

# Biología funcional del género *Borreria*: estrategias reproductivas en el contexto del manejo agrícola y vacíos de conocimiento

Functional biology of the genus *Borreria*: reproductive strategies  
in the context of agricultural management and knowledge gaps

**Malavert C.<sup>1,2</sup>; Zattera, L.<sup>1</sup>; Federico, A.A.<sup>1,3</sup>; Almirón, S.<sup>4</sup>; Avila Poletti, H.M.<sup>4</sup>;  
Kern, S.<sup>4</sup>; Batlla, D.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Cultivos Industriales, Buenos Aires,  
C1417DSE, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Facultad de Agronomía,  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnica (CONICET), Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín  
4453, Buenos Aires C1417DSE, Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Hurlingham, Villa Tesei Provincia de Buenos Aires, Argentina, B1688, Argentina.

<sup>4</sup>Sistema Chacras, Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Dorrego 1639  
Piso 2 Oficina A, Rosario, S2000DIG, Argentina.

[malavert@agro.uba.ar](mailto:malavert@agro.uba.ar)

Citar como: Malavert et al. (2026)

*Biología funcional del género Borreria: estrategias reproductivas  
en el contexto del manejo agrícola y vacíos de conocimiento  
en Malezas 15, 55-65*

## RESUMEN

Las especies del género *Borreria* se han convertido en malezas agrícolas de creciente importancia en sistemas productivos tropicales y subtropicales, afectando cultivos anuales y perennes. Su presencia suele asociarse a ambientes cálidos, con buena disponibilidad hídrica y frecuentes disturbios agrícolas, condiciones que favorecen una emergencia rápida y, en muchos casos, escalonada. A pesar de su relevancia agronómica, el conocimiento sobre los mecanismos biológicos que regulan la dinámica poblacional de *Borreria* (i.e. dormición, germinación, emergencia y establecimiento) continúa siendo fragmentario y predominantemente descriptivo. En este trabajo se revisa la información disponible sobre la biología funcional del género, con énfasis en las estrategias reproductivas sexuales y vegetativas vinculadas a su permanencia en los sistemas agrícolas, e identifica los principales vacíos de conocimiento. Los antecedentes disponibles sugieren que la germinación de varias especies del género estaría fuertemente modulada por la temperatura, la disponibilidad hídrica, la luz y el disturbio del suelo. Asimismo, evidencias recientes sugieren que, en determinados ambientes agrícolas, la presencia de rizomas y xilopodios podría contribuir a la regeneración vegetativa y a la ocurrencia de rebrotes post-control, complementando el rol del banco de semillas en la permanencia de las poblaciones. Finalmente, se identifican vacíos de conocimiento relevantes, particularmente la falta de parámetros ecofisiológicos cuantitativos, la escasa información sobre la contribución relativa de la reproducción sexual y vegetativa y la ausencia de modelos predictivos de emergencia. En conjunto, el abordaje de estos aspectos podría contribuir al desarrollo de estrategias de manejo más preventivas, integradas y específicas por ambiente.

**Palabras clave:** banco de semillas, dormición, ecología de la germinación, emergencia de plántulas, persistencia vegetativa, manejo integrado de malezas.

## SUMMARY

Species of the genus *Borreria* have become increasingly important agricultural weeds in tropical and subtropical production systems, affecting both annual and perennial crops. Their occurrence is commonly associated with warm environments, high water availability, and frequent agricultural disturbances, conditions that favor rapid and often staggered seedling emergence. Despite their agronomic relevance, knowledge of the biological mechanisms regulating the population dynamics of *Borreria* (i.e. dormancy, germination, emergence, and establishment) remains fragmented and largely descriptive. This review synthesizes the available information on the functional biology of the genus, with emphasis on the sexual and vegetative reproductive strategies associated with their persistence in agricultural systems, and identifies the main knowledge gaps limiting the development of effective management strategies. Available evidence suggests that germination in several species of the genus is strongly regulated by environmental cues, including temperature, water availability, light, and soil disturbance. In addition, recent evidence suggests that, in some agricultural environments, the presence of rhizomes and xylopodia may contribute to vegetative regeneration and post-control regrowth, complementing the role of the soil seed bank in population persistence. Finally, critical knowledge gaps are identified, particularly the lack of quantitative ecophysiological parameters, the limited information regarding the relative contribution of sexual and vegetative reproduction, and the absence of predictive emergence models. Addressing these gaps could contribute to the development of more preventive, integrated, and environment-specific management strategies.

**Keywords:** soil seed bank, dormancy, germination ecology, seedling emergence, vegetative persistence, integrated weed management.

## INTRODUCCIÓN

Las malezas constituyen uno de los principales factores que limitan la productividad de los sistemas agrícolas, particularmente en regiones donde la intensificación productiva, la simplificación de las rotaciones y el uso reiterado de herbicidas han modificado de manera profunda la estructura y dinámica de las comunidades vegetales (Guglielmini *et al.*, 2003; Zimdahl, 2013). En este contexto, especies con elevada plasticidad ecológica y capacidad de adaptación se volvieron más frecuentes en los lotes, convirtiéndose en problemas recurrentes para el manejo agronómico (Malavert, 2026). Dentro de este grupo, diversas especies del género *Borreria* G. Mey (Rubiaceae), una familia ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales (Bacigalupo, 1974; Cabral & Bacigalupo, 2000; Cabral *et al.*, 2011), se consolidaron como malezas problemáticas en sistemas agrícolas, afectando cultivos estivales y perennes bajo condiciones de elevada temperatura, disponibilidad hídrica, especialmente en agroecosistemas sometidos a intensas presiones de manejo agronómico (Martins *et al.*, 2010; Gallon *et al.*, 2018). En la Argentina, su presencia se ha documentado principalmente en el norte y noreste del país, con registros crecientes en áreas agrícolas bajo sistemas de labranza reducida, donde especies como *Borreria spinosa* Cham. & Schtdl. ex DC., *Borreria verticillata* (L.) G. Mey y *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum., muestran una elevada capacidad de establecimiento (AAPRESID, 2023).

Históricamente, el manejo de *Borreria* se basó casi exclusivamente en el control químico, con un énfasis marcado en la evaluación de la eficacia de herbicidas aplicados en pre y post-emergencia (Martins & Christoffoleti, 2014). Si bien estos estudios aportaron información valiosa para el control a corto plazo, este enfoque resulta limitado para explicar la recurrencia de las infestaciones, la necesidad de aplicaciones repetidas y el aumento del riesgo de selección de biotipos tolerantes o resistentes. En este sentido, la persistencia de *Borreria* en los agrosistemas no puede comprenderse únicamente a partir de la respuesta a herbicidas, sino que requiere un análisis integrado de los rasgos biológicos que regulan su establecimiento, reproducción y dinámica poblacional.

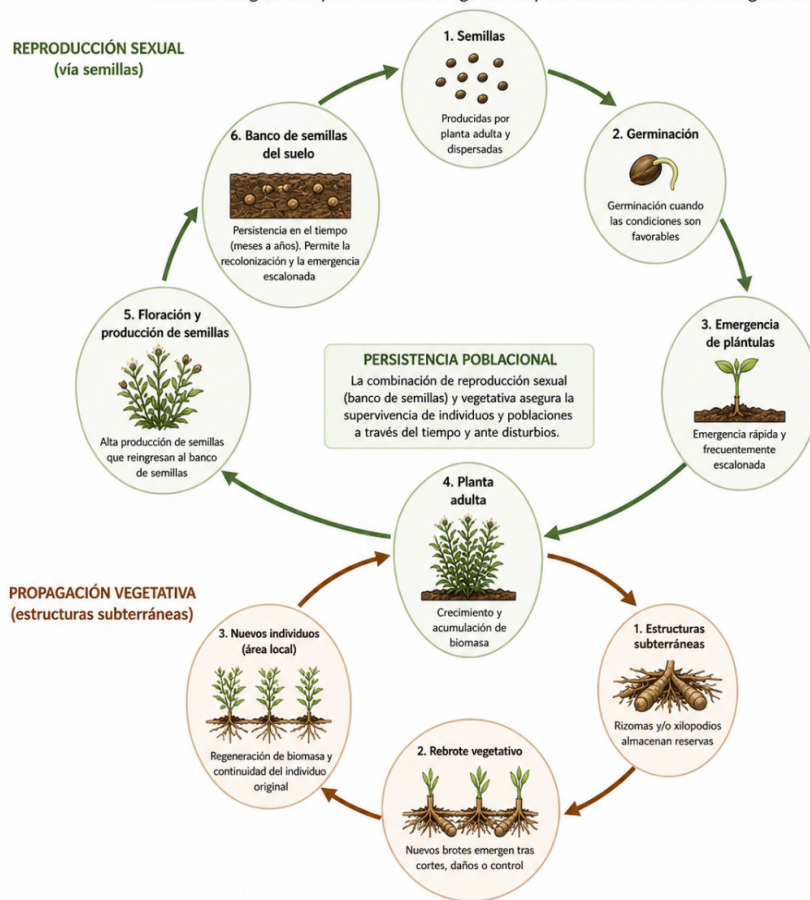
Entre los rasgos biológicos potencialmente asociados a la reinfestación de *Borreria* en sistemas agrícolas se encuentran el establecimiento a partir de semillas y la capacidad de regeneración vegetativa (AAPRESID, 2023). Diversos estudios sugieren que especies del género *Borreria* presentan elevada fecundidad y germinación regulada por señales ambientales, particularmente la luz y la temperatura (Lim, 1997; Martins *et al.*, 2010; Gallon *et al.*, 2018). Asimismo, algunas especies poseen estructuras vegetativas subterráneas capaces de originar rebrotes luego de

prácticas de control o disturbios mecánicos. En conjunto, estos antecedentes sugieren la coexistencia de múltiples mecanismos de persistencia. Sin embargo, todavía existe escasa información sobre cómo estos mecanismos interactúan y responden a las condiciones ambientales para regular el establecimiento de *Borreria* en los sistemas agrícolas.

En este trabajo se realiza una síntesis del conocimiento disponible sobre la biología funcional del género *Borreria*, con énfasis en las estrategias reproductivas sexuales y vegetativas que contribuyen a su persistencia en los sistemas agrícolas. Asimismo, se identifican los principales vacíos de conocimiento ecofisiológico y se discuten sus implicancias para el desarrollo de estrategias de manejo más integradas. En la Figura 1 se sintetizan los principales mecanismos biológicos y vías de persistencia poblacional descritos para especies del género *Borreria* en sistemas agrícolas.

**Figura 1. Ciclo de vida y mecanismos de persistencia de *Borreria* spp.**

*Dos estrategias complementarias aseguran su persistencia en sistemas agrícolas*



**Figura 1.** Ciclo de vida y mecanismos asociados al mantenimiento poblacional de *Borreria*. El esquema resume dos estrategias complementarias que contribuyen al mantenimiento de las poblaciones en sistemas agrícolas: (i) la reproducción sexual, asociada a la producción de semillas y formación de bancos de semillas, y (ii) la regeneración vegetativa mediante rizomas y xilopodios capaces de originar rebrotes luego de disturbios o prácticas de control. La coexistencia de ambas estrategias favorece la recurrencia de infestaciones y dificulta el manejo sostenido de la maleza.

**Biología funcional de especies del género *Borreria*  
Producción de semillas y plasticidad reproductiva**

Las especies del género *Borreria* presentan estrategias reproductivas que favorecen su permanencia en los sistemas agrícolas, incluyendo elevada fecundidad y capacidad de regeneración luego de disturbios o prácticas de control (Burdyn, 2020). En estudios realizados en sistemas

de plantación tropicales, se observó que plantas creciendo en ambientes abiertos o con niveles moderados de radiación pueden producir hasta 15.000 semillas por individuo, mientras que bajo sombreado intenso la producción se reduce drásticamente, aunque rara vez se anula por completo (Lim, 1997). Esta marcada plasticidad reproductiva constituye uno de los principales mecanismos que explican la rápida colonización y establecimiento de *Borreria* en sistemas agrícolas (Burdyn, 2020). La capacidad de mantener la producción de semillas bajo diferentes niveles de radiación incidente permite a la maleza sostener su aporte al banco de semillas, tanto en ambientes abiertos, como bajo coberturas parciales, como cultivos perennes o sistemas con vegetación acompañante (Lim, 1997). Desde una perspectiva poblacional, esta plasticidad implica que aun reducciones importantes en el tamaño o vigor de las plantas no necesariamente se traducen en una disminución proporcional del aporte al banco de semillas. En consecuencia, estrategias de manejo que no logran reducir de manera consistente la producción de semillas tienden a fracasar en el mediano y largo plazo.

### **Dormición y germinación: respuestas a señales ambientales**

Aunque todavía no se conoce con precisión el nivel de dormición con el que se dispersan las semillas de *Borreria*, la germinación parece estar fuertemente modulada por señales ambientales. La luz ha sido identificada como uno de los principales factores reguladores del proceso germinativo, observándose una marcada dependencia de la exposición lumínica para inducir la germinación (Lim, 1997; Martins *et al.*, 2010). En contraste, bajo condiciones de oscuridad, como las asociadas a semillas enterradas o a la cobertura del suelo, la germinación se reduce significativamente o permanece inhibida, aunque las semillas conservan su viabilidad. Esta respuesta también se observó en *Borreria ocymoides* (Burm. f.) DC. var. *minima* Chodat & Hassl., donde la germinación como la emergencia de plántulas se redujeron marcadamente con el aumento de la profundidad de entierro y la ausencia de luz, evidenciando una fuerte dependencia de señales lumínicas para la emergencia de plántulas (Chauhan & Johnson, 2008).

Aunque algunas especies del género podrían presentar mecanismos de dormición asociados a procesos de post maduración en seco (after-ripening), la información disponible aún es limitada. En *B. ocymoides*, por ejemplo, se observaron incrementos en la germinación luego de períodos de almacenamiento en seco, sugiriendo la ocurrencia de cambios fisiológicos posteriores a la dispersión de las semillas (Chauhan & Johnson, 2008). Asimismo, estudios realizados en especies afines reportaron respuestas germinativas moduladas por la luz y la temperatura, así como posibles efectos inhibitorios asociados a la cubierta seminal o a compuestos presentes en las semillas (Lim, 1997).

La temperatura modula tanto la velocidad como la proporción de semillas germinadas de las malezas en general (Benech-Arnold *et al.*, 2000; Forcella *et al.*, 2000). En ambientes tropicales y subtropicales, temperaturas elevadas favorecen la germinación rápida una vez superadas las posibles restricciones impuestas por la dormición, especialmente en ambientes abiertos con elevada incidencia de luz sobre la superficie del suelo (Martins *et al.*, 2010; Martins & Cristoffoleti, 2014). En este contexto, la interacción entre luz y temperatura resulta determinante: temperaturas favorables en ausencia de luz no conducen necesariamente a la germinación, lo que sugiere un mecanismo de control que evita la emergencia en condiciones desfavorables para el establecimiento de plántulas. Asimismo, estudios recientes en *B. latifolia* sugieren que especies del género pueden liberar compuestos alelopáticos con efectos inhibitorios sobre la germinación y el crecimiento inicial de especies vecinas durante las etapas tempranas del establecimiento, lo que podría contribuir a su persistencia y competitividad en agroecosistemas (Zhang *et al.*, 2025).

La posición de las semillas en el perfil del suelo influye sobre múltiples señales ambientales asociadas a la germinación, incluyendo la disponibilidad de luz (Chauhan *et al.*, 2012; Malavert *et al.*, 2021), la amplitud térmica y el régimen hídrico (Malavert *et al.*, 2020, 2022). Estudios experimentales han demostrado que semillas de *Diodia ocimifolia* Willd. Bremek (familia Rubiaceae, género *Spermacoce* L.) ubicadas en los primeros centímetros del suelo presentan mayores probabilidades de germinar, mientras que aquellas enterradas a profundidades superiores a 4 cm permanecen viables, pero no emergen (Lim, 1997). Este comportamiento sugiere que las semillas enterradas pueden permanecer viables en el suelo durante período

dos prolongados, evitando la germinación bajo condiciones desfavorables para la emergencia. Este tipo de respuesta ha sido asociado con mecanismos de dormición que favorecen el mantenimiento de bancos de semillas viables en numerosas especies de malezas (Fenner, 2005; Baskin & Baskin, 2014).

### **Banco de semillas y persistencia**

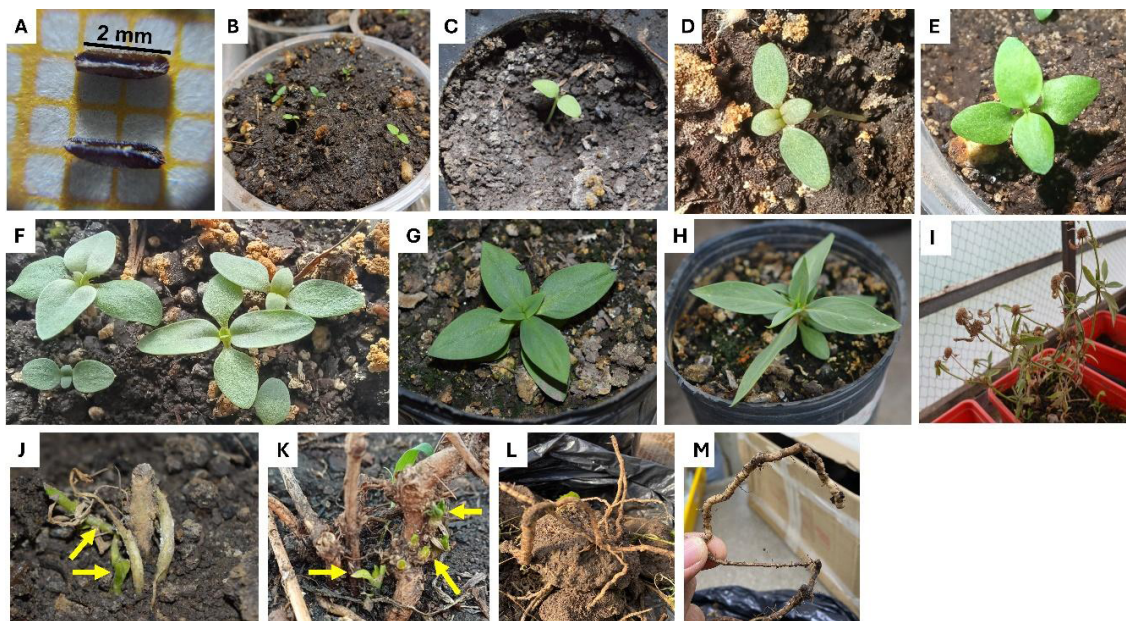
La elevada producción de semillas y una fuerte dependencia de señales ambientales para la germinación podrían favorecer el establecimiento y mantenimiento de las poblaciones de *Borreria* en los sistemas agrícolas. Experimentos con semillas enterradas realizados en sistemas de plantaciones tropicales mostraron que una proporción de las semillas permaneció viable durante el período experimental, particularmente cuando estas se encontraban enterradas a profundidades que limitaban la germinación, pero reducían la exposición a factores de mortalidad (Lim, 1997). Sin embargo, la información sobre la longevidad de las semillas y la naturaleza transitoria o persistente de los bancos de semillas en especies del género *Borreria*, es limitada.

La dinámica del banco de semillas de *Borreria* parece estar fuertemente influenciada por el manejo del suelo. Prácticas que favorecen el entierro de semillas pueden incrementar transitoriamente la permanencia de semillas viables al reducir la germinación, mientras que disturbios superficiales frecuentes favorecen la emergencia de plántulas, aunque no necesariamente conducen al agotamiento del banco si el control de las plantas emergidas es incompleto (Martins *et al.*, 2010). Desde una perspectiva poblacional, esto implica que el éxito del manejo no puede evaluarse únicamente en función de la reducción de biomasa aérea o del número de plantas emergidas en un ciclo de cultivo. Incluso niveles elevados de control pueden resultar insuficientes si una fracción de la población logra completar su ciclo reproductivo y reponer el banco de semillas, favoreciendo la recurrencia de infestaciones en sistemas agrícolas (Martins & Christoffoleti, 2014).

### **Rebrote vegetativo: el rol de rizomas y xilopodios**

Si bien la mayoría de los estudios sobre *Borreria* han enfatizado el rol del banco de semillas en la dinámica poblacional, observaciones a campo y reportes técnicos recientes sugieren que la regeneración vegetativa también podría contribuir a la permanencia de algunas especies en ambientes agrícolas (AAPRESID, 2023). En particular, se ha registrado la presencia de rizomas cortos y xilopodios capaces de originar rebrotes luego de controles mecánicos o químicos, aun cuando la biomasa aérea ha sido severamente afectada (Burdyn, 2020; AAPRESID, 2023). Estas estructuras subterráneas se caracterizan por la acumulación de reservas y la presencia de yemas protegidas, rasgos que podrían favorecer la supervivencia y regeneración de plantas post-control. Reportes realizados en sistemas agrícolas del norte argentino describieron la ocurrencia de rebrotes luego de aplicaciones post-emergentes aparentemente eficaces, lo que podría explicar algunos casos de "falla de control" observados a campo (Burdyn, 2020). Desde una perspectiva ecofisiológica, este comportamiento no necesariamente implica resistencia a herbicidas, sino la supervivencia de meristemas subterráneos protegidos frente a muchas prácticas de control.

En numerosas especies perennes y sub-arbustivas, los órganos vegetativos subterráneos desempeñan un rol central en la regeneración post-disturbio y la supervivencia bajo condiciones de manejo intensivo (Bhowmik, 1997; Travlos *et al.*, 2020). En *Borreria*, la información disponible sugiere que rizomas y xilopodios podrían cumplir funciones similares; sin embargo, el conocimiento sobre la biología y dinámica de estas estructuras aún es limitado. Se desconoce su frecuencia entre especies, su distribución en el perfil del suelo y su sensibilidad a disturbios mecánicos y herbicidas. Asimismo, existen pocos antecedentes sobre sus tasas de generación y brotación, así como sobre el estadio ontogénico a partir del cual podrían contribuir a la supervivencia y regeneración post-control (Figura 2; Devine *et al.*, 1993; Vencill, 2002; Radosevich *et al.*, 2007; Norsworthy *et al.*, 2012).



**Figura 2.** Imágenes de las diferentes etapas del establecimiento y estructuras vegetativas asociadas a la regeneración en especies del género *Borreria spinosa*. (A) semillas; (B–H) emergencia y desarrollo temprano de plántulas; (I) planta adulta en estado reproductivo; (J–M) estructuras vegetativas subterráneas asociadas a rebrote y regeneración post-control, incluyendo rizomas y xilopodios señalados con flechas.

## El desarrollo de modelos predictivos de emergencia y brotación basados en variables ambientales podría mejorar la toma de decisiones para el manejo de *Borreria*.

### Biología y su relación con el manejo

La coexistencia de mecanismos de regeneración desde semilla y de rebrote vegetativo representa uno de los principales desafíos para el manejo de *Borreria* en sistemas agrícolas. En términos poblacionales, ambos procesos dificultan el control sostenido de las poblaciones y favorecen la recurrencia de infestaciones bajo esquemas de manejo recurrente. En este contexto, uno de los rasgos más relevantes desde el punto de vista del manejo es la asincronía entre los pulsos de emergencia y las intervenciones de control (Radosevich *et al.*, 2007; Norsworthy *et al.*, 2012). Este patrón reduce la probabilidad de que una única intervención coincida con la totalidad de la cohorte emergente, favoreciendo la ocurrencia de “escapes” capaces de completar su ciclo reproductivo y reponer el banco de semillas. Sin embargo, esta interpretación resulta incompleta si no se considera que una fracción de las plantas puede persistir independientemente de la germinación mediante regeneración vegetativa.

La presencia de estructuras vegetativas viables puede reducir significativamente la eficacia del control post-emergente, favoreciendo la ocurrencia de rebrotes y prolongando la interferencia con el cultivo (Burdyn, 2020; AAPRESID, 2023). Estos rebrotes extienden la ventana de interferencia con el cultivo y suelen requerir intervenciones adicionales, incrementando los costos y la presión de selección asociada al control químico (Norsworthy *et al.*, 2012). En este contexto, disturbios frecuentes del suelo o de la cobertura superficial cumplen un rol dual en la dinámica

poblacional de *Borreria*. Por un lado, pueden favorecer nuevos pulsos de emergencia desde el banco de semillas; por otro, pueden fragmentar o estimular estructuras vegetativas subterráneas, promoviendo la regeneración post-control. En consecuencia, prácticas orientadas a reducir la emergencia desde semilla podrían favorecer inadvertidamente la regeneración vegetativa, reforzando la permanencia de las poblaciones en sistemas agrícolas.

El control químico ha sido la estrategia predominante para el manejo de *Borreria* en los sistemas agrícolas. Sin embargo, su eficacia presenta limitaciones cuando se analiza en el contexto de los mecanismos biológicos que regulan la persistencia de la maleza. La efectividad de los tratamientos depende fuertemente del estadio fenológico de las plantas y del momento de aplicación, siendo generalmente elevada sobre plántulas jóvenes, pero considerablemente menor en individuos establecidos (i.e. plantas adultas). Asimismo, en presencia de estructuras subterráneas viables, incluso controles visualmente exitosos pueden no traducirse en una reducción real de la población, favoreciendo la ocurrencia de rebrotes y la necesidad de aplicaciones repetidas (AAPRESID, 2023).

Estas dinámicas indican que el éxito del manejo de *Borreria* no debería evaluarse únicamente por la reducción de biomasa aérea o densidad de plantas en un ciclo de cultivo, sino también por su capacidad para limitar la reposición del banco de semillas y evitar la regeneración vegetativa. En este contexto, estrategias de manejo más efectivas deberían orientarse a reducir la producción de semillas, minimizar la emergencia asociada a disturbios agrícolas y evitar la supervivencia de individuos con capacidad de rebrote. Este enfoque permitiría avanzar hacia esquemas de manejo más preventivos, integrados y coherentes con la biología funcional del género.

### **Manejo de *Borreria*: estado actual y limitaciones**

#### **Control químico: eficacia y condicionantes biológicos**

En referencia al control químico, la mayor parte de la información disponible proviene de estudios orientados a evaluar la eficacia de herbicidas aplicados en pre y post-emergencia, tanto en cultivos anuales como perennes (Martins *et al.* 2010; Martins & Christoffoleti, 2014). Estos trabajos han permitido identificar principios activos y mezclas capaces de lograr altos niveles de control bajo condiciones experimentales específicas. Sin embargo, la eficacia del control químico sobre *Borreria* se encuentra fuertemente condicionada por el estadio de desarrollo de las plantas al momento de la aplicación. Estudios en *Borreria densiflora* DC. var. pilosa Bacigalupo han demostrado que aplicaciones post-emergentes realizadas en estadios tempranos resultan significativamente más eficaces que aquellas efectuadas sobre plantas más desarrolladas, donde la presencia de yemas laterales y una mayor biomasa aérea reducen la efectividad del tratamiento (Martins & Christoffoleti, 2014). Esta dependencia fenológica limita la ventana operativa del control químico y aumenta la probabilidad de escapes cuando la emergencia es escalonada.

En el caso de aplicaciones en pre-emergencia, diversos herbicidas han mostrado un control efectivo de *Borreria* durante períodos variables, dependiendo de sus propiedades fisicoquímicas y de las características del suelo (Martins & Christoffoleti, 2014). No obstante, la eficacia residual de estos tratamientos debe interpretarse a la luz de la dinámica del banco de semillas. La presencia de semillas viables enterradas a distintas profundidades, muchas de las cuales no germinan inmediatamente tras la aplicación, favorece la emergencia tardía una vez que la actividad del herbicida disminuye. Desde una perspectiva poblacional, estas limitaciones implican que el control químico, aun cuando es eficaz sobre la fracción emergida de la población, rara vez logra un impacto duradero sobre el banco de semillas. Como consecuencia, infestaciones recurrentes pueden observarse aún bajo esquemas de control intensivo, generando una dependencia creciente de aplicaciones repetidas.

#### **Dependencia del control químico y riesgos asociados**

La fuerte dependencia del control químico en el manejo de *Borreria* ha generado escenarios en los que la presión de selección sobre las poblaciones es elevada (Norsworthy *et al.*, 2012; Martins & Christoffoleti, 2014). Diversos reportes de la Red de Manejo de Malezas de AAPRESID (REM) indican que especies del género *Borreria* presentan tolerancia al glifosato y baja sensibi-

lidad a algunos herbicidas postemergentes, particularmente en sistemas agrícolas del norte de Argentina (Martins & Christoffoleti, 2014). Estos escenarios reflejan problemáticas ampliamente descritas en sistemas agrícolas intensificados, donde la dependencia excesiva del control químico favorece la evolución de resistencia y reduce la sustentabilidad del manejo a largo plazo (Norsworthy *et al.*, 2012). Además del riesgo de evolución de resistencia, el enfoque predominantemente químico tiende a ignorar los procesos ecológicos que sustentan la persistencia de *Borreria*. En este sentido, el éxito del manejo no puede evaluarse únicamente en términos de reducción de biomasa o cobertura, sino en función de su impacto sobre la dinámica poblacional a largo plazo.

### **Limitaciones del manejo actual desde una perspectiva ecofisiológica**

El análisis conjunto de la biología funcional de *Borreria* y de las estrategias de manejo predominantes pone de manifiesto una desconexión entre los procesos que regulan la persistencia de la maleza y las prácticas utilizadas para su control. La emergencia escalonada reduce la probabilidad de sincronizar las intervenciones de control con la totalidad de la cohorte emergente, favoreciendo escapes y la reposición continua del banco de semillas (Lim, 1997; Martins *et al.*, 2010). Como resultado, los tratamientos tienden a actuar sobre una fracción de la población, dejando intacta otra que puede emerger posteriormente. Asimismo, prácticas que generan disturbios frecuentes del suelo o de la cobertura superficial pueden favorecer nuevos pulsos de emergencia y contribuir al mantenimiento del banco de semillas (Lim, 1997). En *B. ocymoides*, la emergencia fue máxima cuando las semillas permanecieron próximas a la superficie del suelo y disminuyó rápidamente con la profundidad de enterramiento (Chauhan & Johnson, 2008), lo que resalta la importancia de las prácticas de disturbio superficial en la dinámica poblacional de la especie. En ausencia de estrategias que limiten la reposición del banco de semillas, estas prácticas contribuyen a sostener poblaciones persistentes a lo largo del tiempo. En conjunto, estas limitaciones indican que el manejo de *Borreria* enfrenta restricciones estructurales cuando se basa exclusivamente en intervenciones reactivas dirigidas a las plantas emergidas. Una estrategia efectiva requiere reconocer explícitamente el rol central del banco de semillas y de los mecanismos de dormición y germinación en la dinámica poblacional de la maleza.

### **Hacia un manejo integrado basado en la biología de semillas**

Desde una perspectiva ecofisiológica, el manejo de *Borreria* debería orientarse a reducir la reposición del banco de semillas y minimizar la supervivencia de individuos capaces de regenerarse luego del control. En términos operativos, un manejo efectivo debería priorizar prácticas que limiten la emergencia temprana, eviten la producción de semillas por plantas sobrevivientes y reduzcan la probabilidad tanto de escapes reproductivos como de rebrotes post-control (Norsworthy *et al.*, 2012).

La integración del control químico con prácticas culturales y preventivas, ajustadas a los patrones de emergencia y las señales ambientales que regulan la dormición (Teasdale, 1996; Knezevic *et al.*, 2002), resulta clave para disminuir la reposición del banco de semillas (Malavert, 2026). En este sentido, estudios regionales realizados sobre *B. verticillata* mostraron que la incorporación de cultivos invernales y estrategias de manejo integrado puede reducir la emergencia de la especie, probablemente mediante modificaciones en señales ambientales asociadas a la luz y las temperaturas alternadas que regulan la germinación (Gargantini, 2018). Sin embargo, esta integración es incompleta si no considera explícitamente la capacidad de rebrote asociada a rizomas y xilopodios.

En este marco, el conocimiento de la biología funcional de *Borreria*, incluyendo la dinámica del banco de semillas y los mecanismos de persistencia vegetativa, no constituye un complemento del manejo, sino un componente central para el diseño de estrategias más eficientes, integradas y sustentables, capaces de reducir la dependencia de insumos químicos y de mejorar el control a largo plazo en sistemas agrícolas intensificados.

### **Vacíos de conocimiento e implicancias para el manejo**

A pesar del creciente reconocimiento de especies del género *Borreria* como un grupo de malezas problemáticas en diversos sistemas agrícolas, el conocimiento disponible presenta vacíos significativos que limitan el desarrollo de estrategias de manejo efectivas y sostenibles.

La mayoría de los estudios se han centrado en la evaluación de prácticas de control puntuales, principalmente químicas, mientras que los procesos ecofisiológicos que regulan la dinámica poblacional han recibido una atención limitada y fragmentada. Uno de los principales vacíos se relaciona con la información limitada sobre la presencia, intensidad y regulación ambiental de la dormición en especies del género *Borreria*. Si bien se ha demostrado la sensibilidad de la germinación a señales como la luz, la temperatura y la profundidad de entierro, se conoce poco sobre la variabilidad intra e interpoblacional de estas respuestas y sobre la ocurrencia de dormición, aspectos clave para predecir patrones de emergencia a campo. Asimismo, la persistencia y renovación del banco de semillas a lo largo del tiempo permanecen escasamente estudiadas. La predominancia de estudios de corta duración dificulta la extrapolación a escalas temporales relevantes para el manejo y limita la comprensión de la longevidad de las semillas y del efecto acumulativo de distintas prácticas sobre el banco del suelo.

Otro vacío importante es la integración entre la biología de semillas y las prácticas de manejo cultural. Factores como la cobertura del suelo, la estructura del cultivo y el momento del disturbio influyen sobre las señales que regulan la germinación, pero rara vez se analizan de manera conjunta con los procesos de dormición y emergencia, restringiendo el diseño de estrategias preventivas. Desde una perspectiva aplicada, estos vacíos favorecen enfoques de manejo predominantemente reactivos y altamente dependientes del control químico. En contraste, un abordaje basado en la biología funcional de *Borreria* permitiría redefinir los objetivos del manejo, orientándolos hacia la reducción sostenida del banco de semillas, la interrupción de los ciclos reproductivos y la anticipación de pulsos de emergencia.

En este contexto, el desarrollo de modelos predictivos de emergencia y la brotación basados en variables ambientales podría constituir una herramienta útil para la toma de decisiones en el manejo y control de *Borreria*. Abordar estos vacíos de conocimiento no solo contribuirá a mejorar el manejo de las especies del género *Borreria*, sino también a comprender procesos ecológicos relevantes para otras malezas con estrategias de persistencia similares.

### AGRADECIMIENTOS

Al Sistema de Chacras de AAPRESID por proveer el material vegetal e insumos para los experimentos.



Equipo de investigación

**BIBLIOGRAFÍA**

- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA, AAPRESID (2023) Borreria: aumento de tolerancia? <https://www.aapresid.org.ar/blog/borreria-aumento-tolerancia>.
- AAPRESID (2023) Borreria, una maleza que desafía la tolerancia de herbicidas. <https://www.aapresid.org.ar/blog/borreria-maleza-desafia-tolerancia-herbicidas>
- BACIGALUPO NM (1974) Rubiaceae. En A. Burkart (Ed.), Flora ilustrada de Entre Ríos, Vol. 6, pp. 3-50.
- BASKIN CC & BASKIN JM (2014) Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (2nd ed.). Academic Press.
- BENECH-ARNOLD RL, SÁNCHEZ RA, FORCELLA F, KRUK BC & GHERSA CM (2000) Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, **67**, 105-122.
- BHOWMIK PC (1997) Weed biology: Importance to weed management. *Weed Science*, **45**, 349-356.
- BURDYN B (2020) Optimización del control químico en especies de Borreria en agro-ecosistemas del centro de la Provincia de Chaco (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
- CABRAL EL & BACIGALUPO NM (2000) Novedades taxonómicas en Galianthe y Borreria (Rubiaceae-Spermacoaceae). *Bonplandia*, **10(1/4)**, 119-128.
- CABRAL EL, MIGUEL LM & SALAS RM (2011) Dos especies nuevas de Borreria (Rubiaceae), sinopsis y clave de las especies para Bahía, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, **25(2)**, 255-76.
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2008) Seed germination ecology of purple-leaf button weed (Borreria ocyroides) and Indian heliotrope (Heliotropium indicum): Two common weeds of rain-fed rice. *Weed Science*, **56(5)**, 670-675.
- CHAUHAN BS, SINGH RG & MAHAJAN G (2012) Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Protection*, **38**, 57-65.
- DEVINE MD, DUKE SO & FEDTKE C (1993) Physiology of herbicide action. Prentice Hall.
- FENNER M & THOMPSON K (2005) The ecology of seeds. Cambridge University Press.
- FORCELLA F, BENECH-ARNOLD RL, SÁNCHEZ RA & GHERSA C M. (2000) Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, **67**, 123-139.
- GALLON M, TREZZI MM, DIESEL F, POSSENTI JC & BATISTEL SC (2018) Methods to promote Borreria latifolia seed germination. *Revista Ciência Agronômica*, **49(3)**, 475-483.
- Gargantini, A. C. (2018). Manejo integrado para el control de Borreria verticillata en la región sojera del centro del país (Trabajo final de especialización). Universidad Católica de Córdoba, Argentina.
- GUGLIELMINI A, BATLLA D & BENECH-ARNOLD R L. (2003) Bases para el control y manejo de malezas. En: E. Satorre et al. (Eds.), Producción de granos: Bases funcionales para su manejo (pp. 579-614). Editorial Facultad de Agronomía.
- KNEZEVIC SZ, EVANS SP, BLANKENSHIP EE, VAN ACKER RC & LINDQUIST JL (2002) Critical period for weed control: The concept and data analysis. *Weed Science*, **50**, 773-786.
- LIM FW (1997) Reproductive and seed germination characteristics of woody Borreria (*Diodia ocimifolia*) in a plantation ecosystem (Master thesis). Universiti Putra Malaysia.
- MALAVERT C (2026) Integrating cover crops into weed management: A meta-analysis of agronomic impacts. *Weed Science*, **74**, e8. <https://doi.org/10.1017/wsc.2026.10084>
- MALAVERT C, BATLLA D & BENECH-ARNOLD R L (2020) The role of seed water content for the perception of temperature signals that drive dormancy changes in *Polygonum aviculare* buried seeds. *Functional Plant Biology*, **47**, 28-39.
- MALAVERT C, BATLLA D & BENECH-ARNOLD RL (2021) Light sensitivity changes during dormancy induction in *Polygonum aviculare* L. seeds: Development of a predictive model of annual changes in seed-bank light sensitivity in relation to soil temperature. *Weed Research*. <https://doi.org/10.1111/wre.12463>
- MALAVERT C, BATLLA D & BENECH-ARNOLD R L. (2022) Modelling changing sensitivity to alternating temperatures during induction of secondary dormancy in buried *Polygonum aviculare* L. seeds to aid in managing seed-bank behaviour. *Weed Research*, **62**, 249-261.
- MARTINS D & CHRISTOFFOLETI PJ (2014) Herbicide efficacy and growth stage dependence in Borreria densiflora. *Planta Daninha*, **32(4)**, 817-825.
- MARTINS D, CARVALHO SJP, LÓPEZ-OVEJERO R F & CHRISTOFFOLETI PJ (2010) Germination of Borreria densiflora var. latifolia under controlled conditions of light and temperature. *Planta Daninha*, **28(2)**, 301-307.
- Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Bradley, K. W., Frisvold, G., Powles, S. B., Burgos, N. R., Witt, W. W. y Barrett, M. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. *Weed Science*, 60(Special Issue), 31-62.
- RADOSEVICH SR, HOLT JS & GHERSA CM (2007) Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management (3rd ed.). Wiley-Blackwell.

- TEASDALE JR (1996) Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*, 9, 475–479.
- TRAVLOS IS, CHEIMONA N, ROUSSIS I & BILALIS DJ (2020) Weed species shifts and herbicide resistance evolution in agricultural systems. *Agronomy*, **10**, 1–18.
- VENCILL WK (Ed.) (2002). *Herbicide handbook* (8th ed.). Weed Science Society of America.
- ZHANG TJ, GUO W, TIAN X, LV YZ, FENG KF & ZHANG C (2025) Allelopathic effects of *Borreria latifolia* on weed germination and identification of allelochemicals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **105(1)**, 626–634.
- ZIMDAHL RL (2013) *Fundamentals of weed science* (4th ed.). Academic Press.