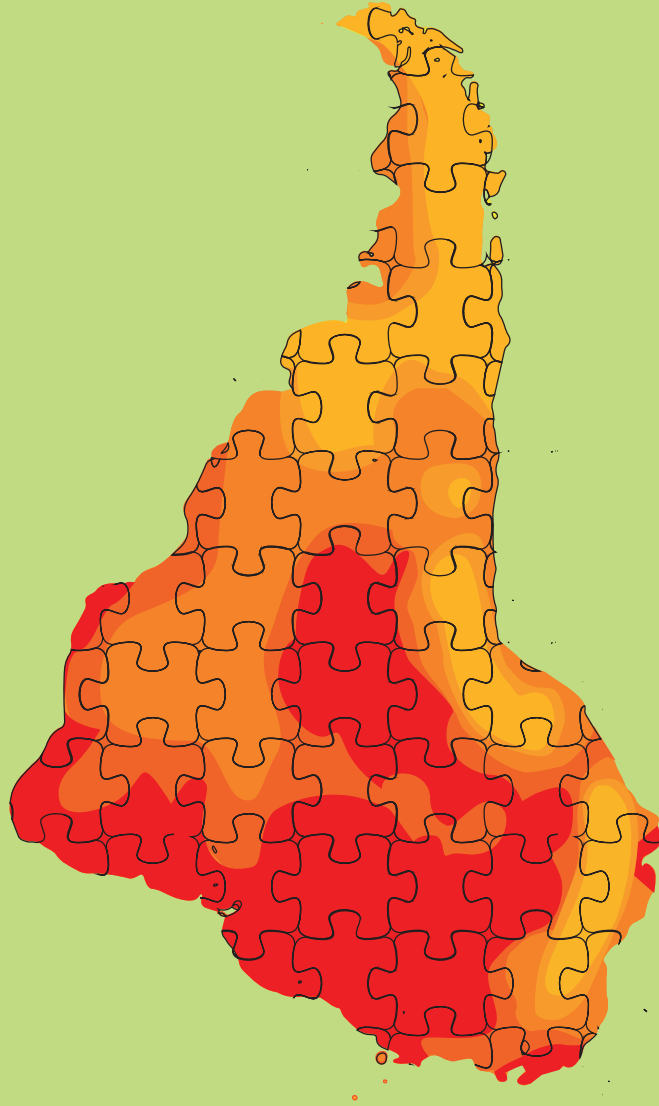




Associação de Filosofia  
e História da Ciência do Cone Sul  
Asociación de Filosofía  
e Historia de la Ciencia del Cono Sur

Volumen I: Medio ambiente y sociedad / Política Científica.

# Filosofía e historia de la ciencia y sociedad en Latinoamérica



**Coordina**  
Federico N. Bernabé

**Editan**  
Federico di Pasquo  
Leandro Giri  
Constanza Rendon  
Judith Sutz

Filosofía e historia de la ciencia y sociedad en Latinoamérica  
Vol. 1: Medio ambiente y sociedad / Política científica

Federico Bernabé (coord.)

Federico di Pascuo, Leandro Giri, Constanza Rendon, Judith Sutz (eds.)

ISBN: 978-65-86622-01-0

2021, Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), Buenos Aires e São Carlos

## Presentación del coordinador

---

El libro que presentamos a continuación es resultado de una convocatoria abierta por parte de la dirección de publicaciones de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC). Esta convocatoria emerge como una respuesta al creciente interés en la filosofía e historia de la ciencia latinoamericana sobre el impacto social de las disciplinas metacientíficas. Las publicaciones sobre filosofía feminista de la ciencia, problemas ambientales, política científica etc. han incrementado notablemente en las últimas décadas. Una parte importante de los y las profesionales en formación en nuestras disciplinas exploran el modo en el que la reflexión filosófica e histórica sobre la ciencia puede iluminar aspectos socialmente relevantes. Ya en el último Congreso de la AFHIC celebrado en 2018 tres de las cuatro mesas plenarios tuvieron como eje aspectos tratados en el presente libro: género, política científica y valores en ciencia y tecnología

La publicación de este libro responde, además, al objetivo general de la AFHIC de contribuir al desarrollo y perfeccionamiento de la filosofía e historia de la ciencia en la región. Es nuestra intención que la publicación de este libro fomente la discusión regional sobre estos problemas cuya relevancia va mucho más allá de la lógica interna de las disciplinas. El *annus horribilis* que la pandemia propició, puso en evidencia el volumen de las injusticias que el mundo en general y nuestra región en particular padecen. Pensar la ciencia y su lugar protagónico en la pandemia supone pensar también la desigualdad de género, el deterioro ambiental, el lugar de las ciencias sociales y las políticas científicas.

El libro se divide en dos volúmenes y cada volumen en dos secciones. Cada sección está a cargo de dos editores/as especialistas en la temática, quienes fueron responsables de coordinar la evaluación y selección de los trabajos publicados. En el volumen I se incluyen las secciones de Política Científica, a cargo de Leandro Giri y Judith Sutz, y de Medio Ambiente y Sociedad, a cargo de Constanza Rendon y Federico di Pasquo. El volumen II se compone de la sección de Filosofía e Historia de las Ciencias Sociales, editada por Alberto Oliva y Claudio Abreu, y la sección Ciencia, Género(s) y Feminismo(s), editada por Sandra Caponi y Federico Bernabé. Desde la dirección de publicaciones y la comisión directiva de AFHIC queremos reconocer y agradecer el extraordinario trabajo llevado adelante por los y las editoras en un contexto tan complejo como el que atravesamos, en cada país, a lo largo de 2020 (y lo que va de 2021). Sin su dedicación y esfuerzo esta publicación hubiera sido imposible.

No nos detendremos aquí en resumir los contenidos de cada sección, al inicio de cada una podrá encontrar el lector una síntesis inicial por parte de los y las editoras. Esperamos que la lectura de este material resulte estimulante y favorezca la discusión regional sobre la agenda social de la filosofía e historia de la ciencia.

Federico Nahuel Bernabé, director de publicaciones de AFHIC  
Buenos Aires, abril de 2021

# Volumen I

---

Medio ambiente y sociedad

---

## Índice

### *Medio ambiente y sociedad*

---

- Medioambiente y sociedad .....4-7  
*Constanza Rendon y Federico di Pasquo*
- Los antecedentes de la ecología argentina entre los siglos XIX y XX..... 8-23  
*Christian Beri*
- Aspectos epistémicos de la tecnología de control biológico de especies plaga:  
simplificaciones y riesgos asociados .....24-35  
*Nicolás José Lavagnino Y Federico di Pasquo*
- El estatus de las teorías de la ecología y su rol en los problemas ambientales.....36-51  
*Martín Andrés Díaz*
- Expertocracia y problemática ambiental .....52- 62  
*Daniela del Castillo, Tomás Busan, Gabriela Klier, Bettina Mahler,  
Esteban Rodriguez y Federico di Pasquo*
- Valores culturales y conservación de humedales: fundamentos para un  
biocentrismo moderado.....63-71  
*Einer Sepúlveda-Zúñiga y Julio Torres Meléndez*
- El dengue en su laberinto: políticas mosquitocéntricas.....72-87  
*Carolina Ocampo , Tomas Busan , Esteban Rodríguez,  
Matías Lamberti y Federico di Pasquo*
- Contradições entre o neoliberalismo brasileiro e os direitos  
ambientais constitucionais.....88-96  
*Laiara Lacerda Fonseca*

# Aspectos epistémicos de la tecnología de control biológico de especies plaga: simplificaciones y riesgos asociados\*

*Nicolás José Lavagnino<sup>†</sup>*  
*Federico di Pasquo<sup>‡</sup>*

---

## Resumen

El control biológico de especies no nativas que generan daños económicos y ambientales es la principal tecnología de la Biología de las Invasiones. La comunidad que investiga el control biológico, y también quienes lo practican, acuerda en que es ambientalmente más amigable que el control químico, sin embargo, hay discusiones respecto a los riesgos asociados. En el presente trabajo analizamos las bases epistémicas subyacentes al desarrollo y la evaluación de riesgo asociados a la tecnología de control biológico; en particular la ocurrencia o no de simplificación epistémica. Se analizaron como fuentes primarias 15 artículos científicos de revisión sobre la tecnología de control biológico. Nuestro análisis muestra que en esta tecnología suceden tres tipos de simplificación epistémica. Lo que resulta en que las bases epistémicas de la tecnología se basan en factores correspondientes al nivel de organismo, e infra-organísmico, en vinculación con teorías y conceptos de la Ecofisiología. Mientras que no se consideran factores de niveles supra-organísmicos (poblacionales, comunitarios, ecosistémicos) ni los marcos teóricos y conceptos comúnmente asociados a dichos niveles. Este escenario implica además una sub-estimación de los riesgos asociados que toma la forma de una sub-valoración, o en muchos casos directamente una omisión, de alteraciones potenciales que el evento de control biológico puede imponer sobre especies no blanco; y también sobre procesos y mecanismos comunitarios y ecosistémicos.

*Palabras clave:* Biología de las Invasiones - Control Biológico - Simplificación Epistémica - Tecnología - Riesgo.

---

\* El trabajo se financió con los subsidios PICT 2018-03290 y PICT 2012-0640 de ANPCyT (Argentina), UBACyT 20020170100097BA de la Universidad de Buenos Aires (Argentina).

† Grupo de Filosofía de la Biología, FFyL – FCEN, Universidad de Buenos Aires - CONICET; Laboratorio de Evolución, FCEN, Universidad de Buenos Aires - IEGEBA (CONICET-UBA), Argentina; nlavagnino@gmail.com

‡ Grupo de Filosofía de la Biología, FFyL – FCEN, Universidad de Buenos Aires - CONICET, Argentina; dipasquof@yahoo.com.ar

## 1. Introducción

La Biología de las Invasiones es un área de conocimiento de la órbita de las Ciencias Biológicas que cobra fuerza en la década de 1990 del siglo XX, y que estudia e interviene aquellos fenómenos donde una especie expande su rango geográfico nativo y se establece en áreas en las que no se encontraba previamente. Si bien incluye tópicos de la Biología Evolutiva, la Fisiología y la Biología de la Conservación, se trata de un área fuertemente ligada a teorías y metodologías inherentes a la Ecología (Williamson 1996, Davis 2009, Guiaşu y Tindale 2018)<sup>1</sup>. A su vez, la Biología de las Invasiones siempre incluyó como uno de sus objetivos más fuertes aportar a la resolución de los problemas económicos, sociales y ambientales que las especies no nativas pueden causar en el curso de las invasiones (Binimelis *et al.* 2007, Suarez y Tsutsui 2008, Ehrenfeld 2010, Mazza *et al.* 2014). Actualmente dichas acciones se denominan “manejo de especies invasoras”, y el manejo incluye al control biológico de especies no nativas que generan daños económicos y ambientales como una de las principales acciones (Williamson 1996, Davis 2009). Lo que muestra en concreto que dicha área de conocimiento siempre mostró intenciones de intervenir mediante tecnologías<sup>2</sup> dirigidas a la invasión de especies (Davis 2009, Tobin 2018). De las tecnologías desarrolladas en este contexto, la de control biológico clásico de especies no nativas que generan daños es quizás la más relevante. El control biológico clásico es una práctica basada en teorías de la Biología en donde se utilizan “enemigos naturales” para controlar poblaciones de especies no nativas consideradas perjudiciales. En general las especies blanco de control son insectos, malezas o patógenos que generan problemas económicos o ambientales; mientras que las especies agentes de control son aquellas que son “enemigos naturales” de la especie no nativa (especies blanco) en el área nativa o original pero que no está presente en el área invadida (McKimmie 2000). Dentro de la comunidad de Biología de las Invasiones hay acuerdo en que, como parte del “manejo integrado de plagas”, el control biológico clásico es ambientalmente más amigable que el control químico. Sin embargo hay abierta una discusión no saldada respecto a los riesgos asociados a la tecnología control biológico (Simberloff y Stiling 1996, 1998, Louda *et al.* 2003, Louda y Stiling 2004, Messing y Wright 2006, Simberloff 2012, van Wilgen *et al.* 2013, Guiaşu y Tindale 2018, Frank *et al.* 2019). En este sentido, en el presente trabajo no nos interesó tomar partido ni desarrollar posiciones normativas sobre la controversia en torno a los riesgos asociados a la tecnología de control biológico, sino analizar algunos aspectos epistémicos del conocimiento biológico utilizado en el desarrollo de dicha tecnología, y también en las instancias de evaluación de riesgo. En particular realizamos un análisis detallado sobre la ocurrencia o no de simplificación epistémica, entendiendo que dicho punto podría brindar claves para comprender en mayor profundidad la tecnología, y por ende aportar formas de entender la controversia en torno a los riesgos asociados. Según diferentes autoras y autores, al momento de configurar las bases epistémicas de una tecnología particular, se reconoce que las teorías científicas que funcionan como dichas bases fundamentales no son tomadas o utilizadas tal cual son concebidas en las propias disciplinas de origen sino que presentan algún tipo de modificación en su contenido epistémico, en general de degradación (Bunge 1966, Pestre 2005, Francese y Folguera 2018). Al respecto, Bunge (1966) plantea que “[e]l empobrecimiento conceptual experimentado por la teoría científica cuando se usa como un medio para fines prácticos puede ser espantoso” (p. 333)<sup>3</sup>. Las

---

1 Si bien no es parte de lo que se aborda en el presente trabajo, cabe mencionar que existe una discusión en el ámbito académico, que incluye también a filósofos de la biología, respecto a la lógica y a la pertinencia de algunos conceptos centrales de la Biología de las Invasiones como la dicotomía “especie nativa / especie invasora”, la noción de “especie plaga” o la de “rango nativo”; ésto lleva a que se discuta el alcance y limitaciones del área de conocimiento como tal. Ver por ejemplo: Guiaşu y Tindale 2018, Frank *et al.* 2019.

2 Usaremos el término “tecnología” para referirnos específicamente a la técnica moderna que implica para su realización algún tipo de conocimiento científico. En este respecto, debe diferenciarse del término “técnica” que en general refiere a la actividad humana de transformación de la naturaleza sin implicar conocimiento científico (Linares 2008).

3 Todas las traducciones nos pertenecen.

operaciones que generalmente ocurren son las de recuperar marcos teóricos de las ciencias de formas simplificadas y la elección de ciertos conocimientos o cuerpos teóricos por sobre otros de entre varios posibles, lo que implica omitir parte del marco teórico de determinada área de la ciencia o directamente obviar áreas de conocimiento por completo. A estas operaciones las llamamos de forma general “simplificación epistémica”. Llevando estas ideas generales hacia la Biología, un ejemplo de simplificación encontrado es la linealización de la explicación de fenómenos, procesos y mecanismos biológicos<sup>4</sup> que claramente presentan algún tipo de complejidad, entendiendo a la complejidad como no linealidad. Se pueden mencionar la conceptualización en forma de relación lineal entre el genotipo y el fenotipo, y la exclusión de la influencia de factores ambientales en las explicaciones genéticas y fisiológicas de diversos sistemas abordados desde la Biología que presentan intenciones de intervención tecnológica. Por ejemplo, la simplificación de la relación entre el genotipo y el fenotipo en los Organismos Genéticamente Modificados (Francese y Folguera 2018), o las conceptualizaciones de las bases biológicas de trastornos psiquiátricos fuertemente medicalizados (Lavagnino *et al.* 2018, Martinhago *et al.* 2019). Otra forma de estas operaciones de simplificación es que partiendo de una riqueza de posibilidades teóricas se realizan omisiones de áreas enteras de la Biología, en general áreas de conocimiento vinculadas a los niveles de organización supra-organísmicos de las jerarquías biológicas, se genera así una omisión de teorías y también de niveles de organización. Una de las posibles consecuencias de la simplificación epistémica puede ser que las tecnologías construidas desde bases teóricas simplificadas “no funcionen bien” en contextos de fenómenos complejos, es decir que no sean tecnologías eficientes ni rentables. Luego, un punto sumamente relevante a tener en cuenta es que las conceptualizaciones usadas y las relaciones teóricas establecidas en la construcción de una tecnología impactan en la posibilidad de incluir o excluir factores de riesgo asociados, y por ende también en la posibilidad de sub-valorar el riesgo potencial de las tecnologías. Por ejemplo, Francese y Folguera (2018) plantean para el caso de los Organismos Genéticamente Modificados que:

(...) la capacidad de modificar a nivel molecular a los seres vivos ha dado lugar a modificaciones con diversos objetivos y riesgos, no siempre suficientemente reconocidos (...). Así pues, en este caso, los riesgos tecnocientíficos no se encontrarían asociados a una ausencia de saber, sino más bien a la elección de un tipo de saber particular que excluye determinados conocimientos y, por ende, a sus riesgos asociados (pp. 8-9)

A partir del marco problemático sugerido, la pregunta central del trabajo es si se presenta algún tipo de simplificación epistémica de las teorías y conceptualizaciones en el desarrollo y también en las instancias de evaluación de riesgo de la tecnología del control biológico de especies no nativas que generan daños. También, si es posible detectar conocimientos potencialmente relevantes para dicha tecnología que son excluidos como bases epistémicas que explican los fenómenos biológicos involucrados en el control biológico. Nuestra hipótesis principal es que en el desarrollo de la tecnología de control biológico sucede algún tipo de simplificación epistémica del conocimiento ecológico y evolutivo. Específicamente que las bases epistémicas para desarrollar la tecnología, y también para llevar adelante la evaluación de riesgos, se basa mayormente en factores correspondientes al nivel de organismo e incluso de los niveles infra-organismo, mientras que no considera aquellos factores correspondientes a los niveles de organización supra-organísmicos (poblacionales, comunitarios, ecosistémicos) como tampoco los marcos teóricos y conceptos comúnmente asociados a dichos niveles. Para llevar adelante el estudio realizamos un recorrido argumental que incluye la caracterización de las bases epistémicas

---

4 Por "proceso biológico" entendemos un conjunto de fenómenos en donde los acontecimientos se suceden en el espacio y en el tiempo. Estos fenómenos pueden estar o no relacionados causalmente. Mientras que cuando hablamos de "mecanismo biológico" nos referimos a un tipo especial de proceso en donde un conjunto de causas que refieren a una interacción directa se traduce en un fenómeno (adaptado de Marone y Bunge 1998 p. 35, y de Pickett *et al.* 2007, p. 69).



de la tecnología de control biológico clásico de especies no nativas que generan daños ambientales y económicos (apartado 2) y un análisis de las tres formas que la simplificación epistémica toma en dichos desarrollos de la Biología de las Invasiones (apartado 3). Por último, se discuten las posibles consecuencias que dicha simplificación acarrea en cuanto a evaluación de riesgos asociados a la tecnología (apartado 4).

## 2. Control biológico clásico de especies invasoras plaga: características generales y bases epistémicas centrales

Se analizaron como fuentes primarias 15 artículos científicos del tipo de revisión sobre la tecnología de control biológico publicados entre 1996 y 2019 en revistas internacionales del área de Ecología y afines<sup>5</sup>. Aunque para algunos autores y autoras se puedan reconocer en ciertas prácticas de fines del siglo XIX antecedentes de lo que hoy se conoce como “control biológico clásico”, es recién hacia finales de la década de 1980 del siglo XX que comenzó a realizarse de forma más frecuente y a partir de la teoría ecológica moderna (Simberloff 2012). Como ya mencionamos, dicha tecnología se basa en la utilización de “enemigos naturales” para controlar el tamaño poblacional y la expansión de especies no nativas que generan daños ambientales y/o económicos en las regiones que invaden. Así, en la jerga del control biológico se habla de una especie no nativa que genera perjuicios como la “especie blanco” a controlar y una especie “agente de control” que es la que controla. El agente de control es en todos los casos un “enemigo natural” de la especie blanco en el área nativa u original pero que no está presente en el área invadida (McKimmie 2000). Esta lógica central del control biológico se basa mayormente en ciertos aspectos de la teoría trófica (particularmente en el control arriba-abajo) inherente a la Ecología. Al respecto Kaufman y Wright (2017) mencionan lo siguiente:

La “hipótesis de liberación de enemigo” establece que los organismos se vuelven invasivos en un área nueva porque han escapado de los enemigos naturales que suprimen sus poblaciones en su área de origen. Por lo tanto, las especies exóticas tienen una ventaja sobre los competidores en áreas de introducción, donde las especies indígenas aún son reprimidas por sus enemigos naturales indígenas. Por lo tanto, el CBC [control biológico clásico] trabaja bajo la premisa de que el restablecimiento del control de tipo arriba-abajo mediante la introducción de enemigos naturales reducirá las poblaciones de especies invasoras y, por lo tanto, restaurará el equilibrio. (p. 1)

Así queda establecido que la tecnología de control biológico encuentra parte de su sustento epistémico más fundamental a partir de ciertos elementos de la teoría trófica. Si bien lo que se señala en la cita anterior es un aspecto central, se pueden mencionar otros elementos teóricos y conceptuales que también son puestos en juego en el control biológico.

La evaluación de riesgos previos a la liberación del agente de control es quizás el aspecto más relevante del control biológico sobre lo que se hacen investigaciones, se desarrollan prácticas en diferentes ámbitos, y también sobre el cual la comunidad involucrada en el control biológico tiene discusiones abiertas. En general dicha evaluación consiste en estimar el impacto negativo, tanto directo como indirecto, del agente de control sobre especies no blanco que habitan en el área donde se realizará el control. La estimación del impacto directo sobre especies no blanco se lleva a cabo mediante la realización de experimentos de laboratorio, y a veces en espacios semi-naturales controlados. El impacto o efecto directo sería alguna forma de interacción directa entre individuos de la especie agente de control que daña de alguna manera a individuos de especies no blanco. Dichos ensayos miden el grado de especificidad que el agente de control muestra respecto a la

---

<sup>5</sup> La lista de fuentes es la siguiente: Simberloff y Stiling 1996, 1998, McKimmie 2000, Briese 2003, Louda *et al.* 2003, Louda y Stiling 2004, Babendreier *et al.* 2005, Briese 2006, Messing y Wright 2006, Fowler *et al.* 2012, Simberloff 2012, van Wilgen *et al.* 2013, Kaufman y Wright 2017, Guiaşu y Tindale 2018, Frank *et al.* 2019.

especie blanco, es decir cuanto ataca o impacta sobre otras especies que no son la blanco. Estos ensayos que se realizan en laboratorios en situación de cuarentena pre-liberación evalúan lo que se denomina el rango fisiológico de hospedadores del agente de control y utilizan el “método centrífugo-filogenético” para seleccionar cuáles especies no blanco se incluirán en los ensayos (Messing y Wright 2006, Simberloff 2012). Wapshere (1974) definió las bases del método centrífugo-filogenético en el control biológico en plantas; dicho método propone una serie de reglas jerárquicas para seleccionar las especies no blanco a incluir en las pruebas de rango de hospedadores del agente de control, a saber: 1. otras formas de la misma especie blanco, 2. otras especies dentro del género, 3. otros miembros de la tribu, 4. otros miembros de la subfamilia, 5. otros miembros de la familia, 6. otros miembros del orden. Si bien este método se desarrolló originalmente para control de plantas plaga también es usado con bastante frecuencia en control de insectos. Volviendo a la concepción general de la evaluación de riesgos, en el trabajo de Messing y Wright (2006) concluyen que “(...) el foco principal de las pruebas previas a la liberación se basa en gran medida en la detección de especificidad del huésped, que determina la idoneidad fisiológica de las especies no blanco para el agente candidato” (p. 136). Es decir, si las especies no blanco evaluadas en los ensayos presentan o no características fisiológicas que tendrían algún rol causal en que puedan ser atacadas o impactadas de manera directa por el agente de control. Luego, el impacto negativo del agente de control puede ser indirecto cuando se da a través de interacciones biológicas con intermediaciones de algún orden entre la especie agente de control y especies no blanco, y sobre comunidades y ecosistemas. Si bien hay en la literatura de control biológico propuestas para cuantificar de diferentes formas el efecto indirecto del agente de control, como por ejemplo evaluar la especificidad de hábitat del agente y/o de efectos pos-lanzamiento, competencia, hibernación y dispersión (Babendreier *et al.* 2005); la evaluación de riesgos indirectos no parece ser algo que se realice de manera rutinaria sino que la estimación de riesgo se centra principalmente en evaluar, en condiciones de laboratorio, los efectos directos sobre especies no blanco.

### 3. Simplificación epistémica en el control biológico clásico

Partiendo de la caracterización de las bases epistémicas fundamentales de la tecnología de control biológico que el análisis de las fuentes nos permitió realizar, se sugieren tres ejes de simplificación epistémica: el primero sobre efectos indirectos, el segundo sobre la dimensión evolutiva y el tercero, sobre las escalas espacio-temporales implicadas. Estos tres ejes, darán indicios de que la evaluación de riesgos está mayormente limitada a evaluar el impacto directo del agente de control sobre un número acotado de especies no blanco y por lo tanto, se la puede considerar como un caso de simplificación epistémica.

#### 3.1. Efectos indirectos sobre especies no blanco, comunidades y ecosistemas

La deficiencia de la tecnología de control biológico más mencionada en las fuentes es la falta de evaluación de efectos indirectos del agente de control sobre especies no blanco. Se resalta además que este impacto negativo no evaluado no recaería solamente sobre la abundancia de especies no blanco individuales sino que se expande a otras características del nivel de comunidad y ecosistemas donde se realizan los eventos de control biológico, o incluso también en comunidades y ecosistemas cercanos geográficamente. Al respecto, Messing y Wright (2006) señalan que:

(...) las preocupaciones sobre los posibles impactos de los agentes de biocontrol se han ampliado recientemente para incluir no sólo los efectos tróficos directos, sino también la competencia, el desplazamiento y otras interacciones ecológicas secundarias más sutiles. Aunque es extremadamente difícil predecir el resultado de tales relaciones basándose en pruebas de cuarentena pre-lanzamiento, los reguladores solicitan cada vez más dichos datos (...) (p. 137).

En el artículo de revisión sobre control biológico de plantas de van Wilgen *et al.* (2013) se plantea con detalle el contenido de esta deficiencia como también la dificultad intrínseca de la tecnología para resolver el problema: “...puede haber daños imprevistos en plantas no objetivo, interrupción de las redes alimenticias y el funcionamiento del ecosistema (...)” (p. 532); y luego:

(...) los agentes introducidos: (1) atacarán a las plantas que no son objetivo; (2) perturbarán las redes alimenticias al servir como hospedadores de parasitoides nativos y como fuente de alimento para los depredadores; (3) hibridarán con especies relacionadas (...). Si bien la especificidad del huésped y la eficacia de los posibles agentes de control biológico de malezas se pueden determinar con certeza razonable *a priori*, las otras preocupaciones no se pueden abordar con ningún grado de confianza (p. 536).

De hecho, según señala uno de los principales investigadores dedicados al control biológico, los efectos indirectos no evaluados pueden ser muy substanciales ya que:

(...) un tipo completamente diferente de impacto indirecto (...) puede ser aún mayor y es aún más difícil de predecir. Esto ocurre cuando una especie introducida afecta fuertemente procesos ecosistémicos, como los ciclos de nutrientes o incendios, o la estructura física del ecosistema; que a su vez afecta a grandes fracciones de la comunidad de especies nativas (Simberloff 2012, p. 269).

Se encuentra entonces que la concepción del control biológico basada exclusivamente en interacciones de tipo fisiológicas uno-a-uno, y descontextualizadas, entre agente de control y otras especies, sean blanco o no blanco, no considera interacciones, procesos y mecanismos a nivel de comunidad y ecosistemas que son relevantes en todo evento de control biológico. Tal característica se traduce en una sub-estimación, o en muchos casos directamente una omisión, del impacto indirecto del agente de control sobre especies no blanco; que a su vez podría redundar en una sub-valoración de alteraciones que el evento de control biológico puede realizar sobre procesos y mecanismos comunitarios y ecosistémicos.

### 3.2. La dimensión evolutiva en el control biológico

Si bien no es el punto principal que se aborda en las fuentes analizadas, la falta de inclusión de la dimensión evolutiva en el diseño y evaluación de riesgo del control biológico también es mencionada. En el trabajo antes considerado de Simberloff y Stiling (1996) mencionan dicha circunstancia:

Igualmente problemático es el hecho de que los organismos vivos evolucionan. Las especies evolucionan para adquirir nuevos hospedadores, para tolerar una mayor variedad de factores físicos (por ejemplo, pesticidas) y, en los patógenos, para ser más virulentos o menos virulentos. Una sola mutación genética puede modificar la especificidad del huésped. Cualquiera de estos cambios podría convertir una especie inocua en una dañina. Hopper *et al.* (1993) proporcionan varios ejemplos de cambios en los organismos de control biológico después de la introducción, incluidos todos los tipos de modificaciones que acabamos de sugerir (p. 188).

Casi 20 años después, van Wilgen *et al.* (2013) mencionan que los efectos indirectos de tipo evolutivo no evaluados siguen siendo un problema en el control biológico; ya que los agentes de control pueden “(...) experimentar cambios fisiológicos o evolutivos, posiblemente impulsados por el cambio climático, que alterarán fundamentalmente el comportamiento de los agentes (...)” (p. 536). En definitiva, la gran mayoría de las fuentes analizadas expresan que la evolución adaptativa post-introducción es un riesgo que no es tenido en cuenta de forma consistente en el control biológico (ver por ejemplo, Simberloff y Stiling 1996, Messing y Wright 2006, Simberloff 2012, van Wilgen *et al.* 2013). Este tipo de cambio biológico en el tiempo implica modificaciones de tipo genética, que dependiendo de la especie que funcione como agente de control puede llevar muchas o pocas generaciones; es decir muchos o pocos meses u años. Sin embargo, las fuentes

analizadas no mencionan con igual importancia mecanismos evolutivos que no implican cambios genéticos como relevantes en el control biológico. Nos referimos más específicamente a los eventos de plasticidad fenotípica<sup>6</sup>, sobre todo teniendo en cuenta que dichos eventos pueden ser muy frecuentes en introducciones y no requieren de muchas generaciones para suceder (Kaufman y Smouse 2001, Parker *et al.* 2003, Richards *et al.* 2006, Hulme 2008, Davidson *et al.* 2011, Zenni *et al.* 2014) se trata de otra potencial causa de riesgo no considerada. La plasticidad fenotípica sucede en especies de todos los reinos, y para muchos caracteres que pueden ser de importancia en los agentes de control al estar involucrados directamente con el rango de hospedadores u otras características ecológicas relevantes, como por ejemplo caracteres de historia de vida, morfológicos, comportamentales (Schlichting y Pigliucci 1998, Pigliucci y Preston 2004, Fordyce 2006). Entonces, la probada importancia de la plasticidad fenotípica en la evolución en general, y en los eventos de introducción de especies en particular, implica para el caso del control biológico que se trata de un mecanismo claramente significativo como para ser excluidos del desarrollo de la tecnología, y sobre todo de la evaluación de riesgos. Lo mismo vale para otros aspectos evolutivos analizados, como los cambios adaptativos post-introducción. Esto a su vez implica que dichos mecanismos evolutivos, y las bases epistémicas que los explican, deberían ser incluidas en el desarrollo y la evaluación de riesgos de la tecnología de control biológico.

### 3.3. Simplificación de escalas temporales y espaciales en el control biológico

Las fuentes analizadas señalan también una simplificación en cuanto a las escalas temporales y espaciales a partir de las cuales se construye la tecnología de control biológico, y por ende se evalúa el riesgo. De hecho, esto es mencionado por Fowler *et al.* (2012) cuando plantean: “(...) instamos a que los estudios de caso futuros adopten un enfoque holístico para la evaluación de riesgos, considerando escalas espaciales y temporales, así como la magnitud directa de los efectos negativos (o positivos)” (p. 309). ¿En qué consiste esta simplificación de las escalas temporales y espaciales en el control biológico? Por un lado, y en relación al punto anterior sobre la no inclusión de mecanismos evolutivos, no se tienen en cuenta lo que se puede considerar como temporalidades evolutivas; es decir, temporalidades profundas, más amplias que los propios tiempos de la vida humana. Así, se obvia analizar las posibles consecuencias de cualquier tipo que la introducción de un agente de control puede tener en temporalidades profundas, mientras que las herramientas de evaluación de riesgo comúnmente utilizadas suponen efectos sincrónicos del agente de control sobre especies no blanco. Por otro lado, numerosos trabajos han mostrado que los agentes de control se extienden más allá de los límites previstos para su rango de introducción (ver por ejemplo Simberloff y Stiling 1996, Zimmermann *et al.* 2000, Pratt y Center 2012, van Wilgen *et al.* 2013). En este sentido la simplificación consiste en que se consideran únicamente como rangos espaciales de acción de los agentes de control aquellos de las especies blanco; cuando es esperable que cualquier agente de control pueda exceder dicho rango espacial. Cabe mencionar que esta extensión impredecible del rango es esperable sobre todo en un contexto de excepcionalidad biológica como es el de una introducción de una especie en un nuevo ambiente, situación en la cual los organismos pueden presentar momentáneamente comportamientos y características ecológicas no habituales. Al respecto, en una revisión sobre control biológico usando parasitoides como agentes de control, Kaufman y Wright (2007) plantean que:

(...) la evaluación integral del riesgo requiere una comprensión amplia de la ecología del agente de control biológico, así como de la ecología de las especies blanco y no blanco. Las observaciones sobre la ecología del agente de biocontrol en otras áreas de introducción y el

---

6 El concepto más generalmente aceptado de plasticidad fenotípica plantea que un mismo genotipo puede producir fenotipos alternativos en diferentes condiciones ambientales (Schlichting y Pigliucci, 1998). Es decir, que pueden haber diferencias fenotípicas sin que necesariamente exista variación genética subyacente. Mientras que los cambios adaptativos implican algún tipo de modificación genética y la acción posterior de la selección natural (Hedrick 2000).

área de origen, y la manera en que las tasas de parasitismo varían en esas áreas bajo diferentes condiciones ambientales/ecológicas, pueden proporcionar información útil de referencia para las predicciones hechas para nuevas ubicaciones” (p. 19).

Recuperando lo dicho hasta aquí, parece relevante señalar cierta simplificación, en este caso, dirigida a la elección de la escala espacio-temporal utilizada para el desarrollo y la evaluación de riesgos de la tecnología de control biológico. En rigor, parece considerarse únicamente aquella escala espacio-temporal en la cual se da la ocurrencia de la especie blanco; y en cierta medida, aquellas escalas espacio-temporales inmediatamente inferiores cuando se consideran los efectos fisiológicos nocivos sobre especies no blanco. Sin embargo, de acuerdo a la teoría jerárquica desarrollada al seno de la Ecología, la comprensión de un fenómeno bajo estudio, preponderante a una escala específica (como puede ser un proceso trófico en este caso) implica el conocimiento de los fenómenos implicados en un dominio de escalas inmediatamente superiores (pues éstos funcionarían restringiendo el fenómeno estudiado) así como también, supone la indagación de aquellos fenómenos implicados en un dominio de escalas inmediatamente inferior (pues estos ofrecerían las potenciales causas del fenómeno bajo estudio) (Allen y Starr 1982, Urban *et al.* 1987, Turner *et al.* 2001, Wiens *et al.* 2004). Así, la tecnología dirigida al control biológico no sólo parece desatender elementos epistémicos inherentes a la Ecología de Comunidades, de Ecosistemas y de la Biología Evolutiva sino también, aquellos dominios de escalas espacio-temporales inmediatamente superiores que aportarían una comprensión más acabada del fenómeno sobre el que se quiere implementar la intervención.

#### 4. Discusión y Conclusión

Dentro de la propia comunidad académica que se dedica al control biológico clásico de especies no nativas consideradas dañinas hay amplio consenso respecto de que dicha tecnología es “ambientalmente más amigable” que el control químico. Sin embargo, también se reconocen discusiones abiertas respecto a diferentes aspectos de la tecnología de control biológico, las cuales se expresan en los artículos especializados del área. Esta situación expresada con claridad en artículos científicos de revisión, nos permitió caracterizar de primera mano cuáles son algunas de las bases epistémicas implicadas en la tecnología de control biológico y sus problemáticas. Las principales discusiones encontradas son respecto al nivel de riesgos que implica la tecnología; es decir cuáles y en qué magnitud la introducción de especies agentes de control puede causar daños ambientales, económicos, etc. En relación con ello, las discusiones se extienden también al alcance y forma que la estimación de riesgos y la regulación de la tecnología debería tener. Luego, no es la intención del presente trabajo tomar una posición normativa respecto a si la tecnología de control biológico debe utilizarse o no; sino que la argumentación se centra en describir características epistémicas de la misma como una forma de comprender la tecnología con mayor profundidad y aportar a las discusiones. Al respecto, podemos decir que hemos encontrado movimientos de simplificación epistémica; y que éstos son un elemento relevante a tener en cuenta, ya que contribuyen a configurar la forma en que sucede la intervención de la tecnología en la realidad mientras que también delimitan cómo será la evaluación riesgos.

La simplificación epistémica que hemos relevado se puede delimitar en tres puntos, que por supuesto están relacionados:

- i) la concepción del control biológico se basa principalmente en interacciones fisiológicas individuales entre agente de control con especies blanco, y entre agente de control y un número variable de especies no blanco. Esta concepción central obvia incluir como factores relevantes en la propia lógica del control biológico a interacciones, procesos y mecanismos que suceden a nivel de comunidad y ecosistemas. En consecuencia, no son tenidos en cuenta aquellos marcos teóricos de

la Ecología implicados en dichos procesos y mecanismos, ni para el desarrollo de la tecnología ni para el diseño de las evaluaciones de riesgo de la misma.

- ii) exclusión de mecanismos evolutivos claramente relevantes como la adaptación y la plasticidad fenotípica post-introducción. La falta de inclusión de dichos mecanismos, y los marcos teóricos subyacentes, en el propio diseño y control de la tecnología es crucial para una evaluación de riesgos más abarcativa que la que comúnmente se realiza.
- iii) simplificación dirigida a restringir al control biológico a temporalidades de procesos fisiológicos y comportamentales del nivel orgánico e inferiores; como también a espacialidades que solamente incluyen los rangos de acción delimitados por la especie blanco a controlar.

El escenario descrito muestra que las teorías de la Ecofisiología, los niveles de organización orgánico e inferiores y sus respectivas escalas espacio-temporales aparecen como fundamentales en las bases epistémicas de la tecnología de control biológico de especies no nativas que generan daños económicos y ambientales. Mientras que otras teorías de la Ecología, y la Biología Evolutiva, vinculadas a niveles de organización superiores como los de comunidad, ecosistema y paisajes, son obviadas. Lo que es importante resaltar es que dicha simplificación de las bases epistémicas dista de ser algo esperable o inevitable; de hecho todo lo contrario, ya que tal como mostramos, y como la comunidad del control biológico está discutiendo, los factores sincrónicos (de tipo ecosistémicos o comunitarios) y los diacrónicos (de tipo evolutivos) parecen ser esenciales en el control biológico.

Tal como hemos señalado, las bases epistémicas establecidas en la construcción de una tecnología impactan en la posibilidad de incluir o excluir factores de riesgo asociados, y por ende habilitan la posibilidad de sub-valorar el riesgo de las tecnologías. Los y las especialistas en control biológico proponen que aquello que sustenta el éxito de esta tecnología, en cuanto a maximizar el control y minimizar los riesgos, es un alto grado de especificidad del agente de control respecto a la especie blanco o que dicho agente presente un rango de hospedadores muy pequeño. Sin embargo, se observa un olvido casi sistemático de una variedad de procesos y mecanismos (sincrónicos y diacrónicos), con sus respectivos marcos teóricos asociados, que podrían dar cuenta de tales fenómenos de forma más acabada. Este olvido resulta significativo no sólo para comprender la variación del fenómeno de especificidad del agente de control respecto a la especie blanco sino sobre todo para evaluar las posibilidades reales de no variación (o no cambio en el rango de hospedadores), siendo que de este punto depende el éxito de la tecnología. Sin dudas, esta situación tiene un impacto sobre la evaluación de riesgos que comúnmente se hacen en los eventos de control biológico clásico. Lo mismo se concluye respecto a la simplificación de escalas temporales y espaciales. Dicho movimiento implica la omisión de variación en la especificidad fisiológica del agente de control o el rango de hospedadores a escalas temporales y espaciales más amplias, y biológicamente realistas, a las que se suelen utilizar. Ahora, ¿cuáles pueden ser las consecuencias de tal simplificación para la concepción de los riesgos asociados al control biológico? Las consecuencias son una sub-estimación de riesgos ambientales y económicos asociados al control biológico. Estos riesgos tendrían en principio dos formas. En primer lugar, dado que las pruebas de laboratorio previas a la liberación del agente de control se realizan en situaciones muy diferentes y simplificadas respecto a las condiciones naturales, éstas sub-estiman o directamente omiten el posible impacto negativo del agente biológico de control sobre especies no blanco. En segundo lugar, estas formas de evaluación de riesgo más comúnmente usadas no parecen tener como objetivos cuantificar ni predecir cuáles son los riesgos indirectos que un agente de control puede causar. Es decir, la posible disrupción de procesos al nivel de comunidades y ecosistemas, y el subsecuente daño ambiental y económico que esto puede implicar. Si bien hay algunas propuestas para realizar estimaciones de efectos indirectos (al nivel de comunidad y ecosistema), no han sido muy desarrolladas ni son ampliamente utilizadas.

El reconocimiento y la descripción de las simplificaciones epistémicas asociadas a la tecnología de control biológico puede contribuir, en parte, a la explicación de la falta de éxito que la tecnología ha mostrado hasta ahora. Si bien no se trata de fracaso rotundo, no son muchos los ejemplos de eventos exitosos y duraderos de control de poblaciones de especies no nativas que generan daños económicos y ambientales. Podría plantearse que al no conceptualizarse, ni tenerse en cuenta, factores más allá de los niveles inferiores de organización se limita abordar el problema en su totalidad y se acarrean lo que de acuerdo a los propios objetivos de intervención de la tecnología serían fallas.

Por último, cabe señalar que la operación de simplificación epistémica en las tecnologías que se basan en conocimientos biológicos, ya sea en la forma de linealización de escenarios complejos o en la elección de ciertos conocimientos y cuerpos teóricos por sobre otros de entre varios posible (que aquí hemos encontrado de forma marcada), es un rasgo que parece extenderse más allá del caso puntual del control biológico. Como hemos señalado en la introducción, se reconocen simplificaciones epistémicas para casos de tecnologías con bases biológicas usadas en el ámbito productivo y también para aquellas que circulan en el ámbito de la salud. Un denominador común a todos los casos mencionados es que las simplificaciones parecen privilegiar aquellos fenómenos, procesos y mecanismos biológicos que usualmente descansan sobre los niveles inferiores de la jerarquía biológica y sus marcos teóricos y conceptos asociados. En este sentido, para el caso puntual de la tecnología de control biológico, y para las tecnologías basadas en conocimiento biológico en general, el aporte de una clarificación y reflexión crítica respecto a las bases epistémicas de las mismas resulta relevante para profundizar la comprensión de los funcionamientos, alcances y consecuencias ambientales.

## Bibliografía

---

- Allen, T. F. H. y Starr, T. (1982), *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Babendreier, D., Bigler, F. y Kuhlmann, U. (2005), "Methods used to assess non-target effects of invertebrate biological control agents of arthropod pests", *BioControl* 50(6):821-70.
- Binimelis, R., Born W., Monterroso, I. y Rodríguez-Labajos, B. (2007), "Socio-Economic Impact and Assessment of Biological Invasions", en Nentwig W. (eds), *Biological Invasions. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, Berlin: Springer, pp. 331-347.
- Briese, D. T. (2003), "The centrifugal phylogenetic method used to select plants for host-specificity testing of weed biological control agents: Can and should it be modernised?", en Spafford Jacob H. et al. (eds), *Improving the Selection, Testing and Evaluation of Weed Biological Control Agents*, Technical Series No. 7, CRC Australian Weed Management, pp.23-33.
- Briese, D. T. (2006), "Host specificity testing of weed biological control agents: initial attempts to modernize the centrifugal phylogenetic method", *CCBC V*, 32-39.
- Bunge, M. (1966), "Technology as applied science", *Technology and Culture* 7(3):329-47.
- Davidson, A. M., Jennions, M. y Nicotra, A. B. (2011), "Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis", *Ecology Letters* 14(4):419-31.
- Davis, M. A. (2009), *Invasion Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Ehrenfeld, J. G. (2010), "Ecosystem Consequences of Biological Invasions", *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41(1):59-80.
- Fordyce, J. A. (2006), "The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity", *Journal of Experimental Biology* 209(12):2377-83.
- Fowler, S. V., Paynter, Q., Dodd, S. y Groenteman, R. (2012), "How can ecologists help practitioners

- minimize non-target effects in weed biocontrol?", *Journal of Applied Ecology* 49(2):307-10.
- Francesca, Ch. y Folguera, G. (2018), "Saberes simplificados, tecnociencia y omisión de riesgos. El caso de los organismos genéticamente modificados", *RUNA* 39(2):5-28.
- Frank, D. M., Simberloff, D., Bush, J., Chuang, A. y Leppanen, C. (2019), "Logical fallacies and reasonable debates in invasion biology: a response to Guaiasu and Tindale", *Biology and Philosophy* 34(5):1-11.
- Guaiasu, R. C. y Tindale, C. W. (2018), "Logical fallacies and invasion biology", *Biology and Philosophy* 33(5-6):1-24.
- Hedrick, P. W. (2000), *Genetics of Populations*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Hulme, P. E. (2008), "Phenotypic plasticity and plant invasions: Is it all Jack?", *Functional Ecology* 22(1):3-7.
- Kaufman, L. V. y Wright, M. G. (2017), "Assessing probabilistic risk assessment approaches for insect biological control introductions" *Insects* 8(3):67.
- Kaufman, S. R. y Smouse, P. E. (2001), "Comparing indigenous and introduced populations of *Melaleuca quinquenervia* (Cay.) Blake: Response of seedlings to water and pH levels", *Oecologia* 127(4):487-94.
- Lavagnino, N. J., Barbero, S. y Folguera, G. (2018), "Caracterización, alcances y dificultades de las «bases biológicas» del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Un enfoque desde la Filosofía de la Biología", *Physis: Revista de Saúde Coletiva* 28(1):e280110.
- Linares, J. E. (2008), *Ética y mundo tecnológico*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Louda, S. M., Pemberton, R. W., Johnson, M. T. y Follett, P. A. (2003), "Nontarget Effects - The Achilles' Heel of Biological Control? Retrospective Analyses to Reduce Risk Associated with Biocontrol Introductions", *Annual Review of Entomology* 48(1):365-96.
- Louda, S. M. y Stiling, P. (2004), "The Double-Edged Sword of Biological Control in Conservation and Restoration", *Conservation Biology* 18(1):50-53.
- Marone, L. y Bunge M. (1998), "La explicación en ecología", *Boletín de la Asociación Argentina de Ecología* 7(2):35-37.
- Martinhago, F., Nicolás J. L., Guillermo F. y Caponi S. (2019), "Risk factors and genetic bases: The case of attention deficit hyperactivity disorder", *Salud Colectiva* 15(1).
- Mazza, G., Tricarico, E., Genovesi, P. y Gherardi F. (2014), "Biological invaders are threats to human health: An overview", *Ethology Ecology and Evolution* 26(2-3):112-29.
- McKimmie, T. (2000), "The literature and practice of biological control" *Journal of Agricultural and Food Information* 4(1):3-19.
- Messing, R. H. y Wright M. G. (2006), "Biological control of invasive species: Solution or pollution?", *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(3):132-40.
- Parker, I. M., Rodriguez, J. y Loik M. E. (2003), "An evolutionary approach to understanding the biology of invasions: Local adaptation and general-purpose genotypes in the weed *Verbascum thapsus*", *Conservation Biology* 17(1):59-72.
- Pestre, D. (2005), *Ciencia, política y dinero*, Buenos Aires: Nueva Visión.
- Pickett, S., Kolasa, J. y Jones C. (2007), *Ecological Understanding: The Nature of Theory and the Theory of Nature*, Burlington-San Diedo-Londres: Elsevier.
- Pigliucci, M. y Preston, k. (eds). (2004), *Phenotypic integration: Studying the ecology and evolution of complex phenotypes*, Oxford-New York: Oxford University Press.
- Pratt, P. D. y Center, T. D. (2012), "Biocontrol without borders: The unintended spread of introduced weed biological control agents", *BioControl* 57(2):319-29.
- Richards, C. L., Bossdorf, O., Muth, N. Z., Gurevitch, J. y Pigliucci, M. (2006), "Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions", *Ecology Letters* 9(8):981-93.



- Schlichting, C. D. y Pigliucci, M. (1998), *Phenotypic Evolution: A Reaction Norm Perspective*, Sunderlandn: Sinauer Associates.
- Simberloff, D. (2012), "Risks of biological control for conservation purposes", *BioControl* 57(2):263-76.
- Simberloff, D. y Stiling P. (1998), "How risky is biological control? Reply", *Ecology* 79(5):1834-36.
- Simberloff, D. y Stiling P. (1996), "Risks of species introduced for biological control", *Biological Conservation* 78(1-2):185-92.
- Suarez, A. V. y Tsutsui N. D. (2008), "The evolutionary consequences of biological invasions", *Molecular Ecology* 17(1):351-60.
- Tobin, P. C. (2018), "Managing invasive species", *F1000Research* 7(F1000 Faculty Rev):1686.
- Turner, M., Gardner, R. y O'Neill, R. (2001), *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*, New York: Springer-Verlag New York.
- Urban, D. L., O'Neill, R. V. y Shugart, H. H. (1987), "Landscape Ecology. A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns", *BioScience* 37(2):119-27.
- Wapshere, A. J. (1974), "A strategy for evaluating the safety of organisms for biological weed control", *Annals of Applied Biology* 77(2):201-11.
- Wiens, J., Van Horne, B. y Noon B. (2004), "Integrating landscape structure and scale into natural resource management", en Liu J. y Taylor W. (eds.), *Integrating Landscape Ecology into Natural Resource Management*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 23-67.
- van Wilgen, B. W., Moran, V. C. y Hoffmann J. H. (2013), "Some perspectives on the risks and benefits of biological control of invasive alien plants in the management of natural ecosystems", *Environmental Management* 52(3):531-40.
- Williamson, M. (1996), *Biological Invasions*, London: Chapman & Hall.
- Zenni, R. D., Lamy, J. B., Lamarque, L. J y Porté, A. J. (2014), "Adaptive evolution and phenotypic plasticity during naturalization and spread of invasive species: Implications for tree invasion biology", *Biological Invasions* 16(3):635-44.
- Zimmermann, H. G., Moran, V. C. y Hoffmann, J. H. (2000), "The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum*: Its natural history and threat to native *Opuntia* floras in Mexico and the United States of America", *Diversity and Distributions* 6(5):259-69.