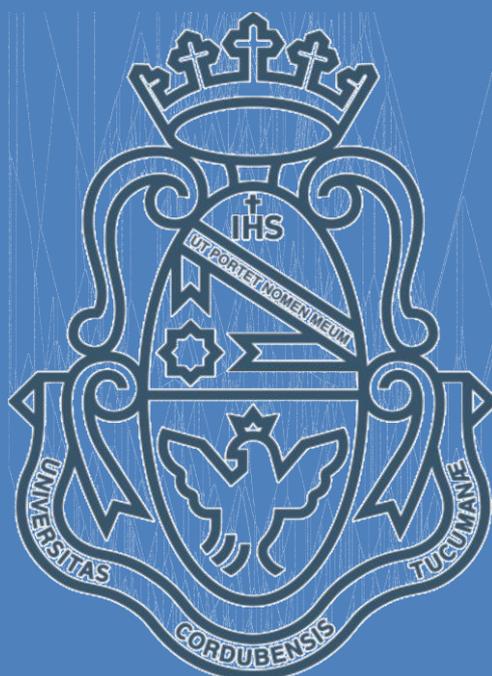


EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVI JORNADAS

VOLUMEN 12 (2006)

José Ahumada
Marzio Pantalone
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



¿Lo cualitativo es sólo pobreza cuantitativa?

José V. Ahumada*

Casi todas las publicaciones, libros y revistas periódicas de biología, física, astronomía, química están plagadas de imágenes, gráficos, mapas, fotografías. Sin embargo, la filosofía tradicional de la ciencia ha privilegiado como único modo de representación aquella basada en el lenguaje y ha visto a las teorías como sistemas axiomáticos interpretados. Esto ha tenido como consecuencia que las representaciones visuales no tuvieran ningún rol importante. Eran consideradas meras ilustraciones sin ningún tipo de valor epistémico. Los cambios que se produjeron posteriormente, como el abandono de una concepción enunciativa de las teorías y de la lógica deductiva como modelo de razonamiento, no cambió sustancialmente la importancia de las imágenes que fueron gradualmente reconocidas aunque no jerarquizadas.

Un ejemplo de estos cambios es Kuhn, quien en un principio parecía ofrecer una estructura apta para asimilar las imágenes, finalmente consideró que las imágenes son esenciales para el artista mientras que son a los sumo un subproducto de la actividad científica (Kuhn 1977:342). En este trabajo me propongo evaluar algunos argumentos y ejemplos que se han dado a favor y en contra de la importancia epistemológica de las imágenes y otras formas de representación no simbólicas en la ciencia para finalmente establecer en qué medida las mismas cumplen un rol importante en la producción y justificación del conocimiento científico.

Sociología de la ciencia e imágenes

Los sociólogos de la ciencia han sido los primeros en darle un lugar a las imágenes visuales en la descripción de las prácticas científicas. Sin embargo, a pesar del uso que hacen en sus descripciones de la actividad científica dista de ser claro que en sus distintas versiones o corrientes lleven explícita o implícitamente a una jerarquización de este tipo de representaciones. Giere(1999) por ejemplo, les critica que no le dan un verdadero rol representacional pero considero que este no es el único problema. La dificultad principal parece más bien que pasa porque no les otorgan el mismo estatus a lo visual que a lo simbólico. Baird describe muy sintéticamente esto en su reciente libro *Thing Knowledge A Philosophy of Scientific Instruments*:

Latour y Woolgar son importantes porque le prestan atención al contexto material de la vida de laboratorio. Pero, continúan una larga tradición de sesgo textual, describen mal el telos de la ciencia y la tecnología exclusivamente en términos literarios. (Baird 2004.7)

Es de algún modo lo que puede verse en el libro de Lynch y Woolgar *Representation in scientific practice* (1990). Las imágenes forman parte de la actividad científica, gran parte de lo que se hace en un laboratorio tiene que ver con la producción y manipulación de imágenes pero no es claro que posean un estatus claramente similar a las formas simbólicas de representación. Lo que nos deja un libro como el anteriormente citado es la necesidad de reconocer que existen múltiples mecanismos representacionales que exceden cualquier teoría general de la

* UNC (Secyt) jose@ffyh.unc.edu.ar - joseahumada@ciudad.com.ar
Epistemología e Historia de la Ciencia, Volumen 12 (2006)

representación y que esas diversas formas pueden variar su aceptación de acuerdo a disciplinas o momentos de desarrollo. Es decir, hay una gran variedad de prácticas representacionales cuyos roles son también variados y contextuales. La falta de una estimación numérica o comparativa de estas formas representacionales respecto a otras hace que su determinación jerárquica sea confusa. El trabajo de Arsenault, Smith et al *Visual Inscriptions in the Scientific Hierarchy Mapping the "Treasures of Science"* (Arsenault, Smith et al. 2006) resuelve de algún modo este problema. Tomando publicaciones periódicas de 7 disciplinas¹ y luego de clasificarlas de acuerdo a su nivel de científicidad² desde más blanda a más dura, relevan la cantidad de espacio que cubren con distintas ilustraciones gráficas en cada disciplina. La diferencia en el uso de ilustraciones visuales fue muy significativas a favor de las disciplinas consideradas más científicas (duras). De una muestra de 180 artículos de un total de 2948 páginas que cubren un área de 62 metros cuadrados se obtuvieron entre otros los siguientes resultados:

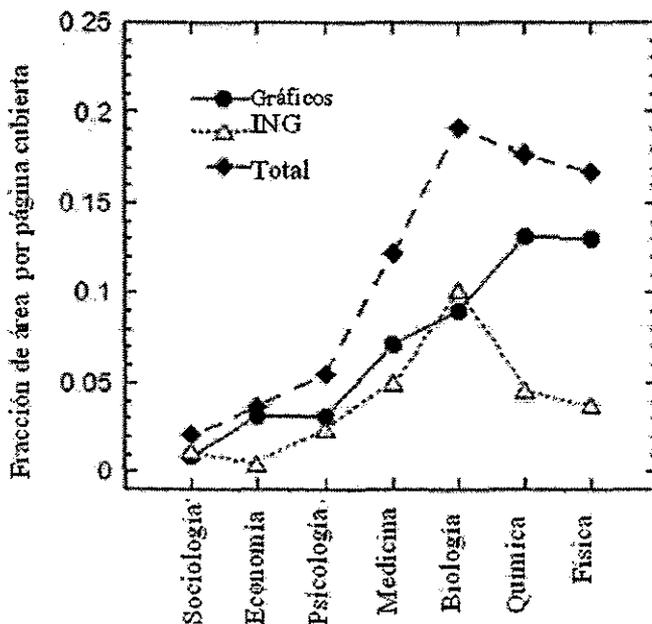


Fig. 1 Área fraccional por página cubierta por inscripciones visuales en siete disciplinas científicas.³

Nota. Las disciplinas son listadas en orden a su "dureza" (Arsenault, Smith et al. 2006 :404)

Una posible interpretación de estas investigaciones es que la científicidad está altamente correlacionada con el uso de imágenes visuales de distintos tipos y no necesariamente al uso de representaciones no visuales como ecuaciones. La notable diferencia hace pensar que no son meras ilustraciones sino que intervienen de algún modo esencial en la construcción y validación del conocimiento del dominio. Una posible interpretación de esto último es que las

representaciones visuales permiten relacionar de un modo más fructífero dominios teóricos y experimentales

Si bien las muestras fueron tomadas de revistas periódicas del período 1981-1982, el creciente desarrollo de software para la producción de gráficos hace pensar que la tendencia a favor del uso de información visual en las ciencias duras puede aumentar.

Giere: Imágenes y modelos

Giere propone una salida intermedia entre la concepción heredada y la construcción social. Su intento de revalorizar las representaciones visuales pasa por argumentar que las mismas son importantes porque representan. Una comprensión basada en modelos de las teorías científicas hace posible tratar a los diagramas y modelos a escala a la par con modelos teóricos más abstractos. Las representaciones pictóricas de los datos pueden ser usadas para juzgar la relativa adecuación de modelos del mundo presentados visualmente. Esto permitiría que una presentación de datos y teoría juegue un rol significativo.

Giere considera además que la revolución en geología de la deriva continental de placas es un ejemplo del rol que juegan las imágenes en una filosofía basada en modelos. Si bien es un caso emblemático del uso de estas representaciones, tiene el problema de que puede ser debilitado con la clásica crítica de que pertenece a un período embrionario de una disciplina y que no representa lo que ocurre en disciplinas teóricamente muy desarrolladas. En estas últimas, la representaciones son abstractas y numéricas no jugando ningún rol importante las imágenes que solo constituyen ilustraciones con fines didácticos para la enseñanza o la comunicación.

Pero creo que Giere comete el error típico de los estudios sobre representación en filosofía de la ciencia y que es más común en los seguidores de las concepciones semánticas de las teorías y es que exigen que las mismas sean representacionales en algún nivel, que haya algún tipo de relación privilegiada como isomorfía, similaridad, semejanza, homomorfía u homología entre mecanismos representacionales y el objeto representado. Si bien, su versión basada en teoría de modelos la aleja de un representacionalismo especular bien criticado por Rorty difícilmente sobreviva a las críticas de que la concepción de modelos permita efectivamente conectar la teoría con las prácticas. Las representaciones se revindican por el uso que se hace en las prácticas científicas, sin embargo los modelos parecen no ofrecer un vínculo adecuado a las representaciones de bajo nivel que se da en las muchas prácticas científicas. Esto se ve más claramente en prácticas basadas en simulaciones computacionales donde la noción de modelo ha mostrado ser demasiado general para explicar la vinculación entre teoría y práctica (Humphreys 2004). El poder representacional de las simulaciones computacionales depende más de cómo logran resolver problemas en ámbitos muy diferentes que de una relación representacional como propone Giere. Admitir esto, libera a las representaciones visuales de una de las mayores dificultades que se le han reprochado como es su ambigüedad y su relación de similaridad o isomorfía con lo representado. El riesgo de esta salida es caer en un sociologismo de las representaciones como mero constructo social o que quede relegada a una dimensión estrictamente cognitiva.

Ruse; Imágenes y teoría en los paisajes adaptativos de Sewall Wright

En una línea similar se encuentra el trabajo de Ruse *Are Pictures Really Necessary? The Case of Sewall Wright's 'Adaptive Landscapes'*, (1996). Este trabajo tiene la virtud de presentar un caso donde las imágenes jugaron un rol heurístico muy importante y el autor trata de comparar cada una de sus conclusiones con las objeciones que haría un filósofo o científico clásico. La siguiente cita expresa claramente lo que deben, según ciertas perspectivas de la ciencia, probar las imágenes.

Las ilustraciones ocupan un montón de espacio, un espacio mental y un espacio impreso. Una filosofía de la ciencia debe reconocer este hecho. Pero acepto que esta conclusión deja abierta la posibilidad que en algún sentido los cuadros no fueren en absoluto necesarios. Como ya ha sido afirmado hace tiempo, la ciencia en algún modo podría haber transcurrido sin ellos/as. (Ruse 1996. 317-8)

En el caso histórico tratado, los diagramas de los paisajes adaptativos de Wright, generaron una importante transformación en una disciplina y es probable que no se hubiera podido hacer usando representaciones numérica. Y esto, no sólo porque los biólogos de la época tenían poca formación matemática y la imagen permitía su comprensión a pesar de esta limitación, sino también porque lo que se expresó teóricamente mediante esas imágenes no puede hacerse matemáticamente. Gran parte de esta conclusión proviene de una interpretación opuesta a la realizada por el minucioso trabajo biográfico de Wright realizado por Provine (1986) de que la imagen de paisajes adaptativos no es coherente matemáticamente y que por ende no tiene valor heurístico. Ruse, a partir de esta observación de Provine concluye que esa imposibilidad de tratar matemáticamente los gráficos de Wright que prueban las imágenes van más allá de lo que puede expresarse matemáticamente y que estamos ante una heurística de corte eminentemente visual. Pero ¿es necesario para probar la jerarquía de las imágenes que no puedan ser representadas matemáticamente o sean informacionalmente equivalente?

Es importante señalar que la relación entre lo cualitativo y lo no cualitativo puede darse a nivel de teoría, de datos o de razonamientos involucrados. Tanto el ejemplo de Ruse como el de Giere pretenden destacar cómo la teoría fue generada a partir de imágenes visuales y que este logro no es fácilmente explicable a través de representaciones alternativas.

Imágenes y simulaciones computacionales

La irrupción de la computadora digital hizo que paradójicamente se necesitaría más graficación de datos cuantitativos, y las dos tradiciones opuestas posteriormente terminaron usando ambas representaciones. No está claro hasta qué punto esto habla de la existencia de un nuevo estilo de hacer ciencia. La posibilidad de graficar funciones complejas puede inclusive cambiar el modo de hacer matemática al contar los matemáticos con un modo de graficar ideas y de este modo afrontar mayores complejidades. Lo paradójico de esta historia es que a mayor digitalización parece necesitarse más visualización. Gooding, en *Narrowing the Cognitive Span: experimentation, visualisation and digitalisation* (2003) desarrolla in extenso esta idea,

Computaciones sobre representaciones digitales no suplantán totalmente razonamientos informales respecto a representaciones analógicas. En otras palabras, el desarrollo dentro

de un dominio particular requiere movimientos (traducciones) en ambas direcciones, esto es, entre "primario" y "secundarias", abstracta y experimental, o entre numérico digital y pictórico analógico

El uso de computadoras para graficar información cualitativa y cuantitativa puede llegar a cambiar el modo de hacer ciencia. Las posibilidades gráficas que brinda la computadora permite ir más allá de lo que un momento se hizo con papel y lápiz o mentalmente. Inclusive, podría ocurrir que produzca modos cualitativamente diferentes de razonamientos con alto impacto en la generación y justificación de ideas científicas.

Esto brinda un modo interesante de vincular lo cuantitativo y lo cualitativo. La producción de gran cantidad de datos numéricos mediante la computadora digital hace a los mismos humanamente imposible de seguir o usar en procesos de razonamiento. Es por eso que la graficación mediante computadoras de esos datos, los hace humanamente procesables y posibilita la formulación de nuevas ideas o facilita los procesos de razonamiento. Además es una de las formas de comunicar y justificar socialmente los logros obtenidos. Es por eso que muchas veces una mejor precisión de determinadas representaciones no llevó inmediatamente a su adopción. Representaciones precisas como la fotografía no se usó hasta que no hubo un medio económico que permitiera su inclusión en las publicaciones.

Pero no todos aceptan los roles que hasta aquí le hemos dado a las representaciones visuales. Por ejemplo, K. Staley afirma que "ninguna distinción epistemológica existe entre la epistemología de la imagen y la tradición lógica porque ambas hacen uso de la estadística para distinguir entre señal y artefacto". El ejemplo de Wright, claramente muestra, independientemente de la perspectiva que tomemos sobre el mismo, que un gráfico puede producir cambios en una disciplina sin la intervención preponderante de la estadística.

En síntesis, para muchos científicos, filósofos e historiadores el título de esta ponencia es el lugar que tienen las representaciones visuales, un mero primer tanteo esperando ser relevado por una correcta representación cuantitativa y cálculos asociadas a las mismas.

Todo esto a mi entender ha producido más complicaciones a la hora de evaluar el rol creciente de las representaciones científicas en la formación y validación del conocimiento científico. Salvando algunas distancias, uno podría decir que en esta discusión, se repiten problemas parecidos a los que surgió con el rol de la experimentación a partir de los trabajos de Latour y Hacking. Una alternativa que creo conveniente para aclarar este panorama y responder a mi pregunta-título es primero desplegar y sistematizar los argumentos que se han dado en la literatura para reivindicar el rol de las imágenes.

- 1) Las imágenes son interesantes porque hay características comunes detrás de las diversidades de representaciones visuales subyacentes a los métodos distintivos y la imaginería de diferentes campos científicos.
- 2) Estudios de casos muestran que los modos visuales de representación son esenciales a la generación y diseminación de nuevos modos de conocimiento.
- 3) El poder de las representaciones visuales descansa en el hecho que pueden llevar información tanto explícita como implícitamente dándole espacio a la negociación en la fijación del significado.

- 4) Representación visual facilita procesos cognitivos tales como *pattern-matching* e inferencia visual a través del uso de herramientas, tecnologías y fuentes culturales
- 5) Uso de modificaciones para modificar representaciones visuales en modos que alcance capacidad cognitiva común a diferentes áreas y eras de la ciencia.
- 6) La imaginación visual y la cognición visual no son reductibles a procesos sociales.

Como puede apreciarse a primera vista, es difícil reconciliar estas opiniones encontradas, la plausibilidad de cada postura depende de evidencias que inclusive van más allá del análisis histórico de casos. Parecería que todo queda a gusto del intérprete si no contamos con evidencias que haya procesos cognitivos de alto nivel ligados a imágenes o que mostremos que hay productos científicos importantes ligados a imágenes que no pueden obtenerse por medios textuales o numéricos. Que se usen imágenes en determinadas tradiciones o disciplinas, no hace que las mismas sean necesarias o que den cuenta de los procesos más importantes de las mismas. La ventaja de las imágenes visuales no está tan asociada a la información tácita que brinda. Su historicidad y relatividad parece llevarnos a un convencionalismo que poco lo diferencia de símbolos arbitrarios. Salvar a las imágenes visuales de esta crítica nos deja dos opciones, por un lado podemos responder que no son arbitrarias porque su aceptación o uso dependen o están en relación a nuestras estructuras cognitivas. En este sentido, deberíamos tal vez pensar seriamente en seguir una aproximación histórica-cognitiva como la propuesta por Nersessian pero, hacerlo con otros recursos que la teoría de los modelos mentales que ella emplea. Las aproximaciones históricas-sociales, si bien parecen hacer comprensible la aceptación de formas visuales en distintos períodos, no explican cómo se producen esos cambios. Considerar la relación entre estructuras cognitivas individuales, representaciones internas (imaginación) y representaciones externas (instrumentos) puede ser una vía fructífera en este sentido. Como bien señala Gooding, en una de esas podemos encontrar que hay estructuras generales comunes a los diferentes períodos. La historicidad de las imágenes no necesariamente excluye mecanismos persistentes en el tiempo de manipulación y adecuación cognitiva.

Algunas líneas de investigación confían en que para muchos problemas el modo espacial de procesar información de los humanos aventaja a las computadoras en muchos casos de resolución de problemas. Pero, no está claro que esos procesos espaciales no puedan ser reducidos también a cómputos digitales con lo cual es una ventaja meramente cognitiva; Como así también que lo que se obtiene mediante ilustraciones visuales no pueda obtenerse numéricamente. Una variante para tratar de entender este problema es distinguir entre representaciones analógicas y representaciones digitales. Suponer que somos en algún nivel procesadores analógicos de información o que algunos instrumentos son irreductiblemente analógicos. Pero es sumamente difícil definir lo que es "analógico", el uso de nociones como parecido o similar hacen muchas veces circular las definiciones propuestas.

De todos modos aunque las evidencias esten basadas sólo en diferencias de tiempos de resolución, no debemos descartar como evidencias de que razonamos con representaciones espaciales los experimentos realizados en la resolución humana del problema del viajante de comercio. Que un humano logre reconocer formas óptimas en menos de 2 segundos para 10 ciudades es una evidencia interesante de que procesos computacionales basado en reglas y

símbolos tienen sus límites (MacGregor and Ormerod 1996; MacGregor, Ormerod et al. 1999). Estos casos contrastan con los experimentos de Shepard de rotación, donde la evidencia de pensamiento espacial estaba dada por el mayor transcurso de tiempo que hacía más fácil una interpretación simbólica como alternativa. Reconozco no obstante, que esto no necesariamente reivindica las imágenes o el razonamiento imaginístico. Tal vez pueda hacerse una distinción entre razonamiento espacial o imaginístico. Experimentos que comparan sujetos ciegos con normales en razonamientos visuo-espaciales muestran que las imágenes pueden también perjudicar los procesos de razonamiento. De todos modos a pesar de estos resultados relativamente alentadores, la situación no ha cambiado respecto a lo que dije más arriba, nuestra comprensión de la visualización y razonamiento visual permanece vaga y estrecha. La complejidad y la relativamente poca duración de estos procesos los coloca más allá del ámbito de la aproximación experimental. Cuestión que se complica aún más cuando llevamos este tipo de investigación al ámbito científico. Es difícil determinar si un sujeto normal usa o no razonamiento visual, probar que lo hace en el ámbito científico en situaciones creativas es más complicado aún. Mi propuesta en este sentido es que a pesar de la poca evidencia en cada una de las áreas y en especial la ligada a la psicología del razonamiento, se podría avanzar relacionando resultados de los distintos campos, intentando determinar la adecuación cognitiva de investigaciones históricas y sociológicas sobre el uso de imágenes visuales en ciencias. El uso de imágenes visuales, su manipulación en contextos experimentales, su cruzamiento con símbolos textuales, puede ser una fuente interesante de lo que algunos como Gooding (2003) denominan proto-representaciones y que prefiero denominar cambios de representaciones. A modo de cierre, después haber considerados argumentos a favor y en contra de las imágenes visuales concluiría que: lo cualitativo no es pobreza cuantitativa, está íntimamente ligado a nuestra admisión de la existencia de entidades, a nuestra comprensión en escenarios de alta complejidad cuantitativa y a evidencias pocas pero prometedoras de que sea una forma más efectiva de razonamiento en determinados escenarios naturales o artificiales. Por último, versiones cuantitativas de estudios sociales de la ciencia pueden darnos otra dimensión de las representaciones visuales científicas donde su valor no está dado necesariamente por su relación o adecuación al objeto representado aunque para esto tengamos admitir *representaciones sin representación*.

Notas

¹ Sociología: *American Journal of Sociology, American Sociological Review, British Journal of Sociology, Social Forces*

Economía: *American Economic Review, Bell Journal of Economics, Econometrica, Journal of Political Economy, Review of Economics and Statistics*

Psicología: *British Journal of Psychology, Journal of Experimental Psychology General, Journal of Social Psychology, Perception & Psychophysics*

Medicina: *Journal of Clinical Investigation, Journal of Experimental Medicine, Lancet, New England Journal of Medicine*

Biología: *Cell, Journal of Experimental Biology, Life Sciences, Proceedings of the Royal Society (B)*

Química: *Chemical Society Journal (Faraday Transactions I), Journal of Applied Polymer Science, Journal of Physical Chemistry, Journal of the American Chemical Society*.

Física. *Journal of Applied Physics*, *Journal of Geophysical Research*, *Journal of Physics C. Solid State Physics*, *Physical Review (A)*, *Physical Review Letters*,

² Medida de "dureza" de una disciplina fue obtenida de los estudios de Smith, L. D., L. A. Best, et al. (2000). "Scientific graphs and the hierarchy of the sciences: A Latourian survey of inscription practices" *Social Studies of Science* 30. 73-94.

³ ING=Ilustraciones no gráficas

Bibliografía

Arsenault, D. J., L. D. Smith, et al. (2006). "Visual Inscriptions in the Scientific Hierarchy Mapping the "Treasures of Science" " *Science Communication* 27 (3): 376-428.

Baird, D. (2004). *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. University of California Press.

Giere, R. N. (1999). *Science without laws*. Chicago, University of Chicago Press.

Gooding, D. C. (2003). Narrowing the Cognitive Span: experimentation, visualisation and digitalisation. *Scientific Experimentation and its Philosophical Significance*. H. Radder, University of Pittsburgh Press: 369-405.

Humphreys, P. (2004). *Extending Ourselves: computational science, empiricism and scientific method*. Oxford

Kuhn, T. S. (1977). *The essential tension, selected studies in scientific tradition and change*. Chicago, University of Chicago Press.

Lynch, M. and S. Woolgar, Eds (1990). *Representation in scientific practice*. MIT press.

MacGregor, J. N. and T. Ormerod (1996). "Human performance on the travelling salesman problem." *Perception & Psychophysics* 58(4): 527-539

MacGregor, J. N., T. Ormerod, et al. (1999). "Spatial and contextual factors in human performance on the travelling salesperson problem." *Perception* 28: 1417-1427.

Provine, W. B. (1986). *Sewall Wright and Evolutionary Biology*. University of Chicago Press

Ruse, M. (1996). Are Pictures Really Necessary? The Case of Sewall Wright's 'Adaptive Landscapes. *Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*. B. S. Baigrie. Toronto, University of Toronto Press, : 303-37.

Smith, L. D., L. A. Best, et al. (2000). "Scientific graphs and the hierarchy of the sciences. A Latourian survey of inscription practices." *Social Studies of Science* 30. 73-94.