

LOS CONSTRUCTORES DE DIAGRAMAS Y LA MODULARIDAD DE LA MENTE

EMILIO GARCÍA GARCÍA

Dpto. Psicol. Básica. Procesos Cognitivos
Universidad Complutense¹

RESUMEN

En su obra clásica *La modularidad de la mente*, Fodor estudia los antecedentes y el marco de su teoría modular. Comenta las aportaciones de Gall como pionero de la concepción modular de la arquitectura mental, y solamente menciona, sin comentario alguno, a Broca y Wernicke. Pero los "constructores de diagramas", en el último tercio del siglo XIX, elaboraron modelos de los procesos mentales, desde supuestos modulares. A partir de datos de pacientes con lesión cerebral localizada, Broca, Wernicke, Lichtheim, entre otros, propusieron modelos modulares de la actividad mental que han tenido gran interés para la investigación. Defendían supuestos de especificidad neuronal e isomorfismo sobre los datos de correlación anatomo-clínica. En nuestro trabajo exponemos los supuestos modulares de los constructores de diagramas y ponemos en relación aquellos modelos con la teoría de la modularidad de Fodor.

PALABRAS CLAVE: Modularidad de la mente. Modelos neurales del lenguaje. Neurolingüística. Broca. Wernicke. Lichtheim.

¹ Dpto. Psicol. Básica. Procesos Cognitivos. Fac. Filosofía B 22. Universidad Complutense 28040 Madrid. Tlno. 913946019. FAX. 913946020. EMAIL Garmi@correo.cop.es

ABSTRACT

In his classic work *Modularity of Mind*, Fodor studies the antecedents and context of his modular theory. Beginning with Gall's achievements as pioneer of the modular conception of mental architecture, he merely mentions, with no further comment, Broca and Wernicke's. But "diagram constructors" in the last third of the XIXth century elaborated models for the mental processes, from modular preconceptions. Parting from patients with localized cerebral lesions, Broca, Wernicke, Lichtheim, among others, proposed modular models of mental activity which became of great interest to research. They defended neuronal specificity and isomorphism concepts over the data of anatomical-clinical correlation data. In our work we explain the diagram constructors' modular preconceptions and put into relation those models with Fodor's theory of modularity.

KEY WORDS: Modularity of Mind. Neural Models of Language. Neurolinguistics. Broca. Wernicke. Lichtheim.

En la historia de la psicología se han dado debates generales, transversales a distintas áreas y campos, e incluso a tradiciones y programas de investigación. Así ha ocurrido con las polémicas herencia-medio, conciencia-conducta, inteligencia general-multifactorial, conductismo-cognitivismo, mente-ordenador, mente-cerebro. En las dos últimas décadas del siglo XX otra gran polémica ha ocupado el primer plano. Nos referimos a la controversia modularidad-holismo.

Se trata de dilucidar si los procesos mentales son de dominio general o de dominio específico. De otra manera, si el sistema mental que nos permite percibir, aprender, memorizar, razonar, resolver problemas, hablar, etc., es de naturaleza unitaria, de modo que los mismos procesos cognitivos se emplean en cualquier tipo de contenido, por ejemplo, físico, matemático, psicológico, social; o por el contrario, si la estructura mental está constituida por un conjunto de sistemas especializados, cada uno en resolver un tipo de problemas específico. La cuestión está en explicar si la estructura de la mente está integrada por facultades horizontales o verticales.

En los primeros años de la controversia dos autores tuvieron un papel relevante: Fodor, con la publicación de su obra *La modularidad de la mente* (1983), y Marr con *Visión* (1982). Marr, tomando como punto de partida las investigaciones sobre el sistema visual, sugirió que los sistemas complejos, como la mente y el cerebro, han evolucionado y se han conformado modularmente. Ello ha sido muy funcional evolutivamente, puesto que los sistemas con una organización modular son más capaces

de detectar y corregir errores e incorporar innovaciones para resolver los problemas, satisfacer necesidades y adaptarse al medio. Si una operación compleja puede dividirse y ejecutarse en un conjunto de subpartes, tan independientes entre sí como lo permita el conjunto de la tarea, es más sensible a las demandas, más susceptible de modificaciones y mejoras, y más eficaz en la resolución de los problemas. Cuando un proceso complejo no es diseñado de este modo, un pequeño cambio en una parte tendrá consecuencias en muchas otras. Ello significa que el proceso en su conjunto resulta muy difícil de depurar o mejorar, tanto por un diseñador humano como en el curso de la evolución natural, porque un pequeño cambio para mejorar una parte tiene que acompañarse de muchas modificaciones simultáneas compensadoras en otras.

Los modernos sistemas de grabación y reproducción de imagen y sonido, los ordenadores, los sistemas de supervisión de aviones, coches, etc. se constituyen de modo que permiten, dada su estructura cada vez más modular, localizar los fallos y corregirlos, actuando sobre componentes aislados y preservando el resto, con el único requisito de que los nuevos componentes o módulos que se introduzcan dispongan de sistemas de entrada y salida compatibles con los existentes. De forma análoga, la estructura del cerebro y mente humana se ha organizado modularmente en el proceso filogenético, y también en el ontogenético, de modo que nuevos componentes o módulos se desarrollan en interacción con los ya existentes, creando nuevas competencias y capacidades.

Tradicionalmente la teoría dominante en psicología respecto a la estructura de la mente, lo que podemos calificar como "posición heredada", ha sido la doctrina de las facultades horizontales, según la cual las diversas capacidades mentales operan sobre la información, independientemente de la naturaleza de ésta. Así, la atención, percepción, memoria, imaginación, pensamiento, lenguaje, se aplican a todas las posibles clases de información. Por ejemplo, los mismos procesos perceptivos o mnemónicos operan en la percepción o almacenamiento de información tan diversas como sonidos musicales, palabras, ruidos de coche; rostros humanos, perros o mapas.

Para Fodor, la arquitectura funcional de la mente no está formada por facultades horizontales, sino por facultades verticales o módulos, especializados en obtener y procesar información perteneciente a dominios específicos, como percibir sonidos verbales, música, caras, etc. Según la teoría modular, el sistema cognitivo está constituido por:

- Los sistemas de transducción sensorial, que convierten la energía física que estimula los receptores sensoriales en procesos psíquicos.

- Los sistemas perceptivos o módulos que elaboran y representan la información, proporcionada por los transductores.
- Los sistemas centrales, que integran la información procedente de diversos módulos, realizando inferencias, razonando, resolviendo problemas, tomando decisiones.
- Los sistemas de salida, como la actividad motora y la producción de lenguaje.

En la formulación inicial, Fodor planteaba que los módulos de la mente eran sistemas perceptivos de entrada, especializados en extraer y organizar información del medio para ser enviada a los procesadores centrales de la mente, los cuales integran la información procedente de distintos módulos, posibilitando el conocimiento del mundo y la actividad inteligente. Estos sistemas centrales, los propiamente inteligentes, no serían modulares sino de dominio general.

Las propiedades básicas de los sistemas modulares son la especificidad de dominio y el encapsulamiento informativo, que a su vez se traducen o explicitan en un conjunto más amplio de características que Fodor desarrolla en su obra. La especificidad de dominio significa que cada módulo emplea información específica, que no comparte con los restantes sistemas modulares. Por ejemplo, el módulo que procesa la expresión emocional de un rostro no podría procesar el tono emocional de la voz. El encapsulamiento informativo significa que un módulo puede realizar su propia forma de procesamiento, con total ignorancia o aislamiento de los procesos que tienen lugar en otras partes del sistema cognitivo. Por ejemplo, hay un módulo o conjunto de módulos, que procesan la expresión emocional de la cara, y otros módulos que reconocen la cara e identifican a la persona.

Las características de encapsulamiento informativo y especificidad de dominio son las que han tenido mayor aceptación. Las otras propiedades que Fodor enumeraba han sido más cuestionadas. Brevemente señalamos:

Obligatoriedad. Los módulos operan de forma obligatoria y automática, ante la estimulación específica, sin mediar procesos conscientes o voluntarios.

Rapidez. Los módulos funcionan con más rapidez que los sistemas cognitivos no modulares, los centrales, al estar limitados exclusivamente a analizar información muy restringida.

Superficialidad computacional. Las representaciones de salida de los módulos son aproximaciones incompletas a la información. El reconocimiento más pleno requiere de los sistemas centrales.

Innatismo. Los módulos se desarrollan a partir de un patrón genético

más cerrado, conforme a pautas específicas de maduración; lo contrario de lo que ocurre con los sistemas centrales.

Especificidad neural. Los módulos están físicamente realizados en estructuras neurales fijas y diferenciadas en áreas del cerebro.

Pautas de deterioro. Los módulos se lesionan siguiendo pautas muy específicas, de modo que pueden verse afectados con independencia de otros módulos, que permanecen preservados.

Mediante módulos se procesa la información de entrada o la percepción del mundo, el lenguaje y posiblemente procesos de salida vinculados al control de la acción. Pero los procesos cognitivos más complejos como categorización, inferencias, razonamiento, formación de creencias, toma de decisiones, etc., se llevan a cabo en sistemas no modulares o de dominio general, no encapsulados, no obligatorios, no innatos, etc. Justamente, según Fodor, como estos procesos centrales no son modulares, no son susceptibles de investigación científica, que queda restringida a los sistemas modulares.

"La condición indispensable para hacer ciencia (tanto en Física como en Psicología) es que la naturaleza nos proporcione caminos para acceder a ella; por ejemplo, subsistemas bastante sencillos que puedan aislarse artificialmente y que observen en estas condiciones un comportamiento semejante al que experimentan en su estado natural. Los módulos satisfacen esta condición; no así los sistemas quineanos-isotrópicos-globales. Así pues, si fuera, tal y como yo he supuesto, que los procesos cognitivos centrales no son modulares, ello sería una mala noticia para la ciencia cognitiva" (Fodor, 1983,176).

En los últimos años el concepto de modularidad se ha ampliado, matizado y contrastado con investigaciones procedentes de diversos campos, desde la Neuropsicología (Damasio, 1992, 1996; Gazzaniga, 1996) a la Psicología evolucionista (Barkow, Cosmides y Tooby, 1992; Crawford y Krebs, 1997) o la Psicología evolutiva (Gardner, 1995; Karmiloff-Smith, 1995). Los sistemas modulares no se limitan a funciones perceptivas o lingüísticas, sino que abarcan procesos centrales inteligentes. Ello ha supuesto introducir modificaciones importantes a las propiedades de los módulos que describiera Fodor. Los sistemas modulares son más complicados, están integrados por subsistemas diferentes y no se ajustan a las categorías dicotómicas fodorianas. Las tecnologías de neuroimagen de última generación (PET, IRMF) están posibilitando avances espectaculares en la década de los noventa, la década del cerebro.

Fodor rastrea los antecedentes históricos de la teoría modular, y comenta la Frenología de Gall (1758-1828), a quien considera injusta-

mente tratado por la historia de la ciencia. Sobre Gall y la Frenología realiza interesantes análisis. En cambio, sólo menciona, sin detenerse en comentario alguno, a Broca y Wernicke: los constructores de diagramas que en el último tercio del siglo XIX elaboraron modelos de los procesos mentales desde supuestos modulares. Los diagramas son sistemas de representación muy útiles para investigar sistemas modulares, y fueron profusamente utilizados en la neuropsicología entre los años 1880 y 1910. Vamos a comentar los modelos propuestos por tres investigadores: Broca, Wernicke y Lichtheim.

P. Broca en 1861 expuso el caso de Leborgne ante la Sociedad Antropológica de París, en el marco de un debate sobre la teoría frenológica. Leborgne era un paciente de 55 años que llevaba internados 21, en el Hospital de Bicêtre. Era mudo, la única producción verbal era la sílaba "tan", de ahí que fuera conocido en el hospital como "señor Tan". Pero comprendía lo que se le decía y se expresaba con medios no verbales haciéndose entender eficazmente. Tras diez años de hospitalización, sufrió parálisis del brazo derecho y rostro; poco antes de morir la parálisis se extendió a la pierna derecha, dejándole postrado en cama. Murió como consecuencia de una infección en la pierna paralizada.

Broca examinó el cerebro inmediatamente después de la autopsia, y se encontró con una lesión cerebral en la tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo. Siguiendo el método tradicional de correlación anatomo-clínica, Broca distinguió en el lenguaje distintas dimensiones: la comprensión frente a la expresión y la comunicación lingüística frente a la no lingüística. Leborgne no presentaba déficit en la comunicación no lingüística ni en la comprensión del lenguaje, pues comprendía lo que se le decía, comunicándose con los demás, pero no mediante palabras. Leborgne, concluyó Broca, tenía una lesión en la "facultad de lenguaje articulado". Este modelo de análisis de lenguaje ha permanecido posteriormente en las teorías conexionistas.

Este trabajo de Broca es el primer estudio riguroso de las relaciones cerebro-lenguaje. Entre 1861 y 1865, Broca publicó algunos casos más de afasias. La facultad del lenguaje se convirtió en el objeto de estudio privilegiado, como ejemplo de la localización de funciones psicológicas en el cerebro. Diversos casos confirmaban que las lesiones, precisamente en el hemisferio izquierdo, eran las responsables de las afasias. Broca fue perdiendo interés por estos temas, dedicándose a la antropología, que era su gran pasión. En 1874, cuando Wernicke publicó su trabajo, Broca se había retirado de este campo.

Desde 1861, la bibliografía neurológica recogía numerosos casos de pacientes afásicos, con el análisis de sus autopsias y la descripción de

síntomas psicológicos perceptivos, y especialmente lingüísticos. En 1874, C. Wernicke publicó un artículo, presentando un marco teórico y un modelo de representación del lenguaje en el cerebro, que daba cuenta de muchos casos de pacientes estudiados y anticipaba el análisis de muchos otros.

Este artículo se titulaba *El complejo sintomático de la afasia: un estudio psicológico con fundamento neurológico*, y marcó una línea de investigación muy productiva. La representación del lenguaje en el cerebro se lleva a cabo en diferentes áreas, cada una con funciones diferentes. Los distintos síndromes afásicos son la expresión precisamente de lesiones en áreas cerebrales diferentes. Wernicke detalló nueve casos de trastornos de lenguaje, causados por lesión cerebral. Los dos primeros mostraban síndromes muy distintos del de Broca: en ambos casos los pacientes hablaban con fluidez y con entonación normal, pero sin sentido de lo que decían, con continuas parafasias fonéticas, semánticas y neologismos.

La autopsia de un paciente mostró un infarto cerebral en la primera circunvolución temporal izquierda. Se trata de un área de asociación implicada en la elaboración e integración de información, especialmente auditiva. Wernicke propuso que tal área de asociación, que rodea a la corteza sensorial auditiva primaria, era responsable del análisis, integración y comprensión de las palabras habladas. Concluyó que el déficit en la comprensión del lenguaje en sus dos pacientes se debía a una lesión en tal área, y propuso un segundo centro de lenguaje radicado en esa zona. Se habían identificado pues dos áreas cerebrales, muy diferenciadas, responsables de aspectos distintos en el lenguaje: el área de Broca, y el área de Wernicke.

Era lógico suponer un flujo de información entre estas dos áreas, que posibilitara la actividad lingüística. Las representaciones auditivas de las palabras, en el área de Wernicke, debían ser enviadas mediante un sistema neural específico al área de Broca, responsable de las representaciones de secuencias articulatorias. Se introdujo así el concepto de "flujo de información" entre áreas o centros. El modelo de Wernicke daba cuenta de distintos tipos de afasias, y además era consonante con los conocimientos de la fisiología y psicología de la época.

Además de dar cuenta de dos tipos de afasias contrastados, el modelo anticipaba otro tipo –posteriormente denominado afasia de conducción– debido a lesión de las redes neurales que llevan la información del área de Wernicke al área de Broca: el fascículo arqueado. Estos pacientes deberían comprender el lenguaje hablado, pero serían incapaces de repetir palabras y tendrían trastornos expresivos. Las afasias, por tanto,

se podían deber a lesiones en centros o en vías de conexión.

Consciente de la proliferación de centros en la Frenología, y del riesgo de similar reproducción con su modelo, Wernicke estableció unos criterios limitadores, señalando funciones psicolingüísticas fundamentales – comprender, hablar, leer, escribir- como procesos psicológicos radicados en uno o varios centros, a partir de los cuales y mediante conexiones se constituirían funciones más complejas. Se establecía, así, el supuesto básico de la teoría conexionista con vigencia hasta nuestros días.

Lichtheim (1885) publicó un artículo en alemán y posteriormente en la prestigiosa revista *Brain*, proponiendo un modelo conexionista más completo de los síndromes afásicos. El modelo de Lichtheim, con ligeras variantes, sigue siendo muy utilizado en las clasificaciones clínicas de las afasias. El modelo establece centros diferentes y vías de conexión. El centro A (área de Wernicke) se encarga de reconocer las palabras habladas, y contiene las huellas memorísticas de las formas auditivas de las palabras, percibiendo el habla. El centro M (área de Broca) está implicado en la producción del habla, con las representaciones articulatorias necesarias para la expresión. El centro B es el área conceptual, que alberga los significados de las palabras, y está implicado tanto en la producción como en la comprensión del lenguaje.

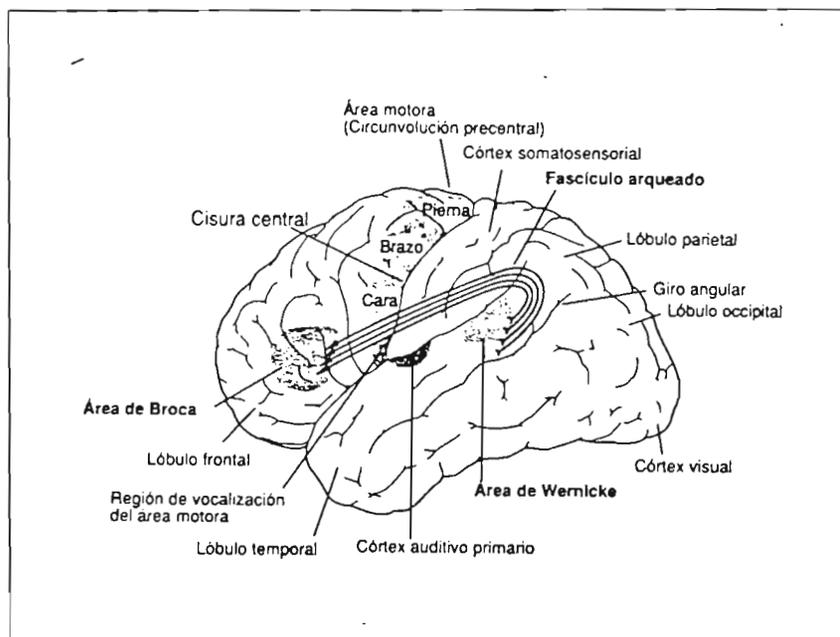
Lesiones en los centros o vías dan lugar a tipos de afasias distintos. Una lesión en M (1) producirá la afasia de Broca, quedando dañada la producción de lenguaje pero no su comprensión. Una lesión en A (2) provocará la afasia de Wernicke, afectando a la comprensión del lenguaje, pero no a su producción. Una lesión en la vía de conexión entre ambas áreas causará la afasia de conducción (3). Una lesión en la vía que conecta B y A (6) ocasionará la afasia transcortical sensorial, el paciente no puede establecer el significado de lo que oye, pero la repetición estará preservada. Una lesión entre M y B (4) producirá la afasia transcortical motora. La afasia sensorial subcortical (7) interrumpe la vía que va desde la periferia hasta A, produciendo la sordera verbal pura. La afasia motora subcortical es debida a la lesión entre M y la musculatura oral (5). El diagrama se fue complicando sucesivamente, incorporando nuevos centros y conexiones, hasta el punto de que Henry Head, en 1926, calificara de caótica la proliferación *ad hoc* de los modelos.

En las primeras décadas del Siglo XX, se disponía de un conjunto de datos anatómicos y funcionales que confirmaban la especificidad estructural y funcional de determinadas áreas cerebrales. El anatomista K. Brodman encabezaba también una potente escuela localizacionista, que llegó a diferenciar 52 áreas en la corteza, basándose en las diferentes estructuras y distribuciones de las células.

Pero a pesar de las evidencias disponibles, fueron las teorías antilocalizacionistas, o de campo agregado, las que dominaron en la investigación y la práctica clínica, a lo largo de la primera mitad del siglo. Se impusieron los modelos y teorías de otros científicos como Henry Head, Kurt Golstein, Ivan Pavlov, Jacques Loeb, Karl Lashley.

Los constructores de diagramas proporcionaron un marco de comprensión de los trastornos de lenguaje, y ofrecieron modelos de representación de lenguaje en el cerebro desde supuestos modulares. La modularidad, con innovaciones importantes ciertamente, volverá a primer plano en las últimas décadas del siglo XX y en dominios de investigación muy diversos, como Psicología evolucionista, Psicología evolutiva, Psicología cognitiva, Psicopatología, Neuropsicología, Neurolingüística.

Figura 1

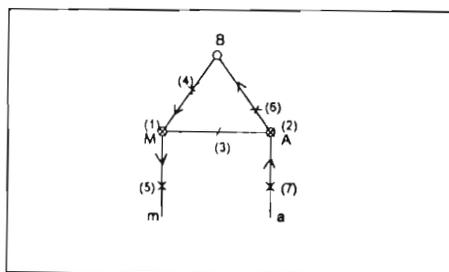


Ciertamente los modelos conexionistas y modulares actuales son más complejos que los anteriormente propuestos. La localización de los procesos mentales, especialmente los procesos más complejos, está distribuida. Las interconexiones en serie y en paralelo de varias áreas cerebrales posibilitan las facultades mentales, de modo que áreas locales

del cerebro no son responsables de funciones complejas, sino que realizan operaciones elementales que en complejas conexiones con otras zonas posibilitan los procesos mentales superiores. De ahí que la lesión acotada de un área concreta no conlleva necesariamente la pérdida de la función, como cabría predecir desde los modelos localizacionistas. Las áreas preservadas del cerebro pueden reorganizarse hasta cierto punto para realizar la función perdida.

Las recientes aportaciones de las ciencias cognitivas y las tecnologías de neuroimagen (Posner y Raichle, 1994; Kandel, Schwartz y Jessell, 1998) están proporcionando valiosos conocimientos sobre la estructura y organización cerebral, que revolucionan los programas de investigación y las teorías hasta ahora vigentes. No sólo los procesos de input y output, sino los procesos mentales superiores de carácter central (no modular, como pensara Fodor) están analizándose en sus componentes y operaciones más elementales que se llevan a cabo en áreas limitadas y muy especializadas del cerebro.

Figura 2



REFERENCIAS

- Arbid, M, Caplan, D Y Marshall, J. (1982): *Neural Models of Language Processes*. N. York: Academic Press.
- Barkow, J. Cosmides, L. Y Tooby, J. (1992): *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. N. York: Oxford Univ. Press.
- Broca, P (1865): Sur la faculté du langage articulé. *Bull. Soc. Antro.* 6.337-393.
- Caplan, D, Lecours, A. Y Smith, A. (1984): *Biological Perspectives on Language*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Caplan, D. (1992): *Introducción a la Neurolingüística y al estudio de los trastornos del lenguaje*. Madrid: Visor.
- Crawford, C.H. Y Krebs, D. (1997): *Handbook of Evolutionary Psychology*.

Londres: LEA

Damasio,A. Y Damasio,H. (1992): Cerebro y lenguaje. *Investigación y Ciencia*, Nov. 59-66.

Damasio,A.(1996): *El error de Descartes*. Barcelona Crítica.

Ellis,A Y Young,A (1988): *Human Cognitive Neuropsychology* Londres. LEA.

Fodor,J.(1983): *La modularidad de la mente*. Madrid. Morata.

García,E.(1997): Ciencias y tecnologías en el estudio de la mente. *Cuadernos de Realidades Sociales*. 49-50. 65-96

Gardner,H (1995): *Estructuras de la mente*. México. FCE.

Gazzaniga,M (1996): *The Cognitive Neuroscience*. Cambridge, Mass.: MIT

Hecaen,H Y Dubois,J (1969): *Le Naissance de la Neuropsychologie du langage*. Paris: Flammarion.

Kandel,E. Schwartz,J. y Jessell,M (1998) *Neurociencia y conducta*. Madrid. Prentice Hall.

Karmiloff-Smith,A (1995): *Más allá de la modularidad*. Madrid. Alianza

Lichtheim,L. (1885): *On aphasia*. Brain. 7. 433-489.

Marr,D. (1982): *Vision*. San Francisco. Freeman.

Posner, M. y RAICHLE, M. (1994). *Images of Mind*. N. York: Scientific American Library

Wernicke,C (1874) *Der aphasic symptom complex*. Breslau. Kohn_Weigart. Trad. En R.S. Cohen y M.W. Wartofsky (eds) *Boston Studies in The Philosophy of Science*. Boston. Reidel.