características comunes, ambas especies invernan como larvas en diapausa, además cuando se someten los nidos de *M. rotundata* a incubación, estos parásitos pupan y alcanzan el estado adulto y emergen 3-4 días antes que su huésped. Durante este período es posible controlarlos. Estos insectos son fuertemente atraídos por la luz, situación que es aprovechada para su control. Basta colocar un recipiente con agua bajo una ampollita, la que atraerá los parásitos adultos, los que caen en el recipiente. Al agregar un detergente al agua, mejora aún más la eficiencia de este método, ya que los

insectos se sumergen fácilmente en el agua al disminuir la tensión superficial. La eficiencia en el control puede aumentarse si se combina el método anteriormente descrito con el uso de aspiradores manuales de insectos, succionando periódicamente los adultos que se posan en los bordes del recipiente o en superficies iluminadas. La combinación de estos métodos se ha utilizado en nuestro país con excelentes resultados, de un parasitismo del 8,88% existente en nidos de *M. rotundata* en julio de 1970, se bajó al 0,00% en 1971. Para llegar a este nivel total de control se complementó además con el empleo en los domicilios de campo de aspiradores en forma periódica.

Estas operaciones de control deben realizarse anualmente cada vez que se incuben los nidos de *M. rotundata*, ya que no existe la seguridad de erradicar estos parásitos, porque pueden estar en el campo parasitando a poblaciones de Megachiles silvestres y pueden reinfestar los domicilios; además es probable que insectos nativos puedan parasitar a *M. rotundata*.

Afortunadamente aún no han sido detectados en nuestro país otros parásitos que son considerados importantes en EE. UU. Entre los aún no detectados se encuentran a *Leucospis affinis* Say, *Melittobia chalybii* Ashmead y *Sapyga pumilla* Cresson, todos parásitos de *M. rotundata*, perteneciente al orden Hymenoptera. Tampoco se ha encontrado en Chile al díptero *Anthrax irroratus* Say, parásito externo de *M. rotundata*.

Es de suma importancia en el caso que se adquieran nuevas partidas de megachiles, el analizar en forma cuidadosa la presencia de parásitos, previo a la compra del material, se debe disectar un número adecuado de celdas de nidificación, ésta es la única manera de evitar la entrada de parásitos como los mencionados anteriormente, que aún no se encuentran en Chile y que su introducción podría limitar el establecimiento exitoso de *M. rotundata* en nuestro país.

Destructores de nidos y predadores: En este grupo de enemigos naturales están los de mayor importancia, por el daño que producen y por la dificultad que presenta su control.

Los derméstidos son el principal problema que se observa en las zonas de EE. UU. donde se utiliza *M. rotundata*. Son coleópteros de la familia DERMESTIDAE. Se ha identificado por lo menos 10 especies de estos coleópteros atacando nidos de *M. rotundata* (Waters, 1966). Diversos investigadores coinciden en que la especie más dañina y de más amplia distribución es *Trogoderma glabrum* (Herbst) que está presente en California, Idaho, Oregón y Washington (Johansen & Eves, 1966; Thorp, 1966; Waters, 1966). Según Thorp (1966) este insecto ha sido detectado causando la destrucción de hasta 39,7% de los nidos de *M. rotundata* en el valle de Sacramento.

Trogoderma glabrum es además una plaga de productos y granos almacenados. El adulto es ovalado de color negro con 3 bandas transversales de pilosidad blanca en los élitros; los machos miden 2,7-2,9 mm y las hembras 3,4-3,6 mm. La larva de este coleóptero puede alcanzar hasta 7 mm de longitud, es de color café claro con bandas transversales café oscuro sobre el dorso, poseen el cuerpo cubierto con largos pelos. Las larvas destruyen y consumen los estados inmaduros de *M. rotundata*. Se desarrollan y se reproducen en el interior de las celdas de nidificación, pueden perforar nidos en forma lateral para alcanzar nuevas pajuelas de nidificación con celdas frescas y continuar multiplicándose utilizando como alimento larvas y pupas de *M. rotundata*, también se alimentan del polen contenido en la celda. Los derméstidos se activan y pueden desarrollarse con temperaturas sobre 8°C, lo que posibilita el daño en invierno durante el almacenaje de los nidos, lo que hace necesario almacenar los nidos a una temperatura de 4-5°C, con esto se consigue inactivar los derméstidos. Esta práctica evita que aumente el daño, pero no lo disminuye.

En nuestro país los derméstidos son los enemigos naturales que causan el mayor daño, al destruir un alto porcentaje de nidos de *M. rotundata*. En 1964-1965 estos coleópteros destruyeron casi la totalidad de los nidos de una partida proveniente de Oregón, posteriormente en 1970 las nuevas importaciones realizadas desde Oregón también venían infestadas con

estos insectos, lo que obligó a aplicar medidas de control.

Mediante disecciones de nidos, se ha podido establecer que el daño causado por derméstidos en Chile es elevado, por ejemplo, en Curacaví se determinó que el 7,14% de los nidos construidos en pajuelas usadas importadas ha sido destruido. En Chicauma, en el mismo tipo de pajueta, el daño se eleva al 13,89%, lo que destaca la importancia de estos enemigos naturales.

Los colópteros de la familia Tenebrionidae también son predadores y destructores de nidos que provocan daños considerables. Las principales especies que se mencionan atacando nidos de *M. rotundata* son del género *Tribolium*, que al igual que otros componentes de este grupo son insectos que dañan granos almacenados y productos de su elaboración, como harinas y almidones. Se menciona principalmente dos especies que destruyen nidos de *M. rotundata*, éstos han sido identificados como *Tribolium castaneum* (Herbst) y *Tribolium madens* Charpentier, ambas especies se encuentran ampliamente distribuida en EE. UU. en las zonas donde se utiliza megachiles para polinizar alfalfa. *T. castaneum* está presente en Idaho y Washington (Johansen & Eves, 1966, Waters, 1966). *T. madens* se ha encontrado en California, Nueva York y Washington (Minacci *et al.*, 1965; Johansen & Eves, 1966; Thorp, 1966). Según Spilman (1970) *Tribolium madens* no ocurre en Norteamérica, es una especie europea que fue erróneamente identificada en EE. UU., la especie que está presente en Norteamérica es diferente de la europea y ha sido designada en 1969 como *Tribolium audax Halstead*, por lo tanto las referencias anteriores a 1969 en relación a *T. madens* actualmente son aplicables a *T. audax* que corresponde a la nueva designación para esta especie.

Tribolium audax está presente en Chile. Fue identificado por el Dr. T. J. Spilman del u.s. National Museum de Washington. Esta especie fue introducida a nuestro país en 1970 junto con nidos de *M. rotundata* desde Oregón (EE. UU.). Según Good (1936) este coleóptero se encuentra preferentemente bajo la corteza

de árboles y en troncos en descomposición, ocasionalmente se le ha detectado en harinas y granos. Los adultos son negros miden 3,5-4,5 mm de longitud; la larva puede medir 6-7 mm, es cilíndrica de color café claro con bandas transversales café oscuro. Cuando atacan nidos de *M. rotundata* lo hacen en forma similar a los derméstidos, perforando las celdas de nidificación, destruyendo las larvas o las pupas de megachiles y alimentándose del polen de la celda; pueden perforar y destruir varias celdas de una misma pajueta de nidificación, como además perforar lateralmente pajuelas adyacentes. En California se ha determinado que causan daños de hasta el 5,7% (Thorp, 1966). En Chile *T. audax*, junto con otro tenebrionido, *Tribolium brevicornis* (Le Conte) están provocando daños de cierta consideración. Han sido detectados en Curacaví, causando un daño que alcanza al 3,11%. En la localidad de Chicauma se les ha observado destruyendo el 4,06% de los nidos de *M. rotundata*.

Tribolium brevicornis (Le Conte) fue identificado para nuestro país por T. J. Spilman. Este insecto fue introducido a Chile junto con *T. audax* en nidos de *M. rotundata*. Según Spilman (1971) esta especie está presente en California, Idaho, Oregón, Utah y Washington (EE. UU.), también se le ha encontrado en Canadá. Este tenebrionido es considerado además como una plaga de menor importancia en productos almacenados. El insecto adulto es de color café, mide 6-8 mm, las larvas son cilíndricas, café amarillentas con bandas transversales café, su biología y daños que provoca son similares a *T. audax*.

T. brevicornis se ha encontrado en Chile en Curacaví y Chicauma, junto con *T. audax* provocando el 3,11 y 4,06% de destrucción de nidos.

Tribolium castaneum también está presente en Chile, es una plaga de granos almacenados, productos farináceos y frutas secas. Se encuentra distribuido en la zona central y sur (Valdivia) (Durán, 1952). Hasta la fecha aún no se le ha detectado atacando nidos de *M. ro-*

tundata, pero sin duda constituye un enemigo potencial para este polinizador.

En Washington se ha identificado al tenebrionido *Tenebroides mauritanicus* (L.) destruyendo nidos de megachiles (Johansen & Eves, 1966), aparentemente el daño que produce no es serio, pero sin duda contribuye en aumentar la mortalidad total. Este insecto se encuentra en Chile en la zona central, constituye una plaga de granos almacenados y productos farináceos (Durán, 1952); sin embargo, aún no se le ha detectado atacando celdas de nidificación de *M. rotundata*.

El coleóptero de la familia Cucujidae, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) es otro enemigo natural de *M. rotundata*. Se le ha detectado destruyendo nidos en Washington (Johansen & Eves, 1966), al igual que la especie anterior, este insecto no causa daños serios, pero contribuye en la mortalidad total. *O. surinamensis* está en Chile, su distribución comprende desde Tarapacá hasta Osorno, es una plaga de frutas secas, granos almacenados y productos farináceos (Durán, 1952). Hasta la fecha no se le ha detectado en Chile atacando nidos de *M. rotundata* en ninguna de las localidades estudiadas. Sin embargo, junto con las dos especies anteriores constituyen enemigos naturales que potencialmente pueden afectar a *M. rotundata* en nuestro país.

Coleópteros de la familia Meloiidae son también destructores de nidos de *M. rotundata*. Se menciona a *Nemognatha lurida* Lec. en Idaho y Washington (Waters, 1966; Johansen & Eves, 1966). También se ha detectado la presencia de una especie de este mismo género, pero aún no identificada en California (Thorp, 1966); además Hobbs (1956) cita a *Nemognatha lutea* Lec. atacando nidos de *Megachile perihirta* en Canadá, donde este megachilido es un importante polinizador de alfalfa. Las formas adultas de *Nemognatha* son coleópteros de color café amarillento de 10-12 mm de longitud, poseen un aparato bucal modificado para alimentarse de néctar, que consiste en una proboscis tubular tan larga como el cuerpo. Estos insectos colocan sus huevos sobre flores que son visitadas por Megachiles, las larvas se adhieren al cuerpo de la abeja y son transportadas de esta ma-

nera a los nidos, donde destruyen el huevo de *Megachile* y se alimentan de la masa de polen y néctar de la celda de nidificación. Thorp (1966) indica que *Nemognatha* causa daños que alcanzan al 4,9% de los nidos en el valle de Sacramento en California.

En Chile se ha detectado pupas encapsuladas de *Nemognatha* en nidos de *M. rotundata* procedentes de Oregon. Se encontró cuatro de estas pupas al disectar 100 pajuelas con nidos provenientes de Chicauma. También en Curacaví, al disectar igual número de pajuelas, se encontró tres de estas pupas. Este material fue incubado en laboratorio, obteniéndose dos adultos. Aún no se han detectado adultos de este coleóptero en los domicilios de campo durante 1971, lo que indicaría que este insecto está presente, pero en número muy reducido, el que indudablemente puede incrementarse en el futuro.

Es importante destacar la presencia de un destructor de nidos de *M. rotundata* que aparentemente es nativo; se trata de un díptero de la familia Phoridae, cuya especie aún no ha sido identificada. Se le indica como un enemigo natural autóctono, ya que solamente se le ha encontrado en la localidad de Chicauma atacando nidos de megachiles. Los representantes de la familia Phoridae son dípteros de pequeño tamaño (2-3 mm), de color gris oscuro, son de hábitos variados, se les ha encontrado viviendo en nidos de abejas, avispas, hormigas y termites, como así también sobre material animal y vegetal en descomposición. Al disectar nidos provenientes de la localidad de Chicauma, se observó en algunas celdas la presencia de larvas de estos dípteros, las cuales en grupos de 6-8 habían destruido la larva de *M. rotundata* y se alimentaban del polen y néctar del nido, las larvas son fusiformes de 3-4 mm de largo. Aun cuando algunas especies de esta familia son parásitos de otros insectos, en este caso se les ha designado como destructores de nidos, ya que de acuerdo a su biología no parecen ser parásitos verdaderos, ya que destruyen y dan muerte a los huevos y larvas de *M. rotundata*, aparentemente sólo para evitar la competencia por el alimento que contiene la celda; las larvas se alimentan del polen y

néctar del nido y pupan en el interior de la celda. Las pupas están cubiertas con la última piel larvaria, de color café claro, presentando bandas transversales cubiertas de espinas.

El daño causado por Phoridos en la localidad de Chicauna alcanza al 3,17%. Hasta la fecha no se conocía el hecho de que estos dípteros atacaran los nidos de *M. rotundata*, lo que destaca la importancia de estudiar en detalle la biología de estos insectos con miras a su control. La familia Phoridae está representada en nuestro país por 14 géneros y 32 especies descritas (Stuardo, 1946).

Control de predadores y destructores de nidos. Los diferentes métodos de control de predadores y destructores de nidos comprenden prácticas de manejo adecuadas, refrigeración, cebos envenenados, trampas de luz y pulverizaciones contra derméstidos que son el problema principal, siendo útiles también para controlar tenebrionidos.

Refrigeración. Los derméstidos pueden activarse y causar daños a temperaturas sobre 10°C, también algunos tenebrionidos se activan a temperaturas bajas y pueden ser destructivos a temperaturas sobre 8°C. Al someter los nidos de *M. rotundata* a refrigeración a 3-4°C se produce la inactivación de los derméstidos y tenebrionidos, los que cesan de alimentarse, no aumentando el daño durante los 6-8 meses a que son sometidos a este proceso (Bacon, Cors *et al.*, 1965; Johansen & Eves, 1966, 1967; Waters, 1966).

En Chile esta práctica se ha realizado en pequeña escala utilizando refrigeradores de laboratorio. Es recomendable refrigerar todo el material existente una vez que éste es retirado del campo para evitar que el daño prospere durante el período de almacenamiento.

Renovación de nidos. Es una práctica de manejo ampliamente recomendada, ya que cuando las mismas pajuelas de nidificación son usadas varias temporadas se produce la acumulación de predadores y destructores de nidos que impide el normal incremento poblacional del polinizador. Para inducir a los megachiles

a nidificar en pajuelas nuevas se deben utilizar cámaras de emergencia en cuyo interior se colocan los nidos. Estas cámaras se usan al comienzo de la temporada, y permiten la salida de los adultos de *M. rotundata*, impidiéndoles introducirse y ocupar el mismo nido; esto favorece la nidificación en pajuelas nuevas en el domicilio. Una vez que ha emergido la totalidad de los adultos de la cámara, se procede a quemar los nidos usados la temporada anterior, junto con los residuos acumulados con lo que se consigue destruir gran número de predadores y destructores de nidos (Johansen & Eves, 1966). También se ha utilizado cámaras de emergencia en las que se adapta una trampa con un cebo alimenticio envenenado. Con este sistema sólo se controlan en forma selectiva insectos de menor tamaño que *M. rotundata* que emerjan de los nidos, luego al igual que en el método anterior se queman los nidos antiguos (Thorpe, 1966).

La importancia de renovar las pajuelas de nidificación queda demostrada al analizar el Cuadro N° 3, en el que se observa una gran diferencia en la mortalidad provocada por enemigos naturales al actuar en pajuelas de nidificación antiguas o usadas y nuevas. En Curacaví, sobre pajuelas usadas, los derméstidos destruyeron el 7,14% de los nidos, en cambio en pajuelas nuevas el daño sólo alcanzó al 2,18%. En la misma localidad los tenebrionidos (*Tribolium*) sobre pajuelas usadas destruyeron 3,11%; en pajuelas nuevas no se observó daño alguno. En la localidad de Chicauna los derméstidos provocaron el 13,89% de destrucción sobre pajuelas antiguas o usadas, el daño sobre pajuelas nuevas alcanzó el 1,87%. En esta misma localidad los tenebrionidos (*Tribolium*) causaron la pérdida del 4,06% sobre nidos usados, en cambio no se detectó daños en pajuelas nuevas. Estos ejemplos revelan una gran diferencia en el nivel de daño de estos enemigos naturales cuando actúan sobre pajuelas de nidificación nuevas y usadas. Es de especial importancia destacar que este método permitió la obtención de nidos totalmente libres de tenebrionidos y rebajar substancialmente el daño provocado por derméstidos.

Uso de aspiradores: El empleo de aspiradores convencionales de insectos es un método recomendable en el control de derméstidos adultos, ya que éstos tienen el hábito de deambular sobre los nidos durante el día, lo que hace posible su captura usando aspiradores. Este sistema es practicable cuando se dispone de un número pequeño o mediano de domicilios en el campo, de lo contrario necesita de un volumen considerable de mano de obra, lo que encarece el costo de operación con estos polinizadores. Es especialmente útil cuando se multiplica *M. rotundata* provenientes de nidos recientemente importados, de manera de controlar los derméstidos y otros coleópteros desde el comienzo de la estación y en lo posible erradicarlos. La eficiencia del empleo de aspiradores depende exclusivamente de la habilidad y cuidado con que trabaje el operador.

En Curacaví se utilizó aspiradores durante la temporada 1971. Se comenzó con dos revisiones diarias durante casi un mes y luego revisiones periódicas cada 2-3 días por el resto de la temporada. La eficiencia de éste método puede medirse comparando la infestación de derméstidos (Cuadro Nº 3) sobre pajuelas antiguas en Curacaví (7,14%) con el daño observando en Chicauma (13,89%) sobre el mismo tipo de nidos, localidad ésta última en que no se empleó aspiradores.

Uso de cebos tóxicos. Diversos tipos de cebos tóxicos han sido ideados para el control de derméstidos y tenebrionidos. Lo importante es utilizar un cebo alimenticio mezclado con un insecticida que sea lo suficientemente atractivo para los enemigos naturales y a la vez colocarlo fuera del alcance de los megachiles para no provocar su contaminación. El cebo alimenticio más promisorio para estos fines es el polen; los insecticidas más utilizados han sido el DDT, KEPONE y MIREK (Bacon *et al.*, 1965; Johansen & Eves, 1966, 1967).

En Washington se ha utilizado una trampa consistente en trozos de cartón corrugado sobre el cual se extiende una capa del cebo tóxico y luego se cubre con un trozo de papel (Johansen & Eves, 1967). Esta trampa es efectiva contra adultos y larvas de derméstidos

y *Tribolium*, impidiendo el acceso de *M. rotundata*, debido a que el diámetro de las co-rrugaciones son inferiores a 3 mm.

Durante 1971 se inició en Chile en forma preliminar el uso de cebos tóxicos. Se diseñó una trampa consistente en un vaso plástico en cuyo interior se depositaba el cebo tóxico, cubriéndose con una tapa de cartón con una perforación circular y encima una malla metálica de 3 mm de abertura. La tapa de cartón impide la exposición directa de los rayos solares que deshidratan el cebo y lo hacen perder atractivo, la malla metálica evita el acceso de adultos de *M. rotundata*. Los cebos alimenticios principalmente usados fueron polen, harinas de pescado y de maíz, para formar la pasta se agregó aceite de oliva, el producto tóxico utilizado fue DDT 75% a una concentración del 1% del cebo. Las trampas se colocaron en los domicilios sobre los marcos de nidificación. En este primer año, no fue posible determinar con exactitud la eficacia de estos cebos tóxicos, debido a que los derméstidos se introducen en las trampas, se alimentan y luego salen, ya que el DDT es de acción lenta y el mayor porcentaje de mortalidad ocurre fuera de la trampa lo que no es posible de valorar. Sin embargo, en términos de atraktividad se destacó el cebo consistente en harina de pescado humedecida con aceite de oliva y DDT, mezcla que se conservó en buenas condiciones por más tiempo, ya que los otros cebos se endurecen por el desecamiento en un período más breve.

MORTALIDAD CAUSADA POR FACTORES DE CLIMA

Existen antecedentes que indican que temperaturas elevadas (40-42°C) causan la muerte de los primeros instares larvarios de *M. rotundata* (Stephen, 1962). Bacon y sus colaboradores (1965) expresan que el calor excesivo en el interior de las celdas (38-42°C) puede ser letal a los huevos y larvas en desarrollo. Estas temperaturas en los nidos motivadas por la exposición prolongada a los rayos solares de los materiales de nidificación, lo que sumado a una ventilación insuficiente serían los factores principales de mortalidad

de estados inmaduros en California. Estos mismos investigadores además indican que al analizar la mortalidad en varios materiales de nidificación en domicilios con diferentes orientaciones, encontraron que los niveles más bajos de mortalidad correspondieron a nidos en domicilios sin exposición solar directa. Los niveles más altos de mortalidad correspondieron a nidos provenientes de domicilios parcial o totalmente expuestos a los rayos del sol.

Las temperaturas bajas también pueden causar mortalidad en estados inmaduros como sucede con muchos insectos. En el caso de *M. rotundata* aún no se han realizado estudios que comprueben el efecto de bajas temperaturas en la mortalidad de esta especie, pero indudablemente las temperaturas bajas pueden influir en cierto grado, aun no determinado como un factor de mortalidad.

En Curacaví en la temporada 1971 no fue posible obtener registros de temperatura durante todo el período en que los megachiles fueron mantenidos en el campo, solamente se dispuso del instrumental adecuado a partir de la segunda quincena de marzo, en circunstancias de que los insectos fueron colocados en el campo a partir del 11 de enero de 1971, por lo que se carece de la información de los meses de enero y febrero, que usualmente comprende el período en que se registran las más altas temperaturas de verano en la zona central. Además conviene destacar que los domicilios de campo fueron orientados hacia el este para forzar a los insectos a iniciar su período activo de vuelo temprano en las mañanas, ya que estos insectos necesitan una temperatura mínima de alrededor de 20°C para activarse.

La información registrada a partir del 15 de marzo de 1971 nos revela que durante ese mes hubo temperaturas elevadas en el interior de los domicilios con cubierta de fibra de vidrio, alcanzando 40°C el 22 de marzo y 41°C el 25 de marzo. También se observó en ese mismo período exposiciones prolongadas de 6-7 horas sobre 32,5°C durante el cual se registró la máxima señalada.

También en el período observado se registró temperaturas bajo cero que posible-

mente afecten estados inmaduros. Es así como el 18 de abril la temperatura mínima en el interior del domicilio alcanzó -3°C, al material de nidificación estuvo ese día expuesto a temperaturas de cero y -3°C durante cinco horas.

Otro aspecto importante que debe considerarse es la gran fluctuación de la temperatura durante el día, lo que crea un ambiente desfavorable al normal desarrollo del insecto. Durante el período observado fue posible constatar grandes variaciones, registrándose por ejemplo, una diferencia entre la máxima y la mínima de 38°C (41° y 3°C, 25 de marzo de 1971). Estos antecedentes pueden explicar en parte el elevado porcentaje de mortalidad en estados inmaduros que se observó en las localidades estudiadas y en especial en las zonas de Curacaví y Chicauma, donde se determinó niveles de mortalidad de 32,42% y 47,25% (Cuadro N° 3), dicha mortalidad no tiene otra posible explicación que la de ser provocada por factores abióticos, entre ellos las temperaturas extremas.

MORTALIDAD PROVOCADA POR SUBSTANCIAS TOXICAS PRESENTES EN EL FOLLAJE DE ALFALFA

Recientemente se ha desarrollado la hipótesis de que ciertos compuestos presentes en las hojas de alfalfa pueden causar mortalidad a estados inmaduros de *M. rotundata*, lo que vendría a explicar en parte lo que hasta ahora se ha denominado mortalidad sin causa aparente, la cual se ha venido observando regularmente en California, encontrándose elevados porcentajes de mortalidad de estados inmaduros en nidos ubicados en domicilios protegidos de la exposición directa de los rayos solares y con adecuada ventilación. Estos domicilios estaban ubicados en campos de alfalfa, planta que constituía prácticamente la única fuente de aprovisionamiento de polen para los megachiles y de néctar y follaje para la construcción de sus nidos. Además estos campos no recibieron tratamiento con insecticidas durante el período en que los insectos permanecieron en el campo (Thorp, 1971). Se ha pensado que para que estos com-

puestos puedan causar mortalidad, deben ser solubles en agua y ser transferidos desde las hojas al néctar en las celdas de nidificación. El primer compuesto que ha sido estudiado con estos fines son las saponinas, las que están presentes en las hojas de alfalfa. Las saponinas son glicósidos no tóxicos al hombre por vía oral, pero actúan como hemolíticos de alto poder cuando son inyectados al torrente sanguíneo, disolviendo los glóbulos rojos aun a bajas concentraciones. Thorp (1971) efectuó una experiencia de laboratorio en la que demostró que al agregar saponinas en solución acuosa a la masa de néctar y polen, se produce una mortalidad cercana al 50% de las larvas de megachiles. Aún falta determinar si el contenido de saponinas que naturalmente está presente en el follaje de la alfalfa es el causante de esta mortalidad que hasta la fecha se consideraba sin explicación.

ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD NATURAL DE *M. ROTUNDATA* EN CHILE

Es importante establecer el papel individual y colectivo de los diversos factores que influyen en la mortalidad natural de este polinizador en nuestro país. Esto permite conocer y valorar cuáles son los componentes que inciden en mayor grado y a la vez nos indica hacia cuáles deben aplicarse medidas preventivas de manejo y control para aminorar su efecto. Con esta finalidad se analizó muestras de nidos de diferentes localidades.

Material y métodos. Se disectó periódicamente celdas de nidificación individuales extraídas de maderos perforados y de pajueltas de papel encerado, cuyo contenido se examinó bajo un microscopio estereoscópico. Cuando se analizó celdas individuales provenientes de nidos contruidos en maderos perforados, se los extrajo presionándolas con un émbolo metálico de diámetro ligeramente inferior al orificio del madero, una vez extraídas todas las celdas, se procedió a coleccionar una muestra al azar de un volumen determinado, en seguida se disectaban en forma individual. Para analizar celdas provenientes de pajueltas de

nidificación primeramente se extraían las pajueltas enteras con un alicate de punta fina, coleccionando de esta manera 150-200 pajueltas completas elegidas al azar de por lo menos cinco domicilios, luego se disectaban 100 pajueltas, también elegidas al azar.

La disección de las celdas se realizó mediante un bisturí, cortando en forma longitudinal y superficial para no dañar el contenido. La mortalidad causada por enemigos naturales es de fácil diagnóstico. En el caso de parásitos externos, éstos son visibles sobre la larva de *M. rotundata*. En el de parásitos internos, éstos son detectados al disectar la larva o pupa del insecto con síntomas de parasitismo. Los síntomas de mortalidad por predadores y destructores de nidos son los más fáciles de evidenciar, ya que generalmente sus formas inmaduras o adultas se encuentran en el interior del nido, también se encuentran las mudas de piel de sus larvas y excrementos que son característicos.

La mortalidad atribuida a factores abióticos, tales como temperaturas extremas, se comprueban al no haber síntomas de destrucción del contenido de la celda y al encontrar los estados inmaduros del megachile relativamente intactos.

En los casos de mortalidad atribuida a factores abióticos, se anotó el estado de desarrollo en que se produjo la muerte. En el estado de huevo hasta el 3º instar larval no es posible diferenciarlos con exactitud, así es que se les agrupó en conjunto. Las larvas del 4º instar y las prepupas morfológicamente son iguales y se les clasificó juntas. Las pupas y los adultos son fácilmente diferenciables y se les anotó separadamente.

PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las determinaciones de mortalidad natural de *M. rotundata* que se presentan a continuación, corresponden a dos temporadas de estudio, la primera de ellas efectuada en 1970 y la segunda en 1971. En la temporada 1970 se trabajó con poblaciones pequeñas de *M. rotundata* ubicadas en dos localidades: Curacaví y La Platina. En 1971 se amplió el programa

y fue posible disponer de un número elevado de estos insectos, analizándose tres localidades: Curacaví, Chicauma (Polpaico) y La Platina.

Temporada 1970. En el Cuadro N° 1 se presenta la mortalidad observada en tres muestras de celdas de nidificación de dos procedencias (California y Oregón). La primera muestra (California) se multiplicó en La Platina; la segunda muestra (Oregón) se mantuvo en Curacaví. La tercera muestra (Oregón 2) corresponde a celdas con larvas en diapausa de *M. rotundata* del mismo origen que la segunda muestra, pero a las cuales no se les incubó para obtener adultos, sino que se les mantuvo en refrigeración (4°C) por 12 meses. Se utilizó esta muestra como testigo de comparación y para medir el efecto del almacenamiento prolongado a baja temperatura en la sobrevivencia de las larvas. Las disecciones de las celdas se realizaron durante julio de 1970; en esta fecha, teóricamente las celdas contienen sólo larvas invernantes en estado de diapausa.

En el Cuadro N° 1 se observa una alta mortalidad total en las muestras procedentes de California y Oregón 1 (70,63% y 56,83%). En esta mortalidad total la participación de enemigos naturales es baja, 8,68% y 1,43%, lo que teóricamente deja a los factores abióticos como principales causantes de la morta-

lidad detectada. Sin embargo, en este caso la mortalidad de larvas y pupas en estas dos muestras es debida, en gran parte, al método de extracción de las celdas de los maderos de nidificación y no a factores abióticos propiamente tales. Se comprobó que el método manual de extracción de celdas mediante el uso de un émbolo metálico con el cual se presionaba las celdas, provocaba una elevada mortalidad de larvas debido al exceso de presión, especialmente en las celdas ubicadas en el extremo desde donde se aplicaba el émbolo. Esta explicación es aún más factible al comparar la mortalidad debida a factores abióticos de la tercera muestra (Oregón 2) en la que la extracción de las celdas se efectuó en Oregón mediante una máquina especialmente diseñada para este propósito, la cual ejerce una presión uniforme que no daña las celdas al extraerlas.

Los enemigos naturales presentes en las tres muestras corresponden sólo a parásitos, los cuales en el material californiano provocaron la muerte de 8,88% de estados inmaduros de *M. rotundata*, este parasitismo es de importancia especialmente si se considera como material de fundación para multiplicaciones posteriores. Los enemigos naturales presentes en esta muestra fueron *Tetrastichus megachilidis*, parásito interno y *Monodonto-*

Cuadro 1

MORTALIDAD NATURAL DE *M. ROTUNDATA*. TEMPORADA 1970

procedencia y porcentajes	N° celdas observadas	FACTORES ABIOTICOS				ENEMIGOS NATURALES				Morta- lidad Total
		Larvas		Pupas	Adultos	Mortalidad Factores	Parasitados		Mortalidad	
		Vivas	Muertas	Muertas	Muertos	Abióticos	Larvas	Pupas	Parásitos	
California (La Platina)	214	63	104	14	14	132	10	9	19	151
%	100,00	29,44	48,55	6,55	6,55	61,65	4,67	4,21	8,88	70,63
Oregón 1 (Curacaví)	139	60	38	22	17	77	2	0	2	79
%	100,00	43,16	27,35	15,82	12,23	55,40	1,43	0,00	1,43	56,83
Oregón 2 (En refrige- ración)	120	93	26	0	0	26	1	0	1	27
%	100,00	77,50	21,66	0,00	0,00	21,66	0,83	0,00	0,83	22,49

merus obscurus, parásito externo de *Megachile rotundata*, éste último en escaso número.

En las muestras Oregón 1 y Oregón 2 el parasitismo fue bajo (1,43 y 0,83%), el agente causal fue solamente *Monodontomerus obscurus*.

Temporada 1971. Durante 1971 el programa se amplió considerablemente, se importó desde Oregón 465.000 pajueltas con nidos de *M. rotundata*, que llegaron al país en dos partidas. La primera el 15 de diciembre de 1970 y la segunda de 375.000 nidos el 17 de diciembre de 1970. Todo el material se incubó a 27°C el 18 de diciembre y se instaló en el campo entre el 7 y el 11 de enero de 1971. Un total de 438.000 nidos, distribuidos en 12 domicilios se establecieron en Curacaví (Fundo Los Rulos), 18.000 nidos se ubicaron en dos domicilios en el Asentamiento Chicauma en Polpaico y un domicilio con 9.000 nidos se instaló en el Asentamiento Chillepin en el valle del Choapa.

Los domicilios de Chicauma y Chillepin fueron provistos con nidos de la primera partida. Desafortunadamente, por razones que aún se ignoran, los 90.000 nidos de esa pri-

mera partida al llegar al país contenían un elevado porcentaje de larvas muertas, lo que fue detectado en el campo al notarse escasa emergencia de adultos luego de la incubación. Posteriormente en laboratorio, mediante disección de los nidos, se comprobó que la mortalidad alcanzaba al 90%. Una de las explicaciones de esta elevada mortalidad es que los nidos habían sido mantenidos en refrigeración por 15 meses previo al embarque a Chile; es probable que durante ese período ocurriera un desperfecto en el sistema de refrigeración, produciéndose temperaturas bajo 0°C que provocó la muerte de muchas larvas. Otra explicación posible, pero menos factible, es que durante el transporte de los nidos desde Oregón a Chile éstos fueron expuestos al sol por un período prolongado, lo que podría causar mortalidad de las larvas. Esta elevada mortalidad larval de la primera partida impidió disponer de poblaciones numéricamente adecuadas en Chicauma y Chillepin, especialmente en esta última localidad, donde sólo se llevó 9.000 de estos nidos, de los que no emergieron adultos en número suficiente para obtener información representa-

Cuadro 2

MORTALIDAD NATURAL DE *M. ROTUNDATA*. TEMPORADA 1971

	Curacaví 16 abril Pajueltas antiguas	Curacaví 16 abril Pajueltas nuevas	Chicauma 4 junio Pajueltas antiguas	Chicauma 6 mayo Pajueltas nuevas	La Platina 15 abril Pajueltas nuevas
Total celdas observadas	546	275	468	536	509
Total vivos	310	185	157	425	460
% vivos	56,78	67,27	33,55	79,29	90,37
Total muertos	236	90	311	111	49
% muertos	43,22	32,72	66,45	20,71	9,63
Pupas y adultos vivos ¹	0	19	0	20	9
% pupas y adultos vivos	0,00	6,91	0,00	3,73	1,77
Mortalidad total corregida ²	236	109	311	131	58
% mortalidad total corregida	43,22	39,63	66,45	24,44	11,40
% de nidos no emergidos	26,00	30,00	56,00	5,00	3,00
Total sobrevivientes corregido ³	310	166	157	405	451
% sobrevivientes corregido	56,78	60,36	33,55	75,56	88,60

¹Corresponde a pupas y adultos vivos que no sobrevivirán para la próxima temporada, con fines prácticos se suman a la mortalidad total.

²Corresponde al total de individuos muertos, más las pupas y adultos que al momento del recuento estaban vivos, pero que no sobrevivirán el invierno.

³Corresponde al total de las larvas (prepupas) que sobrevivirán el invierno.

tiva. En Chicauma emergieron adultos en número que aunque reducido, fue suficiente para obtener información de cierta validez.

De la segunda partida, consistente en 375 mil nidos, se obtuvo una emergencia de adultos cercana al 70%, que se puede considerar satisfactoria, lo que permitió disponer de una población de adultos óptima para la obtención de información representativa.

El material de la temporada anterior (1970), proveniente de California y Oregón, que fuera multiplicado en La Platina y Curacaví, permaneció bajo refrigeración desde abril hasta el 9 de noviembre de 1970, fecha en que fue incubado a 28°C y posteriormente trasladado al campo el 3 de diciembre. Todos estos nidos fueron instalados en un solo domicilio (aproximadamente 5.000 nidos) en La Platina. Futuras referencias de este material aparecen en el texto bajo la designación de "Material o nidos La Platina".

En la temporada 1971 los megachiles anidaron en pajuelas de papel encerado, salvo en La Platina, donde fueron provistos con pajuelas y maderos perforados. En el análisis de mortalidad sólo se consideran pajuelas de papel como material de nidificación, de manera de uniformar las muestras y evitar la mortalidad provocada por el método de extracción manual de las celdas de maderos perforados. Básicamente se pretende comparar la mortalidad en nidos provenientes de tres localidades, en las cuales se intentó eliminar los enemigos naturales mediante prácticas de manejo y control. El material multiplicado en Curacaví y Chicauma previamente fue incubado a 27-28°C en Curacaví, en la cámara de incubación se instaló una trampa consistente en una lámpara ubicada sobre un recipiente con agua y detergente, la luz atrae a los enemigos naturales, los que caen en el recipiente sumergiéndose rápidamente por el efecto del detergente. De esta manera se capturó principalmente parásitos (*Monodontomerus*) y algunos derméstidos. En seguida los nidos se llevaron al campo y se los sometió a los siguientes métodos de control: en Curacaví contra Derméstidos y Tenebrionidos, se empleó cebos envenenados y aspiradores; en Chicauma se usó sólo cebos envenenados. El

material multiplicado en La Platina se incubó a 28°C en Antumapu, durante la incubación se utilizó la trampa de luz y aspiradores, una vez en el campo sólo se usó aspiradores para controlar parásitos, ya que el material estaba libre de derméstidos.

En las tres localidades se proporcionó pajuelas nuevas para nidificación. Otro de los objetivos fue comparar la mortalidad de larvas en celdas construidas en pajuelas antiguas o previamente usadas en la temporada anterior, con la mortalidad de larvas en celdas construidas en pajuelas nuevas, el uso continuado de los mismos recursos de nidificación favorece la acumulación de predadores y destructores de nidos. Esta comparación se hizo solamente en dos localidades: Curacaví y Chicauma; en La Platina se dispuso solamente de pajuelas nuevas. Las muestras de nidos a analizar se obtuvieron una vez terminado el período activo de *M. rotundata* al final de la temporada (abril) y se refrigeraron hasta el momento de disectarlas (16 abril-4 junio 1971).

La mortalidad total observada presenta diferencias apreciables de acuerdo a la procedencia de la muestra, como así también se detectó diferencias considerables con respecto al tipo de pajuela de nidificación utilizado (Cuadro N° 2).

La mortalidad corregida de mayor importancia se observó en Chicauma (66,45%), disminuyendo en Curacaví (43,22%) y aun inferior en La Platina, donde se obtuvo sólo un 11,40% de mortalidad total.

Al considerar la mortalidad en pajuelas usadas, se debe tener en cuenta que este material fue utilizado por las hembras de *M. rotundata* para anidar en repetidas ocasiones durante dos temporadas, lo que puede representar por lo menos un total de tres generaciones usando el mismo recurso; por lo tanto, la mortalidad total observada es la acumulación de insectos muertos durante cada temporada, lo que eleva considerablemente la cifra final total. En Chicauma esta situación se muestra más clara, ya que los nidos antiguos contenían una mortalidad anormalmente alta, por haberse aprovisionado los domicilios de esta localidad con nidos de la pri-

mera partida, lo que se comprueba al observar la mortalidad total en pajuelas nuevas (24,44%) de la misma localidad, que corresponde a nidos construidos en la temporada y refleja claramente la sobrevivencia de *M. rotundata* en dicha zona. En Curacaví también se detectó una alta mortalidad total en pajuelas antiguas (43,33%), como así también en pajuelas nuevas (39,63%), lo que es de gran importancia, ya que más del 90% de los megachiles introducidos al país se multiplicaron en esta localidad. En La Platina se obtuvo la mortalidad total más baja de las tres localidades en estudio (11,04%).

Si se compara la mortalidad total en nidos de pajuelas nuevas de las tres localidades, se observa que ésta fue apreciablemente superior en Curacaví (39,63%). Si comparamos ambos extremos (39,63 y 11,04%), en Curacaví la mortalidad total observada en este tipo de nidos fue más de tres veces superior a la de La Platina. Esto refleja en primer lugar la diferencia de calidad del material de ambas localidades, como así también permite visualizar la mejor aclimatación de este insecto en La Platina donde existen mejores condiciones para la sobrevivencia de esta especie. En Chicauma la mortalidad detectada en nidos de pajuelas nuevas es moderada (24,44%), lo que permite pronosticar una aclimatación aceptable de *M. rotundata* en dicha zona.

Es de suma importancia establecer las causas de la mortalidad observada en las localidades en estudio, esto permite conocer cuáles son los factores de mortalidad presentes, ponderar su importancia y nos indica en qué dirección deben tomarse medidas para disminuir su incidencia. A continuación se presenta en el Cuadro N° 3 la composición de la mortalidad detectada en tres localidades. En las 10 primeras columnas horizontales de este cuadro se detallan en número, porcentaje y estado del desarrollo de *M. rotundata* en que ocurrió la muerte debido a factores abióticos. El resto de las columnas horizontales de este Cuadro N° 3 detalla la composición de la mortalidad provocada por enemigos naturales, la suma de ambos factores de mortalidad corresponde a la mortalidad total, información

que se proporcionó en el Cuadro N° 2. Las columnas verticales del Cuadro N° 3 muestran resultados de las tres localidades, en las que además se compara la mortalidad detectada en celdas construidas en pajuelas de nidificación nuevas y usadas, excepto en La Platina donde sólo se dispuso de pajuelas nuevas.

Si consideramos primeramente la mortalidad debida a factores abióticos (temperaturas y otros) ésta alcanza su más alto nivel en Chicauma sobre pajuelas antiguas (47,22%), luego en Curacaví en el mismo tipo de pajuela se terminó el segundo porcentaje de mortalidad de importancia (32,42%) no existiendo gran diferencia con la mortalidad en pajuelas nuevas de esa misma localidad (30,55%), luego disminuye apreciablemente en el material de pajuelas nuevas de Chicauma (15,67%) y La Platina (9,63%).

Si analizamos los materiales de nidificación de cada localidad, la diferencia más apreciable se observa en Chicauma, donde la mortalidad, debido a factores abióticos en pajuelas antiguas, triplicó a la de pajuelas nuevas. En Curacaví la diferencia es mínima (32,42 y 30,55%). Si comparamos las tres localidades en base a mortalidad en pajuelas nuevas, la mejor sobrevivencia se determinó en La Platina, donde la mortalidad sólo alcanzó al 9,63%, aumentándose al 15,67% en Chicauma e incrementándose notablemente en Curacaví (30,55%), donde la mortalidad debida a factores abióticos fue dos y tres veces mayor que en Chicauma y La Platina, respectivamente. Las observaciones en pajuelas nuevas reflejan claramente la mortalidad que realmente ocurrió durante la temporada en las localidades en estudio; en cambio, en las pajuelas antiguas la mortalidad detectada corresponde a la acumulación de la mortalidad parcial de por lo menos dos temporadas, en que los mismos nidos fueron utilizados para anidar en repetidas ocasiones. Bajo el punto de vista práctico, esto no es recomendable, ya que por este concepto disminuye año a año el espacio disponible para la nidificación de las hembras.

Si se analizan los estados del desarrollo en que se produjo la muerte en las celdas en

Cuadro 3

COMPOSICION DE LA MORTALIDAD NATURAL DE *M. ROTUNDATA*.
TEMPORADA 1971

	<i>Curacaví 16 abril Pajuelas antiguas</i>	<i>Curacaví 16 abril Pajuelas nuevas</i>	<i>Chicauma 4 junio Pajuelas antiguas</i>	<i>Chicauma 6 mayo Pajuelas nuevas</i>	<i>La Platina 16 abril Pajuelas nuevas</i>
Muerto en el estado de huevo, hasta 3º instar	148	71	156	77	37
%	27,11	25,82	33,33	14,37	7,27
Muertos en el 4º instar y prepupa	19	5	31	5	3
%	3,48	1,82	6,62	0,93	0,59
Muertos en estado pupal	3	1	22	1	0
%	0,55	0,36	4,70	0,19	0,00
Muertos en estado adulto	7	7	12	1	9
%	1,28	2,55	2,56	0,19	1,77
Total de muertos por factores abióticos	177	84	221	84	49
%	32,42	30,55	47,22	15,67	9,63
Muertos por derméstidos	39	6	65	10	0
%	7,14	2,18	13,89	1,87	0,00
Muertos por tribolium	17	0	19	0	0
%	3,11	0,00	4,06	0,00	0,00
Muertos por nemognatha	3	0	4	0	0
%	0,55	0,00	0,85	0,00	0,00
Muertos por phoridos	0	0	2	17	0
%	0,00	0,00	0,43	3,17	0,00
Total mortalidad por enemigos naturales	59	6	90	27	0
%	10,81	2,18	19,23	5,04	0,00

cada localidad, se observa que el mayor porcentaje de esta mortalidad, debida a factores abióticos, ocurrió al estado de huevo o en los primeros tres instares larvarios, que son los estados del desarrollo más susceptibles a la influencia de factores climáticos, especialmente temperaturas elevadas (sobre 40°C). La mortalidad en el 4º instar y prepupa ocupó el segundo lugar en importancia en Curacaví (pajuelas antiguas) y Chicauma (pajuelas antiguas y nuevas); en cambio en La Platina y en pajuelas nuevas de Curacaví los adultos fueron el estado de desarrollo que ocupó el segundo lugar de importancia en la mortalidad causada por factores abióticos. El estado pupal fue el que, en general, presentó la menor incidencia en la mortalidad observada en las tres localidades.

Si valoramos la mortalidad debida a factores abióticos, considerando solamente las

celdas construidas en nidos nuevos, éste refleja en forma más exacta lo ocurrido en el campo en la temporada. La mortalidad observada en Curacaví (30,55%) representa un nivel elevado e importante que está limitando la multiplicación adecuada de esta especie en esta zona. Los valores para Chicauma y La Platina (15,67 y 9,63%) son de mediana importancia e indican localidades más favorables para la multiplicación de este insecto.

Si analizamos las pérdidas provocadas por enemigos naturales (Cuadro N° 3), se observa que el mayor daño se produjo en Chicauma y Curacaví sobre pajuelas usadas (19,23 y 10,81%), disminuyendo considerablemente en pajuelas nuevas de Chicauma y Curacaví (5,04 y 2,18%). Finalmente, en La Platina no se detectó daño alguno. Al final de la temporada 1971 no se detectó parásitos en las tres localidades; la razón de la ausencia de

estos enemigos naturales fue su eficiente control durante la incubación de los nidos previo a su traslado al campo, mediante trampas de luz y aspiradores se controló prácticamente todos los *Monodontomerus* del material importado de Oregón en diciembre de 1970 y que fuera posteriormente ubicado en Curacaví y Chicauma. El material que en la temporada anterior había presentado un parasitismo considerable (Cuadro 1) se incubó en forma separada previo a su traslado al campo. Durante la incubación se utilizó aspiradores y trampas de luz, luego en el campo se continuó empleando aspiradores. Como resultado de la aplicación continuada de estos métodos, al final de la temporada el material La Platina estaba completamente libre de los parásitos presentes en la temporada anterior (*Monodontomerus* y *Tetrastichus*).

El daño detectado en Curacaví y Chicauma en su totalidad fue provocado por predadores y destructores de nidos, no observándose parásitos. La mortalidad observada en Chicauma (19,23%) es de extrema gravedad, no solamente por su magnitud sino también porque constituye una gran fuente de contaminación para el resto del material. La mortalidad observada en Curacaví sobre pajuelas antiguas (10,81%) también es seria, ya que el mayor porcentaje de las celdas fue construido en este tipo de nidos, representando más del 90% de los megachiles disponibles por el programa.

Al considerar la composición de la mortalidad en el Cuadro 3, los principales causantes de ella fueron los derméstidos, especialmente en pajuelas antiguas de Chicauma y Curacaví, donde destruyeron el 13,89% y el 7,14% de las celdas, respectivamente. En segundo término de importancia, se destaca el daño provocado por la acción conjunta de los tenebrionidos *Tribolium audax* y *Tribolium brevicornis*, los que destruyeron el 4,06 y 3,11% de las celdas construidas en pajuelas antiguas de Chicauma y Curacaví. En tercer término de importancia, de acuerdo al daño se ubica a los phoridos, los que en Chicauma destruyeron el 3,17% de los nidos construidos en pajuelas nuevas y el 0,43% en pajuelas antiguas, éste es el único caso en que un ene-

migo natural provocó un daño mayor en pajuelas nuevas respecto a las antiguas. Finalmente, meloideos (*Nemognatha* sp.) fueron los que destruyeron el menor número de nidos, estando presente sólo en pajuelas antiguas de Chicauma y Curacaví (0,85 y 0,55%). Esta mortalidad se refiere al número y porcentaje de celdas de nidificación dañadas, de muestras consistentes en 100 pajuelas completas. En el Cuadro 4 se presenta la infestación de acuerdo al porcentaje de pajuelas de nidificación contaminadas con enemigos naturales, esto refleja el daño potencial de los enemigos naturales, ya que si consideramos que cada pajuela de nidificación contiene entre 4 y 8 celdas; al estar sólo una de estas celdas infestadas con derméstidos o tenebrionidos, éstos potencialmente pueden destruir la totalidad de las celdas de la pajuela de nidificación.

En Chicauma y sobre pajuelas de nidificación antiguas se observó el mayor porcentaje de contaminación con enemigos naturales (40%). En Curacaví, en el mismo tipo de pajuelas también se detectó una elevada infestación (27%), disminuyendo a una infestación moderada en pajuelas nuevas de Chicauma (17%); finalmente, se obtuvo una contaminación baja en pajuelas nuevas de Curacaví (5%). En La Platina, el material estaba totalmente libre de enemigos naturales.

Un ejemplo del daño potencial de los enemigos naturales se demuestra claramente al observar que la mortalidad total provocada por enemigos naturales en celdas de pajuelas antiguas en Chicauma (19,23%, Cuadro 3) está distribuida en el 40% de las pajuelas de nidificación de este tipo (Cuadro 4), o sea, que en este caso el daño potencial es dos veces superior al daño real. Otro ejemplo lo ilustra la mortalidad total debida a enemigos naturales en celdas construidas en pajuelas nuevas de Chicauma (Cuadro 3), donde el 5,04% de las celdas dañadas está distribuido en el 17% de las pajuelas de nidificación; en este caso el daño potencial es más de tres veces superior al daño real. En el Cuadro 4 también se aprecia que las infestaciones de mayor importancia se deben a derméstidos y *Tribolium* sobre pajuelas antiguas de Chicauma.

Cuadro 4

PORCENTAJES DE INFESTACION DE PAJUELAS DE NIDIFICACION
CON ENEMIGOS NATURALES

	Curacaví 16 abril Pajuelas antiguas	Curacaví 16 abril Pajuelas nuevas	Chicauma 4 junio Pajuelas antiguas	Chicauma 6 mayo Pajuelas nuevas	La Platina 15 abril Pajuelas nuevas
% Pajuelas con derméstidos y tribolium	24	5	35	6	0
% Pajuelas con nemognatha	3	0	4	0	0
% Pajuelas con phoridos	0	0	1	11	0
% Pajuelas con enemigos naturales	27	5	40	17	0

ma y Curacaví (35 y 24%), en pajuelas nuevas de Chicauma la infestación en phoridos (11%) fue más alta que la de derméstidos y *Tribolium* (6%).

Control de enemigos naturales. En 1971 se intentó eliminar los enemigos naturales empleando diversos métodos de control, especialmente dirigidos contra parásitos, predadores y destructores de nidos.

Control de parásitos. Durante 1970 se detectó la presencia de *Monodontomerus obscurus*, parásito externo y *Tetrastichus megachilidis*, parásito interno de *M. rotundata* (Cuadro 1). En 1971 durante la incubación de los nidos, se colocó trampas de luz con el objeto de atraer los parásitos adultos, a medida que éstos fueran emergiendo de las celdas, ambas especies cuando se les incubaba a 27-28°C, emergen 5-6 días antes que *M. rotundata*, período en el cual fueron colectados por las trampas y por aspiradores. En el Cuadro 1 se observa que al final de la temporada 1970, la mortalidad debida a parásitos alcanzó al 8,88%. Sin embargo, en 1971, luego de utilizar aspiradores y trampas, el control de parásitos fue total, de especial importancia en el material La Platina que fue el más afectado en la temporada anterior.

Control de predadores y destructores de nidos. La renovación del material de nidificación es una práctica de manejo de *M. rotundata* destinada principalmente a evitar la acumulación de predadores y destructores de nidos. Es con-

veniente que las hembras aniden en pajuelas nuevas desde el comienzo de la temporada, para lo cual se les coloca en el campo en cámaras de emergencia con excludores que les impide, una vez emergidas, volver a anidar en las mismas pajuelas de la temporada anterior. Durante 1971 se utilizó cámaras de emergencia solamente en La Platina; en el resto de las localidades no se dispuso de un número suficiente de pajuelas nuevas y los megachiles anidaron preferentemente en pajuelas antiguas de la temporada anterior. En el Cuadro 3 se observa claramente la gran diferencia en la mortalidad debida a predadores y destructores de nidos al comparar en las mismas localidades nidos construidos sobre pajuelas nuevas y antiguas. En Chicauma, por ejemplo, la mortalidad en pajuelas antiguas fue cuatro veces superior a la detectada en nidos de pajuelas nuevas (19,23 y 5,04%); lo mismo sucedió en Curacaví, donde la mortalidad en nidos de pajuelas antiguas quintuplicó a la de pajuelas nuevas (10,81 y 2,18%). Este método no sólo es útil para disminuir substancialmente el daño, sino también permitió eliminar totalmente la presencia de algunos destructores de nidos, tales como *Tribolium* y *Nemognatha*, los cuales no se detectaron en nidos de pajuelas nuevas al final de la temporada (Cuadro 3).

El uso combinado de aspiradores y cebos envenenados permitió un control más efectivo de los predadores y destructores de nidos con respecto al empleo de sólo cebos envenenados. La eficiencia de ambos métodos se comprueba en Curacaví, donde la mortalidad

total provocada por enemigos naturales fue aproximadamente la mitad de la detectada en Chicauma, localidad donde sólo se utilizó cebos envenenados (Cuadro 3). La diferencia observada en ambas localidades refleja específicamente la eficiencia del uso de aspiradores, los cuales no se emplearon en Chicauma. El control de derméstidos y tenebrionidos se hace indispensable cuando se utilizan pajuelas de nidificación. Ambos enemigos naturales son altamente destructivos en este material de nidificación, ya que pueden perforar lateralmente las pajuelas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

El establecimiento definitivo de *M. rotundata* en nuestro país depende fundamentalmente de la calidad del material introducido y su posterior adecuado manejo. En la actualidad existen algunos factores que están limitando en cierta medida su establecimiento exitoso, lo que se traduce en una mortalidad natural elevada que en algunas localidades impide el incremento poblacional óptimo de este insecto.

Los factores que están presionando la multiplicación de *M. rotundata* en Chile son abióticos y bióticos. Las causas abióticas de mortalidad aparentemente están relacionadas con temperaturas extremas que han provocado una mortalidad elevada de estados inmaduros de este polinizador, especialmente en la zona de Curacaví, donde se instaló más del 90% de los insectos disponibles en el país. En Chicauma y La Platina la mortalidad provocada por factores abióticos disminuye considerablemente, lo que indica mejores condiciones para la sobrevivencia de estos polinizadores. Se deben continuar los estudios tendientes a precisar con mayor exactitud las causas de la mortalidad debida a factores abióticos, probablemente modificaciones en los domicilios, destinados a mejorar el aislamiento térmico y la ventilación, pueden reducir estas pérdidas.

El parasitismo de *M. rotundata* en nuestro país fue en 1970 de cierta importancia, encontrándose dos especies: *Monodontomerus obscurus* y *Tetrastichus megachilidis*, parási-

tos externo e interno, respectivamente. Ambas especies estaban presentes en nidos importados desde California y multiplicados en La Platina durante 1970 y 1971. A *Monodontomerus obscurus* también se le encontró en material importado desde Oregón en 1970 y 1971, pero en número reducido. Las medidas de control adoptadas en 1970 y 1971, consistentes en trampas de luz y aspiradores dieron excelentes resultados. Al final de la temporada 1971 el control de estos enemigos naturales fue total. Es importante controlar, *M. obscurus*, pues este insecto es capaz de parasitar estados inmaduros de *M. rotundata* perforando con su aparato ovipositor las pajuelas de nidificación desde el exterior.

Los himenópteros *Leucospis affinis*, *Melittobia chalybii* y *Sapyga punila*, junto al díptero *Anthrax irroratus* son parásitos de *M. rotundata* que aún no han sido detectados en Chile.

Actualmente los predadores y destructores de nidos están causando pérdidas considerables de estados inmaduros de *M. rotundata* en Chile, especialmente los derméstidos (*Trogoderma glabrum*) y tenebrionidos (*Tribolium audax* y *Tribolium brevicornis*). También está presente el meloídeo *Nemognatha* sp., cuyo daño es de poca importancia. También se detectó la presencia de un phorido, aparentemente nativo, que causó daños en una de las tres localidades estudiadas, a este díptero destructor de nidos aún no se le conocía como enemigo natural de *M. rotundata*. La acción conjunta de estos enemigos naturales significó en Curacaví y Chicauma la destrucción del 10,81 y 19,23% de los nidos construidos sobre pajuelas antiguas; en cambio, sobre pajuelas nuevas sólo provocaron la pérdida del 2,18 y 5,04%, respectivamente, lo que destaca la importancia de renovar en forma periódica el material de nidificación. El empleo de aspiradores y cebos tóxicos en domicilios de campo impidió que el daño fuera superior. La eficiencia del uso de aspiradores quedó demostrada en Curacaví en donde el daño alcanzó al 10,81%, en cambio, en Chicauma, donde no se empleó este método, el daño fue del 19,23%. En ambas localidades se usó cebos tóxicos.

El material adquirido en E.E. U.U. en 1971 no fue de la calidad adecuada para un programa de introducción, ya que los nidos de *M. rotundata* que llegaron al país venían infestados con derméstidos, tenebrionidos y meloideos, lo que perjudicó en cierta medida al incremento poblacional de estos polinizadores.

Se debe tener presente que los tenebrionidos *Tribolium castaneum* y *Tenebroides mauritanicus* y el cucujido *Oryzaephilus surinamensis* son enemigos naturales de *M. rotundata* que existen en Chile, pero que aún no se les ha encontrado atacando los nidos de este polinizador.

El manejo adecuado de los megachiles en el campo y durante el almacenaje, complementado con prácticas de control, permitirá eliminar gran número de enemigos naturales. Para lograr este objetivo se sugieren las siguientes medidas:

1) Refrigeración de los nidos a 4-5°C durante el almacenaje, lo que inactiva a predadores y destructores de nidos, evitando que el daño aumente;

2) Utilización de trampas de luz y aspiradores en el período de incubación de los nidos. Esto permite capturar parásitos adultos que emergen antes que *M. rotundata*, además se colectan coleópteros, como derméstidos y tenebrionidos;

3) Empleo en los domicilios de campo de cámaras de emergencia con excluidores para impedir que *M. rotundata* anide en los nidos previamente usados, contaminados con enemigos naturales, al mismo tiempo los excluidores están provistos de un dispositivo para capturar enemigos naturales.

Luego de 15-20 días los nidos antiguos y los residuos se extraen de la cámara de emergencia y se queman, lo que elimina gran cantidad de derméstidos y tenebrionidos;

4) La renovación de pajuelas de nidificación cada temporada evita la acumulación de predadores y destructores de nidos, especialmente los tenebrionidos que tienden a permanecer en pajuelas usadas, las que son ubicadas en cámaras de emergencia al iniciarse la temporada y luego destruidas;

5) El uso de aspiradores en los domicilios de campo es un eficiente método en el control de predadores y destructores de nidos, ya que estos insectos en las mañanas deambulan activamente siendo fácil su captura, y

6) La utilización de cebos alimenticios tóxicos en los domicilios de campo, permite el control de estados inmaduros y adultos de derméstidos y tenebrionidos sin riesgos para los polinizadores.

LITERATURA CITADA

- BYRON, O. G., V. E. BURTON, J. W. MAC SWAIN, K. L. MARBLE, W. STANGER & R. W. THORP, 1965. Pollinating alfalfa with leaf-cutting bees. Univ. Cal. Agr. Ext. Serv. 160, 13 p.
- BUTLER, G. D. and M. J. WARGO, 1963. Biological notes on *Megachile concinna* Smith, in Arizona. Pan. Pac. Ent. 39 (3): 201-206.
- BUTLER, G. D. & P. L. RITCHIE, 1965. Additional biological notes on *Megachile concinna* Smith, in Arizona. Pan. Pac. Ent. 41: 153-157.
- DURAN, M. L., 1952. Los insectos perjudiciales a los productos almacenados y los procedimientos para combatirlos. Ed. Universitaria, 185 p.
- GOOD, N. E., 1936. The flour beetles of the genus *Tribolium* U. S. D. A. Tech. Bull. 498, 57 p.
- HOBBS, C. A. 1956. Ecology of the leaf-cutter bee *Megachile perihirta* CKLL (Hymenoptera: Megachilidae) in relation to production of alfalfa seed. Can. Ent. 88 (2): 625-631.
- JOHANSEN, C. and J. EYES, 1966. Parasites and nest destroyers of the alfalfa leaf-cutting bee. Was. State Univ. Agric. Exp. Sta. Circ. 469, 11 p.
- , 1967. Enemies of the alfalfa leaf cutting bee and their control. Was. State Univ. Coop. Ext. Serv. Ext. Man. 2631, 4 p.
- KLOSTERMEYER, E. C., 1964. Using alkali bee and leaf cutting bee to pollinate alfalfa. Sta. Circ. Wash. Agric. Exp. Sta. 442, 8 p.
- MINACCI, P. F., S. L. LEE and R. A. MORSE, 1965. New leaf cutter bee. Their introduction to New York State. New York State, Agri. Exp. Sta. Farm. Res. 31 (3): 6-7.
- SPILMAN, T. J. 1970. A new species of *Tribolium* from North America. The results of past confusion. USDA. Coop. Econ. Ins. RPT 20 (24): 396.