

Juan Seguro

3Dresyns by Resynr Technologies S.L.

© 2026 Juan Seguro. Todos los derechos reservados.

Correspondencia: info@3Dresyns.com · www.3Dresyns.com

INF-012 · Inferencia Científica y Razonamiento Experimental · Versión v0.3

Resumen

Un resultado internamente válido no se aplica automáticamente fuera de la población, entorno, escala, estado del material, intervalo temporal o condiciones de intervención en las que se obtuvo. La generalización es un paso inferencial adicional que conecta una población de estudio o sistema experimental con un objetivo definido. Este artículo distingue la generalización dentro de un marco objetivo de la transportabilidad a una población o entorno diferentes, identifica la modificación de efecto y el soporte como restricciones centrales y explica por qué la replicación procedimental no basta para la validez externa. La disciplina central es “primero el objetivo”: indicar dónde se pretende aplicar la afirmación, identificar las variables que pueden modificar el efecto o relación pertinente, determinar si el estudio representa esos estados con soporte adecuado y justificar cualquier ajuste utilizado para tender un puente entre estudio y objetivo. Cuando los estados objetivo están ausentes de la evidencia, la modelización no puede crear soporte empírico mediante extrapolación por sí sola.

Palabras clave: generalización; transportabilidad; validez externa; población objetivo; modificación de efecto; positividad; extrapolación

1. La validez interna y la validez externa responden a preguntas diferentes

Un ensayo aleatorizado puede estimar un efecto de tratamiento internamente válido entre sus participantes y, sin embargo, diferir del efecto en una población objetivo cuando la participación está asociada con modificadores de efecto. Dahabreh y colaboradores muestran cómo los efectos causales pueden generalizarse desde participantes de ensayos aleatorizados a individuos elegibles para el ensayo bajo supuestos explícitos y datos sobre covariables pertinentes [1]. Extender la inferencia a una nueva población objetivo requiere de forma similar información sobre la relación entre participación en el ensayo, modificadores de efecto y resultados [2].

2. Definir el objetivo antes de preguntar si la evidencia generaliza

“¿Se generaliza?” está incompleto sin un destino. El objetivo debe especificar la población o sistema, el estado material o biológico, el entorno, la versión de la intervención, la escala y el horizonte temporal pertinentes para la afirmación. Un estudio puede generalizar bien a un objetivo y mal a otro. La generalización es, por tanto, relacional y no una propiedad intrínseca de un experimento.

3. Modificación de efecto

Una variable es modificadora de efecto para una medida de efecto elegida cuando el efecto causal difiere entre sus niveles. Si los modificadores de efecto se distribuyen de forma distinta en las poblaciones de estudio y objetivo, el efecto medio puede diferir incluso cuando el mecanismo causal no cambie. Por ello, la generalización depende de medir o tener en cuenta de otro modo los modificadores de efecto pertinentes para el contraste objetivo. El conjunto es específico de la afirmación y de la medida; no debe reducirse a una lista demográfica genérica [4].

4. Soporte y positividad

La generalización se vuelve frágil cuando los estados objetivo tienen poca o ninguna representación en el estudio. La reponderación estadística solo puede alinear distribuciones donde exista soporte suficiente. Si falta un subgrupo objetivo, un régimen ambiental o una escala, la inferencia se vuelve extrapolativa y depende más de supuestos estructurales de modelización. Una predicción precisa de modelo en una región sin soporte no equivale a validación empírica en esa región.

5. Transportabilidad

La transportabilidad se refiere a extender conclusiones causales o científicas entre poblaciones o entornos cuyas distribuciones o mecanismos pueden diferir. Los diagramas causales pueden hacer explícitos los supuestos de invariancia requeridos [3]. La pregunta clave es qué relaciones pueden tratarse razonablemente como estables y cuáles deben reestimarse en el objetivo. La respuesta no puede inferirse de la mera similitud de etiquetas.

6. Escala, tiempo e historia de proceso

La generalización no se limita a poblaciones humanas. En materiales y experimentos físicos, la escala, la geometría del espécimen, las condiciones de contorno, la historia de proceso y la exposición ambiental pueden alterar la importancia relativa de los mecanismos. HEB-012 posee el problema diagnóstico de la dependencia oculta de escala y HEB-015 posee el fallo de transferencia procedimental. INF-012 utiliza esas lecciones de forma constructiva: una afirmación objetivo debe especificar el espacio de estados al que se extiende la inferencia e identificar las variables que se espera que modifiquen el resultado.

7. La replicación procedimental no es suficiente

Repetir el mismo procedimiento en un nuevo entorno comprueba si el procedimiento puede reproducirse allí. No demuestra por sí mismo que se aplique el mismo efecto o mecanismo objetivo si difieren poblaciones, equipos, condiciones de contorno, estados materiales o moderadores pertinentes. La validez externa requiere un modelo de por qué las diferencias entre estudio y objetivo importan o no importan.

8. Lista mínima de comprobación para la generalización

- Defina explícitamente la población o sistema objetivo.
- Indique las diferencias entre estudio y objetivo que podrían modificar el efecto o relación afirmados.
- Identifique los modificadores de efecto medidos y justifique por qué son suficientes para el puente propuesto.
- Compruebe solapamiento/soporte antes de ponderar o realizar transporte basado en modelos.
- Separe la interpolación dentro de estados representados de la extrapolación más allá del soporte observado.
- Informe la incertidumbre residual del objetivo en lugar de presentar estimaciones transportadas como observaciones directas.

Referencias

- [1] Dahabreh, I.J.; Robertson, S.E.; Tchetgen Tchetgen, E.J.; Stuart, E.A.; Hernán, M.A. Generalizing causal inferences from individuals in randomized trials to all trial-eligible individuals. *Biometrics* 75(2), 685-694 (2019). DOI: 10.1111/biom.13009.
- [2] Dahabreh, I.J.; Robertson, S.E.; Steingrimsson, J.A.; Stuart, E.A.; Hernán, M.A. Extending inferences from a randomized trial to a new target population. *Statistics in Medicine* 39(14), 1999-2014 (2020). DOI: 10.1002/sim.8426.
- [3] Pearl, J. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. 2nd ed. Cambridge University Press, 2009. DOI: 10.1017/CBO9780511803161.
- [4] Hernán, M.A.; Robins, J.M. *Causal Inference: What If*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2020. DOI: 10.1201/9781315374932.

Declaración de datos y materiales

No se generó ningún conjunto de datos experimental nuevo para este artículo. El artículo es un análisis metodológico basado en la bibliografía citada y en la arquitectura de atribución de contenidos congelada de la serie INF.