

RAZONAMIENTO Y REPRESENTACIONES MENTALES: LOS LÍMITES ENTRE LÓGICA Y PSICOLOGÍA¹

REASONING AND MENTAL REPRESENTATIONS: BOUNDARIES BETWEEN LOGIC AND PSYCHOLOGY

LAUTARO QUIROGA

Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
lautaroquiroga@gmail.com

Recibido: 15-03-2013. **Aceptado:** 16-07-2013.

Resumen: Lógica y psicología han sido consideradas como disciplinas diferentes en cuanto a sus objetos explicativos. La naturaleza de la lógica se considera *normativa* y no-cognitivist porque niega el rol de componentes psicológicos durante una inferencia mientras que la psicología del razonamiento sería *descriptiva* porque caracteriza a los procesos y unidades cognitivas que intervienen en el razonamiento. La oposición entre lógica y psicología se ha reflejado en el debate reglas/modelos mentales y no ha llegado a una comprensión cabal del formato cognitivo de los razonamientos. El desarrollo de la lógica *default* ha reformulado la oposición entre la tesis de la lógica mental y la tesis de razonamiento basado en modelos. Los condicionales *default* muestran analogías funcionales con los modelos mentales y explican de mejor forma las relaciones informacionales entre premisas y conclusiones. Esto permite formular la hipótesis de que existe un tipo de inferencia pragmática relacionada a procesos de extracción de información contextual en un nivel doxástico que interviene en fenómenos de la comunicación tales como las implicaturas conversacionales. Por consiguiente, la noción de formato cognitivo conecta a la lógica y a la psicología a la exigencia común de explicar las estructuras mentales y el contenido informativo que subyace a esquemas de secuencias deductivas.

Palabras clave: Filosofía de la Ciencia Cognitiva, lógica default, representación, información, razonamiento.

Abstract: Logic and psychology have been considered as different in their explanatory objects. The nature of logic is normative and non-cognitive because it denies the role of

¹ Investigación desarrollada en el marco del Proyecto Fondecyt N° 1120095 año 2012-2014, con los investigadores Alejandro Ramírez y Guido Vallejos.

psychological components during an inference while psychology of reasoning would be descriptive because it characterizes cognitive processes and units involved in reasoning. The opposition between logic and psychology is reflected in the rules/mental models debate and has not come to a full understanding of cognitive reasoning format. The default logic development has reformulated the opposition between the theory of mental logic and the theory of model-based reasoning. The default rules show functional analogies with mental models and explain better informational relations between premises and conclusions. This allows us to formulate the hypothesis that there is a kind of pragmatic inference processes related to contextual information extraction in a doxastic level involved in communication phenomena such as conversational implicatures. Therefore, the notion of cognitive format connects to logic and psychology to explain common requirement of mental structures and the information content underlying deductive sequence schemes.

Keywords: Philosophy of Cognitive Science, default logic, representation, information, reasoning.

1. Introducción

DESDE LA TEORÍA SILOGÍSTICA de Aristóteles hasta la obra de Frege y la lógica formal de fines del siglo XIX, la lógica puede considerarse focalizada en el razonamiento deductivo, entendido como el resultado de reglas o esquemas de inferencias, siendo la determinación de su validez el objetivo central de esta disciplina. Esta tendencia en la historia de la lógica llevó a una visión normativa de su naturaleza. La visión normativa de la lógica sostiene que su función es prescribir las formas adecuadas de razonamiento. Su carácter normativo limita a la lógica al dominio de la validez de las inferencias soslayando la posibilidad de describir los procesos relacionados a razonamientos cotidianos deductivamente inválidos. En la lógica aristotélica, la validez de los argumentos deductivos (silogismos categoriales) resulta cuando la verdad de la conclusión está garantizada por la verdad de las premisas: “[...] su validez no depende del significado de los términos involucrados” (Fisher, 2008: 10). Pero, además, la visión normativa de la lógica encuentra fundamentos en el espíritu antipsicologista desarrollado por Frege a fines del siglo XIX. En el ensayo *El pensamiento: una investigación lógica* (1972) Frege sostiene que los pensamientos no son ni cosas del mundo exterior ni representaciones (entendidas como el contenido perteneciente a la conciencia de un portador). De esta forma, lo que en código psicológico es el contenido de una representación mental durante el desempeño de una deducción, no forma parte del objeto explicativo de la lógica formal.

La oposición entre lógica y psicología se ha articulado en la psicología del razonamiento originando dos tesis posturas: la tesis de la lógica mental y la tesis de modelos mentales. El problema filosófico para estas teorías está

en mostrar el tipo de entidades o unidades cognitivas que subyacen a una secuencia de razonamiento. Por formato cognitivo se entiende a aquellas unidades mentales que poseen la propiedad de interactuar con estados de cosas del mundo mediante relaciones informacionales. Mientras la tesis de la lógica mental sostiene que las unidades involucradas en el proceso de razonamiento deductivo son reglas formales, la tesis de modelos mentales afirma la existencia de unidades cognitivas que establecen una relación de isomorfismo respecto a los estados de cosas del mundo originando el razonamiento de situaciones.

El desarrollo de las neurociencias cognitivas ha trasladado el debate reglas/modelos mentales al plano de los correlatos neurofisiológicos que subyacen a las secuencias de razonamiento. La existencia de evidencia neurofisiológica para ambas tesis vuelve necesaria la reflexión en torno a los fundamentos que guían las metodologías y los objetos explicativos de tales tesis. En relación a este estado de la discusión, la primera parte de este artículo busca esclarecer la cuestión de las condiciones de identidad (i.e., aquellos criterios de realidad psicológica que permiten definir un formato cognitivo) que subyacen a la categorización de las formas de razonamiento en el debate reglas/modelos mentales, para poner en cuestión la idea de que las explicaciones en psicología y en lógica no se interrelacionan significativamente. La segunda parte propone reformular el debate reglas/modelos mentales a la luz de las implementaciones en programas computacionales de formalismos no-monótonos, como las reglas *default*, con el fin de explicar procesos de razonamiento, reconociendo identidades entre las propiedades de condicionales *default* y ciertos fenómenos pragmáticos de la comunicación. Finalmente, se postula que el formato cognitivo constituye un *explanandum* para la lógica y la psicología que obliga a reflexionar en torno a sus límites y trabajo integrado.

2. La oposición entre lógica y psicología

En psicología del razonamiento la dicotomía entre lógica y psicología, ha dado origen a dos escuelas. Por una parte la escuela de la tesis de la lógica mental sostiene que el razonamiento deductivo procede con estructuras formales (expresadas y definidas por la lógica proposicional). En contra de esta idea la escuela de la tesis de modelos mentales (Johnson-Laird, 1983; Wason y Johnson-Laird, 1981; Nersessian, 1999, 2009), niega la posibilidad de que estructuras lógicas constituyan el mecanismo que subyace a los procesos cognitivos deductivos. Para éstos la lógica formal no aproxima

ninguna explicación de los fenómenos de razonamiento cotidiano, siendo más bien el razonamiento cotidiano el resultado de procesos de incorporación informativa basados en la percepción.

2.1. La tesis de la lógica mental

A fines del siglo XIX el desarrollo de la lógica formal contribuyó a que el razonamiento fuese tratado en términos de un cálculo proposicional que procedía con métodos, algunos de ellos derivados de la lógica matemática, y cuya finalidad era determinar la validez de las inferencias. El tratamiento con los métodos de los sistemas formales caracteriza a los razonamientos en virtud de su forma y no de su contenido como un proceso que opera con reglas y esquemas.

La tradición y tratamiento de la deducción y la noción de validez lógica derivaron en la denominada tesis de la “lógica mental”. Ésta sostiene que las inferencias deductivas resultan de la aplicación de reglas formales derivadas de un sistema axiomático o de esquemas de inferencia sobre representaciones, tal que razonar consiste en aplicar leyes o esquemas de inferencia. Un caso de este método es el *Modus Ponens*:

$$\begin{array}{c} A \rightarrow B \\ A \\ \hline B \end{array}$$

De acuerdo con la tesis de la lógica mental (Yang et al., 2005) las inferencias espontáneas dependen de la aplicación de una o varias reglas de inferencia que concatenan una rutina de “razonamiento directo”.

2.2. Evidencia neurofisiológica de la tesis de la lógica mental

Las bases neurofisiológicas del razonamiento provienen de estudios de neuroimagen y se han asociado esencialmente a las funciones corticales de redes fronto-parietales. La evidencia de neuroimagen relacionada a eventos en Reverberi et al. (2007) ha mostrado que existe activación del gyrus inferior de la corteza frontal (Área de Brodmann 44 y 6, en adelante BA) y uno en la corteza parietal inferior (BA 40), durante el procesamiento de formas de razonamiento condicional; *Modus Ponens*, y conjunción disyuntiva; o.

A favor de la tesis de la lógica mental Monti et al. (2007) sostienen que

la actividad cortical durante las inferencias deductivas queda mejor representada como una sucesión de etapas que progresivamente transforman las premisas hacia una conclusión (Monti et al., 2007: 1014). En dicho trabajo se postula una red que se distribuye en las regiones prefrontal inferior, frontal superior lateralizada en el hemisferio izquierdo y con contribuciones parietales lateralizadas. La red es disociable en regiones contenido-independientes (BA 10p y BA 8) y contenido-dependientes (BA 6,7, 40 y 47) (ver Figura 1). Las regiones contenido-independientes representan y transforman las estructuras formales, mientras que las contenido-dependientes mantienen la identidad de las variables lógicas como función del contexto lexical. Según los autores, el área BA 10p involucra variadas operaciones en especial las relacionadas a logros mientras que BA8 está involucrada al control ejecutivo (Posner y Deheani, 1994). Paralelamente, la región BA 47 se considera involucrada en el procesamiento de contenido abstracto, y el BA 6 en conductas motoras como el movimiento del ojo en tareas de lectura.

Para los autores la red aporta evidencia de que el razonamiento consta de una transición de etapas desde las premisas hacia la conclusión que se relaciona con la actividad de la corteza prefrontal rostral-lateral BA 10p, y que está asociada a funciones ejecutivas que manipulan conectivas lógicas y no involucran la activación de estructuras parietales del hemisferio derecho. Según Monti et al. (2007), esto permite sostener la tesis de que el razonamiento procede con las reglas que describe la lógica formal.

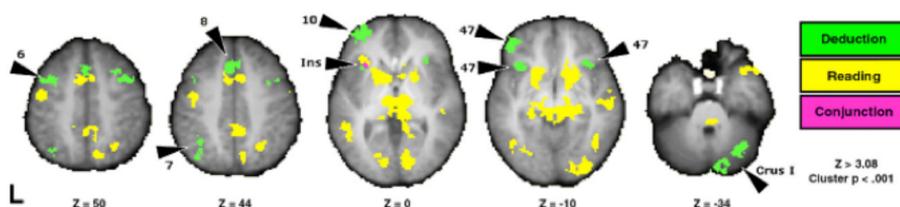


Figura 1.

En la Figura 1 los registros de neuroimagen muestran los datos de grupo en el Experimento I. El experimento consiste en enfrentar a 22 sujetos (10 hombres y 12 mujeres) a estímulos correspondientes a 8 formas condicionales divididas en argumentos válidos (complejos y simples) e inválidos (complejos y simples) [Ver tabla 1]. Las áreas activadas por la lectura inicial (primeros 2 segundos de todos los ensayos) se muestran en amarillo. Las áreas específicamente aisladas por análisis de deducción de complejo-simple

(a través de estatus lógico y contenido semántico) se muestran en verde. La región insular, en color rosa, muestra respuesta en ambas tareas. Los números en etiquetas de punta de flecha indican las áreas de Brodmann.

Tabla 1.

Experiment I			
Argument Status	Formal Arguments	Block Instantiation	Abstract Instantiation
Valid, Simple	$(P \vee Q) \Rightarrow \neg R$	If the block is either round or large then it is not blue.	If there is either sug or rop then there is no tuk.
	P	The block is round.	There is sug.
	$\therefore \neg R$	\therefore The block is not blue.	\therefore There is no tuk.
Valid, Complex	$(P \vee Q) \Rightarrow \neg R$	If the block is either red or square then it is not large.	If there is either bep or tuk then there is no gez.
	R	The block is large.	There is gez.
	$\therefore \neg P$	\therefore The block is not red.	\therefore There is no bep.

En la Tabla 1 se muestran las equivalencias entre los argumentos válidos y las oraciones en lenguaje natural utilizadas en el Experimento 1 de Monti et al. (2007). Los sujetos fueron enfrentados a esta clase de oraciones en lenguaje natural.

2.3. Críticas a la Tesis de la Lógica Mental

La objeción central a la tesis de la lógica mental se basa en la afirmación de que no existe evidencia del vínculo entre la aplicación de reglas formales y la conducta de los razonadores. En lógica clásica el cálculo de las condiciones de verdad de un enunciado se circunscribe a una lógica formalizada tal que el razonamiento se representa como el resultado de la aplicación de reglas de derivación o esquemas de inferencia. La ‘doctrina de la lógica mental’ solamente considera a las deducciones en virtud de su validez y la semántica de la lógica axiomática es veritativo-funcional, luego lo que define la validez de las inferencias es su forma y no de su contenido. Las deducciones son el resultado de la aplicación de reglas sobre representaciones símiles de proposiciones. De esta forma, las reglas de derivación de la lógica no aproximan su explicación hacia el espectro de procesos mentales que gobiernan las deducciones de la vida ordinaria. Entender al razonamiento como involucrando recursos de lógica mental –reglas de inferencia y/o esquemas de deducción natural– no pone de manifiesto cómo las condiciones de verdad de las conectivas son representadas ni cómo son adquiridas y limita a los

razonamientos a un proceso de relleno de las formas lógicas de las premisas en conjunto con reglas de inferencia que permiten derivar una conclusión.

Para Johnson-Laird (1983) la explicación del razonamiento válido que apela a una lógica mental y que propone esquemas de inferencia presenta problemas empíricos, esto es, la falta de evidencia para sostener que la mente posee esquemas de deducción natural. Para Johnson-Laird los procedimientos efectivos funcionan como un criterio de explicación psicológica; las teorías psicológicas deben ser expuestas y evaluables en términos de procedimientos efectivos.

El ejemplo de procedimiento efectivo de interés aquí es el experimento de las cartas de Wason y Johnson-Laird (1972) cuya finalidad era mostrar que el razonamiento proposicional deductivo no es el resultado de un proceso de derivación sintáctico, sino más bien el resultado de conocer las condiciones de verdad de las conectivas, la habilidad para sustituir un valor de verdad por una proposición y la capacidad para trabajar sobre los efectos de la sustitución en una proposición compleja (Johnson-Laird, 1983: 46).

El experimento de las cartas consiste en presentar una tarea simple: un experimentador pone 4 cartas en frente de un sujeto, que tienen los siguientes símbolos:

E K 4 7

El sujeto es informado sobre el hecho de que cada carta tiene un número en un lado y una letra en el otro. El experimentador presenta la siguiente generalización: "Si una carta tiene una vocal en un lado, entonces tiene un número par en el otro". El objetivo de la tarea consiste en que el sujeto debe seleccionar las cartas que han de ser giradas para encontrar si la generalización es verdadera o falsa. Lo que se ha de determinar es qué cartas son relevantes para determinar el valor de verdad de la generalización. El resultado es que casi todos los sujetos consideran necesario girar la carta con la vocal; si ésta tiene un número par en su contraparte, entonces la generalización no queda afectada pero si tiene un número impar, entonces la generalización es simplemente falsa. La decisión de girar la carta con vocal equivale a la de girar la carta con el número impar, puesto que ambas podrían revelar casos de una vocal combinada con un número impar y, por consiguiente, refutar la generalización. La respuesta correcta es que las cartas que han de girarse son la E y la 7.

El objetivo de la tarea es mostrar la dificultad que supone el coordinar principios sintácticos en las inferencias con independencia del contenido de los materiales. Por esta razón es que el resultado varía notablemente cuando las cartas proveen información relevante y relaciones significativas. Por

ejemplo, sustituyendo las letras y números por destinos de viaje y medios de transporte (Wason y Shapiro, 1971; Johnson-Laird, 1983):

Manchester Sheffield Tren Automóvil

Donde la regla general es “Cada vez que viajo a Manchester, viajo en tren”. En el ejemplo, 60% de los sujetos considera necesario girar la carta “Automóvil”. Si ésta carta tiene “Manchester” al otro lado, entonces la regla es sencillamente falsa. La elección de respuestas correctas aumenta con la incorporación de materiales reales o con condiciones deónticas, es decir, con representación de leyes.

La evidencia anterior muestra la existencia de casos de inferencias válidas que proceden sin el recurso de las reglas y esquemas de inferencia, los cuales se revelan como insuficientes para definir el significado de las conectivas y caracterizar los procesos involucrados. Como hipótesis Johnson-Laird (1983) sostuvo que los sujetos, en lugar de pensar de forma veritativo-funcional, construyen modelos de estados de cosas descritos en las premisas sobre la base de su conocimiento general y su conocimiento de contexto. Las personas seguirían heurísticas extra-lógicas en inferencias espontáneas guiadas por principios que mantienen el mismo contenido semántico expresado en las premisas pero con mayor economía lingüística.

En síntesis, la objeción a la tesis de la lógica mental sostiene que los recursos de lógica formal no ponen en evidencia el rol de la información (contextual, perceptual) durante el proceso de deducción y como resultado su capacidad descriptiva es limitada respecto de las formas de razonamiento cotidianas. Sin embargo, la objeción a la tesis de la lógica mental se funda en la idea de que la lógica formal utiliza métodos como la teoría de la prueba (una rama de la lógica matemática que trata a las demostraciones como objetos matemáticos) caracterizando el proceso como uno de naturaleza puramente sintáctica. En la sección 2 de este artículo se argumentará que este supuesto no es completamente correcto y que sobre todo los modelos computacionales plantean un nexo entre lógica y psicología contradiciendo la tesis de que ambas disciplinas se constituyen de explicaciones que no se interfieren en el dominio de sus supuestos sustantivos.

2.4. La tesis de modelos mentales

La hipótesis de modelos mentales sostiene que el razonamiento resulta de la construcción de estructuras analógicas que reflejan estados de cosas del

mundo (Johnson-Laird, 1980, 1983; 1988; Johnson-Laird y Byrne, 1991). Un modelo mental no requiere de la aplicación de reglas ni de esquemas de inferencia, sino que es un proceso relacionado a la comprensión del discurso que deriva de la construcción de un modelo inicial espontáneo e involucra ciclos evaluativos altamente dinámicos con el ambiente (Johnson-Laird, 1983; Garnham, 1987). Los modelos mentales permiten representar aspectos como los de locación o movimiento de forma más espontánea que los esquemas deductivos.

Los modelos mentales son funcionalmente definidos como unidades organizadas de conocimiento basadas en la percepción y altamente dinámicas con el ambiente que involucran *loops* evaluativos y correctivos. La hipótesis de modelos mentales sostiene que el razonamiento cotidiano procede sin la utilización de reglas inferenciales sintácticas ni esquemas de inferencia. Los modelos actúan de forma relevante durante aquellos razonamientos que involucran relaciones espaciales o simulación espacial. En términos de formato cognitivo, se definen como representaciones modales con estructura icónica: “Un modelo natural del discurso tiene una estructura que se corresponde directamente con el estado de cosas que describe el discurso” (Johnson-Laird, 1983: 125).

La teoría de modelos mentales clásica presenta un formato de representación alternativo a las representaciones proposicionales y a las imágenes. En su formulación clásica (Johnson-Laird, 1983, 1988) el proceso de razonamiento puede utilizar los tres formatos de representación según el caso. Si bien para Johnson-Laird, la estructura de los modelos está fuertemente basada en la percepción, el contenido de los conceptos no. A partir de primitivos conceptuales se componen campos semánticos que junto a operadores semánticos construyen conceptos más complejos o alejados de la percepción. Las combinatorias que dan lugar a esta manera de organizar el conocimiento perceptual, no son estrictamente dependientes de la percepción sino que exigen operaciones de abstracción de esos contenidos. Esto hace que el contenido de dichos conceptos se conciba como integrado a procesos de abstracción más especializados.

2.5. Evidencia neurofisiológica de la tesis de modelos mentales

La hipótesis de los modelos mentales como un formato cognitivo distinto a las proposiciones y las imágenes requiere un conocimiento acerca de la relación posible entre estos formatos. En principio, existe evidencia de que si bien áreas lingüísticas subyacen a la comprensión de las premisas el razonamiento, tal como la teoría de modelos mentales predice, también implica a las regiones

parietales consideradas mediadoras de las representaciones espaciales incluidas las regiones en el hemisferio derecho. Esta actividad no es modelada según las teorías de reglas formales de razonamiento (Knauff et al., 2003: 567) debido a que no explican el rol de regiones asociadas al procesamiento visual, y para los teóricos de modelos mentales es evidente que mucho del razonamiento cotidiano opera sobre la base de representaciones icónicas.

La evidencia proveniente de estudios de neuroimagen muestra que el razonamiento activa áreas de la corteza parietal superior y el precuneo. En estos registros, la corteza parietal aparece desempeñando un papel importante en el procesamiento espacial y en la integración de la información sensorial de todas las modalidades en las representaciones espaciales egocéntricas. La activación de esta área también se interpreta como la indicación del uso de la memoria de trabajo espacial. En tercer lugar, la evidencia de que el razonamiento basado en relaciones visuales genera actividad adicional en la corteza de asociación visual (V2) relaciona al proceso de razonamiento con las áreas occipitales. La región V2 región de la corteza occipital está siempre activa cuando los participantes visualizan objetos en función de las descripciones verbales o experiencia previa (Knauff et al., 2003: 565). También se han postulado redes funcionales que subyacen a la cognición espacial y a la navegación espacial, que consideran a las regiones parieto-occipitales como implicadas en la computación de representaciones centradas en la cabeza para producir representaciones espaciales del medio ambiente que se llevan a cabo en el precuneo (Burgess, Maguire, Spiers, y O'Keefe, 2001).

La evidencia a favor de los modelos mentales, que resulta relevante para la discusión del formato cognitivo, se encuentra los estudios de neuroimagen de Fangmeier et al. (2006). En dicho estudio se asocian correlatos neurofisiológicos visuo-espaciales con la variación de los patrones de actividad cortical durante las distintas fases de un silogismo con contenido espacial. El resultado de los registros de fMRI es la postulación de tres fases durante el razonamiento (Ver Figura 2):

1. *Fase de procesamiento*: la premisa activa dos grandes regiones bilaterales en la corteza occipito-temporal (OTC). Los autores sugieren que durante esta fase los razonadores mantienen las premisas en la memoria de trabajo mediante estrategias visuales.
2. *Fase de integración*: es la integración entre la primera y segunda premisa, que activa el OTC e intensamente la corteza prefrontal anterior (APFC), el grupo en APFC cubrió la corteza frontal medial (BA 10) y la corteza cingulada anterior (BA 32). En esta fase, los razonadores construyen un modelo único e integrado de la situación descrita en las premisas.

3. *Fase de validación:* durante la evaluación de la conclusión, se activan tres regiones: dos en la corteza prefrontal (PFC) y una en la corteza parietal posterior (PPC). Más precisamente, los grupos en el PFC se encuentra en el gyrus frontal medial (BA 9, 8, y 6), en el hemisferio derecho se extiende hasta la frontal medial y la corteza cingulada anterior (BA 32). La activación del PPC cubre las partes del precuneo (BA7) y al lóbulo parietal y superior (BA 7, 40) en ambos hemisferios.

En principio, las áreas de asociación visual juegan un rol en el procesamiento de la premisa, mientras que las regiones parietales son relevantes en procesos posteriores en representaciones espaciales más abstractas, en particular, cuando el modelo debe ser verificado.

El componente visuoespacial de los modelos mentales confirma la hipótesis de que éstos poseen tanta estructura icónica como sea posible (Goodwin y Johnson-Laird, 2005) y que las relaciones espaciales facilitan el razonamiento en comparación con las relaciones visuales que tienden retrasarlo; según los autores las imágenes son más difíciles de procesar (en parámetros de tiempo) que los modelos espaciales porque éstos se construyen mapeando objetos físicos y su distribución. Para Knauff et al. (2003) el razonamiento se basa en modelos espaciales e involucra áreas corticales parietales que subyacen a la memoria de trabajo espacial, a la percepción y el control del movimiento.

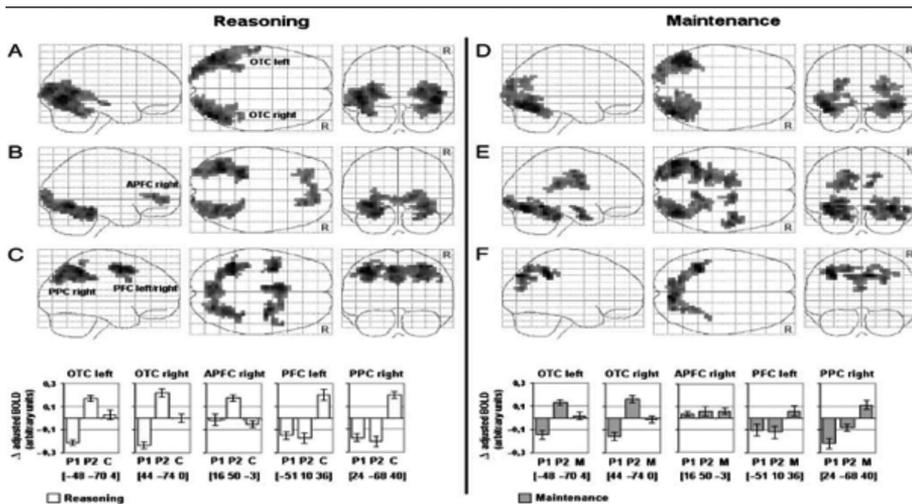


Figura 2.

En la Figura 2 se muestra el resultado del registro de fMRI. Se muestra las regiones activadas subdivididas en etapas de razonamiento y mantenimiento, donde toman las tres fases, tal que los *problemas de razonamiento* involucran: (A) la fase de procesamiento premisa, (B) Fase de integración, (C) Fase de validación. Los *problemas de mantenimiento* involucran: (D) fase de procesamiento de premisa, (E) fase de mantenimiento de premisa, y (F) la fase de validación.

En resumen, la teoría de modelos mentales sostiene que los modelos son un formato de representación con estructura icónica en contraste a las representaciones proposicionales que son *language-like*. En la teoría de modelos clásica (Johnson-Laird, 1983, 1988, 1995) existen *tokens* amodales y este trabajo ha expuesto alguna evidencia acerca de los correlatos neurofisiológicos involucrados en el procesamiento de silogismos. Sin embargo, el vínculo de las estructuras simbólicas amodales y los modelos mentales no ha sido explicado a partir de un concepto de formato cognitivo. Parte de la investigación acerca de modelos mentales ha caracterizado al formato de modelos desde la “cognición corporalizada”, basándose en la idea de que los conceptos son estructuras neurales que forman parte de o hacen uso del sistema sensoriomotor (Nersessian, 2009). Identificar correlatos neurales con el razonamiento deductivo no equivale a responder a la pregunta acerca de cómo se representa la información en dichos procesos y cómo se relacionan las regiones a cargo de procesamiento de información subdoxástica con los procesos doxásticos involucrados en este tipo de secuencias de razonamiento.

La cognición corporalizada no caracteriza una noción de formato cognitivo que pueda vincular a las estructuras neurales con estructuras simbólicas amodales. Por lo tanto, no plantea posibilidades para una ontología conceptual basada en la noción de formato cognitivo. En la medida que el debate reglas/modelos está limitado respecto a este objeto explicativo, la noción de formato cognitivo aparece como un *explanandum* para la psicología cognitiva. Este *explanandum* constituye un ámbito común para lógica y psicología.

3. Lógica *default* y psicología cognitiva

La dicotomía reglas/modelos mentales no ha permitido integrar de forma coherente la variedad de evidencia acerca del razonamiento y como resultado nociones sustantivas como la de contenido informativo y de formato cognitivo permanecen sin explicación. De la misma forma dicha dicotomía no permite pensar una relación entre lógica y psicología. Al hablar de formato cognitivo y contenido informativo, se está haciendo referencia a nociones

comprometidas con la naturaleza o el estatus ontológico de las estructuras cognitivas. Ambas nociones constituyen un *explanandum* fundamental para la psicología ya que buscan alcanzar una comprensión del diseño de la mente y su funcionamiento desde un dominio ontológico. Un análisis de esta naturaleza busca diferenciar y esclarecer aquellos supuestos acerca del diseño y funcionamiento de la mente que guían el quehacer metodológico en ciencia cognitiva.

Una limitación teórica desde la filosofía de la lógica es la visión descriptiva de la psicología versus la visión normativa de la lógica. En relación al razonamiento, la primera sostiene que la psicología es una disciplina que describe secuencias de razonamiento real mientras que la segunda sostiene que la lógica es una ciencia normativa que busca la validez de dichos razonamientos. Como señala Fisher (2008: 170), la visión normativa de la lógica afirma la naturaleza no cognitiva de la lógica, pues niega o al menos no se pronuncia acerca de la posibilidad de que las oraciones de un sujeto puedan representar hechos.

Ambas posturas acerca de la relación entre lógica y psicología serán cuestionadas. El desarrollo de la lógica *default*, su implementación en lógica de programación y redes neurales ha reformulado la oposición entre la tesis de la lógica mental y la tesis de razonamiento basado en modelos. Esto permite formular la hipótesis de que existe de un tipo de inferencia pragmática relacionada a procesos de extracción de información contextual en un nivel doxástico que interviene, especialmente, en fenómenos de la comunicación tales como las implicaturas conversacionales. Las investigaciones en el campo de la lógica, la pragmática y neurociencia en torno a las inferencias, permiten sostener identidades funcionales y estructurales que avalen la hipótesis de que el razonamiento *default* interviene en la computación de determinados fenómenos pragmáticos y puede involucrar áreas de procesamiento comunes a las involucradas en la cognición social. Para comprender la naturaleza de esta propuesta se hará referencia a algunos conceptos centrales de los condicionales *default*.

3.1. Formalismos de la lógica no-monótona

La lógica no-monótona dentro de la que se inscribe la lógica *default* es entendida como un conjunto de marcos formales que buscan representar las denominadas inferencias *default* (Antonelli, 2012). Para algunos como Buaccar (2004), los razonamientos *default* no constituyen, en esencia, una lógica puesto que carecen de una caracterización metateórica de inferencia.

No obstante, la consideración de este tipo de formalismos como lógica depende del concepto en uso y, por ende, variable de la noción de consecuencia lógica. De cualquier forma, las inferencias o razonamientos *default* son aquellos razonamientos donde aun partiendo de premisas verdaderas la conclusión puede ser falsa (Buaccar, 2004). Como señala Carnota (1995), “los razonamientos no-monótonos son procedimientos que establecen reglas de inferencia que permiten <saltar a conclusiones no establecidas deductivamente a partir de las premisas>”. Las inferencias son llamadas “no-monótonas” porque el conjunto de conclusiones garantizadas sobre la base conocimiento [BC], dado como un conjunto de premisas, no aumenta (de hecho, puede reducir de tamaño) con el tamaño de la base de conocimientos misma. Esto contrasta con el estándar de marcos lógicos (por ejemplo, el de la lógica clásica de primer orden) en donde sus inferencias, siendo deductivamente válidas, no se pueden “deshacer” con nueva información. En la teoría de Reiter (1978): un default como cualquier expresión como ésta:

$$\frac{\alpha(x) : M\beta_1(x), \dots, M\beta_m(x)}{w(x)}$$

En donde $\alpha(x) M\beta_1(x), \dots, M\beta_m(x), w(x)$ son fórmulas bien formadas y las variables libres que están entre $x = X_1, \dots, X_n$. $\alpha(x)$ son el prerequisite del default y donde $w(x)$ es la conclusión. Un default es cerrado si y sólo si ninguno de los $\alpha(x), M\beta_1(x), \dots, M\beta_m(x), w(x)$ contiene una variable libre. Este tipo de inferencias se definen a partir del formalismo denominado Supuesto de Mundo Cerrado [SMC]. Este supuesto sostiene que si cierta información no se puede extraer de una determinada base de datos, entonces podemos suponer que vale su negación, dado que ella es consistente con el resto de la información disponible. De esta forma:

Si no es cierto $\Delta \vdash A$, entonces $\Delta \vdash \neg A$

Donde,

Δ = el conjunto de información disponible o Base de Conocimiento [BC]

A = fórmula o enunciado en el lenguaje en cuestión.

\vdash = deductor.

\vdash = relación de consecuencia no-monótona.

Carnota (1995: 189) define la SMC de la siguiente forma: si una porción

atómica de información no se puede extraer de la base de datos, se supone que vale su negación, y además, precisa que una regla de SMC de la forma: Si $BC \vdash P(t)$ entonces $BC \vdash \neg P(t)$ es:

- (1) una regla de tipo global pues depende de todas las consecuencias de BC.
- (2) la inferencia depende los conocimientos presentes en BC, pero también de los ausentes.
- (3) Si bien la regla no es segura hay un criterio de resguardo de consistencia que estipula que $\neg P$ se satisfaga en al menos alguno de los mundos descritos en la BC.
- (4) Satisfechas las garantías se incorpora $\neg P(t)$ a las consecuencias ampliadas de la BC: los modelos de la BC ampliada serán el subconjunto de los modelos de la BC en que se satisface $\neg P(t)$.

La lógica no-monótona consta de formalismos que conforman un lenguaje por lo que algunos la han caracterizado como un conjunto de parámetros (Stenning y Van Lambalgen, 2008). Comúnmente, el conjunto de parámetros involucra la elección de (1) un lenguaje formal, (2) una semántica para el lenguaje formal, y (3) una definición de argumentos válidos en un lenguaje. Finalmente, este conjunto de parámetros permite formalizar dominios y, por lo tanto, opera como un lenguaje de representación.

De acuerdo a Stenning y Van Lambalgen (2008) la capacidad expresiva de la lógica no-monótona permite esclarecer el problema de la representación y la implementación con las que operan los razonamientos. Al hablar de representación e implementación los autores se refieren a que, en general, las explicaciones en psicología del razonamiento no enfocan la semántica de las interpretaciones. Esta limitación se pone de manifiesto en la tarea de las cartas de Wason (1972): “El fenómeno observado es manejado por procesos interpretativos. Ninguna de las teorías tomó el fenómeno siendo un fenómeno primariamente interpretativo [...]” (Stenning y Van Lambalgen, 2010: 228). La posibilidad de las reglas *default* de enfocar contextos descansa en la expresividad de lenguajes de programación, que permiten la representación de anomalías a través de condicionales basados en la SMC.

Los condicionales de la forma: “Si no es cierto $\Delta \vdash A$, entonces $\Delta \vdash \neg A$ ”, son leídos como: “Si no es cierto que un enunciado A es consecuencia (\vdash) del conjunto de información disponible o conocimiento de base (Δ), entonces no es el caso que el enunciado A no sea una consecuencia no-monótona (\vdash) del conjunto de información disponible (Δ). Para esclarecer la utilidad de la SMC, es mejor formalizar el siguiente enunciado: “Si Juan ve a María reír y ninguna información contraria se presenta, entonces

creerá que está feliz” o $p \wedge \neg ab \rightarrow q$. En esta formalización es posible, por ejemplo, introducir reglas del tipo: $c \rightarrow ab$, donde, por ejemplo, c denote “María ríe porque experimenta ansiedad”, de forma tal que q no se sigue sólo de p . De esta manera lo denotado por “ $\neg ab$ ” constituye un enunciado atómico que permite la representación de anormalidades. Las anormalidades corresponden a la información nueva que vuelve *derrotable* al condicional. En cambio, en la noción de consecuencia clásica no es posible que siendo p verdadero q sea falso. En lenguaje psicológico esto se traduce en que es posible partir de información verdadera y derivar información falsa. Al contrario, en el ejemplo, la información ab equivalente a “María ríe por ansiedad” constituye información de *background* o BC (que puede ser previa o puede constituir un paso en la secuencia de razonamiento) y juega un rol en la conformación de interpretaciones *default*.

Para la lógica formal la consecuencia lógica es entendida como una estructura que preserva la verdad. En cambio, la forma de los condicionales *default* plantea una noción informacional de consecuencia lógica. Entre las propiedades de las inferencias *default* se encuentra la capacidad de extraer información en contextos donde no hay información literal, explícita y se derivan conclusiones que son revisables. De esta manera, la extracción de información es un proceso de síntesis entre las premisas tomadas como verdaderas y el conocimiento medioambiental que puede ser incorporado como conocimiento de *background* y que determina la formación de interpretaciones acerca de estados de cosas: “Imponemos interpretaciones al discurso antes de que podamos razonar aquellas interpretaciones, y generalmente comenzamos razonando hacia las interpretaciones como si sus suposiciones fuesen totalmente ciertas *dentro de aquellas interpretaciones*” (Steninger y Van Lambalgen, 2010: 85). La extracción de información involucra la construcción de un modelo mínimo con premisas preprocesadas y una lectura de las premisas.

3.2. Condicionales default y pragmática

Las teorías clásicas que analizan la relación entre la lógica *default* e interpretaciones pragmáticas discuten si las interpretaciones *default*, que comprenden intenciones comunicativas, involucran o no procesos inferenciales conscientes. Como señala Jaszczolt (2010: 1): “[...] la interpretación *default* de las emisiones de los hablantes es normalmente entendida como el significado saliente intencionado (*intended*) por el hablante, o supuesto por el destinatario siendo intencionado”. Las teorías disponibles como la tesis de

las implícitas (Bach, 1984); la tesis del significado presupuesto (Levinson, 2000); la tesis de las reglas de estructura retórica (Asher y Lascarides, 2003) o la tesis del anti-inferencialismo pragmático (Recanati, 2000), no constituyen alternativas suficientes, aunque sí estén orientadas hacia una comprensión cabal de los condicionales *default* y su relación a fenómenos pragmáticos de la comunicación.

Existe un vínculo entre reglas *default* y pragmática. Para la pragmática la caracterización del significado exige considerar las situaciones de emisión de los enunciados (Escandell, 1996). El reconocimiento de diferencias entre el “decir” (lo comunicado) y el “querer decir” (la intención comunicativa), que eran salvadas por inferencias llevó a la comprensión de la comunicación como un proceso que involucra inferencias. Según Grice (1991) existe un principio que regula la interpretación de enunciados. Este principio denominado “Principio de Cooperación” dice: “Haga usted su contribución a la conversación tal y como lo exige, en el estadio en que tenga lugar, el propósito o la dirección del intercambio que usted sostenga” (Grice, 1991: 516). En Grice el intercambio comunicativo involucra que los hablantes respetan cuatro máximas conversacionales: cantidad, cualidad, relación y modo. La violación de una de estas máximas puede derivar en un proceso de inferencial que busca recuperar la intención comunicativa del hablante. Como señala Escandell (1996), la violación de alguna máxima y el principio de cooperación permite categorizar fenómenos comunicativos donde “lo que se dice” (contenido proposicional) no es idéntico a “lo que se comunica” (contenido implícito o implícitas).

Uno de los fenómenos comunicativos considerados ampliamente por la pragmática son las implícitas conversacionales [IC]. Las IC son aquellas implícitas donde se reconstruye el contenido auténtico que se ha tratado de comunicar, en relación a un contexto. Hay elementos que permiten sostener cierto isomorfismo entre las IC y propiedades de condicionales *default*. Para notar esta relación vale recordar que las propiedades de las IC son:

(i) Cancelabilidad: IC son cancelables; un enunciado puede invalidar alguna de sus cláusulas.

(ii) No separabilidad: IC que no se basan en la violación de las máximas de manera dependen del contenido expresado, y no del particular modo de expresarlo.

(iii) No convencionalidad: IC no forman parte del significado convencional de las expresiones a las que se ligan.

(iv) No deducibilidad lógica: IC no son propiedades lógicamente deducibles.

(v) Indeterminación: Lo que se implica conversacionalmente posee un cierto grado de indeterminación.

Como se expuso, la lógica *default* se relaciona a situaciones donde la disponibilidad de información deriva en la formación de interpretaciones *default*. Por esta razón, creo posible establecer condiciones de identidad entre los procesos involucrados en la formación de interpretaciones *default* y propiedades de implicaturas. En concreto, las propiedades (i) y (iv) coinciden con la propiedad de la derrotabilidad en los condicionales *default*. La propiedad (v) se identifica al hecho de que la relación entre las premisas y la conclusión, sea entendida en términos informativos más bien que veritativo-funcionales. Se trata, entonces, de inferencias no seguras. Esto es consistente con el hecho de que para la semántica *default*, existen tres valores posibles para un enunciado: 1) verdadero, 2) falso, y 3) no decidido. En particular la propiedad (v) estaría involucrada con el tercer valor.

En general, es posible sostener que existe una correspondencia entre las interpretaciones *default* y las intuiciones de los razonadores, las cuales pueden depender de su conocimiento de *background*. Precisamente, lo que diferencia a las inferencias *default* de otras inferencias tradicionales como la deducción y la inducción, es la propiedad de incorporar enunciados atómicos que median la relación entre las premisas y la conclusión. Tales enunciados pueden ser interpretaciones referidas a estados de cosas del mundo o a las intenciones comunicativas de otros y sus significados. En este sentido, existen alcances con la propuesta pragmática de Bruno Bara (2010). De acuerdo a Bara, la reconstrucción del significado del hablante es una etapa en el proceso global de la conversación que no involucra inferencias, dado que el compañero debe reconocer la oferta en un juego de conducta en cualquier forma en que se exprese la jugada. Bara (2010) sostiene que existe una cadena inferencial que va desde el significado del hablante (creencias compartidas) hacia el efecto comunicativo (conjunto completo de estados mentales adquiridos o modificados como resultado de las intenciones comunicativas expresadas por el actor). Si bien sostiene que las reglas *default* no participan ni en el efecto comunicativo ni en la reconstrucción del significado del hablante, les asigna un rol en la determinación del dominio de creencias compartidas. El uso de reglas *default* en el dominio de creencias compartidas está justificado por el hecho de que para asegurar que ella será entendida, el actor deberá determinar que cada desviación de los estándares comunicativos debe permanecer dentro del dominio de creencias compartidas. Esto autoriza al compañero a considerar cada acto comunicativo como estándar a menos que exista evidencia compartida de lo contrario (Bara, 2010: 151).

En resumen, existen fenómenos de la comunicación que aparecen involucrando al tipo de inferencias *default* que se ha descrito. En la medida que a causa de sus propiedades formales, la validez de estas inferencias depende del contexto, las interpretaciones *default* son entendidas como parte del proceso completo de formación de creencias (aspecto doxástico). Por consiguiente, las interpretaciones *default* son situadas en un nivel pragmático del lenguaje, y son entendidas como un punto de encuentro entre procesos cognitivos lingüísticos y no-lingüísticos, en donde se produce una interfaz entre elementos doxásticos y situacionales.

4. Interpretación *default* y neuropragmática

Las investigaciones en lógica e Inteligencia Artificial (Stenning y Van Lambalgen 2008, 2010; Anderson y Lebiere, 1998; Carnota, 1995) y en pragmática (Levinson, 1995; Recanati, 2002) en torno a las interpretaciones y procesos *default*, permiten afirmar la existencia de un tipo razonamiento pragmático que interviene en contextos informacionales donde se requiere interpretar las intenciones de otros y sus significados. Se ha argumentado que los razonamientos *default* están involucrados en el procesamiento de información pragmática. Hasta ahora, la no-monotonía, propiedad esencial de tales razonamientos, se ha caracterizado en términos proposicionales, y ha sido situada en un nivel doxástico. Pero, ¿cómo se representa la información pragmática en el cerebro? Para la tesis de las interpretaciones *default* aún no existen estudios concretos que confirmen el correlato neurofisiológico durante el procesamiento de condicionales *default*.

A pesar de la falta de investigaciones sobre la actividad neural durante el procesamiento específico de condicionales *default*, se ha propuesto la identidad entre determinados fenómenos pragmáticos y determinadas propiedades de condicionales *default*, descritos por la lógica no-monótona. La pragmática no ha presentado formalizaciones lógicas de las inferencias que intervienen en situaciones comunicativas que se basen en una noción de consecuencia lógica clara. En contraste, diversas lógicas han caracterizado nociones de consecuencia específica. Como se ha expuesto, los formalismos de la lógica no-monótona se han extendido hasta la lógica de programación computacional siendo modeladas en redes neurales (Hölldobler y Kalinke, 1994).

Stenning y Van Lambalgen (2010) ofrecen un enfoque de redes neurales basado en la lógica de programación. La red modelada por los autores es una red neural recurrente, que difiere de las redes de retroalimentación puesto que puede contener ciclos, que difieren de la propiedad de la recursividad

y más bien constituyen transiciones de estados de inhibición y excitación. La red consta de un conjunto de unidades conectadas por links excitatorios o inhibitorios (se eligieron links inhibitorios y no pesos negativos) de conducta input-output. Además la red consta de tres capas: input, output y escondida. En especial la capa escondida (ver Figura 1) se relaciona a anomalías que se representan como reglas de inhibición. En la forma condicional $p \wedge \neg ab \rightarrow q$, una regla de anomalía posible es: $\neg s \rightarrow ab$, donde ab es descompuesto por nodos $ab+$; $ab-$, que se localizan en el cuerpo de la cláusula menos $\neg ab$, que en este caso es sólo p y q . El umbral de $ab-$ es un pequeño valor positivo. La función de la unidad $ab+$, en la lámina superior, es sólo para interrumpir el flujo de la activación de p a q si la posibilidad de una excepción se presenta. La conexión desde $ab-$ hacia $ab+$ es, entonces, inhibitoria.

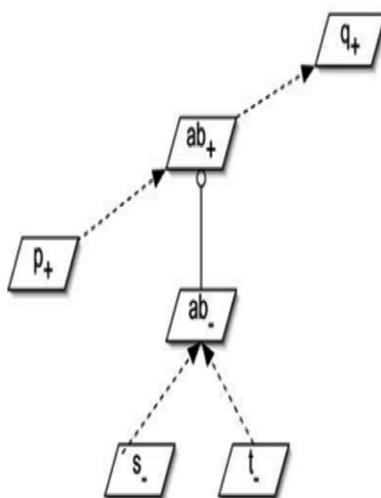


Figura 3.

En la Figura 3, la lámina “falsa” es pensada como la recopilación de información contextual relevante para la inhibición del enlace desde p hacia q . Esta información se resume en la unidad de $ab-$ antes de ser transmitida hacia $ab+$ en la lámina “verdadera”. Con el fin de visualizar los cálculos que implican anomalías neurales, es útil para permitir activaciones estrictamente entre 0 y 1. Primero supongamos que s_- , t_- no se activan en absoluto, ya sea porque las proposiciones s , t son conocidos para ser verdad, o porque no es todavía no vínculo de las unidades de $ab-$ en la memoria

de trabajo. Puesto que el umbral de $ab-$ es positivo, $ab-$ no se dispara, y por lo tanto la relación entre p y q no se interrumpe. Supongamos ahora la posibilidad de una excepción, como $\neg s$, se resalta. Esto no significa todavía que se sabe que s es falso, por lo que asumir esta posibilidad se representa como una pequeña activación en la unidad $-s$. Si esta activación es mayor que o igual al umbral de $ab-$, esta unidad se enciende y, por lo tanto, inhibe el enlace entre p y q .

La capa de anomalías permite caracterizar la propiedad *default* de los condicionales, en donde la habilidad de manejo de información contextual está involucrada. Para Stenning y Van Lambalgen (2010) esta implementación computacional se corresponde con la arquitectura ACT-R (Anderson y Lebiere 1998) en donde la actividad cognitiva resulta de variados módulos que procesan distintos tipos de información: los módulos de percepción y movimiento, el módulo de metas, y el módulo de la memoria declarativa se presentan como ejemplos de sistemas especializados de ACT-R. La coordinación en el comportamiento de estos módulos se logra a través de un sistema central de producción. Este sistema de producción central no es sensible a la mayoría de la actividad de estos módulos, sino más bien sólo puede responder a una cantidad limitada de información que se deposita en los *buffers* de estos módulos. Los *buffers* de estos módulos contienen la información limitada a lo que el sistema de producción puede responder. Los registros de neuroimagen en tareas modeladas por ACT-R han mostrado el rol de funciones de memoria a cargo de las cortezas prefrontal ventrolateral (VLPFC) y corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC).

El modelamiento de condicionales *default* en redes neurales recurrentes y su interpretación en arquitecturas como ACT-R, ha derivado en la hipótesis de que estos condicionales involucran, entre otras, a las funciones de memoria de las regiones VLPFC y DLPFC. Además, los estudios de neuroimagen en psicología del razonamiento han registrado la participación de otras regiones específicas en tareas de silogismos. Monti et al. (2007) han postulado una red es disociable en regiones contenido-independientes (BA 10p y BA 8) y contenido-dependientes (BA 6,7, 40 y 47). Según los autores el área BA 10p involucra variadas operaciones, en especial, las relacionadas a logros, mientras que BA8 se ha involucrado en el control ejecutivo. Algunas de estas regiones se han involucrado con aquellas que son responsables de las funciones de Teoría de la Mente. Considerando lo anterior, sería posible formular relaciones entre interpretaciones *default* y las habilidades de Teoría de la Mente, aunque por ahora no exista evidencia al respecto.

5. Conclusiones

El desarrollo de la lógica *default*, su implementación en lógica de programación y redes neurales ha reformulado la oposición entre la tesis de la lógica mental y la tesis de razonamiento basado en modelos. Esto ha permitido formular la hipótesis de que existe un tipo de inferencia pragmática relacionada a procesos de extracción de información contextual en un nivel doxástico y que interviene en fenómenos de la comunicación tales como las implicaturas conversacionales. Los condicionales *default* operan sobre relaciones informacionales entre premisas y conclusiones. Esta noción informacional de consecuencia lógica lleva a cuestionar la existencia de la verdad como el contenido transmitido por una deducción. Si el razonamiento es entendido como un traspaso de información y no como transmisión de verdad, entonces la psicología cognitiva se ve forzada a reconocer la pertenencia del problema epistemológico de la verdad y sus condiciones de acceso dentro sus límites.

La noción de formato cognitivo que conecta lógica y psicología a la exigencia común de explicar las estructuras mentales y el contenido informativo que subyace a esquemas de secuencias deductivas fue denominada el explanandum común. Como resultado la filosofía de la ciencia cognitiva se ve obligada a pensar la naturaleza de la información cognitiva. Ahora bien, identificar al formato cognitivo con la noción de información coloca a este concepto en el lugar de objeto explicativo fundamental para la psicología del razonamiento. Existen enfoques filosóficos que entienden a la información no sólo como un fenómeno físico sino como contenido semántico; los que “[...] se preguntan cómo algo puede portar información acerca de algo distinto a ellas [...] cómo se relacionan la verdad al error, la verdad y el conocimiento” (Floridi, 2009: 40-41). Luego, si “la información no es portadora de verdad sino que la información encapsula la verdad como veracidad” (Floridi, 2009: 39), entonces es posible que muchas de las cogniciones sean completamente informacionales pero no verdaderas. Si bien algunas aproximaciones interesadas en el flujo de la información han intentado caracterizar a la información como contenido semántico (Drestke, 1983; Devlin, 1991) no se ha articulado una noción de información que integre las investigaciones en lógica y psicología. Finalmente, postular a la información como central a la naturaleza del formato cognitivo plantea un ámbito explicativo común y necesario entre lógica y psicología, en donde nociones sustantivas relativas a sus fundamentos se unen.

Referencias bibliográficas

- Anderson, R. y Lebiere, C. (1998). *The Atomic Components of Thought*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Antonelli, G. (2012). Non-monotonic Logic. In Zalta, E. (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Consultado el 16 de enero de 2013 en: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/logic-nonmonotonic/>>.
- Bara, B. (2010). *Cognitive Pragmatics: The Mental Processes of Communication*. Cambridge, MA.: The MIT Press.
- Buaccar, N. (2004). Formalismos no monótonos. En Palau, G. (Ed.), *Lógicas condicionales y razonamiento de sentido común* (pp. 75-94). Barcelona: Editorial Gedisa.
- Carnota, R. (1995). Lógica e Inteligencia Artificial. En Alchourrón, C. (Ed.), *Lógica* (pp. 143-183). Madrid: Trotta.
- Escandell, M. (1996). *Introducción a la pragmática*. Barcelona: Ariel.
- Fangmeier et al. (2006). fMRI Evidence for a Three-Stage Model of Deductive Reasoning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (3): 320-334.
- Fisher, J. (2008). *On the Philosophy of logic*. XXXX: Thomson Wadsworth.
- Frege, G. (1972). *Lógica y semántica*. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Goodwin, G. y Johnson-Laird, P. (2005). Reasoning about relations. *Psychological Review*, 112: 468-493.
- Grice, P. (1991). Lógica y conversación. En L. Valdés (Ed.), *La búsqueda del significado. Lecturas en filosofía del lenguaje*. Madrid: Tecnos.
- Jaszczolt, K. (2010). Defaults in Semantics and Pragmatics. En Zalta, E. (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Consultado el 20 de noviembre de 2012 en: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2010/entries/defaults-semantics-pragmatics/>>.
- Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4: 71-115.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, Philip N (1988). *The computer and the Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1995). Inference and mental models. En Newstead, S. E. y Evans, J. S. T. (eds.), *Perspectives on Thinking and Reasoning* (pp. 115-146). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Johnson-Laird, P. N. y Byrne, R. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Knauff, M., Fangmeier, T., Ruff, C. y Johnson-Laird, P. (2003). Reasoning, Models, and Images: Behavioral Measures and Cortical Activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15 (4): 559-573.

- Monti, M., Parsons, L., Martinez, M., y Osherson, D. (2007). Functional Neuroanatomy of Deductive Inference: A Language-Independent Distributed Network. *NeuroImage*, 37: 1005-1016.
- Nersessian, N. (1999). Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In Magnani, L., Nersessian, N., Thagard, P. (Eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery* (pp. 5-23). New York: Springer.
- Nersessian, N. (2009). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Reiter, R. (1978). On closed world data bases. En Gallaire, H. y Minker, J. (eds.), *Logic and Data Bases* (pp. 119-140). New York: Plenum.
- Reverberi, C., Cherubini, P., Rapisarda, A., Frackowiak, R. S., Macaluso, E., y Paulesu, E. (2007). Neural basis of generation of conclusions in elementary deduction. *Neuroimage*, 38(4): 752-762.
- Stenning, K. y Van Lambalgen, M. (2008). Interpretation, Representation, and Deductive Reasoning. En Adler, J. y Rips, L., *Reasoning* (pp. 223-249). New York: Oxford University Press.
- Stenning, K. y Van Lambalgen (2010). *Human Reasoning and Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Yang, Y., Zhao, J., Zeng, J., Guo, Z., and Bringsjord, S. (2005). Empirical Justifications for the Universalness of the Mental Logic and Mental Models Paradigm. In B. G. Bara, L. Barsalou, and M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2399-2403), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.