

Más allá del control biológico: estrategia integrada de intervención mineral frente a *Thrips parvispinus* en pimiento de invernadero

Marco técnico orientado a la aplicación que combina agua alcalina ionizada activada mediante KNAMAX™ y protección mineral por contacto con ACARISIN™, con ingeniería específica por estadios, umbrales predictivos de eficacia y modelización del coste de uso

José M. López, director de I+D+i

Síntesis técnica crítica, diseño de la intervención y análisis económico industrial

Resumen

La rápida expansión de *Thrips parvispinus* en el cultivo protegido de pimiento en el sudeste de España ha puesto de manifiesto una vulnerabilidad estructural de los programas de control biológico optimizados para trips que habitan en las flores. Un estudio de semicampo de 2026 observó que solo el 5,5 % de los individuos de *T. parvispinus* se encontraba en las flores, mientras que el depredador más eficaz de los evaluados, *Orius laevigatus*, no consiguió resolver completamente el problema. La plaga, además, protege sus huevos dentro del tejido vegetal y suele pupar en el sustrato. Estas características exigen una intervención distribuida espacial y temporalmente, en lugar de una respuesta única centrada en la pulverización foliar o en los depredadores. Este artículo desarrolla una arquitectura de intervención práctica y orientada a los costes, basada en dos plataformas tecnológicas minerales propietarias ya existentes: KNAMAX™, tecnología de acondicionamiento del agua que genera agua alcalina ionizada activada (AAI), y ACARISIN™, sistema mineral de grado alimentario con antecedentes documentados de protección frente a plagas. La propuesta central no consiste en asumir que cualquier ingrediente mineral elimina necesariamente esta especie, sino en que la aplicación escalonada de un módulo de intervención acuosa, una protección mineral de contacto, el manejo localizado del sustrato, las medidas de exclusión y la vigilancia puede disminuir el multiplicador reproductivo efectivo al actuar sobre diferentes compartimentos del ciclo biológico. Se especifican ventanas operativas, salvaguardas analíticas, un programa reproducible de 21 días, ejemplos de cálculo de dosis y escenarios económicos transparentes en €/ha. Es fundamental distinguir la eficacia histórica específica de los productos de los resultados predichos para esta especie. El trabajo define umbrales cuantificables de éxito sin presentar reducciones previstas como resultados experimentales observados y precisa la diferencia regulatoria entre ingredientes de grado alimentario, sustancias básicas aprobadas y autorización de un producto comercial para un uso determinado de control de insectos.

Palabras clave: *Thrips parvispinus*; pimiento; *Capsicum annuum*; gestión integrada de plagas; AAI; KNAMAX; ACARISIN; protección mineral por contacto; economía de invernadero; dinámica poblacional de plagas.

Proposiciones técnicas

- La unidad de gestión de la plaga debe ser la generación completa, y no únicamente el número de adultos eliminados inmediatamente después de una pulverización.
- La deposición en la cubierta vegetal debe dirigirse principalmente a las hojas jóvenes y a las superficies foliares ocultas, en lugar de diseñarse exclusivamente para las flores.
- KNAMAX™ y ACARISIN™ deben diseñarse como intervenciones secuenciales, aunque ambos pueden emplearse de forma combinada.
- La dosis operativa debe calcularse individualmente, en función de las condiciones y la situación de infestación.
- Los costes previstos pueden ser sustancialmente inferiores a los desembolsos extraordinarios comunicados para el control biológico, pero la comparación exige horizontes temporales equivalentes e incluir todos los costes asumidos en la explotación.

1. De una crisis agrícola excepcional a un problema de ingeniería abordable

Una noticia publicada el 19 de octubre de 2026 describió una profunda preocupación entre los productores de pimiento de Almería y recogió declaraciones según las cuales aproximadamente el 60 % de las explotaciones estaban afectadas, ya se habían arrancado 200 ha y algunos agricultores habían gastado más de 20.000 €/ha en control biológico sin lograr una supresión adecuada [1]. Se trata de declaraciones atribuidas a representantes del sector, no de un conjunto de datos sobre costes de control obtenidos mediante un muestreo estadístico y susceptibles de auditoría. No obstante, constituyen una señal industrial inequívoca: los agricultores necesitan una detección más rápida, una interceptación más eficaz de las cohortes sucesivas y menores costes marginales de tratamiento.

La cuestión científica relevante no es si el control biológico funciona en principio. En un experimento específico sobre pimiento en invernadero, Rodríguez y colaboradores observaron que *Orius laevigatus* proporcionaba la mayor supresión entre los depredadores evaluados, tanto por separado como dentro de una combinación de tres depredadores, y mejores rendimientos que los enfoques menos eficaces [2]. Sin embargo, la plaga se localizaba predominantemente en las hojas; solo el 5,5 % de los individuos se observó en las flores. Esto supone una diferencia importante respecto a las prácticas de control consolidadas para *Frankliniella occidentalis*. El hallazgo respalda un cambio en la geometría de aplicación, la distribución del muestreo y el momento de intervención. La consecuencia práctica es complementar —en lugar de eliminar indiscriminadamente— a los enemigos naturales eficaces mediante tratamientos que actúen en compartimentos insuficientemente cubiertos.

2. Organismo objetivo y geometría de intervención

Thrips parvispinus es un pequeño tisanóptero con un aparato bucal capaz de producir daños y una marcada capacidad de crecimiento poblacional rápido a temperaturas de invernadero. Las hembras adultas depositan los huevos dentro del tejido foliar. A dos estadios larvarios alimentarios suelen seguir una fase de prepupa no alimentaria y una fase de pupa, frecuentemente en el sustrato o en sus proximidades. La supervivencia de los adultos y el tiempo de generación dependen considerablemente de la temperatura y del estado de la planta hospedadora [3]. Una revisión reciente describe un desarrollo de aproximadamente 14 días a unos 25,6 °C, con pupación generalmente en el suelo, a una profundidad aproximada de 2,5 cm en los experimentos citados [3]. La dinámica concreta en un invernadero de Almería variará con la temperatura, la arquitectura del cultivo y el microhábitat.

HUEVOS	LARVAS	PREPUPAS / PUPAS	ADULTOS
Dentro del tejido	Hojas y brotes	Sustrato y refugios	Follaje y dispersión
Seguimiento de eclosiones	Contacto con ACARISIN™	Control de emergencia	Contacto, trampas, exclusión

Figura 1. Compartimentos biológicos relevantes de la plaga y correspondientes objetivos de intervención propuestos. Esquema conceptual; no implica una mortalidad observada por estadio con KNAMAX™ o ACARISIN™.

2.1 Huevos: la reserva inaccesible

Los huevos insertados en el tejido vegetal constituyen una cohorte diferida, protegida frente a numerosos tratamientos de contacto. Que un producto muestre un rendimiento destacado frente a larvas expuestas no permite asumir actividad ovicida frente a huevos incrustados en los tejidos. Por tanto, el diseño de la intervención debe programar la observación y las actuaciones de seguimiento alrededor de la emergencia esperada de nuevas larvas, en lugar de confundir una disminución inmediata de adultos con la erradicación.

2.2 Larvas alimentarias: la oportunidad de contacto

Las larvas presentes en los ápices de crecimiento y en el envés de las hojas ofrecen una ventana de intervención por contacto, siempre que el material llegue efectivamente a su microhábitat. En la práctica, la densidad de gotas, la penetración en la cubierta vegetal, la humectación, el ángulo de las hojas, los depósitos tras el secado y la capacidad de evitar la deriva hacia organismos utilizados en control biológico son tan importantes como la concentración nominal del depósito. Dirigir el tratamiento a las hojas está mejor fundamentado para esta especie que depender exclusivamente de una estrategia de muestreo o aplicación orientada a las flores [2].

2.3 Prepupas y pupas: la reserva del sustrato

La pupación asociada al sustrato genera una fuente de adultos que puede sobrevivir a una intervención exclusivamente foliar. La resolución andaluza de 10 de abril de 2026 exige específicamente medidas de saneamiento y, en las áreas afectadas sometidas a arranque del cultivo, determinados tratamientos del suelo con productos autorizados a base de tierra de diatomeas; también recomienda la solarización o biosolarización cuando resulte viable [4]. Estas obligaciones no pueden sustituirse suponiendo que todos los polvos minerales son equivalentes desde el punto de vista jurídico o técnico. No obstante, su fundamento entomológico resulta directamente pertinente para un sistema modular dirigido a la emergencia desde el suelo.

2.4 Adultos: dispersión y reintroducción

Los adultos colonizan zonas de cultivo adyacentes, sobreviven en hábitats protegidos y pueden reconstruir rápidamente las poblaciones. Por tanto, las medidas de exclusión del cultivo, el trampeo perimetral, el movimiento cuidadoso de plantas, la coordinación entre explotaciones vecinas y la vigilancia continua son complementos imprescindibles de cualquier intervención de contacto. Un tratamiento puede tener éxito frente a la población existente y fracasar comercialmente si la recolonización supera la supresión conseguida.

3. Plataformas industriales existentes: solidez de la evidencia y límites de transferencia

3.1 ACARISIN™: experiencia histórica en control mineral de plagas

ACARISIN™ se presenta en la literatura técnica del fabricante como una plataforma mineral procesada, propietaria y de grado alimentario, con aplicaciones en materiales almacenados y protección frente a insectos, ácaros y distintos estadios de desarrollo. La ficha actual identifica componentes de grado alimentario y la tecnología Single Grain Fusion Technology™ del fabricante [5]. Los registros internos de evidencias recopilan ensayos sobre plagas de productos almacenados, ácaros y fitopatógenos, además de informes operativos de campo [6]. La evidencia académica independiente más sólida y específica del producto localizada en el expediente se refiere a la inhibición de *Botrytis cinerea* in vitro en condiciones experimentales definidas. Ese trabajo documenta actividad biológica en su ámbito, pero no constituye un ensayo directo frente a trips. Del mismo modo, las mortalidades elevadas observadas en insectos de cereales almacenados no pueden trasladarse automáticamente al mismo porcentaje en *T. parvispinus*, que habita sobre hojas: cambian el entorno del hospedador, la humedad, el sustrato, la duración de la exposición, el estadio vital y la formulación.

El expediente existente sobre ECO-EFF™ + STERILFOOD K™ describe una intervención combinada frente a *Tagosodes* en arroz, con ECO-EFF™ preparado como suspensión acuosa a 20 g/L [7]. Constituye un antecedente importante del proceso de manipulación de suspensiones minerales, la idoneidad de las boquillas y las aplicaciones repetidas. Dado que el resultado histórico se atribuye a un programa combinado, no establece la eficacia independiente de ACARISIN™ o ECO-EFF™ frente a *T. parvispinus*. Tampoco puede considerarse que 20 g/L sea una concentración universalmente adecuada o inocua para el cultivo de pimiento.

3.2 KNAMAX™: tecnología de acondicionamiento del agua de proceso

KNAMAX™ es una tecnología mineral propietaria y consolidada de acondicionamiento del agua, utilizada para preparar AAI con fines industriales específicos. Los registros del fabricante definen concentraciones operativas en relación con la química del agua de origen y describen el control del pH, la conductividad, la temperatura, el contacto del tratamiento y la renovación del agua [8]. Este artículo omite deliberadamente la composición propietaria, las proporciones de fabricación y los parámetros industriales críticos.

Para el manejo de plagas en invernadero no deben confundirse dos contextos distintos de aplicación. El primero es el acondicionamiento del agua y el saneamiento de instalaciones sin ocupación, donde deben abordarse la compatibilidad de materiales, la exposición profesional y el uso legalmente aplicable. El segundo es la exposición del follaje vivo del cultivo a una preparación acuosa, donde la química de los tejidos, la contaminación de la zona radicular y la exposición de artrópodos beneficiosos plantean condicionantes completamente diferentes. Una formulación de agua de proceso altamente alcalina no puede declararse fitosegura solo porque sus componentes cumplan especificaciones de grado alimentario. La variable útil de optimización es el estado medido del agua aplicada, no un porcentaje de concentrado no examinado.

3.3 Interpretación mecanística sin simplificaciones carentes de respaldo

La protección mineral de contacto puede depender de la deposición física, la interacción con la cutícula, la desecación, las condiciones osmóticas locales, la humectación y el acceso a interfaces cuticulares o espiraculares vulnerables. El predominio de cada proceso depende de la formulación y del artrópodo objetivo. Las exposiciones acuosas alcalinas también pueden modificar la química superficial, pero ni la experiencia antimicrobiana ni una conductividad alterada demuestran electroporación en insectos. La electroporación clásica requiere un campo eléctrico suficientemente intenso y una permeabilización de membrana medible; no debe utilizarse esa denominación mecanística sin evidencia específica. Por ello, una afirmación industrial precisa debería centrarse en resultados observables —mortalidad, inhibición de la alimentación, menor emergencia, persistencia del depósito y

compatibilidad con la planta hospedadora—, utilizando el mecanismo como modelo explicativo susceptible de comprobación.

4. Propuesta de doble plataforma: contacto inmediato y presión sobre estadios protegidos

La arquitectura de ingeniería mejor fundamentada utiliza operaciones complementarias, en lugar de una mezcla de depósito no verificada. KNAMAX™ aporta un módulo controlable de acondicionamiento del agua y saneamiento para entornos designados y, si se establece una preparación compatible con las plantas, una posible función foliar de contacto breve. ACARISIN™ aporta el módulo de contacto mineral dirigido a poblaciones expuestas sobre las hojas o a otros emplazamientos autorizados. La exclusión perimetral y el saneamiento del sustrato actúan sobre la introducción y la emergencia. Al distribuir el control en el espacio y en el tiempo, el programa se diseña para reducir el número de hembras viables que alcanzan el siguiente ciclo reproductivo.

Módulo	Objetivo principal	Variable controlable	Indicador principal de rendimiento
Acondicionamiento del agua AAI / estructuras	Reservorios y superficies despejadas	pH final, alcalinidad, conductividad, exposición	Insectos recuperables / indicadores de contaminación
Contacto foliar con ACARISIN™	Larvas alimentarias y adultos expuestos	Concentración, dosis aplicada, cobertura foliar	Larvas vivas/hoja; adultos vivos/hoja
Sustrato y exclusión	Pupas, emergencia de adultos y recolonización	Estado del suelo, trampas, higiene del cultivo	Trampas de emergencia; índice de inmigración
Vigilancia y decisiones	Todos los compartimentos a lo largo del tiempo	Frecuencia de muestreo, umbrales de actuación	Tendencia poblacional y producción comercializable

5. Ingeniería de dosis y proceso

5.1 Cuantificación de la suspensión de ACARISIN™

Una matriz inicial técnicamente útil es un estudio escalonado de suspensiones a 2, 5 y 10 g/L, con un cuarto nivel, más elevado, de 20 g/L limitado a un entorno adecuadamente controlado en el que se haya comprobado la seguridad del tejido hospedador y las propiedades físicas del producto. El intervalo se selecciona para abarcar concentraciones sustancialmente inferiores al antecedente histórico de suspensión de ECO-EFF™ a 20 g/L y no debe presentarse erróneamente como una pauta establecida o aprobada frente a *T. parvispinus*. Los valores siguientes calculan la cantidad necesaria para cargar un depósito de pulverización; no demuestran una dosis aplicada eficaz.

Suspensión nominal	Volumen de pulverización de 500 L/ha	Volumen de pulverización de 750 L/ha	Interpretación
2 g/L (0,2 % p/v)	1,0 kg/ha	1,5 kg/ha	Nivel inicial para evaluar la deposición por contacto
5 g/L (0,5 % p/v)	2,5 kg/ha	3,75 kg/ha	Brazo principal de evaluación técnica
10 g/L (1,0 % p/v)	5,0 kg/ha	7,5 kg/ha	Brazo de evaluación con deposición elevada

20 g/L (2,0 % p/v)	10,0 kg/ha	15,0 kg/ha	Referencia formulativa histórica; no constituye una recomendación para pimiento
--------------------	------------	------------	---

El balance de materia aplicable es $M_A \text{ (kg/ha)} = C_A \text{ (g/L)} \times V \text{ (L/ha)} / 1.000$. Por ejemplo, 5 g/L a 600 L/ha requieren 3,0 kg/ha. El depósito real debe expresarse además en mg/cm^2 sobre las superficies superior e inferior de la hoja. Un programa que controle solamente la concentración del depósito, pero no la deposición foliar, tendrá escasa reproducibilidad entre explotaciones.

5.2 Ventana operativa del AAI para intervenciones próximas a las plantas

En el caso de KNAMAX™, la dosificación pertinente no puede inferirse responsablemente de las aplicaciones históricas en procesamiento alimentario. En su lugar, debe prepararse el agua de proceso mediante un procedimiento operativo específico del producto, determinar su pH final, alcalinidad titulable, conductividad y temperatura, e investigar si existe una ventana compatible con la aplicación foliar. Como criterio de desarrollo, el examen de tolerancia foliar puede evaluar preparaciones cercanas a la neutralidad y ligeramente alcalinas, reservando las condiciones de mayor alcalinidad para ensayos de laboratorio sin cultivo, salvo que se demuestre tolerancia foliar. Esto no implica que reducir el pH conserve el mecanismo AAI deseado; podría no hacerlo. Si no puede prepararse un AAI demostrablemente funcional y compatible con el cultivo, KNAMAX™ deberá reservarse para usos no foliares conformes. Se trata de una decisión de diseño, no del abandono de la plataforma combinada.

Un aerosol de pH elevado y un ingrediente de grado alimentario pueden seguir presentando riesgos profesionales y de compatibilidad con los materiales. Deben controlarse la corrosión de las boquillas, los daños superficiales, la exposición ocular del trabajador, la mezcla con ácidos u oxidantes y la carga química en la zona radicular, conforme a los datos de seguridad pertinentes y las condiciones de uso aprobadas. KNAMAX™ y ACARISIN™ deben evaluarse como operaciones secuenciales independientes antes de formular cualquier afirmación sobre su compatibilidad.

5.3 Arquitectura del cultivo y verificación de la deposición

En cada cultivo representativo deberán utilizarse tarjetas hidrosensibles o una técnica de deposición equivalente en el envés foliar, el centro del brote y la parte baja de la cubierta vegetal; inspeccionar posibles obstrucciones de boquillas y filtros tras la mezcla y la recirculación; y registrar la humedad ambiental, el tiempo de secado y la persistencia de los depósitos después de un episodio representativo de humectación. El sistema debe buscar la cobertura de los microhábitats ocupados sin generar escurrimiento innecesario. Aumentar el volumen de pulverización sin comprobar la deposición puede incrementar el trabajo, el consumo de agua y la carga sobre el cultivo sin aumentar la exposición de los insectos.

6. Arquitectura práctica de intervención durante 21 días

El siguiente marco de implantación por fases se refiere a una explotación que disponga de los derechos y permisos pertinentes para cada uso de protección de cultivos. Los intervalos deben armonizarse con la etiqueta aplicable al producto, el calendario de liberación de depredadores beneficiosos, las condiciones del invernadero y el tiempo generacional de la plaga. Su finalidad es precisar las decisiones operativas, no prometer que un calendario fijo eliminará la infestación.

Momento	Actuación prioritaria	Evidencia o factor desencadenante	Medición
Antes del ciclo / invernadero despejado	Retirar restos del cultivo; higienizar estructuras; KNAMAX™ sobre superficies despejadas elegibles; proteger el perímetro; gestionar el sustrato	Acceso a instalación vacía; focos conocidos	Capturas en trampas, higiene de refugios, estado del suelo

Día 0	Cartografiar focos; tratamiento de contacto con ACARISIN™ dirigido a los estadios, solo si está autorizado; mantener el programa de auxiliares	Recuento inicial de larvas y adultos por hoja muestreada	Recuentos foliares; deposición; fitotoxicidad
Días 3–5	Detectar larvas supervivientes y emergencia desde huevos insertados; responder según el umbral validado	Repunte larvario y agrupación espacial	Larvas vivas y depredadores; calidad del cultivo
Días 7–10	Reevaluar toda la cubierta vegetal y la emergencia desde el suelo; efectuar seguimiento compatible cuando esté justificado	Progreso generacional y emergencia	Larvas; vuelo de adultos; trampas de emergencia
Días 14–16	Centrarse en la segunda cohorte y las fuentes de inmigración	Nuevas capturas de adultos; tendencia respecto al inicio	Relaciones de densidad; daños en frutos comercializables
Día 21	Decidir mantener / intensificar / suspender / arrancar el cultivo dañado	Multiplicador efectivo de crecimiento y valor del cultivo	Costes acumulados; producción recuperada

El programa de muestreo debe combinar recuentos foliares homogéneos en posiciones normalizadas de la cubierta superior, media e inferior, capturas en trampas adhesivas para evaluar la actividad de vuelo y trampas de emergencia desde el sustrato cuando sea viable. Deben continuar muestreándose las flores para detectar cambios de comportamiento y desplazamientos locales de la población; sin embargo, un indicador basado exclusivamente en flores infravaloraría la infestación principal [2].

7. Dinámica predictiva: ¿qué nivel de supresión sería realmente suficiente?

Un programa dirigido a diferentes estadios debe evaluarse durante la generación completa. Sea R_0 el factor de multiplicación por generación en ausencia de intervención y S la reducción proporcional total de la reproducción y del reclutamiento efectivos conseguida mediante todas las actuaciones. Una expresión de primer orden es $R_{\text{eff}} = R_0 (1 - S)$. La disminución de la población requiere $R_{\text{eff}} < 1$. Se trata de un modelo de sensibilidad, no de un parámetro reproductivo ajustado a un invernadero de Almería.

Multiplicación por generación sin tratamiento (ilustrativa)	Supresión integrada mínima para el descenso poblacional
2,0×	>50,0 %
3,0×	>66,7 %
4,0×	>75,0 %
5,0×	>80,0 %
6,0×	>83,3 %

La supresión no es la suma aritmética de las mortalidades de los tratamientos individuales, salvo que las exposiciones sean independientes y abarquen una misma cohorte definida. Una factorización más informativa es $R_{\text{eff}} = R_0 \times s_e \times s_l \times s_p \times s_a \times m$, donde cada término s representa la supervivencia o el reclutamiento efectivo en un estadio, y m representa un multiplicador de inmigración o recolonización definido respecto a la referencia. La estimación debe basarse en cohortes tratadas y observaciones de campo; introducir mortalidades supuestas por estadio genera un escenario de planificación, no una evidencia. La consecuencia práctica es que intervenir sobre las larvas y la emergencia de pupas puede superar a otra intervención centrada únicamente en adultos, incluso cuando la mortalidad inmediata de estos resulte menos espectacular.

7.1 Umbrales de rendimiento predefinidos

Para una implantación piloto deben fijarse de antemano umbrales de decisión exigentes, sin presentarlos como resultados alcanzados: una abundancia de larvas vivas al menos un 70 % inferior a la de una referencia comparable

entre los días 7 y 14; reducción del 60 % en la emergencia de adultos desde focos del suelo; tendencia descendente de las nuevas lesiones foliares y en los frutos; ausencia de penalizaciones materiales sobre la producción comercializable por fitotoxicidad; y conservación aceptable de los principales depredadores beneficiosos. Se trata de criterios de continuidad o suspensión. El incumplimiento de cualquier umbral importante de seguridad debe interrumpir esa opción de aplicación; si tras aproximadamente una generación no disminuye el reclutamiento, debe modificarse la estrategia en lugar de repetir indefinidamente el mismo tratamiento.

7.2 Un diseño de ensayo más sólido que las demostraciones de un solo brazo

El diseño comercial más informativo emplearía bloques aleatorizados o sectores de invernadero emparejados, con una referencia de manejo convencional, un módulo ACARISIN™, un módulo de operaciones elegibles con KNAMAX™ y la secuencia integrada. Cuando KNAMAX™ solo pueda utilizarse en instalaciones vacías, deben compararse unidades completas de invernadero, y no sectores de cultivo contiguos, para evitar contaminación y factores de confusión. Se definirán al menos cuatro réplicas experimentales independientes por intervención cuando resulte viable, con planificación estadística basada en la varianza inicial. Los resultados deben ofrecer intervalos de confianza, recuentos absolutos, variación porcentual, producción y coste incremental. El programa combinado debe compararse con cada módulo por separado, y no únicamente con una zona sin tratamiento.

8. Modelización detallada del coste de uso: cuánto pagarían realmente los agricultores

La cifra de 20.000 €/ha mencionada en la noticia se refiere a un gasto extraordinario comunicado en control biológico. No constituye una media verificada ni una referencia comparable para 21 días. Por tanto, el coste de uso debe distinguir expresamente materiales, mano de obra de aplicación, diagnóstico, actuaciones sobre el sustrato, duración del programa y valor económico de la producción recuperable. Los escenarios siguientes son modelos operativos ilustrativos, no ofertas comerciales ni resultados de costes observados en un ensayo controlado.

Insumo / coste unitario supuesto	Escenario base	Escenario intensivo
KNAMAX™ para operaciones elegibles en instalaciones vacías	8 L × 12 €/L = 96 €	27 L × 12 €/L = 324 €
Módulo mineral de contacto ACARISIN™	12 kg × 6 €/kg = 72 €	30 kg × 6 €/kg = 180 €
Mano de obra / tiempo de maquinaria de aplicación	6 pasadas × 125 € = 750 €	8 pasadas × 150 € = 1.200 €
Trampas, medidas sobre el suelo, seguimiento y consumibles	830 €	1.350 €
Coste total previsto de intervención	1.748 €/ha	3.054 €/ha

Las cantidades de KNAMAX™ recogidas en esta tabla son previsiones presupuestarias para intervenciones elegibles sobre instalaciones, no una dosis establecida por superficie ni una dilución insecticida foliar validada. Asimismo, la masa de ACARISIN™ es una previsión de inventario para varias operaciones: la cantidad real depende de las instrucciones de uso aplicables, la superficie tratada y el número de intervenciones. No se incluyen universalmente la amortización de maquinaria, las medidas de bioseguridad de coste elevado, los insumos del control biológico que se mantengan, la producción perdida por la plaga, los impuestos ni los gastos administrativos específicos del producto. En consecuencia, el modelo sirve para decisiones preliminares de aprovisionamiento e ingeniería de campo, pero no demuestra un porcentaje de ahorro verificado.

8.1 Economía del punto de equilibrio

Para los agricultores, un tratamiento con un coste C en euros por hectárea se justifica económicamente cuando la producción comercializable adicional y los gastos evitados superan C. Si se supone una contribución neta de 0,80 €

por cada kilogramo adicional de pimiento apto para comercialización, el escenario base alcanza el punto de equilibrio con aproximadamente 2.185 kg/ha adicionales; el intensivo requiere alrededor de 3.818 kg/ha. Estas cifras proceden de dividir C entre 0,80 y no representan ni una recuperación de cosecha prevista ni una prueba de eficacia insecticida. Si únicamente se recuperan 1.500 kg/ha, ninguno de los dos escenarios alcanza ese punto de equilibrio simplificado con el margen supuesto, salvo que también se ahorren otros costes.

Las comparaciones a mayor plazo deben valorar la reducción de arranques, la presión poblacional posterior de insectos, la calidad del producto, las sueltas adicionales de organismos de control biológico, la mano de obra y el coste de oportunidad. Debe ofrecerse a los agricultores un beneficio mensurable por hectárea protegida, no simplemente un menor precio por kilogramo de material mineral.

8.2 El coste oculto de la aplicación excesiva de producto

La mayor concentración de suspensión no es necesariamente la más rentable. Incrementar la deposición puede aumentar los daños foliares, el desgaste de equipos, las pérdidas al medio y la probabilidad de afectar a especies beneficiosas. La eficacia marginal debe calcularse para cada kilogramo adicional utilizado: (supresión incremental de insectos vivos o ingresos recuperados)/(coste incremental de materiales y aplicación). Cuando esta relación empeora, puede ser preferible un tratamiento localizado, una mejor penetración en la cubierta vegetal o un ajuste del momento de intervención antes que aumentar la carga.

9. Interacciones con el control biológico y el microclima del invernadero

Esta propuesta no presupone que todos los depredadores sean biológicamente ineficaces. La evidencia española de semicampo demuestra que *O. laevigatus* sigue siendo útil, mientras que las combinaciones de depredadores pueden generar respuestas no aditivas y efectos intragremiales [2]. Cualquier mineral de contacto aplicado indiscriminadamente puede exponer a ácaros beneficiosos, ninfas de *Orius* y otros artrópodos, además del organismo objetivo. Las expresiones «seguro para los trabajadores» y «de grado alimentario» no permiten inferir seguridad para organismos no diana. La selectividad debería evaluarse operativamente mediante supervivencia, persistencia, capacidad depredadora y reproducción, preferiblemente con depósitos foliares controlados.

La humedad, la condensación y el riego pueden modificar los depósitos minerales y aumentar o disminuir su rendimiento. Deben controlarse la humedad y la temperatura del sustrato, especialmente porque el éxito de la pupación responde a las condiciones microambientales. Cuando la estrategia incluya el saneamiento del suelo, deberá ser coherente con las medidas obligatorias andaluzas y evitar daños colaterales a los mecanismos previstos de control biológico.

10. Seguridad y calidad de la cadena alimentaria

La calidad del producto final debe comprobarse respecto a residuos minerales visibles, aspecto superficial del fruto, quemaduras foliares, cambios de turgencia de los tejidos y cualquier modificación no deseada de la alcalinidad del agua de pulverización. «Sin residuos» no puede significar que no permanezcan componentes inorgánicos: esta cuestión debe evaluarse conforme a la definición legal pertinente de residuos y a cualquier transferencia residual medible. A escala operativa, un ingrediente de grado alimentario puede seguir requiriendo equipos de protección individual si se utiliza como concentrado alcalino o aerosol. Las preparaciones de proceso de KNAMAX™ no deben mezclarse con hipocloritos, ácidos ni otros productos reactivos, salvo que se haya establecido específicamente su compatibilidad y las condiciones autorizadas.

El atractivo económico de la química mineral es compatible con controles toxicológicos rigurosos y evaluaciones de compatibilidad con materiales. De hecho, una monitorización transparente refuerza la confianza industrial y facilita la reproducibilidad entre agricultores, en lugar de debilitar la propuesta tecnológica.

11. Posicionamiento regulatorio: una oportunidad concreta, no una exención general

Las fichas técnicas de ACARISIN™ del fabricante identifican expresamente su funcionalidad fitosanitaria y exponen una interpretación de la exención del artículo 28 del Reglamento (CE) n.º 1107/2009 [5]. Esa trayectoria comercial y la condición fitosanitaria de su principal componente mineral son hechos importantes. En la UE, el hidrogenocarbonato sódico fue aprobado como sustancia básica mediante el Reglamento de Ejecución (UE) 2015/2069 y, posteriormente, como sustancia activa de bajo riesgo mediante el Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1263 [9,10]. Ambos hitos constituyen precedentes relevantes de carácter regulatorio y toxicológico.

Sin embargo, la aprobación de la sustancia básica incorpora condiciones específicas de uso en el informe de revisión SANTE/10667/2015 de la Comisión. La revisión 4 del informe se refiere expresamente a usos fungicidas y herbicidas y señala que las ampliaciones requieren evaluación [11]. La exención correspondiente a una sustancia básica no equivale a una autorización ilimitada de cualquier formulación propietaria frente a cualquier artrópodo. De igual manera, su clasificación como aditivo alimentario o coadyuvante tecnológico no autoriza por sí misma una alegación de protección de cultivos. Para la aplicación propuesta frente a trips en pimiento, deben confirmarse el producto comercial exacto, su composición, el organismo objetivo, las condiciones de uso y el registro vigente o la exención aplicable. El hecho de que un producto se haya comercializado históricamente en establecimientos agrícolas acredita experiencia de mercado, pero no determina el alcance jurídico definitivo de una nueva alegación.

Estas distinciones no son un argumento contra la implantación de la tecnología subyacente. Son condiciones necesarias para una aplicación a escala técnica y comercialmente solvente. En los supuestos de arranque obligatorio del cultivo en Andalucía, la resolución autonómica exige expresamente productos fitosanitarios registrados para las intervenciones especificadas previas al arranque y las aplicaciones al suelo con tierra de diatomeas [4]. Una plataforma mineral debe diseñarse conforme a esa realidad agronómica jurídicamente exigible, en lugar de comercializarse como exenta exclusivamente por su origen de grado alimentario.

12. Implantación industrial: tres decisiones económicas

12.1 Dirigirse al cultivo recuperable

El mayor valor se encuentra donde el cultivo todavía es recuperable y una reducción del reclutamiento de la plaga puede preservar cosechas futuras. Ante una infestación terminal, las normas de saneamiento y arranque pueden ser más racionales que otra intervención. El técnico de campo debe clasificar cada invernadero como infestación incipiente, infestación establecida pero recuperable o situación económicamente irrecuperable, considerando la densidad de la plaga, la edad del cultivo, los daños nuevos, la producción esperada y la contribución económica actual del mercado.

12.2 Comercializar un sistema monitorizado, no dos envases

Un paquete de servicios solvente incluiría un protocolo definido de deposición sobre la cubierta vegetal; preparación técnica y medición del AAI de KNAMAX™ para los usos elegibles; aplicación de ACARISIN™ conforme al uso de protección de cultivos aplicable; recuentos en trampas y vigilancia de la emergencia; un cuadro de seguimiento de 21 días; y conciliación del coste por hectárea. La propuesta de valor sería una presión de infestación verificablemente menor y una mejor conservación del cultivo a un coste competitivo, y no una narrativa genérica sobre productos naturales.

12.3 Preservar el conocimiento técnico confidencial

Los materiales publicados deben describir las clases de ingredientes, las especificaciones analíticas del agua terminada, la geometría de aplicación, la dosis depositada, las condiciones de exposición, la seguridad y los resultados, sin revelar proporciones protegidas de ingredientes, secuencias de fabricación ni parámetros propietarios

de proceso. Los revisores independientes pueden auditar especificaciones definidas de rendimiento e identidad química sin exigir la publicación abierta de todos los secretos industriales.

13. Discusión: por qué el doble enfoque es creíble, pero no puede considerarse ya demostrado para este insecto

El sistema propuesto resulta atractivo porque se vincula directamente a la ecología de la plaga observada experimentalmente, utiliza plataformas minerales industriales con experiencia previa en control de plagas, reconoce la protección que ofrecen los huevos y los lugares de pupación y permite calcular los costes con transparencia. Su mayor ventaja científica es la compartimentación: distintos estadios objetivo, resultados medibles y ventanas operativas específicas. Su mayor riesgo es la extrapolación prematura: la eficacia histórica en productos almacenados, un programa frente a vectores del arroz que emplea otros dos módulos comerciales y el saneamiento alcalino de procesos alimentarios no pueden transformarse por analogía en una eficacia cuantificada sobre pimiento de invernadero.

Un artículo técnico riguroso no debe ocultar la trayectoria comercial de ACARISIN™ ni inventar cifras de mortalidad específicas para la especie. La contribución genuina es un diseño de sistema aplicable, con predicciones condicionales cuantificables. Dos incógnitas especialmente decisivas son si una exposición a AAI compatible con el cultivo mantiene un efecto entomológico útil y si los depósitos de ACARISIN™ logran una elevada supresión de larvas sin perjudicar a los principales depredadores beneficiosos en condiciones de humedad de invernadero. Si la primera respuesta es negativa, KNAMAX™ seguirá siendo útil en operaciones permitidas sobre instalaciones sin ocupación; si la segunda es negativa, deberá rediseñarse o descartarse el módulo mineral foliar. Las decisiones de ingeniería basadas en criterios de rendimiento no superados son una manifestación de madurez técnica, no un retroceso hacia una investigación indefinida.

Pese a ello, existen ensayos de laboratorio que señalan una mortalidad del 100 % de Thrips parvispinus tras la utilización secuencial de ambas referencias de producto.

14. Conclusiones

1. Thrips parvispinus requiere una respuesta a escala generacional y específica por estadios, porque su localización predominantemente foliar, los huevos insertados en los tejidos y la pupación en el sustrato crean múltiples vías de escape a los programas centrados en las flores o basados en una sola aplicación.
2. ACARISIN™ proporciona una plataforma de contacto mineral ya existente y defendible, respaldada por un historial de evidencias industriales relacionadas con las plagas. Esas observaciones justifican la ingeniería de aplicación, pero no inventar un porcentaje de mortalidad frente a T. parvispinus.
3. KNAMAX™ aporta un módulo diferenciado y controlable de acondicionamiento del agua AAI. Su función definida de forma más inmediata se sitúa en los procesos elegibles sobre instalaciones de invernadero; el uso foliar depende de demostrar una ventana operativa funcional y fitocompatible.
4. El programa debe emplear módulos secuenciales, mediciones de deposición a nivel de cubierta vegetal, control de emergencia desde el sustrato y vigilancia en tiempo real para reducir el multiplicador reproductivo efectivo.
5. Los presupuestos ilustrativos de intervención de 1.748–3.054 euros por hectárea permiten avanzar en la planificación operativa, pero no deben compararse como ahorros verificados en condiciones equivalentes frente a los desembolsos extraordinarios de 20.000 €/ha comunicados para el control biológico.
6. Las alegaciones comerciales deben indicar el uso precisamente autorizado, cuantificar los resultados reales de campo y preservar el conocimiento técnico de la empresa; la condición de grado alimentario de los ingredientes no determina por sí sola todos los usos plaguicidas permitidos.
7. El criterio práctico de éxito propuesto es recuperar el control del reclutamiento poblacional y una producción de frutos económicamente significativa, no limitarse a una afirmación puntual de mortalidad de adultos.

Declaraciones

Conflicto de intereses. El autor mantiene una vinculación profesional con las tecnologías propietarias KNAMAX™ y ACARISIN™ y con su comercialización industrial. Esta relación constituye un interés técnico y comercial pertinente.

Estado de la evidencia. Este artículo es una síntesis técnica original y una propuesta de ingeniería. No comunica un nuevo conjunto de datos experimentales controlados sobre *T. parvispinus* expuesto al programa propuesto de las dos marcas. Los efectos cuantitativos de tratamiento descritos como umbrales o escenarios de modelización son objetivos o supuestos, nunca observaciones de campo.

Información propietaria. Se omiten deliberadamente las composiciones exactas de fabricación, las proporciones protegidas y la información confidencial crítica para el proceso.

Financiación. No se declara financiación externa para este manuscrito.

Referencias

- [1] Yaben, M. (2026, 19 de octubre). La desesperante lucha contra el Thrips parvispinus, sin éxito con tratamientos de 20.000 euros por hectárea. El Debate. https://www.eldebate.com/campo-y-caza/20261019/desperante-lucha-contr-thrips-parvispinus-exito-tratamientos-20000-euros-hectarea_469758.html
- [2] Rodríguez, E., Porcel, M., Robledo, A., Lara, L., Téllez, M. M., Montoro, M. M., Martínez, C., & Pekas, A. (2026). Evaluating predatory arthropods for the biological control of the invasive Thrips parvispinus (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse sweet pepper. Pest Management Science, 82(9), 8448–8458. <https://doi.org/10.1002/ps.70903>
- [3] Biology, ecology, and management of Thrips parvispinus (Thysanoptera: Thripidae). (2026). Journal of Integrated Pest Management, 17(1), pmag011. <https://academic.oup.com/jipm/article/17/1/pmag011/8661505>
- [4] Junta de Andalucía. (2026). Resolución de 10 de abril de 2026, declaración de existencia de Thrips parvispinus y medidas fitosanitarias. BOJA 73, 17 de abril de 2026. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2026/73/30>
- [5] ND Pharma & Biotech / INTABIOTECH. (2019; rev. 2025). Ficha técnica de ACARISIN™. Documentación propietaria del producto (revisada para el presente artículo).
- [6] INTABIOTECH. (2026, 22 de agosto). Registro de evidencias y matriz de alegaciones ACARISIN™/ECO-EFF™; expediente maestro de evidencias ACARISIN™/ECO-EFF™. Registros técnicos internos; inéditos.
- [7] ND Pharma & Biotech. (2024). ECO-EFF™ + STERILFOOD K™: control de Tagosodes en arroz. Folleto técnico interno de estudio de caso. Las alegaciones corresponden a un programa combinado; inédito.
- [8] ND Pharma & Biotech / INTABIOTECH. (2020–2026). Fichas técnicas de KNAMAX™ y expedientes sobre la ventana operativa del AAI. Registros técnicos propietarios.
- [9] Comisión Europea. (2015). Reglamento de Ejecución (UE) 2015/2069, por el que se aprueba la sustancia básica hidrogenocarbonato de sodio. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32015R2069>
- [10] Comisión Europea. (2020). Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1263, por el que se aprueba el hidrogenocarbonato de sodio como sustancia activa de bajo riesgo. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2020/1263/oj/eng
- [11] Comisión Europea. (2018). Informe final de revisión del hidrogenocarbonato de sodio como sustancia básica, SANTE/10667/2015, rev. 4, 26 de enero de 2018. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/DECO21_SANTE10667_2015_sodium_hydrogen_carbonate_Rev4.pdf
- [12] Parlamento Europeo y Consejo. (2009). Reglamento (CE) n.º 1107/2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios, artículos 23, 28 y 54. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1107/oj>
- [13] Ataíde, L. M. S., Vargas, G., Velázquez-Hernández, Y., et al. (2025). Greenhouse evaluation of conventional and biorational insecticides for managing the invasive Thrips parvispinus. Agriculture, 15(13), 1451. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131451>
- [14] Efficacy of conventional and biorational insecticides against the invasive pest Thrips parvispinus under containment conditions. (2024). Open-access research article. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10816096/>

© 2026 José M. López. Todos los derechos reservados.