

El contexto de la evolución histórica, bioecológica y agronómica en el manejo de la entomofauna del tomate en Venezuela ante la llegada de *Prodiplipsis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae)

Francis Geraud-Pouey, Departamento Fitosanitario, Fac. Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, República Bolivariana de Venezuela. (<https://orcid.org/0000-0001-9850-8221>).

“Caminante no hay camino, se hace camino al andar ...”

Antonio Machado (1875-1939)

Dedicatoria: a tod@s aquell@s, quienes de alguna manera han acompañado este ya dilatado andar.

Resumen

Uno de los errores en el manejo fitosanitarios en agricultura y especialmente los entomológicos, está en la singularización de los casos de especies fitófagas¹ (“plagas”) al comenzar a volverse notorios bien sea cuando se trata de especies autóctonas como consecuencia de desbalance en su Control Biológico natural (CBn)², generalmente por uso irracional de insecticidas, o por ser nuevas especies introducidas desde lejanas procedencias, dejando rezagados a sus enemigos naturales (EN) coevolucionados con ellos en sus lugares de origen. En cualquiera de los dos casos las situaciones tienden a revertirse al permitir la recuperación del CBn o facilitar el reencuentro del fitófago introducido, con sus EN rezagados, bien sea por dispersión natural cuando existe o se ha generado continuidad geográfica entre ambos, por previas movilizaciones de EN, o mediante introducción de estos últimos cuando los separan barreras geográficas infranqueables, procedimiento conocido como CB clásico (CBc). En general, existe la tendencia a concentrar la atención en el “nuevo problema”, prestándole poca al resto del cultivo como biocomunidad, a lo largo de su fenología³, e historia en la zona. Esto ocurre por la falta de atención sostenida al cultivo en este aspecto. Ese no es tanto el caso del tomate en Venezuela, ante la entrada de la mosquita de los brotes, *Prodiplipsis longifila*, especie neotropical⁴ aquí anteriormente inexistente, conocida desde 1930 en Perú. En la vertiente al Pacífico de los Andes, su mayor centro de distribución, comenzó a causar problemas a fines de la década de 1970. Tratando de “controlarla” unilateralmente con insecticidas, en vuelta de unos 30 años, se convirtió en uno de los insectos más nocivos al tomate y otros cultivos desde Perú hasta el suroeste de Colombia. Coincidientemente, previas investigaciones biogeográficas, bioecológicas y manejo de artrópodos del tomate en Venezuela, permiten visualizar alternativas de manejo con factible aplicación en este caso. Así, después de algunas consideraciones generales acerca de cómo decidimos corregir los enfoques para reorientar nuestras investigaciones de los problemas

¹ Que se alimentan de materia vegetal viva (=herbívoros)

² CBn= el que ocurre sin intervención humana; es un servicio gratuito de la Naturaleza.

³ Ciclo de desarrollo y producción.

⁴ Originaria de la zona tropical del Continente Americano.

fitosanitarios, en esta presentación ilustrada discutimos resultados que han permitido racionalizar los manejos de dichos problemas, abriendo camino a sus aplicaciones al caso de *P. longifila*, con buenas perspectivas agroecológicas.

Antecedentes

1. Hasta la llegada a Ecuador en 2015, para iniciar nuestro programa como Prometeo⁵, durante año sabático, no teníamos conocimiento de esta especie, a pesar de largos años relacionado con tomate en Venezuela y de haber estado familiarizado con Cecidomyiidae, desde los años como estudiante universitario (ver: <https://orcid.org/0000-0001-9850-8221>).
2. Mi tesis de grado como Ing. Agr. en LUZ fue un inventario de insectos asociados al sorgo granero en la cuenca del Lago de Maracaibo (1966-1967). Así conocí a la mosquita de la panoja, *Stenodiplosis (Contarinia) sorghicola* (Coquillett) (Diptera: Cecidomyiidae)⁶ (dibujo en la esquina superior izquierda y siguientes fotografías en esa fila). También conocí y obtuve mediante crías en insectario un interesante complejo de cinco especies de parasitoides asociados con *S. sorghicola*; mi primera experiencia con esos EN. Esto mantuvo el interés por esa familia de insectos, de la cual hemos documentado fotográficamente varios casos, algunos incluimos en esta lámina.
en
3. Breve mención de la **Agricultura** como proceso socioeconómico, sus componentes básicos y connotaciones ecológicas tendientes a la **Agroecología** en pro de su sostenibilidad. Dentro de este contexto nos centraremos a la protección vegetal, más específicamente al componente entomofaunístico⁷, con el cual se ha “justificado” uno de los mayores impactos ambientales, el “control de plagas”.
4. El paso por los insecticidas en dos tiempos. Entomólogo agrícola en formación⁸ (1968-1970). A partir de la década de 1950, gran parte de la Entomología Agrícola se concentró en el “**Control Químico** como la solución necesaria contra las **plagas** en los cultivos”. Bajo ese convencimiento, debido a la contrastante efectividad de los nuevos insecticidas organosintéticos, en círculos entomológicos (ESA⁹, EE.UU.) se llegó a plantear preocupación por la extinción de especies sobre todo en agricultura, recomendando recolectar y preservar en museos, evidencias “del pasado”. Por el contrario, como mostraremos, los problemas aumentaron (# spp., poblaciones y daños a cultivos y números de insecticidas utilizados; ver láminas 37 y 38). Durante esa primera experiencia

⁵ Programa de contratación de investigadores internacionales para apoyo a universidades ecuatorianas.

⁶ Identificada por R.J. Gagné en 1965, en sus comienzos en el USDA, quien más recientemente (1986) describió a *Prodiplosis longifila*.

⁷ Referente en sentido restringido a la fauna de insectos y arácnidos incluyendo ácaros.

⁸ Estación Experimental de Cagua (estado Aragua, Venezuela) del Servicio Shell para el Agricultor (SSPA).

⁹ Entomological Society of America

personal, comenzamos a detectar las contradicciones agroecológicas del uso unilateral de esos agroquímicos. Después de corto paso por “**la solución necesaria**”, a partir de 1973 nos hemos dedicado a tratar “enderezar los entuertos”, que habíamos ayudado a generar. Racionalizando el uso de “plaguicidas”, para reducir el impacto en las biocomunidades agrícolas y especialmente sobre los EN de los fitófagos, importante factor para la regulación de poblaciones en estos últimos.

5. Ampliando el enfoque, para definir la actitud ante los problemas a ser acometidos para solucionarlos (recomendaciones de Albert Einstein¹⁰). En nuestro caso, el manejo racional de los problemas fitosanitarios.
 - (i) Si como se demuestra más adelante (láminas 33-39 y 75), buena parte de los problemas de “plagas” se han generado o acentuados a la par del gran incremento en el uso de insecticidas principalmente organosintéticos, mal se pueden disminuir por esa misma vía.
 - (ii) Seguir haciéndolo de la misma manera esperando resolverlos es una “locura”.
 - (iii) Los problemas entomológicos en agricultura son complejos y requieren ser estudiados a fondo buscando las preguntas correctas para orientar las vías de solución.
 - (iv) No obstante, ante el desconocimiento histórico en esta materia, se ha impuesto la fuerza de la costumbre: “hacer lo que aquí se hace, sin saber porque”. Generada a partir de cuestionables metodologías de investigación, midiendo efectos inmediatos sin considerar repercusiones posteriores durante los ciclos de producción, e inclusive a lo largo de la historia de esos procesos.
6. Comenzando por nuestros orígenes como especie. Evolución humana (6-5 millones de años), para llegar al humano moderno, *Homo sapiens*, la especie animal causante del mayor impacto ambiental, para la vida en el Planeta Tierra.
7. Por largo tiempo nuestros ancestros fueron recolectores y cazadores, con poca productividad y altos riesgos.
8. Inicios de la agricultura y la cría, 12-5 mil últimos años, dependiendo de las especies cultivadas y sus centros de origen (ver lámina siguiente).
9. Centros de orígenes de Agricultura según Harlan (1971)
10. De la agricultura trashumante de subsistencia (“conuco”) al “negocio agrícola”. Largo trayecto y gran diversificación tecnológica dentro del paisaje sobre el Planeta, aun coexistentes. Una de las actividades humanas de mayor extensión e impacto ambiental, inmersa dentro de la desequilibrada distribución entre el necesario abastecimiento y el lucro del “agronegocio”.

¹⁰ Creador de la Teoría de la Relatividad.

11. Ventajas y costos de la agricultura: disponibilidad más segura de nuestros bienes de consumo, pero hay que lidiar con competidores biológicos, sin olvidarnos de sus enemigos naturales (EN).
12. Competencia vegetal: arvenses.
13. Competencia por animales principalmente artrópodos. Generó el concepto de "plaga". Pero por alimentarse sobre una planta cultivada, un artrópodo (los invertebrados más comunes haciéndolo) no es una "plaga", es un fitófago (o herbívoro). Puede alcanzar nivel de "plaga" si los daños son de consideración, lo cual depende de sus poblaciones; muchas veces incrementadas por manejos irracionales nuestros, tal como mostraremos más adelante (Laminas 32-38, 50-62).
14. Igual pasa con fitopatógenos, pero inicialmente algo más difíciles de identificar y comprender sus naturalezas e interacciones con las plantas cultivadas, por generalmente tratarse de microorganismos.
Así se fueron generando los conceptos "agronómicos" de "maleza", "plagas" y "enfermedades". Con frecuencia valorados más por nuestros temores que por la objetiva ponderación de sus reales efectos nocivos. La razón del "por si acaso".
15. Alternativas para lidiar con los competidores biológicos: sobrenaturales y materiales mediante aislamiento del almacenamiento de cosechas (cereales). Desde la **Antigüedad** se utilizaron algunas sustancias minerales y de origen vegetal con efectos tóxicos, así como abrasivos que alteran la protección de la cutícula de los artrópodos contra la desecación. En China, reconocieron EN y tiempos de siembra para contrarrestar "plagas". Así mismo, de allí existe el registro más antiguo de Control Biológico aplicado (CBa) por el Humano en agricultura (ver ítem y lámina 14). El **Renacimiento** generó un abrupto y consistente impulso a las ciencias biológicas a consecuente progresivo entendimiento de nuestros competidores biológicos.
16. Ingenioso uso de EN para Control Biológico aplicado (CBa), "mudando" desde vegetación natural, nidos de hormigas depredadoras (*Oecophyla smaragdina*, Hymenoptera: Formicidae) a huertos de cítricos. Conectando mediante varetas de bambú plantas contiguas, para aumentar el área de depredación y así mantener el equilibrio poblacional del depredador dentro del huerto.
17. Primeras conceptualizaciones de la depredación como factor de regulación de poblaciones (EN) por debajo del límite establecido por la disponibilidad de alimentos y de factores físicos ambientales (Charles Darwin, El Origen de las Especies, 1859): **"La cantidad de alimento para cada especie por supuesto da el límite extremo al cual cada una puede aumentar (su población), pero muy frecuentemente no es la obtención de alimento, sino el servir de presa**

a otros animales, lo que determina (limita) el número promedio de una especie".

Inflexión tecnológica fitosanitaria (1882)

18. Fortuito descubrimiento de la acción fungicida del caldo bordelés (disuasivo para "ladrones de uvas") contra el mildiu lanoso, *Plasmopara vitícola*, hongo fitopatógeno imperceptiblemente introducido desde América. Salvó a la viticultura europea de la catástrofe. Renacimiento de los plaguicidas inorgánicos y de origen vegetal, abrió el camino al "control químico" moderno en agricultura.
19. Desarrollo de tecnologías para aplicar fungicidas e insecticidas facilitaron el uso de esas alternativas.
20. Más de 50 años después, descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT (1939), (comercializado desde 1947 con fines agrícolas, domésticos y salud pública para control de insectos vectores de enfermedades); obnubilando a fabricantes y usuarios, quienes llegaron a pensar que se disponía de "la solución final contra las plagas insectiles". Continuado por otros organosintéticos: clorados, fosforados, carbamatos, piretroides, neonicotenoídes...
21. Las tendencias en las investigaciones en Entomología aplicada reflejadas en el "Journal of Economic Entomology", 1927-1957, denotan como en agricultura, progresivamente concentró su enfoque en evaluaciones de la efectividad de plaguicidas, disminuyendo la atención a los aspectos bioecológicos de los insectos que pretendían controlar. Eso generó una serie de problemas cuya percepción indujo a buscar alternativas más racionales para manejarlos ("Control Integrado de Plagas", 1956). Ver continuación del comentario en la lámina 22.
22. Envases desechados en campos agrícolas muestran "el rastro de los insecticidas": casos Venezuela y Ecuador. En síntesis, la "solución final contra las plagas" pronto mostro no ser tal. Desarrollo temprano de poblaciones de moscas domésticas y zancudos, resistentes al DDT, obligó a la industria agroquímica a desarrollar nuevas moléculas tóxicas, muchas de las cuales siguieron la misma suerte o fueron desechadas por secuelas ambientales y para la salud humana.
23. Llegando a los extremos de afectar zonas ambientalmente protegidas.

Enderezando entuertos

24. Donde comienza el Problema: olvidarse del marco ecológico de la agricultura. La agricultura utiliza seres vivos como productores, lo que le da connotación ecológica, dadas las interacciones que estos tienen con su ambiente, tanto físico como biótico (otros organismos). Visto así, los cultivos agrícolas constituyen biocomunidades (ver láminas e ítems 28 y 58), qué partiendo de la siembra, a lo

largo de sus fenologías, las plantas aumentan la biomasa y diversifican su arquitectura (ver lámina e ítem 46), dando albergue y sustento a crecientes números de especies de artrópodos (sentido restringido: insectos y arácnidos, ácaros entre estos) y otros organismos que la colonizan o visitan (polinizadores y otros), cuyas poblaciones allí tienden a mantener cierto equilibrio dinámico.

25. Evolución del cultivo como biocomunidad. Las plantas son organismos productores de materia orgánica (glucosa), la cual fotosintetizan mediante la energía solar utilizando el agua y nutrientes minerales absorbida por las raíces y el dióxido de carbono (CO₂) del aire obtenido por intercambio gaseoso durante la respiración (A). Esa materia orgánica es transferida a través de las cadenas de tróficas (= de consumo) (B), que se entrelazan en redes (C) estructurando el grupo de consumidores: fitófagos, carnívoros y saprófagos, estos últimos alimentándose de los desechos orgánicos.

En lo temporal, a lo largo de la fenología del cultivo, y en la medida que diversifica su arquitectura (D) y desarrolla su biomasa principalmente vegetal, aunque incluye el resto de los organismos (E, línea verde), el cultivo va siendo colonizado por especies consumidoras en los diferentes niveles de las cadenas tróficas (E, línea punteada roja = # de especies), generando un proceso de sucesión ecológica bajo la cual se va progresivamente conformando la comunidad biótica (= de seres vivos) en ese cultivo. Cuerpo vivo y dinámico donde interactúan el conjunto de especies que la conforman. Entre los primeros colonizadores predominan los fitófagos, tendiendo a aumentar sus poblaciones (E, línea azul), las cuales son reguladas en la medida que van colonizando sus EN (incluidos en la línea roja). Esa complejidad estructural y funcional en el tiempo, es la base del equilibrio dinámico de esas comunidades (ver láminas e ítems 29 y 59 con sus correspondientes narrativas). Estudiarla a fondo, permitirá determinar que especies fitófagas podrían llegar a causar problemas a la producción del cultivo, hasta donde se pueden tolerar y que factores, especialmente EN las regulan a lo largo de su ciclo. El que alguna especie aparezca temprano en el ciclo del cultivo no significa que causará problemas. Reconocer la simultánea presencia de sus EN, es indispensable para conocer la dinámica de esos procesos poblacionales, así evitar acciones de "control químico" que puedan alterar su "control natural", causando mayores problemas que lo que pretendían solucionar (ver láminas 33-40 con sus respectivas narrativas).

26. Las especies colonizadoras tienden a aumentar sus poblaciones, así se va generando la diversificación de especies concurrentes a la par de la biomasa (masa de seres vivos, plantas y consumidores) y diversificación de la arquitectura de la planta. Revisemos como se dan esos procesos poblacionales.

- (1) Las poblaciones fluctúan de acuerdo a la relación entre la natalidad y mortalidad en el tiempo.
- (2) Cuando el insecto es criado bajo condiciones ambientales controladas tendientes a óptimas para que manifieste el mayor potencial para desarrollar

sus poblaciones (temperatura, HR, sin limitaciones en cantidad y calidad de sustrato alimenticio y ausencia de factores de mortalidad que afecten su supervivencia natural e intrínseca), basado en su tasa neta reproductiva (R_0) y duración de su tiempo generacional (T_g), se calcula la tasa intrínseca de desarrollo poblacional (r_m), la cual resume la supervivencia y duración del desarrollo a edad reproductiva, así como la fecundidad durante la fase adulta.

- (3) Modelo exponencial (teórico) de aumento poblacional a lo largo del tiempo. La utilización de valores de r_m obtenidos bajo diferentes condiciones de cría del insecto, permite comparar la potencial evolución poblacional bajo las mismas.
27. En síntesis, de acuerdo a los parámetros poblacionales expuestos en la **Lámina 26**, sin limitaciones al desarrollo individual, supervivencia y reproducción, la población teóricamente tendería a crecer de manera exponencial (A). No obstante, ese crecimiento además de aumentar la competencia entre los consumidores, el daño que le causa a la planta la deteriora como sustrato, disminuyendo la capacidad reproductiva de los fitófagos, aumenta la duración del desarrollo de las progenies y hasta posiblemente acorte la supervivencia de los mismos; todo lo cual disminuye la tasa de desarrollo de sus poblaciones (B). Al avanzar la colonización del cultivo dentro del proceso de sucesión ecológica (C), el subsiguiente arribo de EN (línea punteada roja), aumenta directamente la mortalidad de las especies de artrópodos consumidas, mitigando aún más sus desarrollos poblacionales, cuyas fluctuaciones tienden a alternarse con las de las poblaciones de EN (ver lamina 45).
28. Como ejemplos, veamos los casos de dos especies fitófagas: el minador de la hoja del tomate, *Keiferia lycopersicella* (Lepidoptera: Gelechiidae) (A) y la mota blanca del guayabo (MBG), *Capulinia linarosae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Eriococcidae) (B). en los cuales, se comparan los potenciales de desarrollo poblacional basados en el modelo (3) de la lámina 25, utilizando los respectivos r_m , resultados de tablas de vida y fecundidad, en estudios bajo crías controladas en insectario (líneas anaranjadas). En experimentos de campo, para ambos casos las infestaciones por los fitófagos tendieron a aumentar siguiendo sus capacidades intrínsecas de desarrollo poblacional, pero la severidad del daño causado al follaje por el minador (A), parcialmente liberado del CBn por un insecticida de amplio espectro (acefato), disminuyó considerablemente la tasa de incremento de su población. En el segundo caso (B), la protección física con malla de organza protegió durante un tiempo a la MBG, contra el CBn ejercido por su principal parasitoide (*Metaphycus marenensis*, Hymenoptera: Encyrtidae) logrando aumentar su infestación. No obstante, la infiltración de hembras del parasitoide de los menores tamaños, a través de la malla protectora (corroborado mediante observaciones en el laboratorio) permitió multiplicarse dentro de la manga y terminó reduciendo la población de MBG. En otras palabras, la interferencia con el parasitismo permite que las infestaciones de

fitófagos tiendan a seguir sus capacidades intrínsecas, mientras otros factores no logren restringirlas. El uso irracional de insecticidas es una de las causas más relevantes de interferencia (ver láminas 51-56, 59-61).

29. Primer estudio en Venezuela de cultivo como biocomunidad: repollo, *Brassica oleracea* var. *capitata* L. Est. Exp. Cagua FUSAGRI, Aragua, 1973-1975. En 11 parcelas bimensuales de 500 m² sin insecticidas, mediante muestreos semanales de 10 plantas se registró diversidad de especies de artrópodos, relaciones tróficas y poblaciones de las especies más comunes e importantes. Estudiar esos procesos, sin interferencia de agentes externos (insecticidas), nos permitió apreciar la importancia original de cada especie fitófaga y su posible efecto como problema fitosanitario. Ese conocimiento facilita considerar la relevancia del CBn, así como evaluar prácticas de manejo selectivo para evitar daños al cultivo, con moderado impacto ecológico. (Ver: Geraud-Pouey, Van Balen, Pérez-León. 1977; disponible en RegBio.com.ve).

El retorno al tomate 1987

30. Volviendo a la realidad de los problemas entomológicos en tomate, pero con una visión reorientada agroecológicamente.
31. Ante todo, hay que resaltar la necesaria cooperación con quienes viven los problemas, los agricultores. Fundamental para el avance sostenido en las soluciones de los mismos. Un proceso de concientización de ambas partes mediante honesta comunicación. Aprendimos en Extensión Agrícola, a ubicar agricultores con autoridad moral y liderazgo, para que irradien las experiencias que juntos desarrollemos dentro de sus comunidades, allanando el camino de nuestra participación. Crucial en tópicos con detalles difíciles de apreciar como los de naturaleza fitosanitarias.
32. Limitaciones ecofisiológicas para producción de tomate en el Trópico. Por razones de anatomía y fisiología floral, el tomate es mayormente autógamo. Las temperaturas nocturnas frescas (20-28°C), son indispensables para sincronizar el crecimiento del estilo de la flor con la maduración de las anteras y así asegurar la fertilización. En el Trópico, eso limita la producción en las zonas bajas y cálidas (< 400 msnm), a la época más fresca del año. En nuestro caso, noviembre-mayo.
33. Producción continua principalmente para consumo fresco en zonas > 400 msnm. Caso valle de Quibor, Lara, así como valles interandinos y valles altos norcentrales. Hasta finales de 1980s, predominaban semilleros a cielo abierto. Esa producción continua, permitía mantener lotes cercanos del cultivo en diferentes etapas de desarrollo, reprimiendo a los fitófagos ("plagas") con insecticidas, cuando en verdad era contra toda la entomofauna y su estructuración equilibrada. Ese desequilibrio sostenido, se liberaba al finalizar la cosecha en alguno de los lotes y al suspender las aplicaciones, sin eliminar inmediatamente los restos de cosecha. Dados los desbalances ecológicos, hasta

allí mantenidos, eso permitía aumentar los remanentes poblacionales, primero de los fitófagos deteriorando aceleradamente los restos de las plantas, lo cual los forzaba a dispersarse a lotes vecinos más recientes, inclusive a semilleros, infestándolos de manera notoria, lo que incentivaba acentuar las aplicaciones de insecticidas. Así, conjugándose la contención del CBN con el desarrollo de resistencia a los insecticidas por los fitófagos, se fue generando una “espiral inflacionaria” de verdaderas plagas a la par del aumento de aplicaciones de insecticidas (ver láminas 36 y 37) con perceptibles casos de resistencia a varios de ellos, incluyendo el surgimiento de otras especies autoctonas como el gusano taladrador de frutos, *Neoleucinodes elegantalis* y mosquitas minadoras serpentinas, *Liriomyza* spp. Una de las especies fitófagas más importantes en esta zona fue el minador de la papa, *Phthorimaea operculella*, paradójicamente con muy escasa presencia en lotes de tomate sin insecticidas, dada su escasa adaptación al tomate como hospedero (ver explicación en narrativa de lámina 57).

34. Producción estacional (noviembre-mayo) principalmente para procesamiento industrial, la mayor extensión de producción anual, en zonas <400 msnm, Llanos Occidentales, Llanos Centrales hasta Orientales, Planicie de Maracaibo-Municipio Indígena Guajira en el extremo Noroccidental. En cualquiera de las dos situaciones (laminas 31 y 32), generalmente, los primeros artrópodos colonizadores suelen ser mosquitas minadoras serpentinas. En cualquier caso, alesponer con insecticidas a los primeros daños observados, sin considerar la existencia de parasitismo (ver esquina inferior izquierda de la lámina), se inicia el desbalance poblacional.
35. Al trasplantar en campo, el sistema radicular de la planta tarda en adaptarse al nuevo sustrato, retrasando ligeramente su desarrollo vegetativo, lo que hace temporalmente más notorios los daños causados (minas) por las infestaciones producto de los desbalances poblacionales iniciados por aplicaciones en semilleros. Esto no implica aumento de población del insecto minador, sino la mayor percepción del daño, el cual tarda ligeramente en “diluirse” por el lento crecimiento de la planta. Al fertilizar y aporcar se acelera el crecimiento vegetativo y de no haber sido alterado el CBN, el daño se va haciendo menos notorio y menos preocupante para el agricultor. No obstante, si se repite innecesariamente las aplicaciones de insecticidas, el desbalance en el CBN se acentúa.
36. En consecuencia, este desbalance tiende a aumentar la infestación y daño.
37. Con frecuencia llegando a considerables pérdidas de producción, con sensibles impactos en fauna silvestre y contaminación de suelos y cuerpos naturales de agua.

38. Tomate, el resultado histórico. Evolución del uso de insecticidas contra artrópodos fitófagos en Venezuela: # aplicaciones por ciclo de cultivo, # acumulado de insecticidas comerciales y % de costos variable de producción (CVdP) debido a insecticidas (1959-2010).
39. Lista de insecticidas más comunes utilizados en Venezuela (1959-2010).
40. Reflexión. Casos de “PLAGAS” inducidas nos obligó “abrir nuestras mentes” e investigar a fondo la estructura y dinámica del cultivo como biocomunidad, estudiando las especies más relevantes como indicadoras de la ecología del sistema. En ese entonces, no conocíamos de las recomendaciones de Einstein. La lógica producto de las experiencias vividas nos condujeron al mismo enfoque.

Programa MIP en Frutales y Hortalizas (MIPFH). Acometida integral fitosanitaria

41. Proyectos conducidos dentro del programa, en la Unidad Técnica Fitosanitaria, Fac. Agron, La Universidad del Zulia (UTF. LUZ), iniciando con tomate.
42. Moscas minadoras serpentinas, *Liriomyza sativae* y *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) como casos de análisis en tomate, melón, cebollín y vainita.. Son insectos considerablemente polífagos y se crían y reproducen sobre varias especies y familias de plantas cultivadas y arvenses. Comencemos por la biología de estas especies y sus relaciones con las plantas hospederas. En presencia de macho, la hembra pasa unas 36 h de preoviposición. La hembra grávida perfora la epidermis foliar con su ovipositor, debajo de la cual inserta un huevo en alrededor del 10 % de las picadas, el resto son para ella alimentarse del exudado, al igual que el macho. El huevo eclosiona ~72-80 h después. La larva consume superficialmente el mesófilo de la hoja debajo de la epidermis haciendo una galería en serpentina de color blanquesino, que se ensancha a medida que el insecto crece, dejando atrás una traza oscura de sus excrementos, proceso que pasa por tres estadios, mudando el integumento entre ellos (L1-L3). El mayor daño (~65 % del área minada) la hace como L3. Al completar su desarrollo la larva corta una abertura en la epidermis foliar y emerge para dejarse caer al suelo dentro del cual penetra algunos mm para pupar. Después de unos 9 días, emerge el adulto, iniciando un nuevo ciclo de vida. Estos detalles vitales son indispensables para diseñar métodos de investigación de los potenciales de desarrollo poblacional y las relaciones tróficas, especialmente parasitismo por otros insectos, que determina la incidencia de estos organismos y daños resultantes en los procesos de producción.
43. Tomate. Estudios de poblaciones de fitófagos y EN a lo largo del ciclo del cultivo, en lotes libres de insecticidas. Caso *Liriomyza* spp. Incidencia abrumadora del número de individuos parasitados por Hymenoptera: Eulophidae (porción amarilla de las barras), detectados dentro de las minas (parásito de larvas, que

pueden morir en cualquiera de los tres estadio de desarrollo, aunque principalmente L2 y L3), sin incluir parasitoides que emergen de los puparios en el suelo (parasitoides de larva-puparios; ver siguiente lámina).

44. Especies de parasitoides obtenidos de las minas en follaje y de los puparios formados por larvas de *Liriomyza* emergidas de las minas para ir a pupar en el suelo. Asociados con *Liriomyza* spp. en tomate como en otras hospederas, detectamos dos tipos de avispas (Hymenoptera) parasitoides, el primero y detectable dentro de las minas (larvas minadoras muertas y pupas de parasitoides), constituido por cinco especies (5 spp.) pertenecientes a la Familia Eulophidae, las cuales completan su desarrollo y matan a la larva hospedera (en diferentes estados de desarrollo) dentro de la mina (de diferentes tamaños), donde se transforman en pupa y luego emergen los adultos, a través de agujero cortado en la epidermis de la mina. El segundo grupo, con 3 spp. pertenecientes a 3 familias diferentes (Figitidae, Braconidae y Pteromalidae), que completan su desarrollo después que la larva hospedera completamente desarrollada ha abandonado la mina para ir al suelo donde forma su pupario, dentro del cual se transforman en pupa después de matar al hospedero, de donde posteriormente emerge el adulto.
45. Tomate, *Liriomyza* spp., número de minas activas, parasitadas y emergidas en grafico de líneas 1989. Típicas secuencias de alternancia numérica entre poblaciones de fitófagos y parasitoides.
46. Tomate, *Liriomyza* spp. ¿Que representa en términos de daños, el número de minas y su relación con el desarrollo del área foliar total? Desarrollo de área foliar y área minada (cm^2) partiendo de las primeras minas en hojas cotiledoneas en semillero (A). Daños causados por los individuos que fueron contados en la parcela de observación exenta de insecticidas de 1989 (Hda. El Carnaval). Número de hojas 60/muestreo (20 de c/u: hojas jóvenes, maduras y senescentes; área foliar/hoja compuesta de 7-9 folíolos: $\sim 200-280 \text{ cm}^2$). (B) Se discriminaron dos tamaños de mina: pequeñas causadas por L1 y L2 y grandes causadas por L3. Área foliar minada total/semana, calculada prorrateando # de minas para cada tamaño, equivale a 6-7% del área foliar total, sencillamente insignificante.
47. Tomate. Evolución de la arquitectura de la planta a lo largo de su ciclo (fenología). Nótese las leves infestaciones por *Liriomyza* spp., evidenciadas por escasas minas en hojas bajas de las tres últimas etapas de desarrollo de las plantas
48. Tomate, plantas a los 65 y 85 días, con algunas minas solo en hojas bajas. Evidencia daño que no progresó, debido al CBn por parasitoides (láminas 40 a 44).

49. Melón sin insecticidas, *Liriomyza* spp. estado Falcón, la historia del intenso parasitismo se repite. Seguimiento poblacional se adaptó a la fenología de esa especie de planta (ver detalles metodológicos en la lámina).
50. Melón, *Liriomyza* spp. (A) La fuerte infestación de las hojas cotiledóneas, es respondida inmediatamente por considerable parasitismo (imagen superior izquierda), dejando pocos sobrevivientes hasta adultos, lo que reduce la infestación de las subsiguientes hojas verdaderas a casi nula. (B) En el escaso número de minas, generalmente las larvas mueren en etapas tempranas de desarrollo dejando minas pequeñas (ver en esquina inferior izquierda imagen de hoja desarrollada con al menos 9 pequeñas minas). (C) Eso contrasta con sembradíos comerciales con manejo fitosanitario convencional. Hay que afinar **métodos** que consideren esas variaciones (número y área de las minas).
51. Es evidente que en el caso de *Liriomyza*:
1. En ausencia de insecticidas, las infestaciones suelen tener un desarrollo muy moderado.
 2. Buena parte de lo cual es por efecto de parasitoide
 3. El parasitismo además de disminuir el número de minas, reduce la superficie dañada porque gran proporción de larvas minadoras mueren en etapas tempranas de desarrollo (> 70% mueren antes o al comienzo del tercer estadio (L3). A lo largo del desarrollo larval, la L3 causa 60-70 % del daño.

Impacto de los insecticidas en la dinámica de poblaciones dentro de la biocomunidad

52. Entiéndase que en caso de cultivos autóctonos (en este caso oriundos del Neotrópico), como el tomate, la mayor parte de la entomofauna también lo es, conformando una apreciable biodiversidad que puede colonizar el cultivo, interactuando en varios niveles tróficos, a lo largo del desarrollo de esas biocomunidades (sucesión ecológica). Eso debe ser evaluado para manejarlo en pro de los equilibrios poblacionales, evitando daños producto de fluctuaciones acentuadas, generalmente a causa de uso inadecuado de plaguicidas.

Regresando a las preguntas correctas (sugeridas por Einstein):

¿Ante este cuadro demostrado de CBN que les queda por hacer a los plaguicidas? ¿Queda algo por complementar que valga la pena arriesgar el CBN y causar otras secuelas?

¿Hemos ido suficientemente a fondo en el conocimiento de este aspecto del problema como para dar adecuadas respuestas?

¿Está esa información disponible para nuestros sistemas de producción?

¿Cuándo estos problemas entomológicos llegan a nivel de "plagas, lo hacen por sus desarrollos poblacionales propios o los inducimos con manejos irracionales?

Hay que tener presente que los primeros daños por *Liriomyza* en semilleros o postrasplante en el campo, ha sido una de las principales causas que inducen al agricultor o técnico asesor desinformados a incurrir en "caerle a tiempo a la plaga para asegurar la cosecha". Basado en nuestros estudios, anteriormente

mentionados, es evidente que en este caso ese no es el riesgo natural, pero si resulta altamente probable de ser inducido por aplicaciones innecesarias de insecticidas. Bajo esa premisa condujimos investigaciones para evaluar ese efecto inductor de "plagas", paradójicamente por "plaguicidas".

Miremos a continuación.

53. Tomate. Evaluando el efecto de insecticidas convencionales vs. selectivos (1/2 dosis de Metomilo + ½ dosis de Dipel) y testigo absoluto (sin insecticida), en la dinámica de una agrobiocomunidad. Insecticidas convencionales: mayor % foliolos infestados (90-100), mayor # de minas por foliolos infestado y menor % de parasitismo. Aunque no documentado en este experimento de campo, el mayor porcentaje de parasitismo en el testigo y el tratamiento selectivo, estuvo notoriamente asociado con minas de menor tamaño (considerablemente menor daño; ver ítem y lámina 49). A la luz del incremento de los problemas entomológicos (en número de spp. fitófagas y niveles de daños), paralelo al aumento de la frecuencia y dosis de aplicaciones y numero de insecticidas mayormente organosintéticos, tal como parcialmente lo muestra la lámina 36, es lícito y necesario profundizar en el efecto de los insecticidas sobre la dinámica entomofaunística del cultivo, más allá de su efectividad en reducir momentáneamente las poblaciones de "plagas" (con frecuencia evaluados durante cortos períodos 72-96 h).
54. Tomate. Interferencia por insecticidas convencionales, disminuyendo la respuesta del parasitismo a los aumentos de población del hospedero.
55. Tomate. Gelechiidae minadores. Mismo efecto de insecticidas con excepción de cipermetrina (los piretroide son bastante efectivos contra larvas de Lepidoptera).
56. Tomate, testigo sin insecticida, relación # de foliolos/muestra (20 hojas; ~7 foliolos/hoja) y # de minas/muestra (un foliolos dañado tiene al menos una mina). Si consideramos que una larva de *K. lycopersicella* podría dañar completamente un foliolos, solo representa 5-6 % de los foliolos en esas muestras, lo que es un daño insignificante.
57. Tomate. mosca blanca del tabaco (MBT), *Bemisia tabaci*, igual efecto negativo de los insecticidas convencionales.
58. El porqué de los aumentos poblacionales cuando se altera el CBn. Los insectos y ácaros fitófagos tienen altos potenciales reproductivos dentro de cortos tiempos generacionales. Esto permite rápidos crecimientos poblacionales y consecuentes daños, cuando el CBn es reprimido con manejos agronómicos inadecuados, entre los cuales el uso irracional de insecticidas suele ocupar el primer lugar. Nótese en la Fig. 1, la diferencia de favorabilidad de las especies de plantas

hospederas para el desarrollo poblacional de *B. tabaci*, a pesar de su amplia “polifagia”, entre las cuales el tomate sobresale notoriamente, correspondiendo a los valores de r_m en el Cuadro 5. Así, lo que era conocido como como *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), hoy existen evidencias genéticas moleculares, de que comprende más de 30 especies cripticas y/o biotipos, morfológicamente no diferenciables, en las fajas tropical y subtropical alrededor del planeta. En Venezuela tenemos 2-3 de ellos.

59. Tomate, su compleja entomofauna, una realidad estructural y funcional, como en todos los cultivos. Artrópodos asociados en diferentes niveles tróficos dentro de biocomunidades de tomate en Venezuela. Esta representación esquemática de la entomofauna es parcial para las especies más relevantes, entendiendo que existen diferencias debido a condiciones ambientales incluyendo manejos agronómicos. Nótese en el gráfico de la esquina superior izquierda la considerablemente menor supervivencia y mayor tiempo de desarrollo de larvas de *P. operculella*¹¹ sobre tomate, comparado con otras Solanaceae hospederas, especialmente papa, asociada a la cual evolucionó. No obstante, *P. operculella* fue la causante de una de las mayores crisis de “plagas” en tomate en Venezuela hasta mediados de 1980s (casi 30 años), bajo continua presión por insecticidas. Eso permite pensar que los mecanismos de resistencia a insecticidas, podrían haber hecho al insecto adaptable a la diversidad de alcaloides (sustancias toxicas) dentro de esa familia de plantas, en este caso la Tomatina (glicoalcaloide del tomate con mayor concentración en hojas y frutos jóvenes, a la cual las larvas neonatas son especialmente susceptibles). Tanto los gelechidos minadores como las mosquitas minadoras (*Liriomyza* spp.) (en recuadro amarillo) son actualmente considerados como “plagas potenciales”, que pueden aumentar sus poblaciones al alterarse sus CBn. *B. tabaci* y *N. elegantalis* se mantienen como especies de delicado manejo, que requieren investigar algunas alternativas ya identificadas.

La entrada al País de la mosquita de los brotes *Prodiplipsis longifila* (recuadro rojo), aparentemente en 2022¹², plantea una seria complicación fitosanitaria adicional, acentuada por la usual respuesta a los problemas entomológicos, recurriendo a los insecticidas organosintéticos. Situación ésta, de marcada incertidumbre por la falta de respuesta de los organismos del Estado, responsables, el MPPAPT-INSAI de coordinar la atención al problema y MINCYT atender mediante fondos de emergencias a investigar problemas de esta naturaleza. La aparente avanzada dispersión de la especie y los problemas fitosanitarios en desarrollo, presagian momentos difíciles para la producción nacional de tomate y otras hortalizas. Ante la nula respuesta, el 14/06/2025

¹¹ provenientes de colonia de laboratorio criadas sobre tubérculos de papa

¹² Ver en RegBio.com.ve: “Notificación a INSAI de alerta fitosanitaria por aparente presencia de la mosquita de los brotes *Prodiplipsis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en tomate y pimentón en los estados Mérida, Táchira y posiblemente Trujillo. Incluye anteproyecto de investigación-producción”.

enviamos al Ministro de MPPAPT, una notificación resumida (una cuartilla)¹³ Tampoco respondieron. Entendemos que, por motivos geopolíticos nuestra situación está muy delicada sobre todo en cuanto a la disponibilidad de recursos económicos, pero se debe avanzar en la medida de nuestras limitadas disponibilidades para conocer la realidad del problema en nuestras principales zonas productoras, y proceder en consecuencia. Por razones estratégicas de contingencia, en este momento hay que asegurar el abastecimiento agroalimentario, previendo cualquier "situación" que se nos presente. Aunque las respuestas a los problemas de las sociedades dependen de las posibilidades y capacidades que son materia política, esta última forma parte de la realidad física del segmento de universo comprometido, lo cual lo incluyen en el campo de la Ciencia.

60. Cebollín, *Allium fistulosum*, mosca minadora serpentina, *Liriomyza trifolii* (Burgess), un caso más con similar tendencia. Biología.
61. Cebollín, *L. trifolii*. Poblaciones en campo. La situación se repite.
 1. Cuatro ciclos de cultivo consecutivos sin insecticidas.
 2. Tres ciclos de cultivo consecutivos comparando interferencia física (clbertura con organza), química (monocrotofos) vs. sin interferencia (testigo). Siendo la hoja del cebollín parte importante del producto mercadeable, el caso del minador de las hojas es especialmente sensible. No obstante, tal como lo demuestra los gráficos de la figura (A), el CBn por parasitoides en las condiciones estudiadas es tan efectivo para regular las poblaciones de este minador, que no requiere ningún complemento de manejo. Esto se repite en los testigos sin interferencia del CBn de los tres ciclos experimentales de la figura (B), en contraposición con la interferencia física (cobertura con organza) y química (aspersiones con monocrotofos).
62. Cebollín, *L. trifolii*, en parcela comercial con aplicaciones de insecticidas (A) vs producción agroecológica (sin insecticidas ni fertilizantes químicos) (B y C) durante 6 años en 10 canteros (10 m^2 c/u) de la Unidad de Producción Agroecológica de Hortalizas en Canteros, conexa a UTF LUZ. Ambas en la Planicie de Maracaibo, Venezuela.
63. Efecto de insecticidas sobre *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) y sus parasitoides en frijol, *Phaseolus vulgaris*, Milagro, Guayas, Ecuador. Otro caso más. Nótese que siendo polífagas estas especies de *Liriomyza*, independientemente de la planta hospedera y la ubicación geográfica, el efecto del parasitismo es aproximadamente el mismo.

¹³ Ver en RegBio: "Evidencias de aparente presencia de la mosquita de los brotes, *Prodiplipsis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en tomate y pimentón en los estados Mérida, Táchira, Trujillo, Lara y Yaracuy."

64. Reflexión acerca de los fundamentos para la manera en que se utilizan los insecticidas. Conflictos con los intereses comerciales de las empresas agroquímicas.

Alternativas de manejo de problemas fitosanitarios acentuados por las colonizaciones tempranas desde semilleros. Evaluarlas para *Bemisia tabaci* y *Prodiplosis longifila* a lo largo del ciclo de producción (germinación a cosecha)

65. Interrogantes planteadas acerca del manejo del complejo *B. tabaci*- *Begomovirus* y otros problemas fitosanitarios acentuados por colonizaciones tempranas de los cultivos, desde semillero, donde las plántulas están apiñadas en las bandejas de iniciación. Aplicables también a *Prodiplosis longifila*:

¿Cómo retrasar la colonización y disgrigar espacialmente el efecto de los individuos colonizadores, postergándolos a tener que comenzar a actuar después del espacioso trasplante en el campo? Alternativa para lograrlo.

Titulos de tesis de Juan Geraud Chirinos y Yorvis Montiel (por orden alfabético):

. Selectividad agroecológica de insecticidas sistémicos absorbidos por la raíz contra *Bemisia tabaci* en tomate.

. Uso selectivo de insecticidas sistémicos absorbidos por la raíz contra *Bemisia tabaci* en tomate.

Protección física durante el semillero (bajo túnel + aplicación pretrasplante de insecticida sistémico absorbido por la raíz (ISAR). La protección física permitirá trasplantar plántulas completamente libres de fitófagos. El insecticida sistémico contenido en las plántulas limitará la sobrevivencia de los primeros artrópodos fitófagos colonizadores en campo y sus progenies, si logran reproducirse, especialmente insectos chupadores de savia (*B. tabaci* y otros) y muy probablemente raspadores superficiales de tejidos muy tiernos (*P. longifila*, trips, acaros, ...), sin causar intoxicación a EN por contacto físico directo, al colonizar el cultivo. De lo primero tenemos evidencias experimentales (ver láminas 65-69), así como del efecto de la protección física en semilleros (ver lámina e ítem 69), en ambos casos con *B. tabaci*. La efectividad para *P. longifila*, debe ser evaluada, para lo cual hemos elaborado un protocolo experimental, ver a continuación.

Premisa: La propagación con fertiriego por imbibición de plántulas en semilleros bajo total protección física, confinadas bajo túneles de sección semicircular de 55 cm de radio, cubiertos con malla muy densa (>11 x 11 hilos/cm), de principio impide el acceso de los citados insectos y ácaros fitófagos a las plántulas en desarrollo. Para asegurar la prolongación de la protección postrasplante, a los dos últimos riegos pretrasplante se les incluye una dosificación de insecticida sistémico absorbible por la raíz (ISAR). Así las plántulas irán protegidas internamente contra insectos chupadores y otros pequeños artrópodos fitófagos que se alimentan raspando superficialmente tejidos tiernos de la plántula.

De acuerdo a resultados experimentales anteriores (ver láminas 65-69), sería muy probable la protección contra fitófagos durante 15-30 días, sin exponer la entomofauna benéfica, incluyendo parasitoides. Así, al reducirse con el tiempo la concentración del insecticida por metabolismo y “dilución” en la creciente biomasa de la planta, cualquier colonización posterior por artrópodos fitófagos encontrará a la planta más desarrollada y menos susceptible a daños, permitiendo así el desarrollo equilibrado de las relaciones fitófagos-parasitoides. Las evaluaciones deberán continuar durante todo el ciclo del cultivo, dentro de una segunda fase de la investigación en campo.

Los efectos adversos contra polinizadores por el riesgo de consumir néctar contaminado con insecticida (preocupación mundial en el caso de abejas, *Apis mellifera*), en este caso son mínimos ya que para el momento de iniciar la floración (40-50 días posttrasplante), las concentraciones de estos químicos estarían a lo sumo a nivel de trazas. Además, siendo el tomate una especie considerablemente autógama, la anatomía y fisiología floral (ver lámina e item 32) es poco atractiva para insectos polinizadores, de los cuales no depende para la fertilización floral. Además, el potencial efecto de esta práctica, redundaría en menor propensión a las aplicaciones nerviosas de insecticidas.

Al trasplantar esas plántulas absolutamente sanas, la misma población de colonizadores tendrá que ocuparse de las plantas dispersas en el mayor espacio de campo de producción, lo que hace menos eficiente la ubicación de los hospederos comparado con las plántulas apiñonadas en semilleros. No obstante, es necesario evaluar la sucesión de las colonizaciones de fitófago y parasitoides, desde los semilleros comparando esas secuencias entre semilleros descubiertos (SD) y protegidos (SP), incluyendo ambos tratados pretrasplante con (ISAR) (siguiente fase del a ser acometida mediante otros proyectos).

Investigaciones preliminares (protocolo):

1. Establecimiento de colonias aisladas en laboratorio de los insectos a ser evaluados bajo estas prácticas de propagación: *B. tabaci* y de ser posible *P. longifila*.
2. Evaluar la efectividad y duración de tratamientos pretrasplante con ISAR.

Procedimiento:

- 2.1. Propagación aislada en laboratorio con fertiriego por imbibición, de plántulas de tomate en cuatro bandejas iniciadoras de 50 celdas. Dos de las cuales recibirán ISAR disuelto en el agua de riego por imbibición (0,035 % i.a, p/ v). Una de ellas una sola vez a durante el riego a los 25 días posgerminación y la otra repetida una segunda vez (25 y 27 días). Posteriormente, segmentos de bandejas con 15 plantas tratadas con ISAR y 15 no tratadas, serán confinadas en jaulas entomológicas. Así habrá 12 jaulas entomológicas con plantas tratadas, seis con una vez y seis con dos veces, cada una de ellas acompañadas de igual número de plántulas

no tratadas. En adelante las plantas con ambos tratamientos, recibirán solamente fertiriego.

2.2. Adultos provenientes de la colonia del insecto experimental, serán introducidos en las jaulas en proporción numérica aproximada de 5/planta (150 adultos/jaula). Comenzando el dia 2 después del segundo tratamiento con ISAR. Esas liberaciones se repetirán en las siguientes jaulas con intervalos de 6 días (2, 8, 14, 20, 26, y 32dias).

2.3. Posterior a la introducción de insectos adultos en la jaula, diariamente se observará la supervivencia y actividad de los mismos. A los 6 días de introducidos los adultos del insecto, se tomarán muestras de 2 (3?) plantas/ tratamiento para observar y contar diferentes fases del insecto, como indicadores del efecto del tratamiento pretrasplante. A las plantas muestreadas, se les evaluará el desarrollo (longitud del tallo desde cuello de la raíz a ápice, número de hojas y foliolos/hoja) y se determinará la materia seca (biomasa). Los muestreos se repetirán al menos tres veces más con el mismo intervalo de tiempo. De percibirse duración de efecto dentro de esas jaulas, se repetirían los muestreos. Teniendo en cuenta que las plantas no tratadas dentro de esa jaula, con el tiempo se convertirían en aportadoras de nuevas generaciones adultos, al observarse sobre ellas ninfas de *B. tabaci*, en segundo y tercer estadío ninfal (N2 y N3), se retiraría de esa jaula el segmento de bandeja no tratado, para evitar que se añadan nuevos adultos (no tratados), que pudiesen enmascarar la duración del efecto del insecticidas dentro de las plantas tratadas, especialmente en lo referente a la posible supervivencia de los adultos liberados en la jaula (simulando nuevos colonizadores dentro de la sucesión ecológica en campo), consecuencia de la degradación debido al tiempo, del insecticida dentro de la planta.

Ese procedimiento se repetirá para las siguientes jaulas, a partir del momento de liberación de los adultos del insecto indicador, con el fin de determinar la duración del efecto protector del insecticida absorbido por la planta, tomando en cuenta que las plantas tratadas por imbibición, serían más susceptible a medida que el insecticida es metabolizado dentro de la misma.

Los resultados de este experimento, permitirán diseñar nuevos experimentos para evaluar el efecto benéfico que pudiese tener en el desarrollo dinámico de la biocomunidad del cultivo durante su producción en el campo.

Alternativa para lograrlo

Protección física durante el semillero (bajo túnel + aplicación pretrasplante de insecticida sistémico absorbido por la raíz (ISAR). La protección física permitirá trasplantar plántulas completamente libres de fitófagos. El insecticida sistémico contenido en las plántulas limitará la sobrevivencia de los primeros artrópodos colonizadores en campo, especialmente insectos chupadores de savia (*B. tabaci* y otros) y muy probablemente raspadores superficiales de tejidos muy tiernos (*P.*

longifila), sin afectar por intoxicación directa a EN colonizadores del cultivo. De lo primero tenemos evidencias experimentales (ver láminas 64-66), así como del efecto de la protección física en semilleros (ver lámina 67), en ambos casos con *B. tabaci*. La efectividad para *P. longifila*, debe ser evaluada siguiendo el mismo protocolo desglosado en este ítem (63).

66. 1. Tomate. Efectividad de insecticida sistémico absorbido por la raíz con altas perspectivas de selectividad ecológica (el insecticida absorbido donde controle al fitófago sin afectar a la entomofauna benéfica). Evidentemente el Imidacloprid aplicado al suelo, resultó considerablemente efectivo y de larga duración (> 40 días), inclusive comparado con el aplicado al follaje de la planta, el cual podría afectar a los EN. Su efecto debe ser evaluado para *B. tabaci* y *P. longifila*. El retraso de la colonización postrasplante, permite que de esta ocurrir pasado el efecto toxicó sistémico, la planta hospedera estará en estado más avanzado de desarrollo y menos afectada por los daños iniciales. Al no tener contacto directo con el insecticida, los parasitoides, subsiguientes colonizadores, no estarían directamente expuestos al plaguicida.
67. 2. Efecto selectivo de insecticida sistémico absorbido por la raíz sobre la población *B. tabaci* y su capacidad de transmitir *Begomovirus* (PYMV). Metodología.
68. Efecto selectivo de insecticida sistémico absorbido por la raíz sobre... Resultados.
69. 3. Efecto de la protección física de semilleros en la transmisión de *Begomovirus* por mosca blanca del complejo *B. tabaci*. Desde láminas 63-66 se complementan en el logro del objetivo común (ítem 62).
Aunque después de 10 semanas de trasplantados en campo todos los tratamientos convergen en 100% de plantas SINTOMÁTICAS, existe una notoria diferencia entre la aparición de síntomas en plantas propagadas bajo protección de jaulas umbráculo (T1) y las provenientes del vivero comercial con deficiente protección física (T5). A la primera, le sigue las plantas propagadas sin protección en UTF (T3). Intermedio entre T3 y T5 están las propagadas sin protección en la finca del ensayo T4 y las propagadas bajo protección física en UTF, pero incluyendo 2,5% de plantas expuestas a adultos de *B. tabaci* provenientes de la colonia sobre plantas con TYLCV (T2). La similitud de la aparición de síntomas en ambos tratamientos sugiere, lo riesgoso de pequeñas deficiencias en la prevención de transmisión, tal como se señala en la lámina 63.
70. Alternativas de protección física durante el semillero. Los grandes umbráculos (1), por la diversificación de especies bajo propagación simultánea, por razones de economía en el uso del espacio, tienden a albergar permanentes focos de segmentos críticos de entomofauna y fitopatógenos, disminuyendo la seguridad fitosanitaria (ver lámina 67, T2). Umbráculos artesanales (2) propagando separadamente generaciones de plántulas, logran mayor calidad agronómica y

fitosanitaria, además de las diferencias de costos de instalaciones y mantenimiento.

Desarrollo tecnológico: estamos desarrollando un prototipo de túnel recubierto con malla de nailon de alta densidad ($> 11 \times 11$ hilos /cm²), fertirregado por imbibición, para germinación y crecimiento de plántulas en bandejas iniciadoras de polietileno, absolutamente aislados hasta el trasplante. Es desarmable, ajustable a la magnitud de pequeños a medianos productores.

Ante el caso de *P. longifila* en Venezuela.

71. El creciente uso de insecticidas aplicados contra *P. longifila*, sin mayores logros y marcados efectos contraproducentes, denotan que hay poco que rescatar de lo que se ha venido haciendo en esta materia (Geraud-Pouey *et al.* 2022¹⁴). No obstante, las experiencias mencionadas con otros insectos del tomate y otros cultivos (ver láminas 39-67), abren interesantes perspectivas para reorientar el manejo de este caso, con significativa reducción de insecticidas y daños.
72. Evolución histórica del caso de la mosquita de brotes *Prodiplosis longifila* Gagné, 1986. Cronología. Cabe preguntarse:
 1. ¿Por qué este insecto neotropical (= originario del Trópico Americano), aparentemente colectado en Perú por primera vez en 1930, solo comenzó a ser esporádicamente encontrado casi tres décadas después (1958; sobre diferentes especies de plantas hospederas en varias familias botánicas)?
 2. ¿Tiene esto algo que ver con la entrada al mercado de los insecticidas orgánicos sintéticos (1947)? Ver en esta lámina (69) Ref. Herrera, 2010 (esquina superior derecha). Tardando 20 años más (1979) para comenzar a causar “fuertes ataques” en tomate y alfalfa “lo cual requirió mayor frecuencia y dosis de tratamientos”. El corto tiempo en que se agudizó el problema desde Perú (1979), Sur de Ecuador (1985-6), hasta el sur oeste de Colombia (1987), sugieren más un evento casi simultáneo consecuencia del mismo manejo (insecticidas), que la rápida dispersión geográfica del insecto.
73. Biogeografía de *P. longifila*. Origen y distribución neotropical a lo largo de la vertiente al Pacífico de los Andes, desde el Sur de Perú, Ecuador, Valle del Cauca en Colombia hasta el Departamento de Santander. Sin presencia reportada en Mesoamérica, pero reportada bajo otro nombre en el Sur de la Florida, EE.UU. (1934), donde dejó de ser considerado problema debido al eficiente CBn por parasitoides.
74. Venezuela y *P. longifila*. Cerca de siete décadas de sensible atención a la entomofauna del tomate y otras spp. hospederas, por varios grupos de investigación, especialmente instituciones académicas, y gubernamentales,

¹⁴ GERAUD-POUEY, F.; GARCES, A.; CONTRERAS, N.; GERAUD-CHIRINOS, J. E. 2022. *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae), evolución como plaga y un método para evaluar sus poblaciones en tomate. Revista Colombiana de Entomología 48 (1): e7807.
<https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.7807>

entre otras, cubriendo gran parte de la geografía nacional (>70%), permite aseverar que hasta recientemente, este insecto no existía en el País. La situación parece haber cambiado a partir de 2022 pero sin respuesta de los organismos de Sanidad Vegetal (INSAI), a una "Notificación de alerta fitosanitaria..." debidamente documentada, que se envió a principios de noviembre 2024 (ver regbio.com.ve: "Notificación de alerta fitosanitaria..."). Están igualmente enterados, mediante contactos indirectos, en el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCYT). A ambos organismos, se le ha presentado propuestas de acometida para atender el potencial grave problema que representa. Todavía esperamos respuestas.

75. Cualquier parecido entre esas realidades no es pura casualidad: "Tomate evolución del uso de insecticidas contra *P. longifila*, Perú y Ecuador" y "Tomate evolución del uso de insecticidas contra artrópodos fitófagos en Venezuela". "Es que aquí las cosas siempre se han hecho así" (ver en lámina 4: "La fuerza de la costumbre, sin conocer la razón"). El patrón evolutivo en el uso de insecticidas se repite en otro lugar y otros problemas fitosanitarios. Una tácita confirmación de que esa no es la vía.
76. Tratando de ingeniar alternativas: barrera con malla antiárido, para evitar la entrada de adultos de *P. longifila* al campo de tomate. Pallatanga, Chimborazo, Ecuador, agosto 2015. A pesar de la "barrera física" y la frecuente aplicación de insecticidas, el insecto estaba presente. Utilizando 10% de esa malla hubiese servido para túneles fertirregados, evitando la colonización temprana del cultivo. Eso lejos de señalarlo como ingenua improvisación de los agricultores, denota falta de estructuras institucionales de investigación y acompañamiento a la producción agrícola, estrechamente ligados a la educación y formación profesional.
77. Solucionar problemas entomológicos requiere estudiar a fondo al agente causal en su biogeografía y bioecología. Eso requiere disponer de métodos adecuados para realizarlos, especialmente de muestreos, basados en conocimiento bioecológico del insecto.
78. Aspectos bioecológicos de *P. longifila*: ciclo biológico, relación con la planta hospedera, desarrollo poblacional, factores que las regulan especialmente EN y daños que causa en cultivos. Información muy escasa comparado con su larga historia como problema en agricultura neotropical (~ 50 años). Subyacente a esto, era notoria la deficiencia metodológica para estudiarlo, especialmente la carencia de métodos de muestreos que permitieran dilucidar las interacciones tróficas entre especies de insectos tan diminutos. Eso incentivó a desarrollar el nuevo sistema de muestreo (ver láminas 80 y 81).
79. Esquema del ciclo de vida de *P. longifila*. Centrar muestreo a partes infestadas de la planta, donde obtener huevos-L3 (último estadio larval sobre la planta), las fases de desarrollo para estudios de sus poblaciones y sus parasitoides, importantes factores de CBn, de los cuales se conocía extremadamente poco (modificado después de Ayqui y Sánchez, 1994).

80 Tomate. *P. longifila*, daños a la planta de tomate:

1. Que afectan sobrevivencia de la planta.
2. Que afectan el desarrollo vegetativo de la planta.
3. Que afectan la reproducción de la planta.
4. Que afectan la calidad de los frutos.

81. La colonización por *P. longifila* comienza desde el semillero (ver flechas amarillas señalando daños en plantulas. La protección física (malla densa) la impide en esa etapa del cultivo. Alargarla podría requerir tratamiento pretrasplante con insecticidas sistémicos absorbibles por la raíz (ISAR). Las comparaciones experimentales de semilleros expuestos vs. semilleros recubiertos, y dentro de estos, tratados con ISAR vs. no tratados, permitiría comprender mejor el proceso de colonización como inicio de las sucesiones ecológicas dentro de las biocomunidades de cultivos de tomate y otros, en vista de racionalizar su manejo fitosanitario.

82. Los primeros muestreos:

1. Trampas pegantes, captura indiscriminada de entomofauna ajena a la relación insecto-planta. Especímenes en su mayoría no aptos para fines taxonómicos (identificación y clasificación: especie, familia, orden,...).
2. Muestreo de partes infestadas de la planta para llevar a procesamiento y cría en laboratorio, envueltas en papel toalla dentro de bolsas de polietileno (método usual). En este caso, resultó poco preciso y muy consumidor de tiempo debido a la difícil recuperación de individuos emergidos de la muestra, algunos pupando sobre el papel, así como a la mortalidad de larvas atrapadas en la humedad interna de las bolsas (ver lámina 83, gráfico 1, adultos obtenidos en relación a larvas emergidas).

83. Método FGP¹⁵⁵. Dejar que el insecto haga lo que hace naturalmente al completar su desarrollo larval sobre la planta. Se deja caer al suelo dentro del cual penetra ligeramente para tejer su capullo con la fina seda que segregá, a la cual se le adhieren granos de suelo, formando pequeños terrones, dentro del cual se transforma en pupa. Despues de completada la metamorfosis emerge la mosquita adulta o alguna avispa entre las varias especies que la parasitan (ver lámina 86). Los detalles del método, están desglosados en esta lámina.

Basado en ese hábito del insecto, se diseñó un contenedor de muestra consistente en: cajas plásticas (~450 cc c/tapa a presión, ventilada con agujero cubierto con organza), cesta interna de malla retenida a media altura, con fondo cubierto de arena fina cernida, donde pupar.

84. Recuperación y separación de morfotipos de adultos emergidos de los puparios.
85. Comparación de la eficiencia de dos sistemas de muestreos y fluctuación poblacional de *P. longifila*:
 1. Rendimiento de adultos/total de emergidos de las muestras de plantas.
 2. Fluctuación poblacional.

¹⁵⁵ GERAUD-POUEY *et al.* 2022.

86. Eficiencia de métodos de muestreos comparando proporciones de adultos de *P. longifila* y parasitoide en relación de los individuos emergidos de las muestras de material vegetal infestado
87. Las grandes preguntas que nadie hizo, evidencia poca atención bioecológica del problema, que converge a la inexistencia de métodos adecuados de muestreos. Para *P. longifila* hay que preguntarse:

¿Cómo es posible qué en el caso de un insecto neotropical, dentro de su zona de origen biogeográficamente megabiodiversa, a lo largo de su distribución geográfica, se le conociera una sola especie de parasitoide (*Synopeas* sp.)? ¡Hubo quien dijera que aparentemente no tenía parasitoides!

¿Cómo es posible que a un importante insecto fitófago neotropical, dentro de su zona de origen biogeográficamente megabiodiversa, a lo largo de su distribución geográfica se le conociera una sola especie de parasitoide (*Synopeas* sp.)? ¡Hubo quien dijera que aparentemente no tenía parasitoides!

¿Por qué este fitófago solo comenzó a ser observado con moderada notoriedad en su zona de origen a partir de la década de 1950, alrededor de 30 años después de su primer encuentro (1930), casualmente coincidiendo con la entrada en escena de los insecticidas organosintéticos? Recuerden el primer caso mundial de MIP en algodón del Valle del Cañete, Perú (1956-) (Ver referencia de Herrera, 2010 en lámina 72).

¿Cómo fue que 64 años después en menos de dos años (2014-2016), aplicando métodos de muestreo adecuados, basados en la bioecología de *P. longifila*, dentro de Colombia y Ecuador se lograron criar ocho especies de parasitoides (en cuatro géneros y dos familias)? En pocas palabras le permitimos a ese segmento de entomofauna que nos contara parte de su historia de vida.

88. El rendimiento de acuciosos sistemas de muestreo: ocho especies en menos de dos años vs. una sola especie durante los previos 35 años cuando *P. longifila* comenzó a volverse problema.
89. Abundancia de parasitoides en muestras con el sistema FGP-JGC.
90. A raíz de las fundadas sospechas de la presencia de *P. longifila* en Venezuela, después de pasar al INSAI (MPPAPT) un informe científico-técnico para alerta fitosanitaria (nov. 2024), se presentó al MINCYT una propuesta de acometida integral en forma de Programa incluyendo cuatro proyectos, con participación interinstitucional y multidisciplinaria para su acometida (mar. 2025).

Programa *Prodiplosis longifila*:

1. Manejo agroecológico de problemas fitosanitarios, basado en la biodiversidad dentro de los cultivos. Caso de la mosquita de brotes, *Prodiplosis longifila*, aparente nueva especie invasora en tomates en Venezuela. Basado en el inventario biogeográfico nacional de *P. longifila* y sus EN, principalmente parasitoides.

2. Evaluación de protección pretrasplante para retrasar infestaciones postrasplante por *P. longifila* y el complejo *Bemisia tabaci-Begomovirus* y así reducir al mínimo indispensable el uso de insecticidas en campo.
3. Avanzar la base de datos RegBio (RB) para digitalizar la información producida durante las investigaciones sobre la mosquita de brotes *Podiplossis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae), aparente nueva especie invasora en tomates de Venezuela. (Aplicable a proyectos 1, 2 y 4)
4. Comunicación y transferencia al medio productor y técnico, y actividades de formación para jóvenes escolares-universitarios, acerca del problema de la mosquita de los brotes en tomate como caso de acometida agroecológica.

Nota: por falta de posibilidades materiales, no hemos podido visitar zonas con el problema con el cual estamos familiarizado, para inspeccionar y recolectar muestras con fines de identificación taxonómica de las especies de insectos involucrados (fitófago y EN). Hemos ofrecido nuestras capacidades y voluntad de colaborar en el avance de esta tarea, pero no hemos sido atendidos.

91 La alternativa: retrasar y dispersar en el tiempo y espacio la colonización entomofaunística del cultivo (*P. longifila*, *B. tabaci-Begomoviru*, *Liriomyza* spp). Estudiar el subsecuente desarrollo de poblaciones a lo largo del ciclo de cultivo, a partir de trasplantes producidos bajo varios tratamientos de protección en semilleros: 1. Testigo sin protección física ni insecticida sistémico absorbido por la raíz; 2. Protección física sin tratamiento pretrasplante; 3. Protección física + tratamiento pretrasplante. Objetivo: lograr una alternativa económica que retrase la infestación sin limitar el desarrollo del control natural por parásitoides. Tratar al menos de lograr equilibrios poblacionales entre los fitófagos y sus EN especialmente los parásitoides. De lograr avances positivos en estos casos, extender las investigaciones midiendo los efectos en otras especies de importancia como *Neoleucinodes elegantalis*.

92. Epilogo.

93. GRACIAS

FGP/09.08.2025