

Umbrales Económicos y Niveles de Daño Económico

Larry P. Pedigo

Departamento de Entomología.

Universidad del Estado de Iowa

Ames, IA 50011

Traducción al castellano por el Dr. Rafael E. Cancelado

To return to the English version click here [\[X\]](#)

Sin lugar a dudas, en cualquier programa de manejo integrado de plagas (MIP) entre los elementos más básicos están la evaluación de la población y la toma de decisiones. De hecho, estas actividades caracterizan los enfoques más avanzados en tecnología de plagas y diferencian el MIP de otras estrategias.

Bioeconomía es el estudio de las relaciones entre los números de las plagas, las respuestas de los hospederos al daño y las pérdidas económicas resultantes (Pedigo 1996). La bioeconomía sirve para formar la base de las evaluaciones y de las tomas de decisiones. [En la Fig. 1 se muestra la relación entre la bioeconomía y otros elementos de un sistema de MIP.](#) Aquí se puede ver que la bioeconomía es un elemento fundamental que conecta por una parte la biología básica y la ecología con la toma de muestras y la identificación que está en la otra parte. Es un elemento que involucra tanto biología como economía.

Un importante resultado de la bioeconomía es la formación de reglas para tomar las decisiones que se usan con las opciones de manejo. De las reglas de decisión que se han establecido, ninguna ha tenido más éxito que las relacionadas con el concepto del nivel de daño económico (NDE) de Stern et al. (1959). De hecho, este concepto, aunque con algunos cambios menores, aún forma la base de la mayoría de los programas de MIP que se usan hoy en día.

Por tanto, este capítulo revisará algunos de los elementos básicos de la teoría del NDE, considerará el estado actual de la investigación en bioeconomía y explorará algunos modos de desarrollar umbrales económicos tanto tradicionales como avanzados. Además, se discutirán algunas de las limitaciones implicadas en el desarrollo de los umbrales lo mismo que áreas para mejoras futuras.

ELEMENTOS DEL CONCEPTO DEL NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO

Los elementos que Stern et al. propusieron formalmente en 1959 esencialmente son los mismos que se usan hoy y son: daño económico, nivel de daño económico y umbral económico. Colectivamente, estos elementos forman el concepto de NDE.

Daño económico. El daño económico es el más elemental de los elementos del NDE, y fue definido por Stern et al. como "la cantidad de daño que justifica el costo de medidas artificiales de control." Esta definición ha sido criticada por varios investigadores porque no da una expresión cuantitativa de la justificación económica.

Sin embargo, Southwood y Norton (1973) presentaron una expresión matemática práctica que ha sido ampliamente usada. Esa expresión es:

$$C(a) = Y[s(a)] \times P[s(a)] - Y(s) \times P(s)$$

donde: Y = rendimiento, P = precio por unidad de rendimiento, s = nivel del daño por la plaga, a = acción de control [$s(a)$] es el nivel de daño en cuanto es modificado por la acción de control, y C = costo de la acción de control. Esta ecuación simplemente establece que el costo de la táctica de control es igual al rendimiento multiplicado por el precio cuando se aplica la táctica de control, menos el rendimiento multiplicado por el precio sin la táctica. En consecuencia, el daño económico comienza en este punto, por ejemplo, cuando el costo del daño es igual al costo de supresión.

Aunque no fue reconocido por Stern et al., otro útil nivel de daño para tener en cuenta es la **barrera de daño** (Pedigo et al. 1986), también llamada el umbral de daño. [La barrera de daño es el nivel de daño más bajo que se puede medir \(Fig. 2\)](#). Este nivel de daño ocurre antes que haya pérdida económica. Expresada en términos de rendimiento, la pérdida económica se alcanza en el umbral de la ganancia y el umbral de la ganancia está más allá de la barrera de daño. Para productos de alto valor, la barrera de daño puede estar muy cerca al umbral de la ganancia. Un principio básico de MIP que resulta de la relación barrera de daño/daño económico, es que no hay nivel de daño por debajo de la barrera de daño que justifique la supresión, pero el daño predicho que resultará en daño económico sí lo justifica.

Nivel de Daño Económico. Otro de los elementos básicos, el nivel de daño económico, fue definido por Stern et al. como "la más baja densidad de población que causará daño económico". El NDE es la más básica de las reglas para decidir; es un valor teórico que, si realmente llega a ser alcanzado por una población de plagas, resultará en daño económico. Por tanto, el NDE es una medida contra la cual evaluamos el estatus destructivo y el potencial de una población de plagas.

Aunque el NDE se expresa como la densidad de una plaga, realmente es un nivel de daño que tiene un índice (indexado) relativo al número de insectos. Por razones prácticas usamos el número de insectos, por ejemplo, usualmente es más fácil contar plagas en lugar de proyectar y cuantificar daños futuros. [La relación entre el NDE y la barrera de daño se muestra en la Fig. 3](#).

Como el NDE realmente es un grado de daño, algunas veces es útil pensar en él en términos de un equivalente de daño (Pedigo et al. 1986). Un equivalente de daño es el daño total producido por un solo individuo plaga durante toda su vida. Es un valor potencial, por ejemplo, una plaga que muere prematuramente obtendrá solo un equivalente parcial. El concepto de usar equivalentes de daño es particularmente apropiado cuando se trabaja con poblaciones que tienen generaciones discretas y cuando se trata de considerar la mortalidad y su efecto en el daño total. Si se usan solo los números, el umbral económico puede requerir ser colocado por encima del NDE cuando comienza una generación para tener en cuenta la mortalidad subsecuente. Cuando se usan equivalentes de daño, el umbral económico siempre está por debajo del NDE, como lo presentó el modelo de Stern et al. Los equivalentes de daño también han sido usados para desarrollar los NDEs para complejos de insectos plagas con hábitos alimenticios similares (Hutchins et al. 1988).

Bien sea expresado como números o como equivalentes de daño, el NDE es gobernado por cinco variables primarias: costo de la táctica de manejo por unidad de producción, (C), valor de mercado por unidad de producción (V), unidades de daño o perjuicio por plaga (I), pérdida por unidad de daño (D), y la reducción proporcional en ataque de la plaga (K). Si la relación entre estas variables es lineal o lo es más o menos, el NDE se puede dar como:

$$EIL = C/VIDK$$

En casos en los cuales D es fuertemente curvilínea, sería necesario reemplazar D con una función compleja que relacione el daño con el perjuicio causado por una población (Pedigo et al. 1986). Después, la regla final de decisión, un UE objetivo, se basa en este valor calculado.

Como es representada por sus variables, la ecuación del NDE es un verdadero principio unificador de MIP. Como tal, la ecuación brinda una base para decisiones estratégicas para la investigación de prioridades en MIP y para el desarrollo de sistemas de manejo sostenible en el medio ambiente.

Umbral Económico. El umbral económico (UE) difiere del NDE en que, en lugar de ser teórico, es una regla práctica o de operación. Stern et al. definieron el como "la densidad de población a la cual debe ser determinada (iniciada) una acción de control para impedir que una creciente población de plaga alcance un nivel de daño económico." Aunque se mide en densidad de insectos, el UE realmente es el tiempo que hay para tomar una acción, es decir, los números simplemente son un índice de ese tiempo. Algunos investigadores se refieren al UE como el **umbral de acción** para enfatizar el verdadero significado del UE. [La relación del UE con el NDE y los momentos de acción se muestran en la Fig. 4.](#)

El UE es un valor complejo que depende de estimar y predecir varios parámetros difíciles. Los más significativos de ellos incluyen 1) las variables del NDE (esto es porque el UE se basa en el NDE), 2) fenología de la plaga y del hospedero, 3) crecimiento de la población y de las ratas de daño, y 4) demoras de tiempo asociadas con las prácticas de MIP usadas. A causa de las incertidumbres involucradas, particularmente en las ratas de crecimiento de la población de plagas, la mayor parte de los UEs son relativamente crudos; no arrojan el mismo nivel de resolución cualitativa de los NDEs.

CLASES DE UMBRALES ECONÓMICOS

El UE de Stern et al. ha sido aludido como una regla operacional de decisiones, si bien no es ideal (Mumford y Norton 1984), y es la guía esencial que debe ser desarrollada en una situación dada. Sin embargo, el UE es muy problemático por su considerable incertidumbre.

Al desarrollar los UEs se han diseñado varios enfoques que representan diferentes niveles de sofisticación. El nivel de sofisticación ha sido determinado en gran parte por los datos existentes y las necesidades de un programa de manejo particular. La mayor parte de estos enfoques se pueden agrupar en dos amplias clases, determinaciones subjetivas y determinaciones objetivas.

UEs Subjetivos vs. UEs Objetivos. Las determinaciones subjetivas son el enfoque más crudo para el desarrollo de los UEs. Ellos no se basan en un NDE calculado; en cambio, se basan en la experiencia de quien los practica. Ellos han sido llamados **umbrales nominales** por Poston et al. (1983) y no están formulados con base en un criterio objetivo. Probablemente los umbrales nominales representan la mayoría de los UEs que se encuentran en las publicaciones de extensión y en las recomendaciones verbales. Aunque son estáticos y posiblemente imprecisos, siguen siendo

más progresistas que no usar un UE porque de todos modos requieren una evaluación de la cantidad de plaga. Por tanto, su uso a menudo puede resultar en la reducción del número de aplicaciones de pesticidas.

Por otra parte, UEs objetivos, se basan en los NDE calculados y cambian con cambios en las variables primarias de los NDE (por ejemplo, los valores de mercado y los costos de manejo). Con UEs objetivos, se calcula un NDE, y se hacen estimaciones en relación con la posibilidad de que la población de la plaga exceda el NDE. La decisión final sobre la acción que se debe tomar y el momento de aplicarla se basa en el incremento esperado de daño y en las demoras logísticas, lo mismo que en las tasas de actividad de las tácticas usadas. Considerando los diferentes tipos de UEs objetivos, por lo menos se pueden describir tres. Estos tipos pueden ser llamados 1) UEs fijos, 2) UEs descriptivos, y 3) UEs dicótomos.

UEs Fijos. El UE fijo es el tipo más común de UE objetivo. Con este tipo, el UE se establece en un porcentaje fijo del NDE, por ejemplo, 50% o 75%. El uso del término “fijo” no significa que no pueda ser cambiado; quiere decir que el porcentaje del NDE es fijo. Por tanto, cambia constantemente con cambios en el NDE. El UE fijo ignora diferencias en crecimiento de la población y las tasas de daño; sin embargo, debido a que los porcentajes usualmente se establecen conservadoramente bajos, se puede cometer el error del tipo de aplicar una medida cuando esta no es necesaria. Los UEs son crudos, pero podrían ser los niveles más altos que se pueden desarrollar cuando la dinámica de las poblaciones se comprende pobremente. Hay muchos ejemplos de UEs para cultivos, incluyendo los de plagas del maíz, soja, trigo, arroz y manzanas etc. (Pedigo et al. 1986).

UEs Descriptivos. Los UEs descriptivos son más sofisticados que los UEs fijos. En los UEs descriptivos, se hace una descripción del crecimiento de la población, lo mismo que de la necesidad, y el momento de, realizar una acción, lo cual se basa en el aumento futuro esperado de las ratas de daño. Como ejemplo, el gusano verde del trébol, *Plathypena scabra* (F.), se puede muestrear en soya comenzando a finales de junio y se establece una temprana curva de crecimiento (Fig. 5). Cuando el número de larvas causa perjuicio suficiente para llegar al nivel de daño, se puede aplicar un modelo estadístico basado en los datos de los muestreos para proyectar el futuro crecimiento de la población. Si estas proyecciones indican que los números excederán el NDE durante el período susceptible, entonces se realiza una acción; si no, se continuará con muestreos incrementales para detectar cambios inesperados en la población hasta cuando el cultivo deje de ser susceptible. Este enfoque tiene la ventaja de usar datos de muestreos recientes para hacer un seguimiento de lo dañina que es la población de plaga. Su debilidad está al hacer proyecciones con base en ratas de daño anteriores; por ejemplo, las ratas de daño futuro pueden no tener una relación fuerte con las ratas pasadas, dando origen a errores en la toma de decisiones.

UEs Dicótomos. Los UEs dicótomos se pueden desarrollar usando un procedimiento estadístico para clasificar una población de plaga como económica o no económica a partir de muestras tomadas a través del tiempo. El procedimiento estadístico ha sido denominado muestreo secuencial en el tiempo, el cual se puede usar con el estado dañino de una plaga para determinar de manera objetiva el UE. El procedimiento se basa en la prueba de la proporción de probabilidad secuencial como en los muestreos convencionales o en los de espacios secuenciales. Sin embargo, los muestreos secuenciales en el tiempo difieren en que, para tomar las decisiones, se usa una perspectiva del tiempo en lugar de una perspectiva del espacio. Para más información sobre este enfoque vea Pedigo y Buntin (1994).

CONCEPTOS DEL NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO Y LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE

Anteriormente, el uso de UEs objetivos ha tenido un impacto importante sobre la calidad del medio ambiente particularmente en ciertos cultivos en los cuales es la base para el MIP (National Research Council 1989). La aplicación regular de UEs convencionales puede resultar en la reducción en el uso de pesticidas al reducir la frecuencia de aplicación. Realmente se ha estimado que el monitoreo de las plagas, el establecimiento de los UEs y la reducción en las dosis de los plaguicidas pueden reducir el uso de los pesticidas en 30 a 50%. Por tanto, un uso expandido de UEs expandidos se puede considerar como una importante táctica para conservar la calidad del medio ambiente. Sin embargo, a parte del desarrollo y aumento del uso de los UEs existentes, un examen del concepto mismo del NDE también puede llevar a mayores reducciones en el uso de pesticidas.

Concepto de NDE del Medio Ambiente. El reto de ofrecer recomendaciones de MIP que resulten en aplicaciones cada vez menores de pesticidas a la vez que se mantiene la producción agrícola y la rentabilidad es intimidante. En la mayoría de los casos se piden tácticas alternativas que reemplacen los pesticidas. Actualmente, se está colocando un énfasis particular en el desarrollo de tácticas de control biológico que sean seguras y rentables o sea MIP biológicamente intenso (por ejemplo, MIP que no sea químico). A pesar de que esta prioridad puede ser muy importante, hay lugares, sistemas y circunstancias en las cuales las tácticas alternativas posiblemente no sean prácticas, ni siquiera en un futuro distante. Algunas de las situaciones en las cuales el desarrollo de alternativas se ha quedado rezagado son los cultivos anuales, las explosiones de poblaciones de plagas esporádicas y plagas de climas del norte, por ejemplo, situaciones agrícolas que incluyen la mayor parte de los principales productos y sus plagas artrópodos relacionadas.

Reducciones adicionales en la aplicación de pesticidas en estas situaciones se pueden y se deben intentar desarrollando NDE con base en el medio ambiente y sus UEs concomitantes. Un *NDE medioambiental* es un NDE que enfoca los aspectos del medio ambiente y trata de incorporar aspectos de una conciencia medioambiental en su conformación, por ejemplo, una manipulación a propósito de las variables del NDE. Actividades para apoyar una mayor respuesta a las preocupaciones sobre el medio ambiente en el NDE incluyen tener en cuenta los costos relacionados con el medio ambiente en la variable C , reducción del perjuicio causado por el daño al incrementar la tolerancia de la planta en la variable D , y desarrollo de una variable K que sea efectiva y sin embargo responsable desde el punto de vista del medio ambiente, al reducir las dosis de aplicación de los pesticidas. Para información detallada sobre las manipulaciones sugeridas de las variables de los NDE ver Pedigo y Higley (1992).

LIMITACIONES DEL CONCEPTO DE NDE Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Muchos factores han limitado tanto el diseño de nuevos umbrales económicos como el desarrollo de los existentes. Algunas de las principales limitaciones son:

1. Falta de una definición matemática completa del UE.
2. Falta de NDEs válidos

3. Inhabilidad de hacer estimaciones de la población que sean precisos y efectivos en cuanto al costo.
4. Inhabilidad para predecir variables críticas para el UE tales como el valor del mercado y las tendencias de las poblaciones.
5. Falta de una manera simple de incorporar factores externos, especialmente los costos relacionados con el medio ambiente, en los NDEs.

El desarrollo futuro y la mejora de umbrales económicos en MIP requiere que estas limitaciones existentes sean enfocadas y solucionadas donde quiera que sea posible. Para avanzar, las limitaciones deben ser enfocadas en todas las áreas, incluyendo el trabajo teórico, investigación y la implementación. En particular, se necesita investigación para lograr umbrales mejorados. Aquí, se necesita el conocimiento de la dinámica de las poblaciones de las plagas y una mejor posibilidad de predecir las tendencias de las poblaciones. Además, se debe dirigir más investigación hacia mejorar el conocimiento del daño causado por las plagas y las respuestas de los hospederos al daño; la comprensión de esta importante área aún es inadecuada. Ciertamente, el conocimiento ganado sobre las respuestas del hospedero al daño mejorará mucho los NDE y los UE que los acompañan. En particular, los UEs mejorados pueden resultar en soluciones prácticas de manejo en un momento en que la agricultura está buscando mayor eficiencia en la producción y rendimientos sostenibles.

REFERENCIAS CITADAS:

- Pedigo, L. P. 1996. *Entomology and Pest Management*. Second Edition. 1996. Prentice-Hall Pub., Englewood Cliffs, NJ. 679 pp.
- Pedigo, L. P., y L. G. Higley. 1992. A new perspective of the economic injury level concept and environmental quality. *American Entomologist*, 38:12-21.
- Pedigo, L. P., y G. D. Buntin (Eds.). 1994. *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Ratón, FL. 616 pp.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, y L. G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- Poston, F. L., L. P. Pedigo, y S. M. Welch. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29:49-53.
- Southwood, T. R. E., y G. A. Norton. 1973. Economic aspects of pest management strategies and decisions. *Ecol. Soc. Aust., Mem.* 1:168-184.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. van den Bosch, y K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81-101.

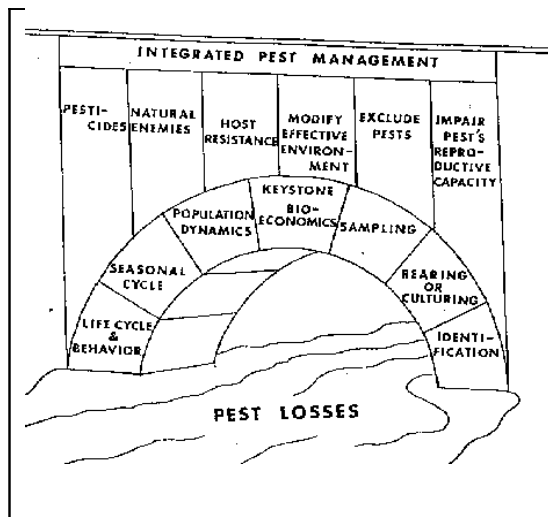


Fig. 1. Diagrama de los componentes de MIP mostrando la importancia central de la bioeconomía en relación con el desarrollo del sistema.

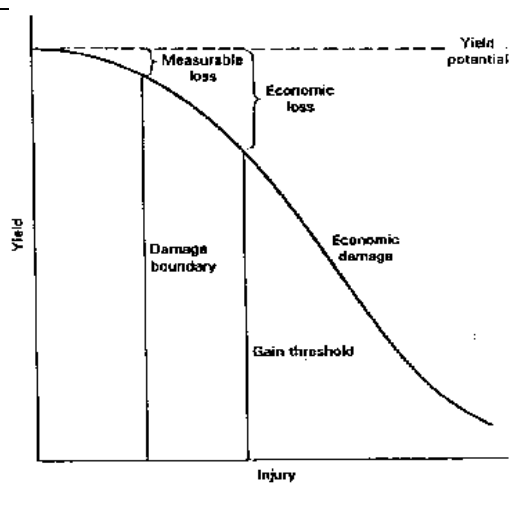


Fig.2. Diagrama que muestra la relación del límite del daño con la pérdida económica y el umbral de ganancia.

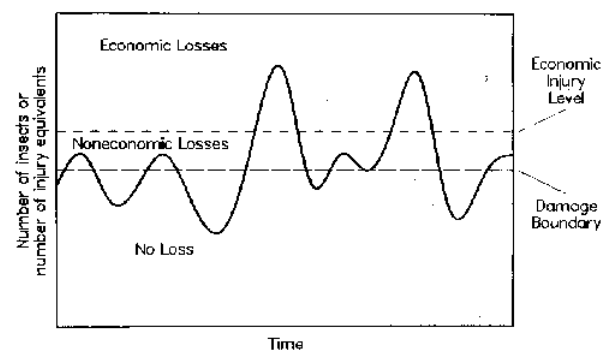


Fig. 3. Diagrama que muestra la relación del límite de daño con el nivel de daño económico

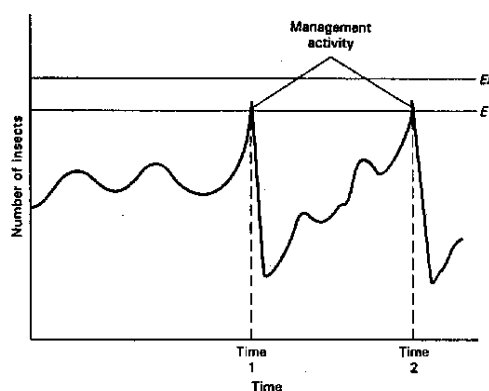


Fig. 4. Diagrama que muestra la relación del umbral económico con el nivel de daño económico y el momento de realizar una acción.

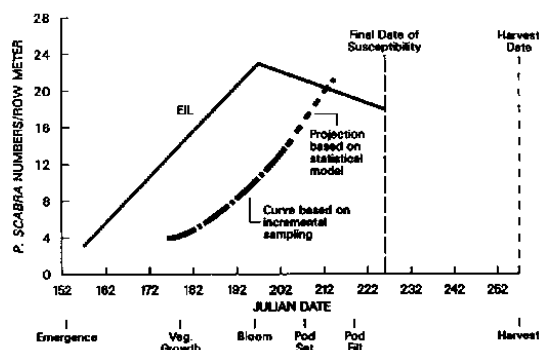


Fig. 5. Crecimiento de una población del gusano verde del trébol, *Plathypena scabra*, en soja según indican los incrementos en los muestreos y proyecciones de crecimiento futuro con base en un modelo estadístico.