

Factores ecofisiológicos relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malatión en *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera:Curculionidae).

STADLER, T., PICOLLO, M. I. Y ZERBA, E. N.

Se determinaron los principales factores ecofisiológicos que afectan directa e indirectamente los resultados de los estudios toxicológicos y el factor de resistencia al malatión con *Sitophilus oryzae*. Fue analizada la influencia de la dieta, temperatura de ensayo, sexo, estadio y la edad sobre la susceptibilidad a malatión y diferentes compuestos insecticidas de dos cepas de referencia de *S. oryzae*, una resistente y otra susceptible al malatión. Las variaciones cuantitativas de los resultados de los ensayos toxicológicos son moderadas a partir del 5° día de edad de las imagines. No se observaron diferencias significativas en cuanto a la susceptibilidad a fosforados entre ambos sexos; para el lindane en cambio, los machos muestran una susceptibilidad 100% superior a la registrada para las hembras. La susceptibilidad al malatión se relaciona en forma inversa con el valor nutritivo de la dieta. EL factor de resistencia al malatión también fue dependiente de la dieta. En insectos criados sobre trigo resultó mayor que en insectos criados sobre dieta artificial.

Todos los factores analizados se relacionan estrechamente con variaciones de la susceptibilidad a xenobióticos a nivel poblacional dentro de la especie; la obtención de resultados comparables y reproducibles depende de la normalización de los citados factores antes y durante el bioensayo.

Stadler, T., Conicet e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales "B. Rivadavia". Av. A. Gallardo 470, (1405) Buenos Aires;

Picollo, M. I. y Zerba, E. N. Conicet y Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (CIPEIN). Zufriategui 4380, (1603) Buenos Aires, Argentina.

Palabras Clave: *Sitophilus oryzae*, ecofisiología, susceptibilidad a insecticidas.

INTRODUCCION

El desarrollo de resistencia por parte de ciertas poblaciones de especies plaga coevoluciona cualitativamente con el desarrollo industrial de compuestos fitosanitarios y cuantitativamente con su posterior aplicación. Es así como de año en año se incrementa el número de especies con representantes resistentes, transformando la práctica fitosanitaria en una empresa cada vez más compleja y costosa.

La resistencia a insecticidas es un fenómeno conocido desde principios de siglo,

aunque este hecho adquiere real trascendencia a partir de la finalización de la segunda guerra mundial. Así también las prácticas de control de *S. oryzae* tienen sus comienzos en 1945 con el uso del DDT, continuando con el lindane. Actualmente se utilizan fosforados como el malatión, fumigantes como son la fosfina y el bromuro de metilo y piretroides como por ejemplo la deltametrina, aplicandose preferentemente aquellos compuestos con buena acción residual.

El fenómeno de la resistencia a insecticidas en una determinada cepa en estudio, debe ser definido primeramente desde el

punto de vista bioquímico. Por otra parte, no es menos importante determinar las causas ecofisiológicas que afectan directamente la **magnitud** y la **velocidad** de la evolución del fenómeno de resistencia que pueden **provocar, promover o retardar** su desarrollo (STADLER, 1988). El primer paso en la búsqueda de cepas resistentes de *S. oryzae* es el “**monitoreo de la resistencia**” en poblaciones que habitan en el grano almacenado, y la finalidad práctica de estos ensayos es:

a- detectar resistencia.

b- calcular de modo confiable el factor de resistencia (**FR**).

c- discriminar los compuestos más activos entre diferentes productos insecticidas.

La premisa fundamental para que se cumplan estos objetivos es que: los ensayos deben ser comparables, en otras palabras, **reproducibles**. Es el objetivo del presente trabajo, determinar la influencia de las principales variables ecofisiológicas en el ensayo toxicológico con *S. oryzae*, sobre la base de investigaciones previas (STADLER, 1988).

En los últimos años, diversos autores se han ocupado de la influencia de las variables exógenas o ecológicas y ambientales, y las endógenas o fisiológicas y poblacionales, sobre la susceptibilidad y el desarrollo de resistencia a insecticidas (CICHY, 1971; GEORGHIOU & TAYLOR, 1977; GOMEZ et al., 1983; STADLER, 1988).

La variabilidad de los datos de susceptibilidad de *S. oryzae* a diferentes compuestos se debe principalmente -considerando solamente los factores exógenos- a la temperatura, humedad y dieta imperantes durante el desarrollo (cría) de la población estudiada, además de las condiciones imperantes durante el ensayo toxicológico. Un resumido análisis de cada una de las más importantes variables muestra que:

Temperatura: La temperatura es probablemente el factor extrínseco más importante entre todos aquellos que afectan la respuesta de *S. oryzae* a un xenobiótico a corto y largo plazo. La velocidad del desarrollo de resistencia en *S. oryzae* a DDT y a fosforados también es función de la temperatura,

como lo demuestran las experiencias de CICHY (1971), donde para alcanzar un **FR** = 40, se requieren 20 generaciones a 25°C y solamente 10 generaciones si la incubación se realiza a 30°C.

Humedad relativa: El desarrollo de resistencia a DDT y fosforados en *S. oryzae* se correlaciona en forma negativa con la humedad relativa, incubando a 30°C, con 55% y 75% de HR respectivamente (CICHY, 1971). En la generación 15, el factor de resistencia (para fosforados) alcanzado en las poblaciones criadas con 55% HR, es 21,14, mientras que con 75% HR el factor de resistencia alcanzado es 6,78. A pesar de que estos fenómenos fueron frecuentemente citados en la literatura, hasta el momento, no se habían explicado las causas que determinan la estrecha relación entre la HR y los aspectos cuantitativos del fenómeno de la resistencia en *S. oryzae*.

Dieta: El tipo y la cantidad de alimento disponible en el medio influye sobre el tamaño del insecto (STADLER, 1988), y seguramente sobre su estado general, supervivencia y su tolerancia a los plaguicidas. La respuesta de una población a un insecticida o a algún otro factor adverso está influenciada por el alimento incorporado durante el desarrollo, así como también por la ingesta más reciente (CHAMP & DYTE, 1976).

Para poblaciones de *S. oryzae* criadas sobre centeno y presonadas con DDT, se obtienen valores de resistencia a DDT 15 veces superiores a aquellos que se obtienen sobre cebada. Para fosforados, en las poblaciones criadas sobre trigo, el desarrollo de la resistencia es 37 veces superior que en aquellas criadas sobre cebada (CICHY, 1971). Por otra parte, modificando la dieta durante la cría (en una generación), el desarrollo de la resistencia muestra características diferentes y distintas dietas tienen un efecto particular en función del insecticida utilizado. En términos generales puede decirse que: la dieta juega un rol importante, afectando a corto plazo la susceptibilidad de una población a determinado insecticida, y a largo plazo la velocidad del desarrollo de la resistencia.

A través de la normalización del método de cría de *S. oryzae* se obtienen sucesivas generaciones con características similares. Las poblaciones presentan un bajo coeficiente de variación en el tamaño de los individuos y estado general de los mismos. Por otra parte, la estabilidad de estos dos factores actúa como coadyuvante de la verosimilitud de las experiencias toxicológicas.

Estadio: Es importante la fase o estadio del desarrollo seleccionado para realizar los ensayos toxicológicos - especialmente para los estudios de acción residual-, ya que debe llegarse a una solución de compromiso entre : los aspectos prácticos y operacionales del ensayo y monitoreo, el ciclo de vida del insecto y las posibles diferencias en la tolerancia de huevos, larvas, pupas e imagos al insecticida.

El monitoreo directo de resistencia en *S. oryzae*, sólo es realizable con imagos, mientras que en ensayos posteriores (sobre la F1), es posible comparar la tolerancia de huevos, larvas, pupas e imagos utilizando la alimentación artificial (STADLER, 1988), y el método de topicación.

Edad: La edad del material biológico es otra de las importantes variables que influyen sobre los resultados de los ensayos toxicológicos. Para una cepa malatión resistente de *T. castaneum*, la tolerancia de los imagos se encuentra incrementada tres veces durante los primeros 4 - 5 días de vida. En la cepa susceptible en cambio, las variaciones de la susceptibilidad a Malatión, son menos evidentes durante el mismo período, y la tolerancia sufre un paulatino incremento con la edad (CHAMP & CHAMPBELL-BROWN, 1970).

Sexo: En insectos plaga del grano almacenado, la susceptibilidad a insecticidas es generalmente distinta para ambos sexos,

aunque esta diferencia, en general, no es significativa. Las distintas respuestas no siempre se deben a diferencias morfométricas entre los individuos de ambos sexos, sino también a diferencias en la tasa de asimilación y metabólica (BUSVINE, 1971). En varias especies plaga así como en el presente caso, la relación de sexos en la población es 1:1, de modo que este factor no representa una fuente de variación significativa en los monitoreos toxicológicos rutinarios. Sin embargo, es fundamental tenerlo en cuenta ya que se trata de uno de los más importantes factores modificadores de la resistencia en *S. oryzae*, especialmente cuando la resistencia está ligada al sexo. Este es un fenómeno conocido para el caso de los piretroides (HEATHER, 1986) y para DDT (CHAMP, 1967).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico: Las cepas de *S. oryzae* utilizadas en los ensayos toxicológicos son las **Cipein-s** y **Cipein-rm** (CIPEIN-CITEFA, Buenos Aires, Argentina). La metodología de incubación, alimentación (dieta artificial) y cría utilizadas responden exactamente a las técnicas de STADLER (1988). La "dieta natural" utilizada fue *Triticum aestivum* - Germoplasma Mexicano (Victoria-Inta) y la "dieta incompleta", pellets de harina de trigo.

De los cultivos **Cipein-S** y **Cipein-rm** (cepa susceptible normal y resistente a malatión) se seleccionaron individuos de 5 - 10 días de edad, que fueron anestesiados y sexados. Los insectos no fueron sometidos a ayuno previo a los ensayos toxicológicos.

Preparación de las soluciones: Como

Insecticidas utilizados:

COMPUESTO	ORIGEN	GRADO DE PUREZA
MALATION	Cyanamid Argentina	purif.por cristaliz.>98%
DELTAMETRINA	Roussel Uclaf	97%
LINDANE	Sintyal	95%

solvente se utilizó una mezcla de tres partes de éter de petróleo y una de acetona (v/v). Luego de un screening, que permitió ajustar las correspondientes concentraciones para cada insecticida, se prepararon las series de diluciones a partir de soluciones madre de 10mg/ml de cada compuesto.

Aplicación del tóxico: Se utilizó el método del tóxico, aplicándose 0,2 ul sobre la superficie ventral del abdomen de cada insecto. Para ello se utilizó una jeringa Hamilton N 701-N de 10 µl provista de un "repeating dispenser" Hamilton N° PB-600-1 adaptado. La topicación se realizó con estereomicroscopio y anestesia con CO₂.

Para cada concentración del xenobiótico se topicaron seis grupos de 30 individuos de cada sexo, que fueron posteriormente colocados en recipientes separados (frascos de vidrio de 20ml con ventilación en el extremo superior), en estufa de cultivo a 28 ± 1°C y 77% ± 2%HR y en ausencia de alimento durante 24 horas. Por cada serie de diluciones y bajo las mismas condiciones se preparó un control, topicando con 0,2 µl de solvente por individuo.

Evaluación de los ensayos: Transcurridas 24 horas a partir de la tópicación se

anotaron los datos de mortalidad. El criterio para evaluar la respuesta fue la caída del insecto ("knockdown"), definida como la incapacidad para sostenerse y caminar. El cálculo de la dosis letal para 50% de la población (DL₅₀) se realizó mediante un programa de computación de probabilidad estadística, basado en el método de LITCHFIELD & WILCOXON (en PICOLLO DE VILLAR et al, 1985); el factor de resistencia se calculó como sigue: $FR = DL_{50} \text{ Cipein-RM} / DL_{50} \text{ Cipein-S}$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Valores de DL₅₀ de distintos insecticidas:

Los valores de dosis letal media (DL₅₀) para tres diferentes insecticidas obtenidas por el método del tóxico se resumen en el Cuadro 1. Para la cepa CIPEIN-S se observa el siguiente orden de susceptibilidad en ambos sexos para los insecticidas ensayados: deltametrina > malatión > lindane.

Influencia de distintas variables sobre la susceptibilidad a insecticidas:

Cuadro 1. Valores de dosis letal media (DL₅₀) para diferentes insecticidas, determinados para ambos sexos de la cepa Cipein-S y Cipein-RM. En condiciones estandar de ensayo (* = Intervalo confidencial; ug/I = ug/insecto).

Sexo	comp.	CEPA (CIPEIN-S)		CEPA (CIPEIN-RM)	
		DL ₅₀ ug/I	DL ₅₀ ug/g	DL ₅₀ ug/I	DL ₅₀ ug/g
MACHOS	MALATION	0,024 (0,022-0,026)*	33,6	0,168 (0,164-0,171)*	235,2
	DELTAMET.	0,002 (0,001-0,002)*	2,8	0,002 (0,001-0,003)*	2,8
	LINDANE	0,309 (0,260-0,367)*	432,6	0,092 (0,070-0,120)*	128,8
HEMbras	MALATION	0,029 (0,028-0,031)*	33,6	0,169 (0,165-0,172)*	236,6
	DELTAMET.	0,002 (0,001-0,002)*	2,8	0,002 (0,001-0,002)*	2,8
	LINDANE	0,650 (0,588-0,720)*	910,0	0,188 (0,145-0,245)*	263,2

De acuerdo con las anteriores consideraciones, la respuesta a un xenobiótico es característica para cada especie e insecticida; pero también difiere entre poblaciones de una misma especie o entre fases, estadios, intervalos de edad en un estadio o simplemente entre individuos con diferente estado fisiológico. Para *S. oryzae*, el análisis individual de cada una de estas variables muestra que:

Edad: Durante los primeros cinco días de vida del imago, se observa menor susceptibilidad a malatión así como mayor desviación en la respuesta toxicológica. En la Fig 1., puede observarse un incremento gradual de la susceptibilidad a malatión durante los primeros tres días de vida del imago; este fenómeno se revierte gradualmente a partir del 5º día y permanece estable hasta el 15 día, a partir del cuál sufre un leve incremen-

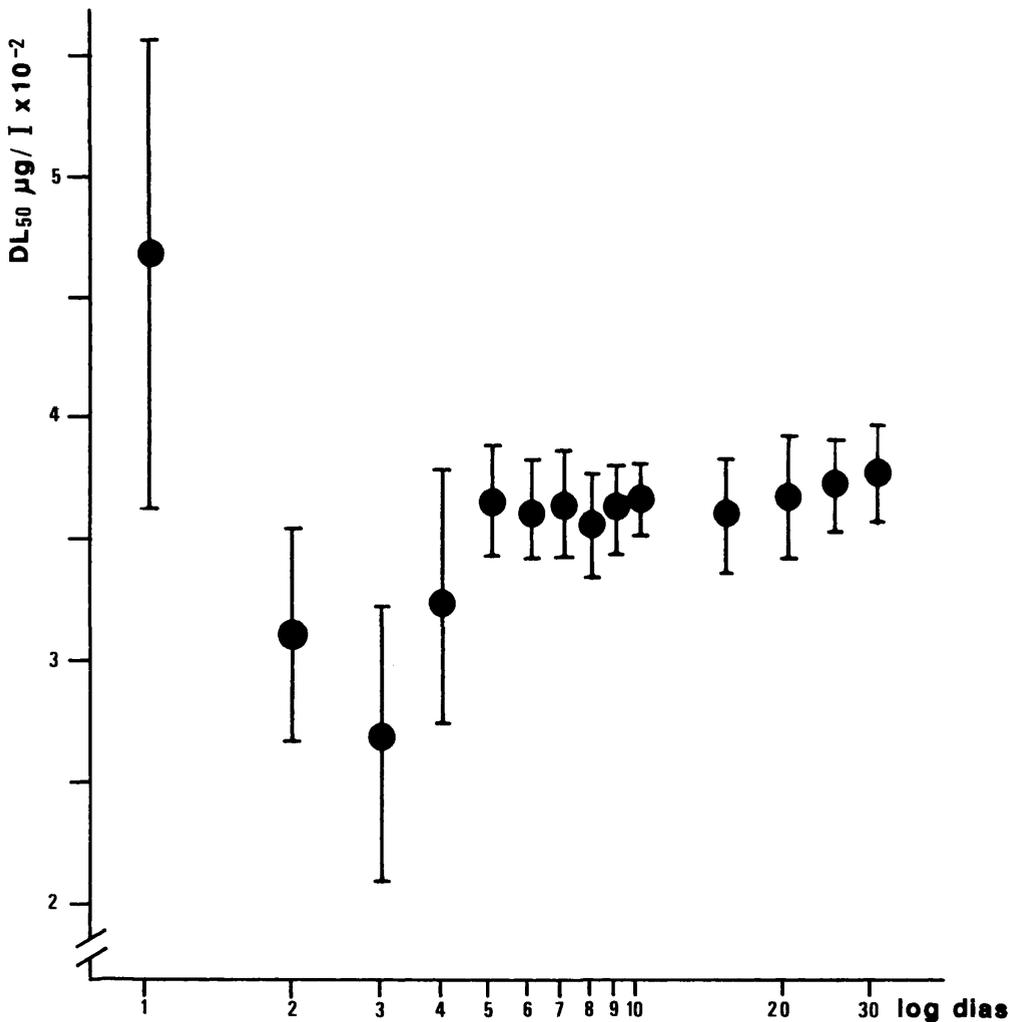


Fig.1.: Variaciones de la tolerancia a malatión en función de la edad de los individuos (imágenes), en la cepa Cipein-S a 28 +1°C y 77% +2%HR.

to. La variabilidad observada en la susceptibilidad durante los primeros cinco días de vida del imago se debe probablemente a una serie de eventos fisiológicos que modifican la penetración y el metabolismo del xenobiótico. Estos fenómenos se relacionan posiblemente con el curtido de la cutícula, la maduración sexual y con los importantes cambios en el metabolismo de los lípidos e hidratos de carbono que se producen al comenzar la fase adulta (SINGH & SINHA, 1977).

Tomando estos ensayos como referencia, puede decirse que el intervalo de edad recomendado para el material biológico destinado a experiencias toxicológicas es entre 5 y 10 días.

Sexo: A pesar de que el promedio del peso corporal de las hembras es aproximadamente un 15% superior al de los machos (HEMBRAS, $\bar{x} = 1,52\text{mg}$, $S=0,314$; MACHOS, $\bar{x} = 1,27\text{mg}$, $S=0,277$), la respuesta toxicológica es similar en ambos para el malatión y la deltametrina. Para el lindane en cambio, la susceptibilidad del macho es un 100% mayor que la de la hembra en cepas susceptible y resistente (Cuadro 1).

Temperatura: La temperatura es ciertamente el factor extrínseco que más significativamente afecta la respuesta de estos insectos a un xenobiótico. Este factor actúa en varios niveles:

a.- la temperatura a la cual evolucionó la cepa. Esto es especialmente importante para cepas resistentes.

b.- la temperatura de incubación durante

la cría.

c.- la temperatura a la que los insectos fueron mantenidos antes, durante y después del ensayo toxicológico.

Este último punto es particularmente importante debido a la estrecha interrelación de la temperatura con la actividad de los insectos, en relación con los fenómenos de intoxicación y detoxificación, concentración del xenobiótico en el sitio de acción y eventual recuperación de la intoxicación.

CHAMP & CHAMPBELL-BROWN (1970), demostraron que un cambio de la temperatura, de 25°C a 30°C, provoca un incremento de aproximadamente x1,5 en la toxicidad de malatión, diazinon y fenitrotión en *S. oryzae*. Por otra parte, THAUNG & COLLINS (1986) comprobaron que la toxicidad del fenitrotión para *S. oryzae* se ve incrementada con la temperatura, en contraste con la cipermetrina que posee un efecto negativo.

Los ensayos toxicológicos a 15, 26 y 30°C muestran que la susceptibilidad para el malatión se correlaciona positivamente con la temperatura (Fig. 2, Cuadro. 2), mientras que para el caso de la deltametrina, esta correlación es negativa (Fig. 3, Cuadro. 2).

De acuerdo con las anteriores consideraciones, se estableció que 28±1°C es un valor aceptable desde el punto de vista fisiológico así como del operacional para los ensayos toxicológicos.

Humedad Relativa: La economía del agua en las plagas de los granos almacenados tiene características muy particulares debido a que éstas se encuentran adaptadas

Cuadro 2. Valores de DL50 para malatión y deltametrina a diferentes temperaturas y 77%HR para la cepa Cipein-S de *S. oryzae* criada sobre dieta artificial.

Insecticida	Temp.°C	DL50 ug/I	Intervalo de Confianza
Malatión	15°C	0,053	0,051-0,062
	26°C	0,037	0,035-0,039
	30°C	0,039	0,038-0,040
Deltametrina	15°C	0,0010	0,0006-0,0019
	26°C	0,0019	0,0016-0,0021
	30°C	0,0022	0,0018-0,0028

a vivir en ausencia de agua libre, en ambientes donde la actividad del vapor de agua (a_v) es particularmente baja. Para compensar las pérdidas, estos insectos reponen el agua con el alimento, la absorben de

la atmósfera o la ganan a partir de la oxidación de carbohidratos primarios y grasas (agua del metabolismo).

En *S. oryzae*, la mayor parte del agua perdida por transpiración es reemplazada

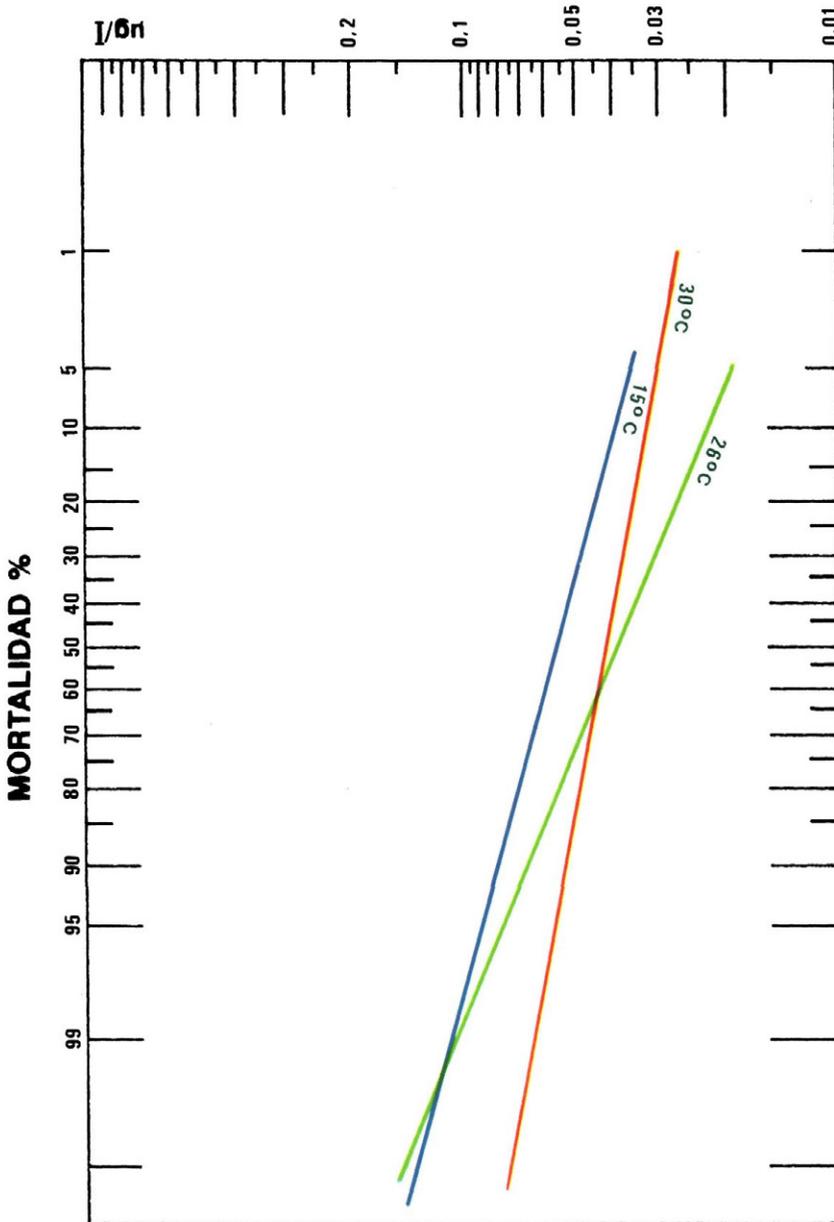


Fig.2.: Toxicidad del Malatión a diferentes temperaturas y 77% H. Cepa Cipein-s, criada sobre alimento artificial.

por agua absorbida del ambiente en forma pasiva y activa. La transpiración es regulada a su vez por la concentración interna de agua (a_v interna), que es constante e independiente de la concentración externa (a_v

externa). Una importante adaptación de esta y de otras especies que se desarrollan en habitats tan extremos es la capacidad de regular la incorporación de agua modificando el consumo de alimento en función de su

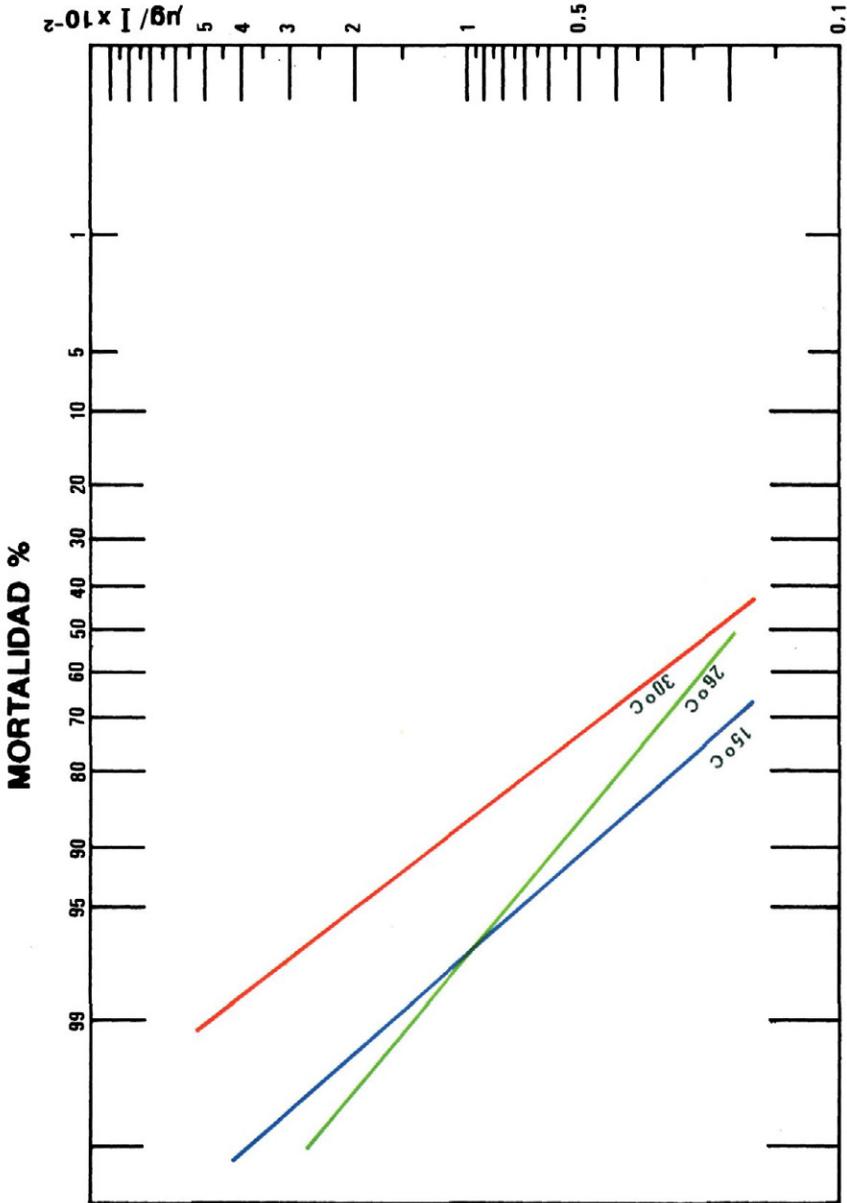


Fig.3.: Toxicidad de la deltametrina a diferentes temperaturas y 77% HR, Cepa Cipein-s, criada sobre alimento artificial.

propio balance interno (ARLIAN, 1979). La pérdida neta de agua por transpiración solo puede ser compensada completamente por la vía digestiva en atmosferas con una $a_v = 0,85-0,65$. Por arriba o debajos de estos límites ($0,65 << a_v >> 0,85$), *S. oryzae* reduce significativamente el consumo de alimento. El balance general de agua en *S. oryzae* puede resumirse de la siguiente manera:

1.- Con actividades de vapor de 0,225, la pérdida de agua por transpiración excede a la ganancia por el metabolismo, absorción e incorporación con el alimento. La tasa metabólica no se modifica para compensar el déficit.

2.- Con actividades de vapor entre 0,65 - 0,85, el agua incorporada con el alimento, absorción y metabolismo, compensa las pérdidas por transpiración y metabolismo.

3.- Con actividades de vapor de 0,99, el agua incorporada con el alimento se reduce al disminuir el consumo de alimento y la absorción compensa ampliamente las pérdidas.

Puede concluirse que: *en las cepas que se desarrollan sobre grano tratado con insecticidas y en ambientes con baja HR, el rápido incremento de la resistencia es consecuencia exclusiva del aumento de la dosis de pesticida incorporado a causa del incremento en el consumo de alimento.*

Para mantener a *S. oryzae* fuera de condiciones de stress por desecación o exceso de humedad, es recomendable fijar en 77% + 2% la humedad relativa; tanto para la cría del insecto como para el ensayo toxicológico.

Dieta: Define el tamaño y estado fisioló-

gico general del material biológico. Las poblaciones alimentadas sobre sustratos de menor valor nutritivo (dieta incompleta) muestran mayor susceptibilidad a malatión en los ensayos toxicológicos (Fig. 4, Cuadro 3). Este fenómeno puede deberse en parte, a la distribución homogénea de todos los componentes dentro del comprimido de alimento artificial, lo que en la semilla de trigo se encuentran compartimentalizados - formando un sistema heterogéneo- y no siempre al alcance de la larva, especialmente durante los primeros estadios de su desarrollo. También es apreciable la diferencia

Cuadro 3. Datos toxicológicos comparativos para malatión de poblaciones de Cipein-S, criadas sobre tres tipos de dieta diferentes en condiciones estandar de ensayo.

alimento	DL 50/ ug/I	intervalo confidencial	DL95 ug/I
dieta incompleta	0,022	0,020-0,031	0,094
dieta artificial	0,037	0,035-0,039	0,073
trigo	0,027	0,025-0,028	0,061

en la susceptibilidad entre las poblaciones alimentadas a base de trigo y a base de alimento artificial.

A pesar de la buena performance del alimento artificial, es innegable el valor nutritivo de la semilla de trigo; sin embargo, en el primero se descarta totalmente la influen-

Cuadro 4. Caracterización toxicológica para malatión, de las cepas Cipein-s y Cipein-rm criadas sobre trigo y sobre dieta artificial en condiciones estandar de ensayo.

cepa	DIETA	DL.50 ug/I	Intervalo de confianza	DL95 ug/I	FR
CIPÉIN-S	trigo	0,027	0,025-0,029	0,061	6,2
CIPÉIN-RM	trigo	0,168	0,164-0,172	0,218	5,93-6,56
CIPÉIN-S	dieta artificial	0,037	0,035-0,039	0,073	5,4
CIPÉIN-RM	dieta artificial	0,201	0,198-0,205	0,229	5,20-5,60.

cia de variables tales como: textura, características físico-químicas del pericarpo y tamaño del grano, que dependen de la hibridización (GOMEZ et al, 1983) y del almace-

namiento (PENG et al, 1983).

Determinación del factor de resistencia

Los valores de **FR** obtenidos por el método del tópico para poblaciones criadas sobre

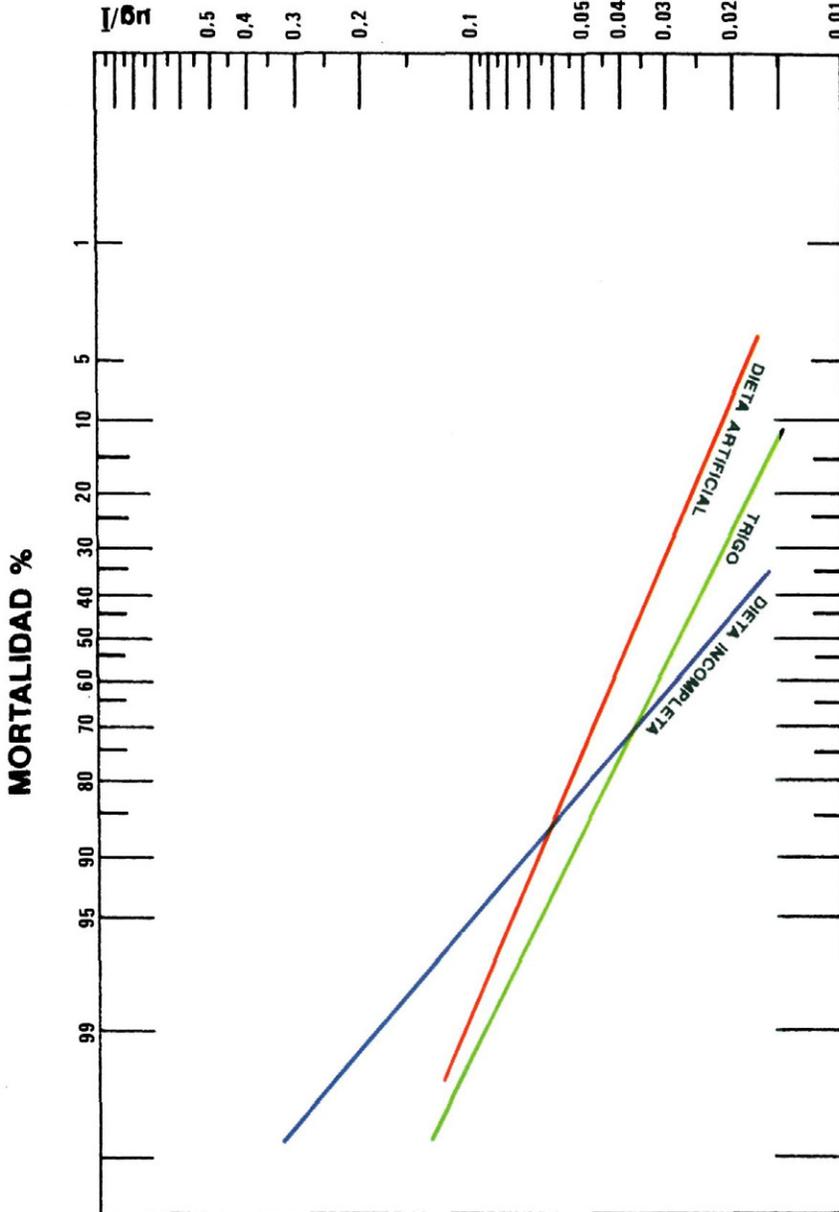


Fig. 4. Susceptibilidad a malatión en tres poblaciones de *S. oryzae* criadas sobre diferentes dietas en condiciones estandard de ensayo.

trigo y alimento artificial, difieren en forma significativa (Cuadro 4). El intervalo confidencial para el FR calculado para las poblaciones criadas sobre alimento artificial es algo más estrecho que el calculado para poblaciones criadas sobre trigo.

CONCLUSIONES

1.- Las principales variables que afectan los resultados de los ensayos toxicológicos con *S. oryzae*, así como la formación de la resistencia a insecticidas en poblaciones de esta especie son: temperatura, humedad relativa, dieta, estadio del desarrollo, edad y sexo.

2.- Queda claramente demostrada la influencia de la dieta sobre la susceptibilidad de una cepa a determinado insecticida y sobre el factor de resistencia medido para una cepa resistente a malatión. Es recomendable utilizar individuos criados sobre el mismo tipo de dieta (preferentemente artifi-

cial) para los ensayos toxicológicos.

3.- El sexado es un paso indispensable dentro del esquema de los ensayos toxicológicos a nivel de laboratorio, ya que en algunos casos la diferencia de la respuesta de ambos sexos, a determinado xenobiotico, es altamente significativa (ver lindane).

4.- La temperatura y humedad relativa recomendada para el ensayo toxicológico con *S. oryzae* es $28 \pm 1^\circ\text{C}$ y $77\% \pm 2\%$ HR. Bajo estas condiciones, los individuos mantienen su normal actividad y se encuentran fuera de los límites de las condiciones de stress provocado por alteraciones en su balance hídrico.

5.- Para el ensayo toxicológico, el intervalo de edad ideal de las imagines es entre los 5 y 10 días. Dentro de este intervalo de edad se observa la menor desviación en la respuesta toxicológica.

6.- De entre los insecticidas ensayados, las cepas CIPEIN de *S. oryzae* muestran una alta susceptibilidad a piretroides.

ABSTRACT

STADLER, T., PICOLLO, M. I. Y ZERBA, E. N. (1990): Factores ecofisiológicos relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malatión en *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera:Curculionidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **16** (4): 743 - 754

Main factors affecting the results of toxicological studies and the resistance factor to malathion in *Sitophilus oryzae* are identified. The influence of diet, temperature, sex, stage of development and age over the susceptibility to several insecticides was studied in two strains of *S. oryzae*. Susceptibility of 0 - 5 days-old imagines is variable. There are no significant differences in the susceptibility to organophosphorous insecticides between sexes; however, males show 100% higher susceptibility to lindane than females. There is an inverse relationship between susceptibility and dietary nutritive value. The resistance factor to malathion showed to be dependent of the diet. It was higher in insects reared on wheat than on artificial diet.

All these factors are closely related to susceptibility to xenobiotics within weevil populations. Therefore, comparable and reproducible results depend on the standardization of conditions prior to and during bioassays.

REFERENCIAS

- ARLIAN, L. G., 1979: Significance of passive sorption of atmospheric water vapor and feeding in water balance of the rice weevil, *Sitophilus oryzae*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **62A**: 725-733.
- BUSVINE, J. R., 1971: *A critical review of the techniques for testing insecticides*. C. wlt. Agric. Bureau 2 ed.
- CHAMP, B. R., 1967: The inheritance of DDT resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculio-

- nidae) in Queensland. *J. Stor. Prod. Res.*, **3** :321-33.
- CHAMP, B. R. & CHAMPBELL-BROWN, M. J., 1970: Insecticide resistance in Australian *Tribolium castaneum* (Herbst). I.- A test method for detecting insecticide resistance. *J. Stor. Prod. Res.* **6**: 53-70.
- CHAMP, B. R. & DYTE, C. E., 1976: Pesticide susceptibility of stored grain pests. *FAO plant production and protection series* (5) :55-297.
- CICHY., 1971: The role of some ecological factors in the development of pesticide resistance in *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* Herbst. *Ekol. Polska*, **XIX** (36) :567-616.
- GEORGHIOU, G. P. & TAYLOR, C. E., 1977: Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.*, **70** (3) :319-323.
- GOMEZ, L. A. RODRIGUEZ, J. G. PONELEIT, C. G., BLAKE, D. F. 1983: Relationship between some characteristics of the corn kernel pericarp and resistance to the rice weevil (Coleoptera : Curculionidae). *J. ECON. ENTOM.* **76** (4) :797-800.
- HEATHER, N. W., 1986: Sex-linked resistance to pyrethroids in *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae). *J. stored Prod. Res.* **22** (1) :15-20.
- PENG, W. K., HSU, S. J. & HO, K. K., 1983: Studies on the varietal resistance of rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Phitopathologist & Entomologist NTU* (19) :27-38.
- PICOLLO DE VILLAR, M. I., SECCACINI, E. & ZERBA, E. N., 1985: Resistencia a malatión en insectos plaga del grano almacenado de la República Argentina. *IDIA* n 441-444 :59-63.
- SINGH, N. B. & SINHA, R. N., 1977: Carbohydrate, lipid and protein in the developmental stages of *Sitophilus oryzae* and *S. granarius* (Coleoptera : Curculionidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.* **70** (1) :107-111.
- STADLER, T., 1988: Normalización de las variables eco-fisiológicas durante el desarrollo de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **14** :541-552.
- THAUNG, M. & COLLINS, P. J., 1986: Joint effects of temperature and insecticides on mortality and fecundity of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) in wheat and maize. *J. econ. Entomol.* **79** (4)

(Aceptado para su publicación: 17 Julio 1990)