

Incertidumbre: nombrar las fuentes antes de sumarlas

IDE-017 · Ideas fundamentales

Ensayos conceptuales para El universo y sus observadores

Autor: Juan Segurola

Versión: v0.5 ES · 19 de septiembre de 2026

Estado: Versión de publicación

Forma del artículo: Ensayo conceptual

Escala / contexto: Del presupuesto de un instrumento a la proyección con relevancia política

Límite: La incertidumbre como conjunto de fuentes y cómo se separan, propagan y comunican. La probabilidad como cálculo corresponde a IDE-008; el presupuesto metrológico de incertidumbre de un resultado corresponde a IDE-014

Trabajos relacionados: IDE-018, IDE-008, IDE-014

Perfil epistémico: Conocimiento establecido con límites interpretativos

Licencia en publicación: Todos los derechos reservados

Resumen del artículo

La incertidumbre no es una sola cosa con un número asociado. Una magnitud puede ser incierta porque el instrumento dispersa, porque un parámetro se estimó con datos limitados, porque el modelo omite un mecanismo o porque el curso futuro de los acontecimientos no está determinado. Esas fuentes se comportan de manera distinta: unas se reducen con más datos y otras no, y juntarlas en un solo intervalo oculta cuál es cuál. Este artículo separa las fuentes, sostiene que la división habitual entre aleatoria y epistémica depende de dónde trace el modelizador la frontera, muestra que las conclusiones sobre parámetros están condicionadas al modelo adoptado y a sus supuestos, y toma en serio los casos en que la cuantificación no está disponible.[3,4]

En 60 segundos

Empieza preguntando qué reduciría la incertidumbre. Si más medidas del mismo tipo la estrecharían, se comporta como un problema de estimación; si no, algo estructural es responsable. Ese criterio hace casi todo el trabajo que se supone hacen las etiquetas aleatoria y epistémica, y evita su trampa principal: que la variabilidad cuente como azar inherente o como conocimiento ausente depende del modelo elegido y no del mundo, así que dos analistas competentes pueden clasificar la misma magnitud de las dos maneras.[2] De ahí una segunda advertencia. Las conclusiones sobre sensibilidad y parámetros están condicionadas al modelo adoptado y a sus supuestos.[3] Por último, no todo es cuantificable. Knight distinguió el riesgo medible de la incertidumbre que no se deja reducir a una distribución, y fingir lo contrario produce números sin respaldo.[4,5]

Por qué importa esta pregunta

La incertidumbre es donde un resultado científico se encuentra con una decisión, y cómo se comunica determina qué decisión cabe. Un intervalo único invita a tratar toda la duda como de un solo tipo, lo que

oculta las dos preguntas que importan para actuar: si más evidencia del mismo tipo ayudaría y qué tendría que estar mal para que la respuesta cambiara. Vuelve además invisible un fallo frecuente, en el que un intervalo calculado con precisión alrededor de un parámetro se ofrece como si acotara el error de la conclusión, cuando la incertidumbre dominante está en la estructura que la produjo.

1. Las fuentes se comportan de manera distinta

Conviene enumerar las fuentes por separado porque responden a remedios distintos. La incertidumbre de medida procede de la calibración, la resolución, los efectos ambientales y el modelo de medida, y es la que tiene el tratamiento formal más desarrollado.[1] La incertidumbre de parámetros procede de estimar valores con datos finitos. La estructural procede de la elección de la forma del modelo y de los mecanismos omitidos. La de escenario procede de condiciones que no están determinadas en absoluto, como las decisiones futuras.

El diagnóstico útil es qué reduciría cada una. Más observaciones del mismo tipo reducen la incertidumbre de parámetros y, hasta el suelo definitorio, la de medida. No reducen la estructural, que exige otro modelo, y no hacen nada con la de escenario, que no es un estado de ignorancia sino una apertura genuina.

Informarlas juntas como un solo intervalo no es por tanto conservador: es poco informativo. Un resultado dado como un valor más menos un número invita al lector a suponer que ese número acota la duda, cuando puede acotar solo su componente más tratable.

En qué punto estamos

Las incertidumbres de medida, de parámetros, estructural y de escenario responden a remedios distintos, y la pregunta diagnóstica es qué reduciría cada una. Colapsarlas en un intervalo oculta cuál domina. El intento más común de ordenarlas es una división en dos, y esa división resulta menos absoluta de lo que parece.

2. Aleatoria y epistémica, y por qué la línea se mueve

La distinción estándar separa la incertidumbre aleatoria, tratada como variabilidad inherente, de la epistémica, tratada como conocimiento incompleto que en principio podría reducirse. Es una división de trabajo útil, y la práctica en ingeniería depende de ella porque ambas se propagan de forma distinta en un análisis de fiabilidad.

Der Kiureghian y Ditlevsen sostienen que la distinción es rasgo del modelo y no de la naturaleza. Una variable tratada como aleatoria en un modelo puede representarse explícitamente, y volverse por tanto epistémica, en otro más detallado; la clasificación depende entonces de la frontera que trazó el analista.[2] Lo que importa para una decisión, argumentan, no es la etiqueta sino si la incertidumbre puede reducirse con el tiempo y los recursos disponibles.

Ese replanteamiento es más útil que las etiquetas. Preguntar si un componente es reducible en la práctica, y a qué coste, produce una respuesta que guía la acción, mientras que preguntar si es aleatorio en principio produce una disputa sobre convenciones de modelado.

En qué punto estamos

La división entre aleatoria y epistémica es propiedad del modelo y no del mundo, ya que una variable tratada como aleatoria en una descripción puede representarse explícitamente en otra más fina. La pregunta que sobrevive es si un componente es reducible en la práctica y a qué coste. Una confusión emparentada y más peligrosa atañe a cuál componente domina de entrada.

3. La precisión de los parámetros está condicionada al modelo

Las conclusiones sobre sensibilidad y parámetros están condicionadas al modelo adoptado y a sus supuestos.[3]

La incertidumbre estructural es más difícil de cuantificar y a menudo mayor. Inferencia: bajo una especificación errónea, un parámetro ajustado puede compensar un mecanismo omitido, por lo que un intervalo estrecho no implica necesariamente un modelo adecuado.

El análisis global de sensibilidad es la herramienta estándar para averiguar de qué depende la respuesta. En vez de variar una entrada cada vez en torno a un punto nominal, explora conjuntamente el espacio de entradas y reparte la varianza de la salida entre las entradas y sus interacciones, que es lo que revela que un resultado lo impulsa un supuesto que nadie vigilaba.[3]

En qué punto estamos

El análisis global de sensibilidad es lo que identifica de qué supuestos descansa realmente la respuesta. Más allá de todo esto está el caso en que no hay distribución alguna.

4. Cuando la cuantificación no está disponible

Knight distinguió el riesgo medible, donde la distribución de resultados se conoce o puede estimarse, de la incertidumbre propiamente dicha, donde no.[4] La distinción se hizo sobre decisiones económicas pero su estructura es general: unas situaciones ofrecen una clase de referencia bien definida y otras no, y una probabilidad calculada sin ella es una afirmación y no una medida.

No es un argumento contra cuantificar. Es un argumento a favor de decir en qué caso estás. Una probabilidad informada que descansa en una frecuencia defendible o en un modelo explícitamente enunciado se gana su estatuto; una producida porque hacía falta un número tiene el mismo aspecto y ninguno de sus respaldos. El marco bayesiano vuelve explícitos los supuestos en vez de eliminarlos, lo que es una ganancia real, porque la distribución previa y el modelo quedan a la vista y pueden discutirse.[6]

Donde la cuantificación no está genuinamente disponible, las opciones honestas son describir el rango de posibilidades, identificar qué las distinguiría y buscar decisiones que rindan aceptablemente en todo el rango en vez de óptimamente bajo una distribución supuesta.

En qué punto estamos

La distinción de Knight entre riesgo medible e incertidumbre no cuantificable trata de si existe una clase de referencia, y una probabilidad producida sin ella es una afirmación y no una medida. Explicitar los supuestos es una ganancia aunque no los elimine. Queda cómo decir todo esto a quien tiene que actuar.

5. Decirlo con honestidad

Funtowicz y Ravetz propusieron que un resultado cuantitativo llevado a la política vaya acompañado de algo más que una barra de error: de una valoración de la calidad de la información subyacente, incluidos cómo se produjeron los números y cuánto del resultado descansa en juicio experto.[5] La evaluación de la incertidumbre incluye la calidad y el pedigrí de la información subyacente, no solo la anchura de un intervalo numérico. Inferencia: intervalos de igual anchura pueden descansar, por tanto, en evidencia de calidad diferente.

Sea cual sea la notación, tres cosas deben sobrevivir al resumen. Qué fuentes de incertidumbre se incluyeron y cuáles no; si el componente dominante es reducible con más del mismo trabajo; y qué tendría que ser cierto para que la conclusión cambiara. Un resultado informado sin eso no es más prudente por llevar un intervalo adosado.

La tentación va en el otro sentido. Quien decide pide un número, y un intervalo que omite la incertidumbre estructural es más estrecho y parece más útil que uno que la incluye. Resistirlo es toda la disciplina, y resulta más fácil cuando las fuentes se separaron de entrada en vez de agregarse y defenderse después.

En qué punto estamos

La evaluación de la incertidumbre incluye la calidad y el pedigrí de la información subyacente, no solo la anchura de un intervalo numérico. Los intervalos más estrechos resultan más atractivos y suelen ser menos completos. IDE-018 recoge una propiedad estructural que determina cómo se propaga la incertidumbre por un sistema: cómo están conectadas sus partes.

Lo que sabemos y cómo lo sabemos

- Las incertidumbres de medida, de parámetros, estructural y de escenario responden a remedios distintos, y solo algunas se reducen con más observaciones del mismo tipo. Ese esquema de cuatro vías es la distinción organizadora propia de este artículo y no un resultado tomado de una fuente.
- La clasificación en aleatoria y epistémica depende de la frontera de modelo que trazó el analista y no de la naturaleza, así que la pregunta operativamente útil es si un componente es reducible en la práctica.[2]
- Las conclusiones sobre sensibilidad y parámetros están condicionadas al modelo adoptado y a sus supuestos.[3]
- El análisis global de sensibilidad explora conjuntamente el espacio de entradas y reparte la varianza de la salida entre entradas e interacciones, que es como se identifican los supuestos dominantes.[3]

Lo que todavía no sabemos

- Cómo caracterizar y propagar la incertidumbre estructural de forma fundamentada cuando el conjunto de estructuras de modelo plausibles no puede enumerarse.
- Si la incertidumbre profunda en el sentido de Knight puede representarse formalmente, y cómo, sin importar la precisión injustificada que la distinción se trazó para evitar.[4]
- Qué formatos de comunicación de la incertidumbre mejoran de hecho las decisiones, pregunta empírica sobre usuarios y no sobre matemáticas.

Qué podría hacernos cambiar de opinión

- Una demostración de que la incertidumbre estructural en una clase de modelos puede acotarse rigurosamente solo con datos, sin enumerar estructuras alternativas, eliminaría la razón principal por la que los intervalos de parámetros se consideran incompletos.[3]
- Evidencia de que analistas que clasifican de forma independiente las mismas incertidumbres como aleatorias o epistémicas coinciden en alto grado con independencia de sus elecciones de modelado contradiría la tesis de que la distinción es relativa al modelo.[2]
- Un caso trabajado en el que una probabilidad asignada sin clase de referencia defendible superara, en muchas repeticiones, a un enunciado explícito del rango de posibilidades, debilitaría el argumento contra cuantificar la incertidumbre profunda.[4,6]

Si solo recuerdas una cosa

La incertidumbre tiene fuentes que se comportan de manera distinta, y un intervalo que no dice cuáles incluyó oculta más de lo que informa.

Artículos relacionados

- IDE-018 — Conexión
- IDE-008 — Probabilidad
- IDE-014 — Medición

Referencias

- [1] JCGM 100:2008. Evaluation of Measurement Data: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). BIPM (2008).
- [2] Armen Der Kiureghian; Ove Ditlevsen. Aleatory or epistemic? Does it matter? Structural Safety 31(2), 105-112 (2009). DOI 10.1016/j.strusafe.2008.06.020.
- [3] Andrea Saltelli; Marco Ratto; Terry Andres; Francesca Campolongo; Jessica Cariboni; Debora Gatelli; Michaela Saisana; Stefano Tarantola. Global Sensitivity Analysis: The Primer. Wiley (2008).
- [4] Frank H. Knight. Risk, Uncertainty and Profit. Houghton Mifflin (1921).
- [5] Silvio O. Funtowicz; Jerome R. Ravetz. Uncertainty and Quality in Science for Policy. Theory and Decision Library A, volume 15. Kluwer Academic Publishers (1990). ISBN 978-0-7923-0799-0.
- [6] Edwin T. Jaynes; edited by G. Larry Bretthorst. Probability Theory: The Logic of Science. Cambridge University Press (2003). ISBN 978-0-521-59271-0.