

¿Plantear o no plantear hipótesis? Sugerencias para estudiantes, directores y revisores

ALEJANDRO G. FARJI-BRENER

Laboratorio de Investigaciones en Hormigas (LIHO), INIBIOMA-CONICET y Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina.

RESUMEN. Un objetivo fundamental de la ecología como ciencia es determinar patrones en la naturaleza e inferir sus posibles causas. Pese a la importancia y la complementariedad de las aproximaciones descriptivas y deductivas, es común que directores, revisores y organismos de financiación requieran obligatoriamente formular hipótesis en los proyectos de investigación. Dado que los avances en ecología se deben en gran medida al proceso iterativo de descripción (que no requiere la formulación de hipótesis) y de deducción, es necesario defender la diversidad de enfoques a fin de simplificar los procesos de elaborar y revisar proyectos, y de descubrir, comprender y manejar de más adecuadamente los sistemas naturales. En este ensayo se desarrollan argumentos tanto a) apoyando la no inclusión de hipótesis en los buenos estudios descriptivos o aplicados puros cuando las mismas no están justificadas de manera adecuada, como b) a favor de transformar estudios descriptivos en deductivos cuando la inclusión de hipótesis es factible, no oscurece el objetivo original del proyecto y aporta originalidad, objetividad y generalidad. Finalmente, se brindan sugerencias para autores, directores y revisores para justificar adecuadamente sus opiniones, evitar prejuzgar buenos proyectos descriptivos y realizar sugerencias constructivas y justificadas en el caso de que la inclusión de hipótesis no desvirtúe el objetivo original del trabajo, sean factibles de ponerse a prueba y su inclusión les brinde un valor agregado.

[Palabras clave: estudios descriptivos y deductivos, hipótesis, investigación, método hipotético-deductivo]

ABSTRACT. To pose or not to pose hypotheses? Suggestions for students, editors and reviewers. A key goal of ecology as a science is to determine patterns in nature and infer their possible causes. Despite the importance and complementarity of descriptive and deductive approaches, it is common for directors, reviewers and funding agencies to compulsorily require the formulation of hypotheses in research projects. Given that advances in ecology are largely due to the iterative process of description (which does not require the formulation of hypotheses) and deduction, it is necessary to defend the diversity of approaches in order to simplify the elaboration and revision processes of projects, and to discover, understand and better manage natural systems. In this essay, arguments are developed both supporting the non-inclusion of hypotheses in descriptive or pure applied studies when they are not adequately justified, as well as in favor of transforming descriptive studies into deductive ones when the inclusion of hypotheses is feasible, does not obscure the original objective of the project and provides originality, objectivity and generality. Finally, suggestions are provided for authors, directors and reviewers to adequately justify their opinions, avoid prejudgments in the case of good descriptive projects, and make constructive and justified suggestions when the inclusion of hypotheses does not mislead the original objective of the work. are feasible to test, and their inclusion provides added value.

[Keywords: descriptive and inductive studies, research, hypothetic-deductive method]

INTRODUCCIÓN

Un objetivo fundamental de la ecología como ciencia es determinar patrones en la naturaleza e inferir sus posibles causas. Por un lado, sin la detección y la confirmación de patrones naturales, los ecólogos no tendríamos nada interesante que explicar (Lawton 1996). Por otra parte, sin determinar los mecanismos que generan dichos patrones, los ecólogos no podríamos comprender el funcionamiento de la naturaleza ni realizar intervenciones que preserven la biodiversidad y el bienestar humano (Bunge 1977; Pickett et al. 2010; García Curilaf 2019). Por eso, para avanzar en el conocimiento del mundo que nos rodea

es necesario tanto describir y confirmar los patrones naturales como poner a prueba sus posibles causas (Carlton 1996; Murrell et al. 2001).

Para lograr una comprensión integral de la naturaleza se han propuesto diferentes aproximaciones que difieren en su concepción filosófica, en la metodología que emplean y en su capacidad predictiva (Bunge 1977; Hobbs and Hilborn 2006; Guthery 2007; Feinsinger 2013; Marone and Galetto 2011; Heger and Jeschke 2014; Calderón 2016; Farji-Brener 2019; García Curilaf 2019; Feinsinger et al. 2020; Yanco et al. 2020). Algunos métodos se centran en el empirismo y emplean la inducción para

Editor asociado: Ricardo Grau

✉ alefarji@yahoo.com

Recibido: 12 de Diciembre de 2021

Aceptado: 2 de Febrero de 2022

determinar patrones y, a partir de casos particulares, realizar generalizaciones. Otras aproximaciones se valen de la epistemología racionalista, que conceptualiza ideas justificadas en un cuerpo teórico general y no en pruebas empíricas. Otros métodos usan la metodología racionempírica, en la que se pretende describir, explicar y predecir los fenómenos ecológicos, proponiendo hipótesis mecanicistas que expliquen las causas del patrón observado (García Curilaf and Denegri 2016). Dentro de todos ellos, el método hipotético-deductivo (MHD), en el cual se ponen a prueba hipótesis, se determinan sus resultados esperados y se contrastan estas predicciones con los datos, ha sido una de las aproximaciones más empleadas en ecología (Bunge 1977; Farji-Brener 2003, 2020; Marone and Galetto 2011; García Curilaf 2019; Anderson et al. 2021; Betts et al. 2021). Poner a prueba explicaciones sobre fenómenos a fin de comprender el mundo que nos rodea se utiliza desde hace más de 400 años (Glass and Hall 2008), y se lo considera clave para que la ciencia no se convierta en una simple recopilación de información (Landy 1986). Proponer ideas *a priori* evita la tendencia de formular hipótesis *a posteriori* que se ajusten los resultados (Kerr 1998; Mentis 1988; Farji-Brener 2009). En particular, probar múltiples hipótesis para explicar un patrón reduce la tendencia de resistirse a rechazar una hipótesis cuando es la única puesta a prueba (efecto ‘peluche’, en el cual no queremos desprendernos de nuestra idea a pesar de que los datos sugieran que es errónea) (Loehle 1987; Nickerson 1998; Farji-Brener 2009; Rosen 2016). Finalmente, al comprender los mecanismos que causan los patrones, la ecología —como ciencia— es más confiable y transferible, lo cual impacta de forma positiva en la reproducibilidad de los estudios (Marone and Galetto 2011; Baker 2016; García Curilaf 2019; Betts et al. 2021). Todos estos motivos hacen de la puesta a prueba de hipótesis una herramienta importante para realizar una investigación. Pero, ¿lo es en todos los casos?

Dado que los avances en ecología se deben en gran medida al proceso iterativo de descripción (que no requiere la formulación de hipótesis) y deducción, defender la diversidad de enfoques en los proyectos de investigación es un tema de interés. Algunos de estos tópicos fueron discutidos en trabajos anteriores (Marone and Galetto 2011; Farji-Brener 2019). Sin embargo, pocos discuten —de forma sencilla y didáctica— específicamente sobre cómo

justificar un buen estudio descriptivo ante directores/revisores y cómo transformar un estudio descriptivo en uno deductivo sin necesidad de perder el objetivo original, con ejemplos concretos de estudios de caso y sugerencias a estudiantes, directores y revisores. En este ensayo desarrollo argumentos tanto: a) apoyando la no inclusión de hipótesis en los buenos estudios descriptivos o aplicados puros cuando éstas no están adecuadamente justificadas, como b) a favor de reformular estudios descriptivos como deductivos cuando la inclusión de hipótesis es factible, no oscurece el objetivo original del proyecto y aporta originalidad, objetividad y generalidad. Finalmente, brindo sugerencias para autores, directores y revisores para justificar adecuadamente sus opiniones, evitar prejuicios y realizar consejos constructivos.

¿Plantear o no plantear hipótesis? He ahí el dilema

Pese a ser una herramienta poderosa para guiar proyectos de investigación, no siempre es necesario formular hipótesis. Por ejemplo, los estudios descriptivos cuyo objetivo es la detección y confirmación de patrones naturales no requieren de formular hipótesis previas ni, en consecuencia, predecir resultado alguno (Farji-Brener 2019). Como fue discutido antes, describir y confirmar patrones naturales es un paso previo ineludible para conocer sus posibles causas, por lo cual estos estudios son relevantes y necesarios para el avance de la ecología como ciencia (Tewksbury et al. 2014; Farji-Brener 2019). Un buen ejemplo son las descripciones que realizó Darwin en sus viajes, que sirvieron como base, *a posteriori*, para formular la teoría de selección natural. Preguntas sencillas como ¿en cuál región hay mayor riqueza de especies?, ¿dónde se están perdiendo más rápidamente las áreas de bosque? o ¿cuánto aumentó la temperatura promedio en los últimos 100 años? son interrogantes descriptivos que pueden liderar investigaciones fundamentales, cuya información será vital para luego comprender la causa de dichos patrones y proponer medidas paliativas de ser necesario. Estos estudios descriptivos pueden plantearse a diferentes niveles de organización; o sea, puede haber descripciones o confirmación de patrones a nivel de genomas, mecanismos fisiológicos, especies o estructuras desconocidas de especies ya descritas, comportamientos, demografía, composición de comunidades y estructura

de paisajes. Otro tipo de estudios que no requieren necesariamente la formulación de hipótesis son aquellos orientados a solucionar un problema específico de índole aplicado (e.g., diseñar una reserva, optimizar una acción de manejo en función de sus costos y beneficios), la puesta a punto o comparación de ciertas metodologías, o aquellos cuyos objetivos sean la planificación de estrategias de conservación (Feinsinger 2001; Wilson et al. 2006). Los estudios descriptivos y los que ponen a prueba hipótesis no son unos mejores que otros, sino más bien complementarios. Sin describir las estructuras morfológicas de una especie es imposible proponer hipótesis sobre sus posibles funciones. Sin describir los parámetros poblacionales es imposible proponer causas que expliquen su variación ante diferentes escenarios. Sin describir la composición de las especies de una comunidad es imposible proponer ideas que expliquen su abundancia relativa y sus interacciones. La aproximación deductiva se nutre de la descriptiva, y la deductiva muchas veces estimula nuevas descripciones (Marquet et al. 2014). Las descripciones son imprescindibles para la posterior formulación de hipótesis, pero no nos brindan directamente información sobre las causas de los patrones. Y los estudios que ponen a prueba hipótesis nos ayudan a comprender las causas de un patrón, pero deben estar formulados a la escala correcta; y si la evidencia es experimental, se debe tener cuidado con los efectos indeseados de las manipulaciones (Farji-Brener 2019). En resumen, tanto la aproximación descriptiva como la deductiva poseen fortalezas y debilidades, y son complementarias más que excluyentes.

A pesar de que la aproximación descriptiva y la deductiva son necesarias para el avance del conocimiento (Marquet et al. 2014),

muchas veces, los directores, los revisores, las revistas y los organismos que financian proyectos exigen poner a prueba hipótesis como requisito indispensable para hacer una tesis, publicar un manuscrito o conseguir financiamiento, respectivamente (Betts et al. 2021). En ocasiones, este requerimiento es constructivo porque incluir hipótesis contribuye a hacer más claro el proyecto de investigación. Pero en otras oportunidades, esta exigencia puede ser innecesaria y sólo logra que el autor incluya con fórceps hipótesis que no fueron —ni serán— realmente puestas a prueba, o hipótesis que no son tales, con el único objetivo de satisfacer superficialmente esa demanda (Figura 1). ¿Cómo discernir entonces si la exigencia es pertinente? En esta instancia hay tres escenarios posibles: a) el proyecto es de índole estrictamente descriptiva y no necesita proponer hipótesis; su inclusión no enriquecerá el trabajo y alterará su objetivo original, b) el proyecto es de índole descriptiva, pero la inclusión de hipótesis enriquecerá el trabajo sin traicionar u oscurecer el objetivo original, y c) el proyecto es de índole deductiva, pero no se especifican las hipótesis, por lo cual es necesario su explicitación. Tener claro en cuál de estas opciones estamos parados nos brindará elementos para tomar la mejor decisión ante el requerimiento de incluir hipótesis en nuestro proyecto de investigación.

Desventajas de incluir hipótesis cuando el trabajo no pone a prueba una idea

Incluir hipótesis cuando el estudio no lo requiere es una práctica tan nociva como no hacerlo cuando el estudio lo requiere. Como se discutió anteriormente, ciertos tipos de investigación no necesitan la formulación de hipótesis porque no ponen a prueba ideas ni intentan explicar la causa de un patrón. En



Figura 1. Ilustración metafórica de la exigencia, a veces injustificada, de incluir hipótesis en los proyectos de investigación en ecología. Este accionar muchas veces genera la inclusión de hipótesis inadecuadas que oscurecen el objetivo del trabajo, son logísticamente inviables de poner a prueba, determinan un diseño incorrecto, dificultan el desarrollo y la escritura del trabajo y generan un síndrome auto-inmune de rechazo al proyecto por parte del autor.

Figure 1. Metaphorical illustration of the demand, often unjustified, to include hypotheses in ecology research projects. This action often generates the inclusion of inadequate hypotheses, which obscure the objective of the work, are logistically unviable to test, determine an inadequate design, make it difficult to develop and write the work, and generate an auto-immune syndrome of rejection of the project by the author.

esos casos, formular hipótesis con fórceps ante el requerimiento del director, editor o revisor determina, a mi entender, varios aspectos negativos: 1) oscurece el objetivo del trabajo. Formular hipótesis y predicciones ‘obligadas’ dificulta comprender qué pregunta intenta responder la investigación porque distrae la atención del autor y de los lectores hacia ideas que no necesariamente serán puestas a prueba; 2) determina la formulación de diseños inadecuados. Si los lectores suponen ingenuamente que el trabajo pondrá a prueba una idea, esperarán un diseño acorde. Y dado que las hipótesis fueron incrustadas *a posteriori* de la formulación del proyecto, normalmente el diseño planteado no pone a prueba adecuadamente las predicciones (que no existen realmente), o hay observaciones/experimentos que se podrían haber planificado, pero que están ausentes; 3) incrementa la confusión en el autor del proyecto. El autor propuso un trabajo descriptivo que fue transformado inadecuadamente en uno hipotético-deductivo, por lo cual no termina de comprender si con su trabajo va a determinar un patrón o comprender los mecanismos que lo determinan. Esta confusión se ‘derrama’ hacia todos los aspectos del proyecto; 4) dificulta su escritura. La justificación y la discusión de un estudio descriptivo o deductivo es muy diferente. Por ejemplo, un estudio que pone a prueba una hipótesis normalmente comienza describiendo un marco conceptual general, enfatizando los modelos explicativos en puja, mientras que un estudio más descriptivo justifica su pregunta en un contexto más particular, enfatizando la inexistencia de determinada información empírica importante. La discusión de un proyecto deductivo se basa en determinar cuáles de las hipótesis planteadas son apoyadas por los datos y plantear alternativas, mientras que en un proyecto descriptivo se resumen los resultados para formular explicaciones *a posteriori* que no serán puestas a prueba en ese estudio (Farji-Brener 2019). Un proyecto descriptivo disfrazado de deductivo es muy probable que confunda al autor sobre cómo organizar su escritura; y 5) estimula un síndrome ‘auto-inmune’ de rechazo al proyecto. Un proyecto debería ser el producto de la capacidad intelectual y creativa de su autor. Cuando se agregan hipótesis sin que el autor esté convencido de su inclusión, se genera un rechazo hacia el proyecto porque ya no es percibido como propio. De esta forma, el autor se involucra menos, lo realiza mecánicamente, o simplemente quiere

terminarlo lo antes posible sin disfrutar del proceso, transformándose en una experiencia negativa. En resumen, la inclusión forzosa de hipótesis en un estudio que no lo necesita implica más desventajas que ventajas.

Buenas y malas justificaciones para no incluir hipótesis en un estudio

La ausencia de hipótesis en los proyectos de investigación puede estar bien o mal justificada. Como se discutió antes, si el objetivo es describir o confirmar un patrón, o desarrollar cierta tecnología para solucionar un problema particular, diseñar una reserva u otros estudios similares, metodológicos o aplicados, es factible que no sea necesario incluir la puesta a prueba de hipótesis, o que su inclusión forzada traiga más perjuicios que beneficios. Sin embargo, muchas veces la ausencia de hipótesis está mal justificada. Una lista, posiblemente incompleta, de malas justificaciones es cuando los autores afirman que: a) ‘ya estoy planteando hipótesis’, cuando en realidad están planteando hipótesis estadísticas, no biológicas (Farji-Brener 2004). Resultados esperados al estilo ‘A será mayor que B’ clásicos de las ‘hipótesis’ estadísticas nunca son hipótesis biológicas reales, sino más bien predicciones de alguna idea posiblemente no explicitada en el texto (Farji-Brener 2004; Betts et al. 2021); b) ‘no hay información previa’. La ausencia de información no siempre es un buen justificativo para evadir el planteo de hipótesis, dado que muchas veces se pueden poner a prueba ideas generales independientemente de la información preexistente, se puede emplear información existente de sistemas análogos o emplear el sentido común (Betts et al. 2021); c) ‘Darwin lo hizo’. Que alguien haya realizado buenos estudios descriptivos no implica que el propio lo sea. La justificación de un estudio descriptivo debe basarse en la relevancia del propio trabajo en función de necesidades actuales y no en la de uno ajeno; d) ‘No soy un fisiólogo y entonces no podré explicar adecuadamente los mecanismos detrás de los patrones’. Esta justificación es débil porque la puesta a prueba de ideas puede realizarse a diferentes niveles de organización, y no necesariamente debe llegar al nivel del mecanismo basal. Si las hipótesis planteadas implican analizar temáticas poco familiares para el autor, el proyecto se puede encarar como un estudio interdisciplinario, poniendo a prueba mecanismos o procesos que involucren diferentes niveles de organización

o disciplinas (e.g., explicar el valor adaptativo de la variación en el tamaño de la mandíbula en hormigas desde el comportamiento, la fisiología y la física) (ver Püffel et al. 2021). En resumen, si nuestros argumentos no justifican de manera adecuada la ausencia de hipótesis en el proyecto, es posible que incluirlas enriquezca el desarrollo de la investigación.

Ventajas de incluir hipótesis cuando el estudio pone a prueba una idea

Hay varias razones por las cuales proponer hipótesis puede ayudarnos a planificar un proyecto de investigación, a saber: 1) Incrementa la generalidad y aplicabilidad de nuestros resultados. Al comprender los mecanismos que causan los patrones, la ecología como ciencia es más confiable y transferible, lo cual impacta positivamente en la reproducibilidad de los estudios a otros organismos o sistemas. Conocer los mecanismos que determinan los patrones ayuda a uno de los mayores objetivos de la ecología, que es comprender cómo funciona la naturaleza, para poder tomar mejores decisiones en cuanto a preservar y manejar la biodiversidad. 2) Incrementa nuestra objetividad. El planteo de múltiples hipótesis, indicando en qué grado son mutuamente excluyentes, es el mejor escenario para usar adecuadamente el MHD. Por un lado, reduce la posibilidad de inclinarse *a priori* por una única idea, previniendo la mala praxis de ‘torturar los datos’ hasta que confiesen lo que uno desea escuchar. Además, el planteo *a priori* de hipótesis reduce el riesgo que posee plantearlas *a posteriori*: que las ideas se ajusten a los datos y, en consecuencia, generar un razonamiento circular en el que siempre nuestras ideas terminan siendo correctas (Kerr 1998). Finalmente, plantear varias posibles causas de un patrón incrementa la posibilidad de descubrir cómo funcionan los sistemas naturales. 3) Es un buen ejercicio intelectual. Plantear diversas hipótesis *a priori* para explicar las causas de un patrón, deducir sus consecuencias y contrastarlas con los datos entrena el razonamiento y la capacidad crítica, características que emplearemos en toda nuestra vida profesional. 4) Incrementa la claridad de pensamiento. Formular hipótesis *a priori* ayuda a enfocarse en el problema y a plantear un diseño adecuado. 5) Estimula la autoestima y reduce las posibilidades de frustración del investigador. El planteo de múltiples hipótesis para explicar un patrón reduce la probabilidad de deprimirnos cuando

los datos sugieren que una de ellas es errónea, dado que en el proceso de descarte es probable que alguna de las hipótesis planteadas sea más apoyada por los datos que otra. Además, el proceso de descarte de múltiples hipótesis estimula más la creatividad y es más factible de ser disfrutado durante el desarrollo del proyecto que cuando se pone a prueba una única idea. Dadas estas ventajas, en ciertas ocasiones es factible (y deseable) realizar un esfuerzo y transformar un estudio que iba a ser enteramente descriptivo en uno que incluya ambas aproximaciones. Muchas veces, esto involucra un trabajo intelectual previo y ciertas modificaciones en el diseño de muestreo que no necesariamente implican un esfuerzo imposible de realizar. Y el resultado es un proyecto que, sin traicionar el objetivo original, no sólo describe o confirma un patrón, sino que —casi con el mismo esfuerzo y costo— pone a prueba ideas sobre los procesos que lo podrían originar.

Ejemplos de transformaciones ‘indoloras’ de proyectos descriptivos en deductivos

Ejemplo 1. Objetivo descriptivo original: determinar el nivel de daño foliar de varias especies de leñosas del bosque-templado austral. La justificación es la falta de información, y la metodología, sencilla: seleccionar al azar varios individuos de cada especie, tomar al azar hojas y estimar el daño foliar a través de fotografías. Sin embargo, el mismo estudio se podría enriquecer poniendo a prueba alguna idea sin traicionar su objetivo original de llenar el vacío de información existente sobre esas especies. Por ejemplo, se puede poner a prueba la hipótesis de carbono/nitrógeno (C/N) que intenta explicar la variación intra-específica en los niveles de daño foliar (Dimarco et al. 2004). Esta hipótesis argumenta que los recursos en exceso se pueden derivar hacia defensas, por lo cual, individuos al sol (con exceso de C) tendrán mayor nivel de defensas carbonadas que aquellos que crecen a la sombra, y —por ende— menor nivel de daño foliar (Bryant et al. 1983). Si se pone a prueba esta hipótesis, la única variación a realizar en el proyecto es que el muestreo debe incluir ejemplares de la misma especie que hayan crecido al sol y a la sombra (y si están espacialmente cerca, mejor). En consecuencia, con un mínimo de esfuerzo adicional, el estudio no sólo responderá la pregunta descriptiva original brindando información hasta ahora desconocida, sino que sus resultados también aportarán a resolver un

paradigma aún polémico: si la variación en los niveles de daño foliar dentro de una misma especie puede explicarse por la variación en la disponibilidad de recursos (Koricheva 2002). Ante la presión de los revisores, uno podría pretender incluir esta hipótesis *a posteriori* como si hubiese guiado el estudio, y buscar frenéticamente en la base de datos aquellos individuos que fueron muestreados y de casualidad se encontraban al sol o a la sombra. Esta búsqueda en la base de datos, de resultados inciertos, puede generar ansiedad innecesaria en el autor del proyecto al intentar disfrazar un proyecto de deductivo cuando fue originalmente planificado como descriptivo. Sin embargo, la inclusión *a priori* de la puesta a prueba de la hipótesis C/N nos permitirá realizar un mejor diseño de muestreo (e.g., buscar explícitamente individuos de la misma especie al sol y a la sombra que estén cercanos espacialmente) o diseñar experimentos en invernadero, no contemplados en el objetivo descriptivo original.

Ejemplo 2. Objetivo descriptivo original: determinar la riqueza de especies de insectos caminadores en un gradiente altitudinal. Nuevamente, el objetivo puede justificarse en la falta de información de las especies existentes o en la necesidad de poseer una buena lista de especies y su distribución ante un escenario de cambio climático, o la propuesta de una reserva. Su diseño de muestreo —relativamente sencillo— implica poner trampas de caída para insectos caminadores cada determinada altitud, en diferentes montañas de una región. Sin embargo, el mismo estudio podría, al mismo tiempo, detectar un patrón y poner a prueba algunas hipótesis que intenten explicar su causa, sin traicionar su objetivo original. Por ejemplo, proponiendo posibles causas que expliquen la variación en la riqueza, como las hipótesis de las restricciones térmicas, productividad o heterogeneidad ambiental (e.g., Werenkraut and Ruggiero 2014). Postulando estas hipótesis *a priori*, y —en consecuencia— incluyendo el muestreo de temperatura, abundancia de la vegetación y heterogeneidad ambiental, al mismo tiempo que se describe el patrón, se podrían poner a prueba algunos de los mecanismos que lo determinan. Igualmente, con estas hipótesis en mente, es posible planificar y realizar algunos experimentos sencillos que de otra manera nunca se nos habrían ocurrido (ver Armbrecht et al. 2004). Igual que en el ejemplo anterior, en este caso, incluir hipótesis, con un mínimo

esfuerzo adicional de muestreo, no traiciona el objetivo descriptivo original, sino que posee el valor agregado de poner a prueba algunas de las causas del mismo, ganando generalidad y aportando más a la comprensión conceptual del fenómeno de los cambios de la riqueza en gradientes ambientales. Piensa tú mismo cómo sería el Ejemplo 3 derivado de tus proyectos.

Sugerencias para estudiantes, directores y revisores

Si estás desarrollando tus primeros trabajos de investigación, asegúrate de participar de su desarrollo conceptual. Los proyectos pre-digeridos se realizan de forma automática, no son motivadores ni representan un aprendizaje genuino. Intenta determinar si tu estudio amerita o no la formulación de hipótesis (ver arriba). Si es un estudio descriptivo o aplicado, ¿es factible o necesario transformarlo en deductivo e incluir hipótesis? ¿Esta inclusión incrementa de alguna manera el valor del proyecto, por ejemplo, llenando un vacío de conocimiento teórico o aportando evidencias sobre algún paradigma? Si la respuesta es sí, intenta poner a prueba varias hipótesis para evadir el ‘efecto peluche’, mecanismo psicológico de reticencia a aceptar información contraria a nuestras creencias previas (Nickerson 1998). Recuerda que normalmente los patrones en ecología pueden responder a múltiples causas, y tu trabajo ganará riqueza y aportará más al conocimiento del tema si pones a prueba varias hipótesis que si intentas poner a prueba una sola (Betts et al. 2021). Si la respuesta es negativa, no incluyas hipótesis ni predicciones, y discute con tus directores y revisores aclarando que la inclusión de hipótesis no justificadas no mejora *per se* un estudio. Defiende el aporte intrínseco de los buenos estudios descriptivos y aplicados.

Si estás dirigiendo el trabajo de otros, enfatiza la relevancia de hacer una buena pregunta. Preguntas obvias o mal justificadas (aunque incluyan análisis sofisticados) aportan poco al avance del conocimiento. Una buena pregunta determina la solidez de la base del ‘edificio conceptual’ que, a través de diferentes aproximaciones y metodologías, vas a construir con tu proyecto. Explica las virtudes y limitaciones de todas las aproximaciones (incluyendo aquellas que no usan el MHD) y da libertad para que el estudiante reflexione y adopte la aproximación que le parezca más adecuada para su investigación. Involucra a los estudiantes en el desarrollo intelectual

del proyecto, fomentando su participación y apoyando sus buenas sugerencias (González del Solar et al. 2001; Farji-Brener 2007; Galetto et al. 2007). No obligues a tus estudiantes a incluir hipótesis si no están bien justificadas, o si no amerita su inclusión por la naturaleza de la pregunta. De ser posible, incluye en el proyecto una parte descriptiva en la que se deba determinar o confirmar un patrón, y otra parte deductiva, en la cual el estudiante pueda proponer hipótesis para explicarlo. Estimula la formulación y puesta a prueba de múltiples hipótesis en vez de poner a prueba una sola.

Si estás evaluando el trabajo de otros, no juzgues negativamente aquellos trabajos que no plantean hipótesis, ni obligues a incluirlas sin explicar de forma adecuada el motivo. Recuerda que un buen estudio descriptivo aporta más a la ciencia que un mal estudio deductivo. Si es un estudio descriptivo que puede transformarse en deductivo sin perder su espíritu original, sugiere de manera constructiva cómo hacerlo. Si es un estudio que presenta hipótesis, confirma que estén bien planteadas y que no sean predicciones (Farji-Brener 2003). Si es un estudio que pone a prueba una sola hipótesis, estimula la formulación de hipótesis alternativas en caso de ser factible. En caso de que esto sea imposible por cuestiones logísticas, sugiere diferentes formas precautorias para evadir la tendencia de confirmar lo que deseamos que

pase (efecto 'peluche'), como la realización de toma de datos 'ciegos', un diseño experimental sólido y el uso de controles adecuados (Kardish et al. 2015).

Los avances en ecología se deben, en gran medida, al proceso iterativo de inducción y deducción, predicción y puesta a prueba. El reconocimiento del papel de esta interacción mejora significativamente el progreso científico en la comprensión de cómo las especies interactúan entre ellas y con su entorno. (Marquet et al. 2014). En consecuencia, al momento de plantear un proyecto de investigación se torna vital estar seguros de su objetivo y justificarlo adecuadamente (ver una posible guía en la Tabla 1 y la Figura 2). Los autores, directores y revisores deberán estar libres de prejuicios y estar atentos, entonces, a defender los buenos proyectos descriptivos, o a proponer hipótesis cuando incluirlas no desvirtúe el objetivo original del trabajo, cuando sean metodológicamente factibles de ponerse a prueba y cuando su inclusión les brinde un valor agregado. No hay una única manera de hacer ciencia (Miller et al. 2008), y la diversidad de enfoques al momento de plantear proyectos de investigación en ecología nos permitirán mejorar en descubrir los misterios de la naturaleza, comprender sus causas e intervenir adecuadamente para su conservación y aprovechamiento sustentable.

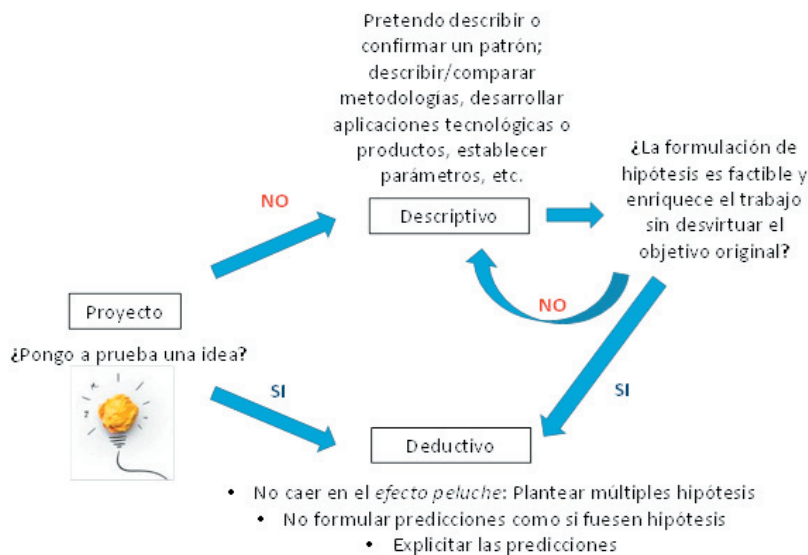


Figura 2. Esquema de los caminos posibles para determinar si el proyecto se enriquecería o no con la inclusión de hipótesis. Este esquema se complementa con la clave dicotómica presentada en la Tabla 1.

Figure 2. Diagram of the possible ways to determine whether the project would be enriched or not with the inclusion of hypotheses. This scheme is complemented by the dichotomous key presented in Table 1.

Tabla 1. Clave dicotómica para determinar la naturaleza de un proyecto y la necesidad o la factibilidad de transformar un proyecto descriptivo en uno deductivo.

Table 1. Dichotomous key to determine the nature of a project and the need or viability of transforming a descriptive project into a deductive one.

<p>¿El proyecto pretende determinar o confirmar un patrón, o resolver un problema aplicado específico, desarrollar una metodología, o similar? (1)</p> <p>¿El proyecto pone a prueba una hipótesis o determina las posibles causas de un patrón? (4)</p> <p>1. <i>Mis razones para no incluir hipótesis se basan en argumentos sólidos</i>, demostrando que su incorporación no enriquecerá el trabajo, su puesta a prueba será logísticamente inviable y su eventual inclusión obligada oscurecerá el objetivo del proyecto, determinará diseños inadecuados, incrementará la confusión del autor y dificultará la escritura del artículo (2)</p> <p><i>Mis razones para no incluir hipótesis se basan en argumentos débiles</i> como confundir hipótesis estadísticas con biológicas, basarse en la ausencia de información, en virtudes de otros autores/trabajos y no en las propias, o en la imposibilidad de analizar otros niveles de organización o área del conocimiento (cuando el trabajo interdisciplinario es factible) (3)</p> <p>2. <i>Proyecto descriptivo o aplicado que no requiere de formular hipótesis que responde a una pregunta relevante</i>. Modificarlo incorporando hipótesis por el solo hecho de ser requerido por directores o revisores tendrá un efecto negativo. Defender los buenos estudios descriptivos y aplicados justificando la no inclusión de hipótesis cuando el estudio no lo amerita.</p> <p>3. <i>La inclusión de hipótesis es factible sin desvirtuar el objetivo original</i>, y su puesta a prueba enriquecerá el trabajo porque incrementará la generalidad y aplicabilidad de los resultados, y será una guía para mejorar objetividad y claridad de pensamiento (4)</p> <p>4. <i>Proyecto deductivo que pone a prueba una o más hipótesis</i>. Revisar la coherencia de la/s hipótesis planteada/s y sus predicciones, no postular predicciones como si fuesen hipótesis, explicitar los resultados esperados.</p> <p>a. Sólo es factible poner a prueba una hipótesis por cuestiones logísticas (5)</p> <p>b. Puedo plantear múltiples hipótesis (6)</p> <p>5. <i>Proyecto deductivo (versión frágil)</i>. Implementar con especial atención formas precautorias, como la realización de toma de datos 'ciegos', un diseño experimental sólido y el uso de controles adecuados para evadir la tendencia de confirmar lo que deseamos que suceda (efecto 'peluche')</p> <p>6. <i>Proyecto deductivo (versión sólida)</i>. La implementación de múltiples hipótesis para explicar un patrón mejora nuestra objetividad, estimula nuestra creatividad, incrementa el disfrute del proyecto evadiendo el efecto 'peluche' y mejora el aporte de nuestro trabajo particular para comprender fenómenos más generales.</p>

REFERENCIAS

- Armbrecht, I., I. Perfecto, and J. Vandermeer. 2004. Enigmatic biodiversity correlations: ant diversity responds to diverse resources. *Science* 304(5668):284-286. <https://doi.org/10.1126/science.1094981>.
- Algar, A. C., J. Kerr, and D. J. Currie. 2007. A test of metabolic theory as the mechanism underlying broad-scale species-richness gradients. *Global Ecology and Biogeography* 16(2):170-178. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00275.x>.
- Anderson, S. C., P. R. Elsen, B. B. Hughes, R. K. Tonietto, M. C. Bletz, D. A. Gill, M. A. Holgerson, S. E. Kuebbing, C. McDonough MacKenzie, M. H. Meek, and D. Verissimo. 2021. Trends in ecology and conservation over eight decades. *Frontiers in Ecology and the Environment* 19(5):274-282. <https://doi.org/10.1002/fee.2320>.
- Baker, M. 2016. 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature* 533:452-454. <https://doi.org/10.1038/533452a>.
- Betts, M. G., A. S. Hadley, D. W. Frey, S. J. Frey, D. Gannon, S. H. Harris, H. Kim, U. G. Kormann, K. Leimberger, K. Moriarty, J. M. Northrup, B. Phalan, J. S. Rousseau, T. D. Stokely, J. J. Valente, C. Wolf, and D. Zárrate-Charry. 2021. When are hypotheses useful in ecology and evolution? *Ecology and Evolution* 11:5762-5776. <https://doi.org/10.1002/ece3.7365>.
- Bryant, J. P., F. S. Chapin III, and D. R. Klein. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40:357-368. <https://doi.org/10.2307/3544308>.
- Bunge, M. 1997. La ciencia, su método y su filosofía. Editorial Sudamérica, Buenos Aires.
- Calderón, J. E. 2016. The hypothetical-deductive method or the inference to the best explanation: the case of the theory of evolution by natural selection. *Ludus Vitalis* 24(45):127-134.
- Carlton, J. T. 1996. Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biological Conservation* 78(1-2):97-106. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00020-1](https://doi.org/10.1016/0006-3207(96)00020-1).

- Dimarco, R., G. Russo, and A. G. Farji-Brener. 2004. Patrones de herbivoría en seis especies leñosas del bosque templado de América del Sur: evidencia preliminar a favor de la hipótesis del balance carbono-nutrientes. *Ecología Austral* 14(1):039-043.
- Farji-Brener, A. G. 2003. Uso correcto, parcial e incorrecto de los términos "hipótesis" y "predicciones" en ecología. *Ecología Austral* 13(02):223-227.
- Farji-Brener, A. G. 2004. ¿Son hipótesis las hipótesis estadísticas? *Ecología Austral* 14(2):201-203.
- Farji-Brener, A. G. 2007. Ser o no ser director, esa es la cuestión: reflexiones sobre cómo (no) debería ser el desarrollo de una tesis doctoral. *Ecología Austral* 17(2):287-292.
- Farji-Brener, A. G. 2009. ¿Ecólogos o ególogos? Cuando las ideas someten a los datos. *Ecología Austral* 19(2):167-172.
- Farji-Brener, A. G. 2019. Una propuesta de marco conceptual para el desarrollo de proyectos de investigación en Entomología y ciencias afines. *Revista Colombiana De Entomología* 45(1):e7805. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i0.7805>.
- Farji-Brener, A. G. 2020. ¿18 años no es nada? Una nueva revisión del uso correcto, parcial e incorrecto de los términos 'hipótesis' y 'predicciones' en ecología. *Ecología Austral* 30(3):393-400. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.3.0.1129>.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing field studies for biodiversity conservation*. Island Press.
- Feinsinger, P. 2013. Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica: ¿cuál estoy siguiendo, y por qué? *Revista Chilena de Historia Natural* 86(4):385-402. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2013000400002>.
- Feinsinger, P., I. V. Rodríguez, A. E. Izquierdo, and S. Buzato. 2020. The Inquiry Cycle and Applied Inquiry Cycle: Integrated Frameworks for Field Studies in the Environmental Sciences. *BioScience* 70(12):1065-1081. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa108>.
- Galetto, L., C. Torres, and N. Pérez-Harguindeguy. 2007. Reflexiones sobre el desarrollo del doctorado considerando la relación orientador-orientado y la metodología pedagógica subyacente. *Ecología Austral* 17(2):293-298.
- Glass, D. J., and N. Hall. 2008. A brief history of the hypothesis. *Cell* 134:378-381. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.07.033>.
- García Curilaf, C. I. 2019. Una propuesta sistémica superadora para el abordaje de los problemas ontológicos en ecología. *Prometeica - Revista de Filosofía y Ciencias* 19:6-19. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2019.19.9646>.
- González Del Solar, R., and L. Marone. 2001. The 'freezing' of science: consequences of the dogmatic teaching of ecology. *BioScience* 51(8):683-686. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0683:TFOSCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0683:TFOSCO]2.0.CO;2).
- Guthery, F. S. 2007. Deductive and inductive methods of accumulating reliable knowledge in wildlife science. *The Journal of Wildlife Management* 71(1):222-225. <https://doi.org/10.2193/2006-276>.
- Heger, T., and J. M. Jeschke. 2014. The enemy release hypothesis as a hierarchy of hypotheses. *Oikos* 123(6):741-750. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.01263.x>.
- Hobbs, N. T., and R. Hilborn. 2006. Alternatives to statistical hypothesis testing in ecology: a guide to self-teaching. *Ecological Applications* 16(1):5-19. <https://doi.org/10.1890/04-0645>.
- Kardish, M. R., U. G., Mueller, S. Amador-Vargas, E. I. Dietrich, R. Ma, B. Barrett, and C. C. Fang. 2015. Blind trust in unblinded observation in ecology, evolution, and behavior. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3:51. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00051>.
- Kerr, N. L. 1998. HARKing: Hypothesizing after the results are known. *Personality and Social Psychology Review* 2(3): 196-217. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0203_4.
- Koricheva, J. 2002. The carbon-nutrient balance hypothesis is dead; long live the carbon-nutrient balance hypothesis? *Oikos* 98(3):537-539. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980319.x>.
- Landy, F. J. 1986. Stamp collecting versus science: Validation as hypothesis testing. *American Psychologist* 41(11):1183. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.41.11.1183>.
- Lawton, J. H. 1996. Patterns in ecology. *Oikos* 75:145-147. <https://doi.org/10.2307/3546237>.
- Loehle, C. 1987. Hypothesis testing in ecology: Psychological aspects and the importance of theory maturation. *The Quarterly Review of Biology* 62:397-409. <https://doi.org/10.1086/415619>.
- Marquet, P. A., A. P. Allen, J. H. Brown, J. A. Dunne, B. J. Enquist, J. F. Gillooly, P. A. Gowaty, J. L. Green, J. Harte, S. P. Hubbell, J. O'Dwyer, J. G. Okie, A. Ostling, M. Ritchie, D. Storch, and G. B. West. 2014. On theory in ecology. *BioScience* 64:701-710. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu098>.
- Marone, L., and L. Galetto. 2011. El doble papel de las hipótesis en la investigación ecológica y su relación con el método hipotético-deductivo. *Ecología Austral* 21(2):201-216.
- Mentis, M. T. 1988. Hypothetico-deductive and inductive approaches in ecology. *Functional Ecology* 2(1):5-14. <https://doi.org/10.2307/2389454>.
- Miller, T. R., T. D., Baird, C. M. Littlefield, G. Kofinas, F. S. Chapin III, and C. L. Redman. 2008. Epistemological pluralism: reorganizing interdisciplinary research. *Ecology and Society* 13(2):46. <https://doi.org/10.5751/ES-02671-130246>.
- Murrell, D. J., D. W. Purves, and R. Law. 2001. Uniting pattern and process in plant ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 16(10):529-530. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02292-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02292-3).
- Nickerson, R. E. 1998. Confirmation bias: a ubiquitous phenomenon in many guises. *Review in General Psychology* 2:175-220. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.2.175>.
- Pickett, S. T., J. Kolasa, and C. Jones. 2010. *Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature*. Elsevier.
- Püffel, F., A. Pouget, X. Liu, M. Zuber, T. van de Kamp, F. Rocas, and D. Labonte. 2021. Morphological determinants

- of bite force capacity in insects: a biomechanical analysis of polymorphic leaf-cutter ants. *Journal of the Royal Society Interface* 18(182):20210424. <https://doi.org/10.1098/rsif.2021.0424>.
- Rosen, J. 2016. Research protocols: A forest of hypotheses. *Nature* 536:239-241. <https://doi.org/10.1038/nj7615-239a>.
- Tewksbury, J. J., J. G. T Anderson, J. D., Bakker, T. J. Billo, P. W. Dunwiddie, M. J. Groom, S. E. Hampton, S. G. Herman, D. J. Levey, N. J. Machnicki, C. M. del Rio, M. E. Power, K. Rowell, A. K Salomon, L. Stacey, S. C. Trombulak, and T. A Wheeler. 2014. Natural history's place in science and society. *BioScience* 64:300-310. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu032>.
- Wilson, K. A., M. F McBride, M. Bode, and H. P. Possingham. 2006. Prioritizing global conservation efforts. *Nature* 440(7082):337-340. <https://doi.org/10.1038/nature04366>.
- Yanco, S. W., A. McDevitt, C. N. Trueman, L. Hartley, and M. B. Wunder. 2020. A modern method of multiple working hypotheses to improve inference in ecology. *Royal Society Open Science* 7(6):200231. <https://doi.org/10.1098/rsos.200231>.
- Werenkraut, V., and A. Ruggiero, A. 2014. The richness and abundance of epigaeic mountain beetles in north-western Patagonia, Argentina: assessment of patterns and environmental correlates. *Journal of Biogeography* 41(3):561-573. <https://doi.org/10.1111/jbi.12210>.