

¿Son hipótesis las hipótesis estadísticas?

ALEJANDRO G FARJI-BRENER ✉

Laboratorio Ecotono, Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Bariloche, Argentina

[Palabras clave: hipótesis biológicas, método científico, predicciones]

[Keywords: biological hypothesis, scientific method, statistics, predictions]

Dado que la ciencia avanza por la acumulación de conocimientos, el aporte de una investigación científica depende de que su contenido pueda transmitirse y comprenderse correctamente. Para ello es importante que exista consenso sobre el significado de los términos utilizados, minimizando confusiones en la planificación de los proyectos de investigación y en la comprensión e interpretación de sus resultados. Entre los ecólogos, un ejemplo muy común de confusión en el uso de la terminología es la utilización de los términos "hipótesis" y "predicciones" como si fuesen sinónimos (ver Farji-Brener 2003). Esta breve nota pretende expandir el debate sobre su correcta utilización, analizando si las denominadas "hipótesis estadísticas" concuerdan con la definición que comúnmente utilizamos de "hipótesis científica". Para ello, (1) describiré el significado que poseen los términos "hipótesis" y "predicciones" al elaborar una investigación científica, (2) discutiré el significado del término "hipótesis" cuando es utilizado en las pruebas estadísticas, y (3) compararé ambos significados, intentando establecer una relación entre ellos.

Los términos "hipótesis" y "predicciones" representan diferentes pasos del método científico. Si bien diferentes autores adhieren a

diferentes definiciones del significado de hipótesis, en general las hipótesis científicas se definen como una proposición general (particular o universal) que puede verificarse solo de manera indirecta, esto es, por el examen de sus predicciones (Bunge 1997). Las predicciones son, por ende, los resultados esperados bajo el supuesto de que nuestra hipótesis es verdadera (i.e., sus posibles consecuencias). Comparando estos resultados esperados con los resultados reales obtenidos de nuestra investigación, podemos entonces rechazar (o no) la veracidad de nuestra idea. Por ende, los términos "hipótesis" y "predicciones" no solo son diferentes pasos del método científico, sino que siguen una secuencia direccional lógica que no es intercambiable. Sin embargo, la confusión en el uso de dichos términos es muy frecuente y su utilización incorrecta excede el error semántico. Alrededor del 50% de los trabajos publicados en varias de las principales revistas de ecología (incluyendo a *Ecología Austral*) utilizan erróneamente los términos "hipótesis" y "predicciones" (Farji-Brener 2003). La gran mayoría de los errores es producto de enunciar predicciones como si fuesen hipótesis, lo cual impide al lector conocer la idea general que se quiso poner a prueba y comprender, apoyar o criticar la capacidad deductiva del

✉ Laboratorio Ecotono, Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nacional del Comahue, Quintral 1250, (8400) Bariloche, Argentina.
alefarji@crub.uncoma.edu.ar

Recibido: 5 de enero de 2004; Fin de arbitraje: 3 de marzo de 2004; Revisión recibida: 17 de marzo de 2004; Aceptado: 17 de marzo de 2004

autor. Por ejemplo, definir como hipótesis al resultado esperado de encontrar una mayor densidad de plántulas de ciprés abajo de arbustos que afuera de ellos impide conocer cuál idea el autor está poniendo a prueba, ya que este mismo resultado puede ser esperado bajo diferentes hipótesis (ver Farji-Brener 2003). ¿Será que el autor pretende poner a prueba que los arbustos funcionan como trampa de semillas, o que brindan protección a las plántulas de ciprés contra sus herbívoros, o que benefician el establecimiento de plántulas al disminuir la desecación del suelo? Las predicciones representan los resultados esperados bajo el supuesto de que nuestra hipótesis es verdadera, no la hipótesis en sí. En consecuencia, todo enunciado que exprese un resultado esperado no es una hipótesis, sino una predicción. La verdadera hipótesis es la idea funcional que, de ser correcta, generaría dicho resultado.

Una de las aplicaciones más frecuentes de la estadística en la investigación biológica es la comprobación de hipótesis científicas (Sokal & Rohlf 1981). Esta aplicación se realiza comúnmente mediante pruebas denominadas en los libros de texto como "pruebas de hipótesis" (Sokal & Rohlf 1981; Zar 1999). Pese a existir diferentes tipos, el funcionamiento básico de estas pruebas es similar: para comparar algún parámetro entre dos o más poblaciones (e.g., el promedio) se construye una fórmula o "estadístico" (e.g., t de Student), del cual ya se conoce su distribución esperada bajo lo que se denomina la "hipótesis nula" (i.e., que no hay diferencia de dicho parámetro entre las poblaciones). Los programas estadísticos se encargan luego de decirnos la probabilidad exacta de que el estadístico calculado con nuestros datos ocurra bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera.

¿Son hipótesis las hipótesis "nulas" (H_0) o las "alternativas" (H_a)? En cierto sentido, lo son. La similitud o desigualdad del parámetro entre las poblaciones (H_0 y H_a , respectivamente) no es calculada, sino inferida en función de la probabilidad que tiene el estadístico calculado de ocurrir bajo el supuesto de que no existen diferencias de los parámetros entre las poblaciones. Si este valor es muy pe-

queño (usualmente menor al 5%), la hipótesis nula se rechaza y, por descarte, uno se queda con la hipótesis estadística alternativa (i.e., el parámetro difiere entre las poblaciones) como "verdadera". Dicho de otra forma, si la "hipótesis" nula fuese verdadera, es poco probable que el estadístico calculado con nuestros datos obtenga ese valor (e.g., ocurrirá menos de 5 veces cada 100). Las "hipótesis" estadísticas podrían entonces considerarse como hipótesis porque son propuestas (i.e., "escenarios" posibles), que se comprueban de manera indirecta (Bunge 1997). Sin embargo, su sentido difiere al de las hipótesis científicas comúnmente utilizadas en la planificación y desarrollo de un proyecto de investigación. Como puede observarse, las "hipótesis" estadísticas representan claramente resultados esperados bajo diferentes escenarios biológicos, y no verdaderas hipótesis en el sentido previamente discutido. Dado que los resultados esperados o predicciones no son hipótesis científicas en sí mismas, sino sus consecuencias, ¿qué representan entonces las hipótesis estadísticas?

Las denominadas "hipótesis estadísticas", al ser resultados esperados bajo diferentes hipótesis biológicas, representan realmente predicciones biológicas. En particular, la denominada "hipótesis" estadística alternativa (H_a) expresa exactamente el resultado esperado si nuestra hipótesis biológica es correcta, mientras que la "hipótesis" estadística nula (H_0) representa uno de los resultados esperados posibles si nuestra hipótesis biológica es falsa (Tabla 1). Es posible que el uso en estadística del término "hipótesis" en forma diferente al utilizado en la elaboración de proyectos de investigación sea, sino el origen, al menos una de las causas del mantenimiento de la confusión en el uso de los términos "hipótesis" y "predicciones" en ecología. Según mi experiencia, esto es especialmente notorio en los estudiantes de biología. Al mantener el concepto de "hipótesis" estadística como hipótesis biológica, los estudiantes habitualmente cometen el error de presentar resultados esperados (i.e., predicciones biológicas) como hipótesis en sus proyectos de investigación. Como mencioné anteriormente, presentar predicciones bioló-

Tabla 1. Ejemplo de una hipótesis biológica con una predicción asociada, y su relación con las "hipótesis" estadísticas que habitualmente se formulan en la realización de una prueba estadística. Nótese que la "hipótesis" estadística alternativa es idéntica a la predicción biológica. Se enuncia solo una predicción biológica de las propuestas en Farji-Brener (2003).

Table 1. Example of a biological hypothesis, its associated prediction, and their relationship with the term "statistical hypothesis" commonly used in statistical tests. Note that the statistical alternative "hypothesis" is the same as the biological prediction. Out of the biological predictions described by Farji-Brener (2003) for this example, only one is presented here.

Hipótesis biológica	"La presencia de arbustos, al dar sombra y disminuir la desecación del suelo, favorece el establecimiento de plántulas de ciprés"
Predicción biológica	"Mayor densidad de plántulas de ciprés debajo (D_{debajo}) que afuera (D_{afuera}) de la sombra de arbustos" (i.e., $D_{\text{debajo}} > D_{\text{afuera}}$)
"Hipótesis" estadísticas asociadas	(a) Nula: $D_{\text{debajo}} = D_{\text{afuera}}$ (b) Alternativa (una cola): $D_{\text{debajo}} > D_{\text{afuera}}$

gicas (i.e., "hipótesis" estadísticas) como si fuesen las verdaderas hipótesis de trabajo impide (1) evaluar la capacidad deductiva del autor, y (2) conocer la verdadera idea o teoría que el autor intenta poner a prueba.

Valga el juego de palabras, la propuesta de modificar los textos de estadística como alternativa sería considerada nula. Seguramente H_0 y H_a seguirán llamándose de ese modo. Sin embargo, considero que para minimizar la confusión terminológica, aclarar que las denominadas "hipótesis" estadísticas representan las predicciones biológicas puede ser una forma de diferenciar el sentido de ambos tipos de "hipótesis". Posiblemente de esta forma evitaremos confusiones en el planteamiento

lógico de los proyectos de investigación, mejorando de esta forma su realización y la divulgación de sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- BUNGE, M. 1997. *La Ciencia, su método y su filosofía*. 2da edn. Editorial Panamericana. Bogotá.
- FARJI-BRENER, AG. 2003. Uso correcto, parcial e incorrecto de los términos "hipótesis" y "predicciones" en ecología. *Ecología Austral* 13:223-227.
- SOKAL, RR & FJ RHOLF. 1981. *Biometry*. 2da edn. WH Freeman & Co. San Francisco.
- ZAR, JH. 1999. *Biostatistical analysis*. 3ra edn. Prentice-Hall. Upper Saddle River.

