

KNO-018 · Imágenes, diagramas y visualización

KNO · Formas de conocer

Juan Segurola

v0.6 · ES

Todos los derechos reservados

Formas de conocer

Perfil epistémico: Interpretación científica actual **Licencia al publicar:** Todos los derechos reservados

Resumen del artículo

Las imágenes, diagramas y gráficos científicos pueden hacer visibles patrones difíciles de expresar en prosa, pero ¿qué ocurre exactamente cuando los datos se convierten en una representación visual? Este artículo examina diagramas, codificaciones gráficas, imágenes científicas y cadenas de visualización como herramientas relacionadas pero distintas. Pregunta cómo la disposición espacial cambia el trabajo cognitivo, cómo los canales perceptivos afectan al juicio cuantitativo, cómo escala, encuadre y color influyen en la interpretación y cómo la adquisición y el procesamiento median entre un sistema físico y los píxeles que ve el lector. También pregunta cuándo las vistas alternativas revelan dependencia de decisiones arbitrarias, cuándo el procesamiento aclara en lugar de distorsionar y qué procedencia hace falta para que una figura sea auditable. El foco no es si la visualización es útil, sino qué transformaciones debe poder reconstruir un lector antes de tratar un patrón visual como evidencia.

En 60 segundos

Una representación visual puede reducir trabajo cognitivo porque las relaciones espaciales pueden hacer explícitos patrones que la prosa deja implícitos [1]. Pero los canales visuales no tienen la misma precisión: la posición sobre una escala común suele decodificarse con mayor exactitud que el área o el ángulo [2]. Los ejemplos clásicos de Anscombe muestran por qué los resúmenes numéricos pueden ocultar estructuras radicalmente distintas [3]. Sin embargo, un gráfico no es la realidad en bruto. Las decisiones de diseño seleccionan variables, escalas, codificaciones y vistas [4,5]. Los mapas de color pueden introducir fronteras perceptivas falsas o énfasis desiguales [6,7]. Las imágenes científicas también son datos numéricos: el ajuste de contraste, el filtrado, la segmentación y la reconstrucción pueden revelar estructuras útiles, pero también borrar o inventar rasgos aparentes si el flujo de trabajo no se controla y documenta [8,9]. La pregunta correcta no es si una figura resulta atractiva, sino qué transformación la produjo, qué tarea facilita, qué incertidumbre o información suprime y si otro lector puede reconstruir ese recorrido.

Por qué importa esta pregunta

La ciencia moderna depende de intermediarios visuales: imágenes microscópicas, mapas, espectros, simulaciones, diagramas de redes, mapas de calor y gráficos estadísticos. Una figura puede ser el primer lugar donde aparece un valor atípico, un efecto de lote o una relación no lineal. Eso convierte la visualización en parte de la investigación, no solo de la presentación. El mismo poder crea riesgo: una representación puede exagerar diferencias débiles, ocultar extremos

o convertir decisiones de procesamiento en rasgos aparentemente naturales. Tratar la visualización como instrumento epistémico somete sus transformaciones al mismo escrutinio que medidas y modelos.

1. Un diagrama puede cambiar el trabajo necesario

Larkin y Simon mostraron que representaciones informacionalmente equivalentes pueden diferir en eficiencia computacional: un diagrama espacial puede hacer explícitas relaciones que una descripción enunciativa deja por derivar [1]. Esto no significa que los diagramas sean universalmente superiores. Su ventaja depende de la tarea y de qué relaciones hace fáciles de inspeccionar la representación.

En qué punto estamos

Larkin y Simon mostraron que representaciones informacionalmente equivalentes pueden diferir en eficiencia computacional: un diagrama espacial puede hacer explícitas relaciones que una descripción enunciativa deja por derivar [1]. Esto no significa que los diagramas sean universalmente superiores. Su ventaja depende de la tarea y de qué relaciones hace fáciles de inspeccionar la representación. La sección siguiente examina la idea de que ver también es decodificar.

2. Ver también es decodificar

Los gráficos codifican datos en canales visuales. Cleveland y McGill estudiaron experimentalmente con qué precisión los observadores decodifican codificaciones gráficas elementales, mostrando que la elección del canal afecta al juicio cuantitativo [2]. Por tanto, una visualización tiene una estructura de error perceptivo además de una estructura de error estadístico.

En qué punto estamos

Los gráficos codifican datos en canales visuales. Cleveland y McGill estudiaron experimentalmente con qué precisión los observadores decodifican codificaciones gráficas elementales, mostrando que la elección del canal afecta al juicio cuantitativo [2]. Por tanto, una visualización tiene una estructura de error perceptivo además de una estructura de error estadístico. La sección siguiente examina la idea de que los números resumen pueden ocultar estructura.

3. Los números resumen pueden ocultar estructura

Anscombe construyó conjuntos de datos con estadísticas resumen convencionales casi idénticas y diagramas de dispersión sorprendentemente distintos [3]. La lección no es que los gráficos sustituyan a la estadística. Es que diferentes representaciones exponen propiedades diferentes, por lo que los resúmenes numéricos y visuales deben tratarse como comprobaciones complementarias.

En qué punto estamos

Anscombe construyó conjuntos de datos con estadísticas resumen convencionales casi idénticas y diagramas de dispersión sorprendentemente distintos [3]. La lección no es que los gráficos sustituyan a la estadística. Es que diferentes representaciones exponen propiedades diferentes, por lo que los resúmenes numéricos y visuales deben tratarse como comprobaciones complementarias. La sección siguiente examina la idea de que toda vista tiene una tarea.

4. Toda vista tiene una tarea

El marco de Munzner separa abstracción de datos, abstracción de tareas, codificación visual y validación [4]. Ware relaciona asimismo el diseño de las representaciones con propiedades de la percepción humana [5]. Una figura no es simplemente «buena» en abstracto: es adecuada o inadecuada para una pregunta, audiencia, tipo de datos y decisión determinados.

En qué punto estamos

El marco de Munzner separa abstracción de datos, abstracción de tareas, codificación visual y validación [4]. Una figura no es simplemente «buena» en abstracto: es adecuada o inadecuada para una pregunta, audiencia, tipo de datos y decisión determinados. La sección siguiente examina la idea de que la escala y el encuadre forman parte de la afirmación.

5. La escala y el encuadre forman parte de la afirmación

Los ejes, límites, anchos de intervalo, agregación y normalización determinan lo que un observador puede ver. Modificarlos puede ser legítimo, pero modifica la representación. La exigencia epistémica no consiste en congelar una vista universal, sino en declarar las transformaciones que afecten materialmente a la interpretación y examinar alternativas plausibles cuando la conclusión dependa de ellas.

En qué punto estamos

Los ejes, límites, anchos de intervalo, agregación y normalización determinan lo que un observador puede ver. Modificarlos puede ser legítimo, pero modifica la representación. La exigencia epistémica no consiste en congelar una vista universal, sino en declarar las transformaciones que afecten materialmente a la interpretación y examinar alternativas plausibles cuando la conclusión dependa de ellas. La sección siguiente examina la idea de que el color no es una etiqueta neutral.

6. El color no es una etiqueta neutral

El color puede separar clases y añadir dimensiones, pero el tono no posee una ordenación cuantitativa universal. Wong advirtió específicamente que los esquemas arcoíris son problemáticos para valores ordenados [6]. Crameri, Shephard y Heron mostraron que gradientes de color no uniformes pueden distorsionar la estructura aparente y resultar inaccesibles para lectores con deficiencias de visión cromática [7]. Las escalas modernas diseñadas perceptivamente mejoran esta situación, pero ninguna paleta elimina la necesidad de ajustar la codificación a la tarea.

En qué punto estamos

El color puede separar clases y añadir dimensiones, pero el tono no posee una ordenación cuantitativa universal. Crameri, Shephard y Heron mostraron que gradientes de color no uniformes pueden distorsionar la estructura aparente y resultar inaccesibles para lectores con deficiencias de visión cromática [7]. La representación tampoco es neutral. La sección siguiente examina la idea de que una imagen es datos más una cadena de renderizado.

7. Una imagen es datos más una cadena de renderizado

Una imagen microscópica no es idéntica a la muestra. Entre el sistema físico y los píxeles publicados intervienen parámetros de adquisición, reconstrucción, escalado de intensidad, filtrado y conversión de visualización. Rossner y Yamada subrayaron que la manipulación digital puede pasar de un ajuste legítimo a una alteración inapropiada de los datos originales [8]. La distinción clave no es «procesado frente a no procesado», sino si el procesamiento está científicamente justificado, se aplica de manera consistente cuando corresponde, se conserva y se declara.

En qué punto estamos

Una imagen microscópica no es idéntica a la muestra. Rossner y Yamada subrayaron que la manipulación digital puede pasar de un ajuste legítimo a una alteración inapropiada de los datos originales [8]. Entre el sistema físico y los píxeles publicados intervienen parámetros de adquisición, reconstrucción, escalado de intensidad, filtrado y conversión de visualización. La sección siguiente examina la idea de que el procesamiento puede revelar y ocultar.

8. El procesamiento puede revelar y ocultar

Las listas de comprobación comunitarias para microscopía, publicadas en línea en 2023 y editadas en Nature Methods en 2024, subrayan que los flujos de procesamiento y análisis de imagen transforman matemáticamente los datos de imagen y deben documentarse de forma transparente [9]. Los ajustes del rango de intensidad, el contraste no lineal, el filtrado, la restauración, la segmentación o los pasos de aprendizaje automático pueden mejorar la interpretabilidad, pero también eliminar información o generar apariencias engañosas. Por ello importan los datos brutos o mínimamente procesados y la procedencia del flujo de trabajo.

En qué punto estamos

Las listas de comprobación comunitarias para microscopía, publicadas en línea en 2023 y editadas en Nature Methods en 2024, subrayan que los flujos de procesamiento y análisis de imagen transforman matemáticamente los datos de imagen y deben documentarse de forma transparente [9]. La sección siguiente examina la idea de que un patrón visual todavía no es una explicación.

9. Un patrón visual todavía no es una explicación

Un cúmulo, gradiente o frontera aparente en un gráfico puede ser una pista. Por sí solo no identifica un mecanismo ni una causa. La representación puede reflejar el sistema subyacente, el preprocesamiento, el muestreo, la proyección, el suavizado o la propia codificación. La visualización genera y somete a prueba preguntas; la interpretación causal sigue necesitando la maquinaria probatoria desarrollada en KNO-014 y KNO-016.

En qué punto estamos

Un cúmulo, gradiente o frontera aparente en un gráfico puede ser una pista. Por sí solo no identifica un mecanismo ni una causa. La representación puede reflejar el sistema subyacente, el preprocesamiento, el muestreo, la proyección, el suavizado o la propia codificación. La sección siguiente examina la idea de que varias vistas funcionan como prueba de esfuerzo.

10. Varias vistas funcionan como prueba de esfuerzo

Como toda codificación privilegia ciertas relaciones, comparar vistas puede revelar dependencia de elecciones arbitrarias. Un diagrama de dispersión, un gráfico de residuos, un histograma y un resumen tabular pueden interrogar aspectos distintos del mismo conjunto de datos [3,4]. Las múltiples vistas no crean evidencia independiente si derivan de las mismas observaciones; esta última afirmación es una síntesis declarada del artículo y no una conclusión establecida directamente por esas fuentes.

En qué punto estamos

Como toda codificación privilegia ciertas relaciones, comparar vistas puede revelar dependencia de elecciones arbitrarias. Las múltiples vistas no crean evidencia independiente si derivan de las mismas observaciones; esta última afirmación es una síntesis declarada del artículo y no una conclusión establecida directamente por esas fuentes. La sección siguiente examina la idea de que claridad no equivale a verdad.

11. Claridad no equivale a verdad

Una figura clara puede presentar de forma magnífica un modelo incorrecto. Una figura saturada puede contener evidencia válida mal comunicada. La eficacia perceptiva, la validez estadística y la interpretación científica son dimensiones diferentes. Una buena visualización las alinea sin tratar ninguna como sustituto de las demás.

En qué punto estamos

Una figura clara puede presentar de forma magnífica un modelo incorrecto. Una figura saturada puede contener evidencia válida mal comunicada. La eficacia perceptiva, la validez estadística y la interpretación científica son dimensiones diferentes. Una buena visualización las alinea sin tratar ninguna como sustituto de las demás. La sección siguiente pregunta qué hace que una figura sea auditable y no solo persuasiva.

12. La figura auditable

Una visualización científica auditable permite identificar los datos de origen, las transformaciones, las codificaciones visuales y las omisiones importantes. En imágenes científicas, esto incluye la procedencia de adquisición y procesamiento; en gráficos, incluye escalas, agregación e incertidumbre cuando sea pertinente [8,9]. La reproducibilidad del flujo de renderizado no demuestra que la afirmación científica sea verdadera, pero la opacidad del flujo dificulta evaluarla.

En qué punto estamos

Una visualización científica auditable permite identificar los datos de origen, las transformaciones, las codificaciones visuales y las omisiones importantes. La reproducibilidad del flujo de renderizado no demuestra que la afirmación científica sea verdadera, pero la opacidad del flujo dificulta evaluarla. Esto delimita el alcance del artículo y prepara la síntesis final sin ampliar la afirmación más allá de lo establecido en las secciones anteriores.

Afirmaciones

- C01. Las representaciones diagramáticas y enunciativas pueden ser informacionalmente equivalentes y, aun así, diferir en eficiencia computacional para tareas concretas. [1]
- C02. Las codificaciones gráficas difieren en precisión de decodificación perceptiva. [2]
- C03. Estadísticas resumen similares pueden coexistir con estructuras de datos sustancialmente diferentes visibles en gráficos. [3]
- C04. El diseño de una visualización debe evaluarse en relación con datos, tarea, codificación y nivel de validación. [4]
- C05. Las propiedades perceptivas limitan el diseño eficaz de representaciones. [5]
- C06. El tono es un canal problemático como única codificación de magnitud cuantitativa ordenada y los mapas arcoíris pueden inducir a error. [6,7]
- C07. La accesibilidad y uniformidad perceptiva de los mapas de color son cuestiones de comunicación científica, no solo estéticas. [7]
- C08. La manipulación digital de imágenes científicas puede alterar su significado probatorio y debe controlarse. [8]
- C09. Los flujos de procesamiento y análisis de imágenes transforman datos numéricos y requieren información transparente. [9]
- C10. Un procesamiento de imagen legítimo no convierte la imagen mostrada en algo idéntico a la adquisición sin procesar. [8,9]
- C11. Varias vistas pueden exponer estructura o supuestos ocultos por una sola representación, sin convertirse por ello en evidencia independiente. **Síntesis declarada; las fuentes 3 y 4 aportan contexto, no apoyo directo para la cláusula de independencia.**
- C12. Un renderizado reproducible mejora la auditabilidad, pero no establece por sí solo la verdad de la interpretación científica. **Síntesis declarada; las fuentes 4, 8 y 9 aportan contexto sobre validación, integridad e información, no apoyo directo para la cláusula sobre verdad.**

Nota de frontera

KNO-018 trata la representación visual como método de conocimiento. No sustituye a KNO-006 sobre cartografía, KNO-013 sobre modelos, KNO-014 sobre identificación causal, KNO-015 sobre probabilidad/incertidumbre ni KNO-019 sobre tablas de datos y estructuras de registro. Tampoco afirma que exista una gramática visual universalmente óptima.

Lo que sabemos y cómo lo sabemos

Las representaciones visuales transforman datos en codificaciones espaciales y perceptivas. Esas decisiones afectan a qué patrones resultan fáciles de detectar, con qué precisión se decodifican las cantidades y qué aspectos de adquisición o procesamiento quedan visibles para el lector.

Lo que todavía no sabemos

No existe una codificación visual óptima para toda tarea, audiencia o conjunto de datos, y un renderizado atractivo o reproducible no establece la corrección de la interpretación científica. Puede quedar estructura importante fuera de la vista elegida.

Qué podría hacernos cambiar de opinión

La interpretación debe cambiar si escalas, codificaciones, procesamientos o vistas alternativas eliminan el patrón aparente, si la procedencia revela transformaciones no declaradas o si una característica visual no puede reproducirse desde los datos y el flujo indicados.

Si solo recuerdas una cosa

Una figura científica funciona como evidencia cuando su transformación desde los datos de origen es apropiada, inspeccionable y reconstruible.

Artículos relacionados

- KNO-006 · Maps and Spatial Representation
- KNO-013 · Models, Maps and Reality
- KNO-014 · Causality and Correlation
- KNO-019 · Data, Tables and Records

Referencias

- [1] Larkin, Jill H.; Simon, Herbert A. (1987). "Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words." *Cognitive Science* 11(1):65–100. DOI: 10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x.
- [2] Cleveland, William S.; McGill, Robert (1984). "Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods." *Journal of the American Statistical Association* 79(387):531–554. DOI: 10.1080/01621459.1984.10478080.
- [3] Anscombe, F. J. (1973). "Graphs in Statistical Analysis." *The American Statistician* 27(1):17–21. DOI: 10.1080/00031305.1973.10478966.
- [4] Munzner, Tamara (2014). *Visualization Analysis and Design*. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-0893-4.
- [5] Ware, Colin (2019). *Information Visualization: Perception for Design*. 4th ed. Morgan Kaufmann, sello de Elsevier. ISBN: 978-0-12-812875-6.
- [6] Wong, Bang (2010). "Color coding." *Nature Methods* 7:573. DOI: 10.1038/nmeth0810-573.
- [7] Crameri, Fabio; Shephard, Grace E.; Heron, Philip J. (2020). "The misuse of colour in science communication." *Nature Communications* 11:5444. DOI: 10.1038/s41467-020-19160-7.
- [8] Rossner, Mike; Yamada, Kenneth M. (2004). "What's in a picture? The temptation of image manipulation." *Journal of Cell Biology* 166(1):11–15. DOI: 10.1083/jcb.200406019.
- [9] Schmied, Christopher; Nelson, Michael S.; Avilov, Sergiy; et al. (2024; publicado en línea en 2023). "Community-developed checklists for publishing images and image analyses." *Nature Methods* 21(2):170–181. DOI: 10.1038/s41592-023-01987-9.