

# Evaluación del impacto ambiental de los plaguicidas en la producción hortifrutícola (Parte 1 / Producción Frutícola)



Nuñez S.<sup>1</sup>, Maeso D.<sup>1</sup>, Conde P.<sup>2</sup>, Duarte F.<sup>2</sup>, Nuñez P.<sup>2</sup>, Mieres I.<sup>2</sup> y Bruno A.<sup>3</sup>

Los plaguicidas agrícolas, llamados también agrotóxicos o fitosanitarios, según el juicio de valor que se tenga de los mismos, forman parte de la mayoría de los sistemas de producción. Como en la casi totalidad de las actividades agrícolas, la utilización de plaguicidas tiene distinto grado de impacto sobre el medio ambiente, según la forma en que éstos se utilicen. En los últimos años, la protección del medio ambiente y los efectos de las sustancias usadas en la agricultura o la industria sobre el mismo y los seres humanos, han tomado importancia, y la sociedad en su conjunto es constantemente influenciada por opiniones en esa temática, muchas veces contradictorias. Eso, en nuestro país, se ve agravado por la ausencia de información científica objetiva acerca de la magnitud de los efectos de los plaguicidas usados en la producción agrícola, lo cual lleva a que los argumentos manejados sean muchas veces testimoniales.

El impacto de los plaguicidas sobre el ambiente depende, entre otros factores, de: sus características, la frecuencia de uso, la forma de aplicación, la dosis empleada, la extensión del área de aplicación, etc.

En los cultivos intensivos como son las hortalizas y los frutales, es donde se utiliza la mayor cantidad de plaguicidas por unidad de superficie. Sin embargo, debido a que el número de hectáreas destinadas a su producción, en relación a otros cultivos agrícolas como la soja, es menor, probablemente su impacto global a nivel de país no sea de gran magnitud.

Sin embargo, la importancia del impacto generado podría aumentar en las regiones específicas donde se concentran esos cultivos, los que además emplean abundante mano de obra, que reside en el predio o lo hace en centros poblados cercanos.

Teniendo en cuenta entonces, la falta de información objetiva y el potencial impacto ambiental en las zonas de producción hortifrutícolas, INIA Las Brujas consideró de vital importancia iniciar estudios tendientes a valorar el nivel de impacto de los plaguicidas en los sistemas de producción intensivos en su área de influencia.

En este primer artículo se presentará la información proveniente de los trabajos de investigación que se llevaron a cabo durante 2004-2005 en los cultivos frutícolas (manzana, pera y durazno), y en una segunda entrega los realizados en cultivos hortícolas (tomate y zanahoria).

## Metodología usada en la evaluación del impacto ambiental

A grandes rasgos, el nivel de impacto de los plaguicidas usados para la producción de cualquier rubro agrícola puede estimarse determinando la cantidad de sus residuos en los distintos componentes del ecosistema y en los productos consumidos por el ser humano. Esos niveles de residuos pueden ser detectados mediante análisis químicos o biológicos o estimados a través de modelos de simulación.

<sup>1</sup> Técnicos Protección Vegetal INIA Las Brujas

<sup>2</sup> Pasantes Convenio INIA- Facultad de Agronomía

<sup>3</sup> Consultor BID

El paso siguiente es compararlos con valores límites predeterminados, que marcan su peligrosidad a través de la toxicidad sobre los diferentes organismos vivos del ecosistema.

Existen varias fuentes que proveen los valores límites, los cuales son fruto de la investigación de organismos internacionales especializados, que permiten predecir el efecto de los plaguicidas sobre el ser humano y organismos vivos del ecosistema.

El impacto de los plaguicidas también puede estimarse mediante el cálculo de índices categóricos teóricos, los cuales en función de las características de los productos aplicados, dosis y frecuencia de aplicación brindan un valor numérico que permite contrastar tecnologías de control o sistemas de producción en base al impacto ambiental producido.

En nuestros trabajos, la evaluación del impacto ambiental de los plaguicidas se realizó en varias etapas. La primera consistió en encuestas a productores respecto al manejo, frecuencia de aplicación y tipo de plaguicidas utilizados y tuvo la finalidad de caracterizar el uso de plaguicidas en esos cultivos. Una vez recabada esa información se realizaron dos análisis:

1) la comparación de los sistemas de producción a través de índices categóricos y 2) la evaluación del destino de los residuos de plaguicidas aplicados en cultivos ubicados en cuencas de pequeños cursos de agua.

En la comparación de sistemas de producción se tomó en cuenta que además del sistema convencional (PC) existe desde 1997 en el país un sistema de producción de frutas y hortalizas llamado Producción Integrada (PI). La principal diferencia entre ambos radica en que en la PI hay un mayor compromiso con el medio ambiente, respetándose normas de producción que tienden a lograr, entre otras metas, una mayor sustentabilidad ambiental de la producción.

Para ello, la selección de plaguicidas de bajo impacto ambiental y su uso racional son fundamentales. En función de estas características, se compararon ambos sistemas de producción (PI y PC) mediante el cálculo del "Índice de Impacto Ambiental" (Environmental Impact Quotient, EIQ). Este índice toma en cuenta para todos los plaguicidas empleados, la acumulación del grado relativo de impacto de cada producto (en función de su efecto sobre el ambiente, el trabajador rural y el consumidor) ponderada por el número de aplicaciones y la dosis utilizada. A mayores valores numéricos del índice, mayor es el impacto ambiental. Cabe destacar que para este índice no existen valores límites sino solamente referencias para comparar alternativas.

En el segundo análisis se seleccionaron microcuencas con concentración de cultivos y con un alto uso de plaguicidas. Para estudiar los cultivos frutícolas se selec-

cionó una microcuenca en la zona de Melilla, departamento de Montevideo, por donde corre la cañada del Dragón, que comprende un área cercana a las 700 has de producción frutícola. Con la información de las aplicaciones de plaguicidas realizadas por los productores localizados en la microcuenca durante la temporada, se realizó la estimación de los niveles de determinados plaguicidas a esperar en suelos y aguas usando el modelo de destino Soilfug.

Este modelo permite predecir los niveles de plaguicidas en agua de escurrimiento superficial y suelo en un período de tiempo en base a las aplicaciones realizadas (dosis, frecuencia, área de la cuenca aplicada), lluvias ocurridas, características de la cuenca (suelos, escurrimiento, etc.) y características propias del plaguicida.

Como complemento a estos datos teóricos, en varias oportunidades se determinaron los niveles de residuos de plaguicidas en suelos, agua y sedimentos de las cañadas (inicio y fin) y en productos vegetales mediante análisis químicos. Adicionalmente también se evaluaron niveles de toxicidad mediante bioensayos. Los análisis químicos fueron realizados por el consorcio formado por la CAMM (Comisión Administradora del Mercado Modelo)-IMM-Bromatología (Intendencia Municipal de Montevideo, División de Bromatología) y FAGRO-UTA (Facultad de Agronomía, Unidad de Tecnología de los Alimentos) y los bioensayos por el Laboratorio de Higiene Ambiental, de la Intendencia Municipal de Montevideo. Los niveles de residuos de plaguicidas estimados o detectados en agua, sedimentos y suelo fueron comparados con los valores de referencia de toxicidad a diferentes organismos acuáticos o terrestres reportados en diferentes fuentes.

A continuación se describen algunos de los resultados obtenidos.



Cañada del Dragón

**Cuadro 1** - Número de montes y superficie en hectáreas incluidas en el estudio

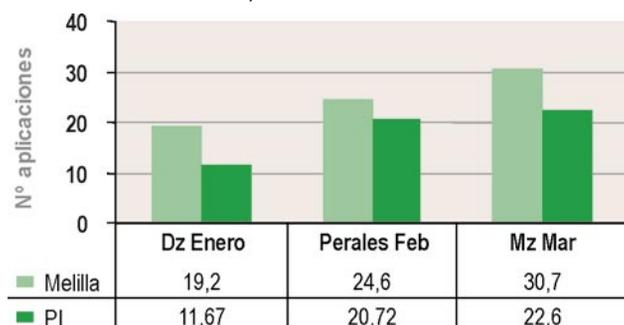
Especie	Melilla (Prod, convencional)		Producción integrada		Totales	
	Nº montes	Has	Nº Montes	Has	Nº Montes	Has
Ciruelo	6	3	20	9	26	12
Duraznero	82	38.5	85	76	167	114.5
Manzano	85	223.3	163	149	248	372
Peral	20	20.7	63	43	83	63.7
TOTAL	193	285.5	331	268	524	562.5

### Manipulación de plaguicidas

La información fue colectada a través de encuestas realizadas en el área de Melilla (producción convencional) y de los cuadernos de campo (producción integrada) abarcándose en total 562 has de montes frutícolas, que se discriminan en el Cuadro 1.

En función de los resultados de las encuestas realizadas a productores de la zona de Melilla en cuanto a la manipulación de plaguicidas, se detectaron como principales restricciones: la falta de protección de los aplicadores y el destino de los envases vacíos de plaguicidas. Solamente el 55% de los aplicadores encuestados se protegen con máscara, mientras que cerca de un 20% no usa ningún tipo de protección, lo cual se agrava si consideramos que algunos de los elementos mencionados como forma de protección solamente brindan protección incompleta (sombrero, botas, etc.).

**Figura 1** - Número promedio de aplicaciones anuales de plaguicidas (insecticidas y fungicidas) en distintos cultivos frutícolas y diferentes sistemas de producción (producción integrada=PI y producción convencional= Melilla). (Dz: duraznero; MZ: manzano)



En cuanto al manejo de los envases vacíos, solo el 20% efectúa el triple lavado, y la mayoría de los productores encuestados contestó que guarda los envases por carecer de mecanismos que aseguren un destino final ambientalmente razonable.

### Perfil del manejo sanitario

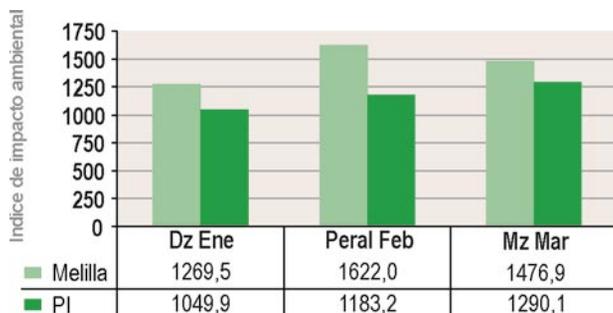
Con la información individual colectada (número de aplicaciones, principios activos utilizados y dosis) se definieron los perfiles promedio de aplicación de plaguicidas usados por los productores en los sistemas de producción integrada (PI) y convencional (PC).

En el número total promedio de aplicaciones de plaguicidas, no se incluyeron las aplicaciones invernales. En promedio, del total de aplicaciones por cultivo, un 33 % corresponde a insecticidas y el 66% restante corresponde a fungicidas. Los insecticidas más utilizados en producción convencional son metil-azinfos y metil-paratión, representando ambos el 70% de las aplicaciones. En el caso de fungicidas en perales y manzanos, el 50% de las aplicaciones corresponden a ditiocarbamatos, mientras que en durazneros cerca del 50% corresponden a captan.

De acuerdo a la Figura 1, en el sistema de producción integrada frutícola globalmente se realizan casi un 30% menos de aplicaciones de plaguicidas. Para los insecticidas, esta reducción va acompañada con una selección más racional de productos, tendiendo a usarse insecticidas selectivos con mayor frecuencia que en PC.

No obstante, la frecuencia de uso de insecticidas fosforados de baja selectividad y alta toxicidad, como metil-azinfos y metil-paration, es todavía muy alta. En fungicidas, la diferencia entre sistemas se debe a un uso significativamente menor en PI de fungicidas ditiocarbamatos.

**Figura 2** - Valores del Índice de impacto ambiental (EIQ) en distintos cultivos frutícolas y diferentes sistemas de producción (producción integrada=PI y producción convencional=Melilla). (Dz: duraznero; MZ: manzano)



### Índice de impacto ambiental

Los valores del Índice de Impacto Ambiental (EIQ) calculados en los tres cultivos fueron siempre más altos en el sistema de producción convencional que en producción integrada (Figura 2).

En el cultivo que existió mayor diferencia fue en peral, donde el valor en PI es 30% más bajo que en PC. Debe destacarse que en función del menor número de aplicaciones de plaguicidas y de la utilización de productos más selectivos en PI, se preveía una mayor diferencia entre los valores de ambos sistemas. Esta diferencia menor a la esperada en los valores del índice entre ambos sistemas de producción se debió al mayor uso de azufre y sulfato de cobre en PI, fundamentalmente en durazneros.

Estos fungicidas, si bien no son de origen sintético y por ello son también aceptados en producción orgánica, otro sistema de producción amigable con el medio ambiente, son especialmente castigados por el índice utilizado (EIQ), debido fundamentalmente a su alta persistencia y a las altas dosis que se utilizan. Recordemos que el valor final del EIQ es función del producto: índice relativo x dosis x número de aplicaciones.

Teniendo en cuenta esta forma de cálculo del EIQ de campo, los plaguicidas que en general tienen mayor impacto ambiental son aquellos que se usan en mayor dosis.

Es así que al analizar la contribución de cada tipo de plaguicida al valor final del EIQ, los fungicidas son responsables del 80% del valor final del índice. Entre ellos, los fungicidas cúpricos, a pesar de aplicarse una o dos veces en la temporada, contribuyen con un 30% al valor final del EIQ.

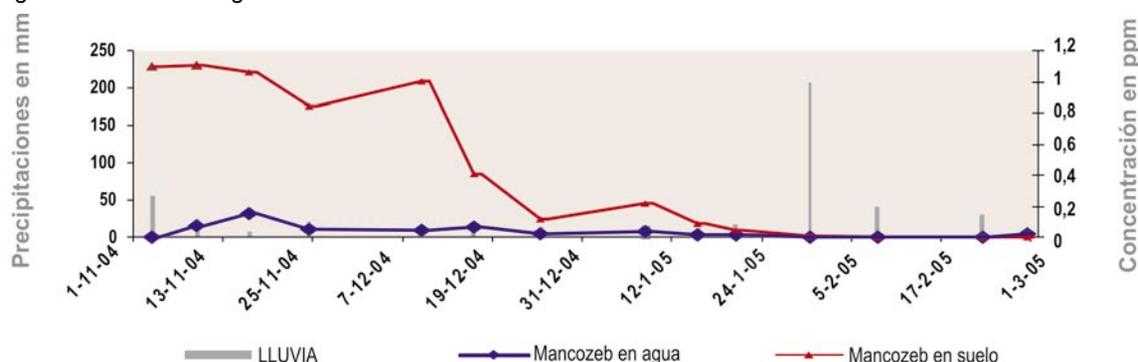
### Seguimiento de los niveles de residuos en agua y suelo

La existencia de residuos de plaguicidas en suelos y agua de escurrimiento superficial, depende de características propias del plaguicida como su persistencia, del número de aplicaciones, de características de la cuenca como pendiente, suelos, etc. y del régimen pluviométrico.

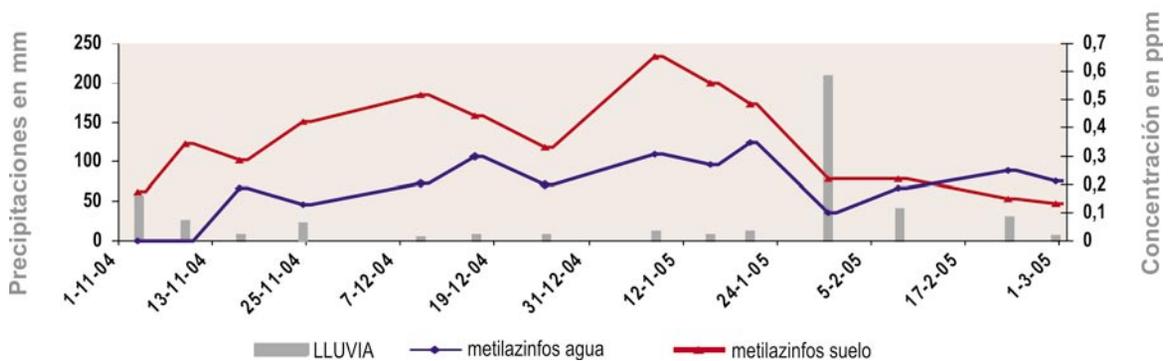
De acuerdo a la encuesta, los dos plaguicidas más utilizados por los productores frutícolas de la cuenca de la Cañada del Dragón fueron mancozeb (fungicida) y metil-azinfos (insecticida). Promedialmente, de las veinte aplicaciones de fungicidas que se realizan por temporada en manzanos (50% del área de la cuenca), diez corresponden a mancozeb, concentradas fundamentalmente entre octubre y noviembre. Paralelamente, de las diez aplicaciones de insecticidas que se realizan por temporada, cinco corresponden a metil-azinfos y están fundamentalmente concentradas entre noviembre y febrero.

Los niveles de residuos de ambos plaguicidas en agua y suelo calculados considerando esa información y las lluvias registradas durante la temporada 2004-2005, usando el modelo Soilfug fueron más altos en los momentos en los que se realizó el mayor número de aplicaciones. Los momentos en que existirían mayores niveles de metil-azinfos en suelos y aguas sería entre noviembre y febrero, mientras que para mancozeb sería entre octubre y noviembre (Figuras 3 y 4).

**Figura 3** - Concentración estimada de mancozeb en agua y suelo en la cuenca de la cañada del Dragón según el modelo Soilfug.



**Figura 4** - Concentración estimada de metil-azinfos en agua y suelo en la cuenca de la cañada del Dragón según el modelo Soilfug.



Al compararlos con los valores de LC50<sup>1</sup> de tabla de organismos indicadores como son la pulga de agua (*Daphnia magna*), integrante del zooplancton de agua dulce y base de la cadena alimentaria de muchos peces, y las lombrices de tierra (*E. foetida*), se puede concluir que los niveles de metil-azinfos en agua de escurrimiento calculados por Soilfug superaron la LC50 de *D. magna* durante prácticamente toda la temporada de crecimiento del cultivo, mientras que los de mancozeb solo superarían el LC 50 de *D. magna* en los meses de octubre y noviembre. En cuanto al suelo, para ninguno de los plaguicidas analizados, los niveles estimados por el Soilfug superan en ningún momento el LC 50 de *E. foetida*.

No se detectaron residuos de plaguicidas en los análisis químicos de las aguas y sedimentos realizados como complemento a las estimaciones del modelo Soilfug, a fines de febrero, agosto y noviembre, al inicio y al final de la Cañada del Dragón. Sin embargo, en los bioensayos practicados se encontraron síntomas de toxicidad crónica en *Daphnia magna* en varias oportunidades en las muestras de agua tomadas al final de la cuenca. Esto indica la existencia de cierto nivel de contaminación en el agua de escurrimiento superficial de esta cuenca frutícola. No obstante, la misma puede atribuirse tanto a plaguicidas como a otro tipo de contaminantes, ya que las pruebas biológicas realizadas no permiten identificar el agente causal de la contaminación.

En el caso de suelos, los muestreos se realizaron a fines de febrero y en noviembre. En total se analizaron nueve suelos por muestreo y tres por cultivo (manzanos, perales y durazneros).

La Figura 5 muestra que el momento en que se encontraron mayor cantidad de residuos de plaguicidas fue al final del ciclo de crecimiento de los frutales (febrero), no obstante los niveles detectados no superaron la LC 50 de los organismos indicadores como *E. foetida*.

Si bien el insecticida más usado en la cuenca fue metil-azinfos, el plaguicida más comúnmente detectado en suelos fue metil-paration, el cual se encuentra en segundo lugar en cuanto a frecuencia de utilización. Debe destacarse que, aunque el fungicida más utilizado es el mancozeb, la no detección de éste, se debe a que hasta el momento de realizar estos estudios, la técnica analítica no estaba ajustada,

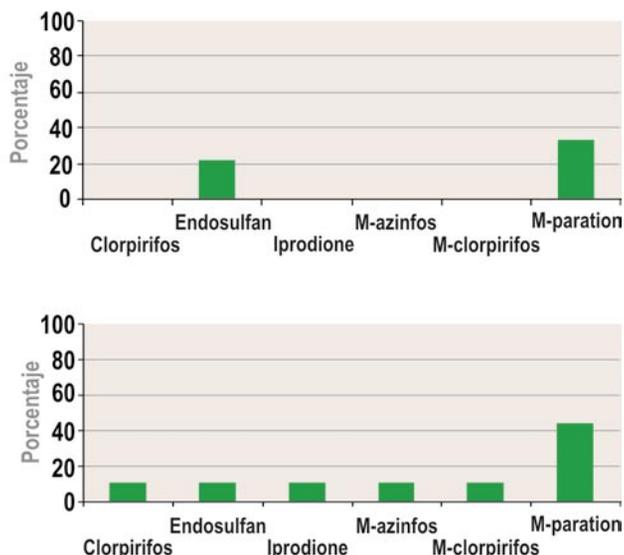
Paralelamente a estos análisis, se hicieron otros con el objetivo de detectar plaguicidas clorados. A pesar de que hace más de 30 años que no se utilizan en el país, en ocho de los nueve suelos analizados, se encontraron metabolitos de DDT. Esto confirma la alta persistencia de este tipo de plaguicidas en los suelos agrícolas.



Fruta producida con el sistema de Producción Integrada

<sup>1</sup>LC50: Concentración letal 50. Es la concentración de una sustancia que mata al 50% de los individuos cuando es administrada en una única exposición. Da idea de la toxicidad aguda relativa de esa sustancia.

**Figura 5** - Porcentaje de suelos frutícolas según residuo de plaguicida detectado. Melilla 2005.



### Residuos de plaguicidas en el producto final

A los efectos de conocer los niveles de residuos de plaguicidas en fruta de aquellos predios donde se realizó el seguimiento a la cosecha también fueron analizadas las frutas procedentes de los mismos. Estos análisis fueron además comparados con otros practicados en fruta proveniente de producción integrada.

Los plaguicidas más comúnmente encontrados en fruta fueron captan y carbaril. Ambos productos habitualmente usados en precosecha, si bien se encontraron en fruta no se detectaron en suelo, lo cual se explicaría por el distinto comportamiento de los plaguicidas según el sustrato en que se encuentren. Comparando los distintos plaguicidas y los niveles detectados, no se encontraron diferencias de importancia entre la fruta proveniente de PI y PC. Tanto en producción integrada como en producción convencional el durazno fue la fruta en la cual se encontró mayor cantidad de principios activos.

Debemos destacar que contrariamente a lo que el público en general puede suponer, si bien en la mayoría de las frutas evaluadas se detectaron residuos de plaguicidas, esto no significa bajo ningún concepto que estas frutas sean perjudiciales para el consumo humano, ya que los niveles detectados (a excepción de una muestra) estaban por debajo de los LMR<sup>2</sup> aprobados por el Codex Alimentarius.

### Comentarios finales

La producción convencional de frutas utiliza a los plaguicidas en forma excesiva, lo que queda demostrado por el hecho de que la producción integrada aplica un 30% menos plaguicidas manteniendo los niveles de productividad

La producción integrada tiene la tendencia a usar en mayor porcentaje plaguicidas de menor impacto ambiental, no obstante en ambos sistemas, y en particular en PC, los plaguicidas más utilizados son aquellos de mayor toxicidad y menor selectividad como metil-azinfos y metil-paration.

Si bien la producción integrada en conjunto tiene un menor impacto ambiental (EIQ) que la producción convencional, será posible disminuirlo muy significativamente, no solo disminuyendo el uso de los productos citados anteriormente sino también reduciendo el empleo de cúpricos y azufre. Los niveles de residuos de los plaguicidas empleados en la actualidad detectados en suelo no parecen ser preocupantes, sin embargo deberá prestarse atención a las propiedades del tipo de plaguicida usado ya que existen aún residuos de clorados después de 30 años de haberse interrumpido su uso.

En la simulación realizada por el modelo Soilflug, los niveles de algunos plaguicidas (metil-azinfos, metil-paration y mancozeb) en el agua de la Cañada del Dragón superan los valores aceptables teniendo en cuenta la LC50 para *D. magna*. Los niveles de contaminación del agua de esa cañada fueron además confirmados por las pruebas biológicas realizadas, aunque éstas no permiten asegurar que sea únicamente debida a los residuos de plaguicidas.



Aplicación de plaguicidas en la zona.

<sup>2</sup> LMR: Los LMR son la concentración máxima de residuos de un plaguicida (expresada en mg/kg) en la superficie o la parte interna de productos alimenticios para consumo humano, recomendada por la Comisión del Codex Alimentarius, para que se permita legalmente su uso. Los alimentos que se ajustan a los respectivos LMR son toxicológicamente aceptables e inoocuos para el ser humano. Los valores se obtienen basándose en la evaluación toxicológica del plaguicida y su residuo y el examen de datos de residuos obtenidos en ensayos y usos supervisados. (<http://www.fao.org/waicent/faostat/Pest-Residue/pest-s.htm>)