Nuevas tendencias en la teoría de modelos de lenguajes naturales

Ramón I. JANSANA y J. Daniel QUESADA
Universidad de Barcelona

1. EL ANÁLISIS DE LA CUANTIFICACIÓN DE MONTAGUE

El punto de partida al hablar hoy día de teoría de modelos de lenguajes naturales es la obra del lógico norteamericano Richard Montague. Montague, antes de morir trágicamente en 1971 había puesto los fundamentos de los desarrollos posteriores en una serie de artículos de carácter bastante técnico publicados en la década de los 60[1].

Una tradición en lógica que se remonta al menos a Frege y que renovó el máximo creador de la semántica lógica, Alfred Tarski, ve el lenguaje natural como un medio de expresión imperfecto o, al menos, lleno de irregularidades que imposibilitan un tratamiento formal y preciso del mismo. En gran parte ha correspondido a Montague, discípulo precisamente de Tarski, mostrar que ese pesimismo era injustificado. Tarski, como es sabido, tenía grandes reservas sobre la posibilidad de aplicación de sus ideas semánticas a las lenguas naturales. Montague ha convencido a una generación de lógicos, filósofos y lingüistas de que es posible un tratamiento exacto de fragmentos importantes de una lengua natural utilizando los métodos de la teoría de modelos.

En este trabajo destacaremos dos aspectos de la obra de Montague que de un modo u otro se conectan directamente con los desarrollos recientes: su análisis de la cuantificación y el de los enunciados de actitud proposicional.

La motivación básica del tratamiento montagueano de los cuantificadores consiste en respetar la clase sintáctica de los sintagmas nominales

[1] Se recogen en R. Montague [FPH]. Hay traducción de algunos de ellos en R. Montague [EFF].

(SNs)[2]. Los SNs resultan tratados de modos muy distintos si utilizamos el análisis estándar en lógica de primer orden, como es bien sabido:

(1) *Juan come.*	Cj
(2) *Todo hombre come.*	$\forall x(Hx \rightarrow Cx)$
(3) *Algún hombre come.*	$\exists x(Hx \wedge Cx)$
(4) *Ningún hombre come.*	$\neg \exists x(Hx \wedge Cx)$

La formalización contiene una representación del SN *Juan* pero no de *todo hombre, algún hombre, ningún hombre.* Además, las tres últimas formalizaciones contienen cada una dos fórmulas abiertas unidas por conectores diádicos de los que no hay rastro en las oraciones en castellano.

La idea básica de un tratamiento unificado consiste en dejar de considerar a los sintagmas verbales (SVs) como expresiones de propiedades de *Juan, todo hombre, algún hombre* y *ningún hombre* para proceder, a la inversa, a considerar los SNs como predicados de los SVs, es decir, como expresiones de propiedades de las propiedades expresadas en los SVs. Montague utilizó el cálculo-λ para formalizar esta idea:

(1') $\lambda P[Pj]\,(C)$	Caminar es una de las propiedades que tiene Juan (es decir, el conjunto de propiedades con el que identificamos a Juan).
(2') $\lambda P[\forall x(Hx \rightarrow Px)]\,(C)$	Caminar es una de las propiedades que tiene todo hombre.
(3') $\lambda P[\exists x(Hx \wedge Px)]\,(C)$	Caminar es una de las propiedades que tiene algún hombre.
(4') $\lambda P[\neg \exists x(Hx \wedge Px)]\,(C)$	Caminar es una de las propie dades que no tiene ningún hombre.

La utilización del cálculo-λ pone de manifiesto de forma inmediata la relación entre los dos tipos de representaciones formales. Las segundas se obtienen por abstracción-λ a partir de las primeras. Las primeras por conversión-λ a partir de las últimas. Las dos representaciones son pues semánticamente equivalentes.

La cuestión importante no estriba, sin embargo, en la utilización del cálculo-λ. Incluso podría decirse que la formalización en éste oscurece un aspecto de la idea básica pues de nuevo vemos aparecer los conectores diádicos ausentes de las oraciones originales. Más adelante presentaremos otro lenguaje formal en el que este defecto queda subsanado. Concentré-

[2] Hay evidencia de que las expresiones consideradas SNs forman una categoría sintáctica: esas expresiones son sujetos de verbos intransitivos y objetos de verbos transitivos y preposiciones.

monos ahora en la idea semántica básica. Esta consiste en considerar un SN como algo que divide los SVs en dos grupos: los que junto al SN dan una oración verdadera y los que no. Se pueden considerar los SNs como funciones que a las denotaciones de los SVs les asignan un valor veritativo. O, equivalentemente, como conjuntos de conjuntos o familias de conjuntos. Un conjunto que sea la denotación de un SV pertenece a la familia asociada con el SN si y sólo si la oración formada por SN + SV es verdadera.

Esto se recoge en la siguiente formulación. $[\![h]\!]$ indica el valor semántico de una expresión *h* (la extensión o denotación en un marco extensional). Sea. **j**, Juan, **H**, el conjunto de los hombres, **C**, el conjunto de los individuos del dominio o universo del discurso E que comen:

$[\![\textit{Juan}]\!] = \{X \subseteq E/\mathbf{j} \in X\}$
$[\![\textit{todo hombre}]\!] = \{X \subseteq E/\ \mathbf{H} \subseteq X\}$
$[\![\textit{algún hombre}]\!] = \{X \subseteq E/X \cap H \neq \emptyset$
$[\![\textit{ningún hombre}]\!] = \{X \subseteq E/X \cap H = \emptyset\}$

J. Barwise ha dado un paso más, haciendo explícito lo que en Montague está sólo implícito. Este último, lo hemos visto, asignó denotaciones a los SNs, pero no a las expresiones *todo, algún, ningún* que trató como sincategoremáticas. Se puede, sin embargo, asignar fácilmente una denotación a esas expresiones. Es muy sencillo ver el modo de hacer esto utilizando el cálculo-λ a la Montague. Simplemente damos un paso más en el proceso de abstracción- :

algún hombre: $\lambda P[\exists x(Hx \wedge Px)]$
algún: $\lambda Q[\lambda P[\exists x(Hx \wedge Px)]]$

La idea esencial aquí es que *algún* o, en general, lo que usualmente se denominan cuantificadores denotarían conjuntos de conjuntos de conjuntos, o quizá, más claramente, aunque de modo equivalente, lo que se denomina cuantificador y más adelante denominaremos determinante denota una función que aplicada a un conjunto (que puede ser, p. ej., la denotación de un nombre común) da como valor un conjunto de conjuntos:

$[\![\textit{algún}]\!]$ = f tal que $f(\mathbf{H}) = \{X \subseteq E \cap \mathbf{H} \neq \emptyset\}$

Vemos de nuevo que el recurso al cálculo-λ es completamente inesencial. Montague lo utilizó como un formalismo con enorme poder expresivo que permite hacer muchísimas cosas de un modo uniforme. Pero es *demasiado* poderoso: no nos permite pensar claramente sobre los modelos.

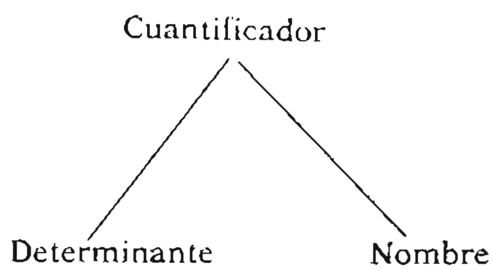
2. CUANTIFICADORES GENERALIZADOS Y UNIVERSALES SEMÁNTICOS

Además de los cuantificadores clásicos: *todo, algún, ningún* (y sus variedades gramaticales que aquí no diferenciamos) hay otros muchos cuantificadores: *la mayoría de, finitos, infinitos, más de la mitad de, muchos, pocos, varios, ambos, exactamente uno, exactamente dos*, etc. El estudio de algunos de estos cuantificadores lo inició A. Mostowski en 1957, Mostowski habló de una «generalización de los cuantificadores». De aquí la expresión «cuantificadores en sentido generalizado» o, simplemente, «cuantificadores generalizados».

Durante bastante tiempo los lógicos estudiaron cuantificadores generalizados de cardinalidad y topológicos de uso en matemáticas pero que tienen poco que ver con el lenguaje natural. El estudio de los cuantificadores generalizados desde el punto de vista del lenguaje natural es mucho más reciente y ha recibido un impulso y sistematización en el importante ensayo de J. Barwise y R. Cooper, «Generalized Quantifiers and Natural Languages».

En este artículo se llama determinante a lo que usualmente se denomina cuantificador, y se reserva este nombre para todo el SN del que aquél forma parte. El análisis sintáctico se corresponde pues con lo siguiente:

(1)



Hay razones importantes en favor de este cambio terminológico. *Más de la mitad de las mujeres* no se puede definir a partir de *más de la mitad de los x*, ni *la mayoría de las mujeres* a partir de *la mayoría de los x*[3]. Esto indica que el «cuantificador» actúa como determinante. En otros casos, por ejemplo en los clásicos *todo, algún, ningún*, tal definición es perfectamente posible, pero con el análisis propuesto se puede efectuar un tratamiento unificado de los cuantificadores.

Los cuantificadores (en el nuevo sentido) denotan familias de conjuntos y corresponden en el lenguaje natural a cualquier SN, incluso los que

---

[3] La prueba de estas afirmaciones se encontrará en el mencionado artículo de Barwise y Cooper. Para una versión más detallada de estas pruebas así como un análisis de los cuantificadores generalizados en castellano siguiendo las líneas marcadas por Barwise y Cooper pero explicitando más la inserción en el marco general montagueano cft. Genoveva Martí, [TMLN].

únicamente constan de un nombre propio (por tanto, hay que entender (1) con el determinante opcional). Se acepta pues la idea básica de Montague.

A partir de esta idea fundamental y definiendo una serie de conceptos auxiliares, Barwise y Cooper formulan toda una serie de «universales semánticos» es decir, de hipótesis sobre lo que es universal y específico de las lenguas humanas en el plano semántico. Siguen algunos ejemplos de estos universales.

En lo que resta de apartado 'D' y 'Q' representan, respectivamente, un determinante y un cuantificador cualquiera. A es el conjunto denotado por el nombre que junto al determinante forma el cuantificador. E es el conjunto de entidades o universo del discurso del sistema en el cual interpretamos el lenguaje, B, X e Y son conjuntos cualesquiera.

Universal del cuantificador SN. Toda lengua natural tiene componentes sintácticos (llamados SNs) cuya misión semántica es denotar familias de conjuntos del universo del discurso.

Definición 1. Un conjunto B *vive de* un conjunto $A \subseteq E$ si y sólo si $B \subseteq \mathcal{P}(E)$ y para todo $X \subseteq E$: $X \in B$ si y sólo si $(X \cap A) \in B$[4].

Universal del determinante. Toda lengua natural tiene expresiones básicas (llamadas determinantes) cuya función semántica consiste en asignar a las denotaciones A de los nombres comunes («contables», no de masa) una familia de conjuntos que vive de A.

Definición 2. Un cuantificador Q es *monótono creciente* (mon $\uparrow$) si y sólo si para todo X, Y tales que $X \subseteq Y \subseteq E$, si $X \in [\![Q]\!]$ entonces $Y \in [\![Q]\!]$. Los determinantes *algún, todo, la mayoría de, muchos,* siempre dan lugar a cuantificadores de este tipo.

Definición 3. Un cuantificador Q es monótono decreciente (mon $\downarrow$) si y sólo si para todo X, Y tales que $Y \subseteq X \subseteq E$, si $X \in [\![Q]\!]$ entonces $Y \in [\![Q]\!]$. Los determinantes *ningún, pocos, ninguno de los dos,* siempre dan lugar a cuantificadores mon $\downarrow$.

Definición 4. Un determinante es *débil* si y sólo si para algún E, alguna función de interpretación $[\![\ ]\!]$ y algún $A \subseteq E$, $A \in [\![D]\!](A)$ y para algún E, $[\![\ ]\!]$, y $A \subseteq E$, $A \notin [\![D]\!](A)$. Ejemplos: *ningún, algún, exactamente tres, muchos, varios.*

Universal de la correspondencia de monoticidades. En toda lengua natural hay un SN simple que expresa el cuantificador mon $\downarrow$ $\neg Q$ (es decir, el cuantificador tal que $[\![\neg Q]\!] = \{X/X \notin [\![Q]\!]\}$) si y sólo si hay un SN sim-

[4] Esta propiedad la ilustran las equivalencias siguientes: *Muchas mujeres comen* $\Leftrightarrow$ *Muchas mujeres son mujeres que comen. Toda mujer come* $\Leftrightarrow$ *Toda mujer es mujer que come. Varias mujeres comen* $\Leftrightarrow$ *Varias mujeres son mujeres que comen.*

Para entender la relación de estos ejemplos con la definición anterior considérese B como la denotación del cuantificador (*muchas mujeres,* etc.), X es la denotación del SV y $X \cap A$ la del N complejo de relativo *(mujeres que comen).* Para simplificar en el texto no se habla de cláusulas de relativo.

ple con un determinante débil, no cardinal, que expresa el cuantificador mon ↑ Q[5].

Se predice aquí que no habrá en ninguna lengua natural determinantes básicos (no compuestos por otros determinantes) para expresiones como *no... la mayoría de, no todos, no el* (porque son determinantes débiles) y *no (al menos) dos* (puesto que *dos* es un determinante cardinal).

Universal de la restricción por monoticidad. Los SNs simples de una lengua natural expresan cuantificadores monótonos o conjunciones de los mismos.

Definición 5. Un determinante es *fuerte positivo* (respectivamente, *fuerte negativo*) si y sólo si para todo E, toda función de interpretación $[\![\ ]\!]$ y todo $A \subseteq E$, si $[\![D]\!](A)$ (la denotación del cuantificador) está definido entonces $A \in [\![D]\!](A)$ (respectivamente, $A \notin [\![D]\!](A)$)[6]. Ejemplos de determinantes fuertes positivos: *la mayoría de, ambos, los tres, todo, el.* Ejemplo de determinante fuerte negativo: *ninguno de los dos.*

Universal de la restricción de los determinantes fuertes. En las lenguas naturales los determinantes fuertes positivos son mon ↑ . Los fuertes negativos, mon ↓ .

Todos estos universales son hipótesis empíricas sobre la clase de las lenguas naturales, y como tales excluyen posibilidades perfectamente concebibles. Por ejemplo, los dos primeros universales mencionados excluyen que podamos encontrar lenguas naturales con la estructura cuantificacional del lenguaje estándar de la lógica de primer orden (aunque no dicen esto solamente). Que un cuantificador sea fuerte positivo implica que es monótonocreciente. Esto no expresa en modo alguno ningún hecho lógicamente necesario. Se trata de universales lingüísticos en el sentido de la tradición chomskyana.

La situación es un tanto irónica. Montague concibió su gramática universal como algo que no tenía nada que ver con el proyecto chomskyano de gramática universal, y durante mucho tiempo se pensó que la semántica modelista sólo serviría para expresar hechos lógicamente necesarios, especialmente las relaciones lógicas entre enunciados.

Ahora la semántica de Montague inspira universales en el sentido chomskyano. Los dos primeros mencionados se derivan bastante directamente del tratamiento semántico de los cuantificadores ingleses que hizo Montague. Todos los demás del artículo de Barwise y Cooper (hasta un total de diez) son mérito exclusivamente suyo.

---

[5] Ejemplo: a los cuantificadores mon ↓ *ningún hombre, ninguno de los dos hombres, pocos hombres,* les corresponden, respectivamente, los cuantificadores mon ↑ *algún hombre, un hombre, muchos hombres* o *varios hombres.*

[6] Para saber si un determinante es fuerte positivo, fuerte negativo o débil constrúyase una oración de la forma D + N + *es un* + N o bien D + N *son* Ns y véase si esa oración es, respectivamente, válida, contradictoria o contingente (es decir, el valor de verdad depende de la interpretación).

3. La destrivialización de la semántica

Estamos ante una espectacular destrivialización de la semántica de lenguajes naturales basada en la teoría de modelos. Hablamos de destrivialización porque un aparato teórico puede ser trivial o vacío en el sentido de que sea tan complicado que poco es lo que de él se sabe y, por tanto, se puede decir. Es exactamente lo que sucedía con los modelos de Montague, el aparato conjuntista necesario para su semántica[7]. Montague, para la formulación precisa de sus fragmentos, echó mano de cuantas herramientas lógicas pudo: teoría de modelos, funciones de cualquier tipo, cálculo-λ, cuantificadores generalizados, lógica temporal, lógica modal, gramática categorial, etc. El resultado se parece —como dice Barwise— a una máquina construida con piezas de otras máquinas, fabricadas para otros propósitos. Pero no es monstruoso: las piezas encajan perfectamente y la máquina funciona.

La estrategia de los seguidores de Montague ha sido agregar más partes, más piezas a la máquina, es decir, ampliar los fragmentos del lenguaje natural formulables *a la Montague.* El malogrado Michael Bennett era en esto el ingeniero máximo. Pero hay otra alternativa una vez que se acepta que la empresa es posible. Consiste en repensar todo de manera que se adapte a problemas y propósitos específicos de la lingüística empírica. Esta es la vía abierta por Barwise y Cooper.

Probablemente el primer filósofo que propuso algo parecido fue P. Suppes. En 1976 probó el que posiblemente sea el primer teorema basado en métodos modelistas directamente relevante para la lingüística[8]: bajo ciertos supuestos razonables, un análisis sintáctico de las expresiones *todo* y *algún* (*todos, algunos,* etc.) como determinantes conduce a una semántica que si es correcta (por ejemplo en un fragmento suficiente para formular la teoría clásica del silogismo) no puede ser booleana. Sólo un análisis de esas expresiones como expresiones a introducir en el nivel más alto, inmediatamente bajo el signo de oración, lleva a un resultado correcto y booleano.

Hemos visto que expresiones como *la mayoría de* y *más de la mitad de* deben ser tratadas como determinantes. Asimilar a éstas los llamados cuantificadores clásicos por razones de tratamiento unificado y formular sobre esta base un universal semántico es perfectamente legítimo, pero los resultados de los dos enfoques deben ser cuidadosamente comparados. Y la evidencia empírica relevante para esta comparación debe incluir aspectos procedimentales, es decir, en algún momento será preciso

[7] Sabemos bastante sobre conjuntos pero no sobre los conjuntos necesarios para la semántica que Montague propuso para las lenguas naturales.

[8] Cfr. [EQ]. Una versión mejorada de la prueba se encontrará en [VFS].

investigar el respectivo comportamiento de los dos enfoques respecto de su posible implementación computacional: «La imposición de restricciones semánticas formales sobre los tipos de gramáticas que pueden considerarse aceptables o eficientes es, hasta ahora, territorio en gran parte inexplorado. Ciertamente, la restricción a las álgebras relacionales ampliadas que se ha hecho en este artículo no ha sido realmente justificada por un argumento teórico explícito. Hablando a grandes rasgos, los argumentos son los típicos argumentos existentes para la búsqueda de una formulación algebraica de una teoría, especialmente una versión algebraica sin cuantificadores, cuando ello sea posible. En el caso del lenguaje, el argumento más detallado debe formularse evidentemente en términos del desarrollo de algoritmos o semialgoritmos para manejar ciertas estructuras lingüísticas que se usan frecuentemente»[9].

Es probable que, al menos parcialmente, Barwise y Cooper estarían de acuerdo con los términos de la discusión. Suppes señala como criterio la eficiencia computacional. Ciertamente es un criterio a tener en cuenta. Pero no es el criterio único. Después de todo podríamos no ser máquinas lingüísticas eficientes. Por otra parte la semántica del propio Montague, sin restricciones, lleva a una complejidad computacional implausible, como muestran los trabajos recientes de J. Friedman[10].

Los propios Barwise y Cooper destacan algunos aspectos computacionales de su semántica de los cuantificadores. Muestran que ésta lleva a la predicción de que los tiempos de reacción para tareas que impliquen cuantificadores no monótonos serán mayores que los que impliquen cuantificadores monótonos decrecientes y éstos, a su vez, mayores que con cuantificadores monótonos crecientes. También se predice que, por ejemplo, *varias personas presentes en esta habitación llevan gafas* costará menos someter a verificación que *la mayoría de las personas presentes en esta habitación llevan gafas.*

Hay varios otros aspectos del análisis semántico de los cuantificadores con trascendencia para la lingüística empírica. A este respecto hay que poner de relieve algo no señalado hasta aquí: algunos determinantes son determinantes lógicos *(todo, algún, un, ningún, ambos, ninguno de los dos)* y otros no *(la mayoría de, muchos, varios, pocos, más de la mitad de).* El no darse cuenta de que estos últimos pueden variar de denotación de modelo a modelo (interpretación a interpretación) ha sido fuente de no pocas confusiones.

Lo que primariamente es más relevante para juzgar un análisis semántico es su capacidad o incapacidad para dar cuenta de las inferencias válidas y de las que no lo son. Por inferencias válidas entendemos intui-

---

[9] Cfr. [EQ], pág. 258.
[10] Cfr.

tivamente válidas. Los juicios de validez juegan en semántica un papel similar a los que en síntaxis juegan los de gramaticalidad.

Por ejemplo, la distinción entre cuantificadores mon$\uparrow$ y mon$\downarrow$ da cuenta de las siguientes inferencias:

$$\text{Si} \left\{ \begin{array}{l} \text{alguna mujer} \\ \text{toda mujer} \\ \text{las } n \text{ mujeres} \\ \text{la mujer} \\ \text{(al menos) } n \text{ mujeres} \\ \text{muchas mujeres} \\ \text{ambas mujeres} \\ \text{más de la mitad de las mujeres} \\ \text{María} \end{array} \right\} \text{anda(n) garbosamente, entonces}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{alguna mujer} \\ \text{toda mujer} \\ \text{las } n \text{ mujeres} \\ \text{la mujer} \\ \text{(al menos) } n \text{ mujeres} \\ \text{muchas mujeres} \\ \text{ambas mujeres} \\ \text{más de la mitad de las mujeres} \\ \text{María} \end{array} \right\} \text{anda(n)}$$

$$\text{Si} \left\{ \begin{array}{l} \text{ningún pez} \\ \text{pocos peces} \\ \text{ninguno de los } n \text{ peces} \end{array} \right\} \text{anda(n), entonces}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ningún pez} \\ \text{pocos peces} \\ \text{ninguno de los } n \text{ peces} \end{array} \right\} \text{anda(n), garbosamente}$$

También da cuenta de la no validez de las inferencias inversas: de alguna, toda, etc. mujer anda no se infiere alguna, toda, etc. mujer anda garbosamente y de ningún, etc. pez anda garbosamente no se infiere ningún etc. pez anda.

Una concepción totalmente errónea de la relación entre lenguaje natural y lógica es que una inferencia del lenguaje natural es válida sólo si puede ser formalizada por medio de los axiomas y reglas de la lógica. «En realidad —dicen Barwise y Cooper— la situación es enteramente la inversa»[11]. «El magnífico éxito de la lógica de primer orden dentro de las

[11] Barwise y Cooper [GCNL], pág. 201.

matemáticas ha oscurecido o, en realidad, cortado prácticamente, sus conexiones con sus orígenes en el lenguaje (...). Este mismo éxito de la lógica de primer orden dentro de la matemática alimentó también la idea (...) de que las "leyes de la lógica" son autónomas, quizás parte de las matemáticas, pero no una propiedad del lenguaje y del uso del lenguaje»[12].

4. Lógica intensional y actitudes proposicionales

Como es sabido, los enunciados de actitud proposicional (en la terminología de Russell) y, en general, los contextos indirectos (en terminología fregeana) presentan numerosos problemas y rompecabezas al análisis semántico. Montague hizo frente a los mismos con un complicado sistema que llamó *lógica intensional*. Se trata de una teoría intensional de tipos, es decir, una teoría de tipos en la que, además de extensiones se asignan intensiones a las expresiones del lenguaje.

Los tipos se generan recursivamente como sigue:

1) e,t son tipos (respectivamente el tipo de las entidades y el de los enunciados).
2) Si a,b son tipos, $\langle a, b\rangle$ es un tipo.
e) Si a es un tipo, entonces $\langle s,a\rangle$ es un tipo.

A las expresiones de los diversos tipos (sintácticos) les corresponden objetos semánticos apropiados. Sea E el universo de individuos de una interpretación o modelo. Entonces, las denotaciones de las diversas clases de expresiones, llamando D_a al conjunto de denotaciones correspondientes a las expresiones de tipo a, pueden describirse así:

$$D_e = E$$
$$D_t = 2 = \{0,1\}$$
$$D\langle a,b\rangle = D_b^{D_a}$$
$$D_{\langle s,a\rangle} = D_a = S_a$$

El conjunto I es un conjunto de mundos posibles[13]. Las denotaciones de las expresiones de tipo $\langle s,a\rangle$ son pues funciones de mundos posibles a denotaciones de tipo a. Por ejemplo, las denotaciones de enunciados en un contexto intensional (tipo $\langle s,t\rangle$) son *proposiciones*, es decir, funciones de I en los valores veritativos 0,1. Los nombres en un contexto intensio-

[12] *Ibidem* pág. 204.

[13] Además de los mundos posibles se puede hacer la evaluación semántica dependiente de otros factores. Montague consideró en especial los momentos de tiempo. Llamando J al conjunto de éstos considerado en una particular interpretación, tendríamos que $D_{\langle s,a\rangle} = D_a^{I\times J}$. Se puede generalizar esto para abarcar a los otros factores.

nal (tipo $\langle s,e\rangle$) denotan conceptos individuales, es decir, funciones de I en E, y los predicados monádicos en esos contextos (tipo: $\langle s,\langle e,t\rangle\rangle$) funciones f de I en subconjuntos de E o, más precisamente, en el conjunto de sus funciones características. Es decir, f: $I \rightarrow 2^E$ *(propiedades de individuos)*. Las expresiones de tipo $\langle s,\langle\langle s,\langle e,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle$ denotan *propiedades de propiedades de individuos*. En general, las expresiones de tipo $\langle s,\langle a,t\rangle\rangle$ denotan propiedades de las cosas —cualesquiera que sean— denotadas por las expresiones de tipo a.

En este poderoso lenguaje se puede captar la diferencia entre las lecturas *de dicto* y *de re* de los enunciados de actitudes proposicionales. Tomando la creencia como representativa de éstas consideremos los siguientes ejemplos:

(1) Juan cree que Miss España es tartamuda.
(2) Juan cree que ganará un inglés.

Las dos lecturas de cada uno de estos enunciados se recogen en las formalizaciones siguientes (donde (1d) y (2d) son las *de dicto* correspondientes a (1) y (2) respectivamente, y (1r) y (2r) las *de re*:)

(1d) $\mathbf{Cree}\ (j, {}^\wedge[Pm\,])$.
(1r) $\lambda x[\mathbf{Cree}\ (j, {}^\wedge[Px])]\ (m)$.
(2d) $\mathbf{Cree}\ (j, {}^\wedge \exists x[Qx \wedge Gx\,])$.
(2r) $\exists x[Qx \wedge \mathbf{Cree}\ (j, {}^\wedge Gx)]$.

Aquí 'j', 'm', 'P', 'Q', 'G' representan, respectivamente, a 'Juan', 'Miss España', 'es tartamuda', 'inglés' y 'ganará'. **Cree** es la traducción al lenguaje intensional de 'cree'. El símbolo '$\wedge$' es un operador de «intensionalización», introduce un contexto intensional. Si α es una expresión de tipo a, ${}^\wedge\alpha$ es una expresión de tipo $\langle s,a\rangle$. ${}^\wedge[Pm]$ denota, por tanto, una proposición, al igual que ${}^\wedge\exists x[Qx \wedge Gx]$. De modo que la creencia se analiza como una relación de un individuo con una proposición.

La evaluación de (1d) en un mundo posible w_1 no depende, por así decir, necesariamente de la denotación de m en ese mundo. Justamente lo contrario sucede con (1r). ((1d) y (1r) son semánticamente bien distintas. No se puede hacer la conversión-λ en (1r). Algo análogo sucede con (2d) y (2r).

Montague interpretó los enunciados de creencia en dos pasos: primero una «traducción» —es decir, una formalización— al lenguaje de la lógica intensional, segundo la interpretación de las fórmulas resultantes. No hay nada esencial en esto. Podría haberse dado la semántica directamente sobre los enunciados del lenguaje natural[14]. El lenguaje formal de-

[14] Este es el enfoque de Suppes quien ha trabajado en fragmentos más reducidos (los cuantificadores clásicos y su combinación con la negación, diversos tipos de adjetivos y ad-

finido por Montague para servir de puente a la interpretación está mucho más cerca de las estructuras conjuntistas que del lenguaje natural. Por ello, gran parte del proceso interpretativo está en realidad contenido en el proceso de formalización o «traducción». Un lenguaje intermedio situado más cerca del lenguaje natural —como en el caso que examinaremos más adelante— hace más interesante el proceso de asignación de valores semánticos.

Uno de los problemas principales del análisis montagueano de la creencia es el de la «omniesciencia» lógica. Cuando creemos φ creemos —según ese análisis— cualquier ψ lógicamente equivalente a φ[15]. Montague defendió la tesis de que éste era un sentido posible del término «creencia». Psicológicamente, sin embargo, esa idea no es nada realista.

En realidad, aunque no tengamos intuiciones claras sobre la creencia, todo el análisis sobre la base de los mundos posibles parece poco realista. Alguien —el Montague de entonces tal vez, el más reciente Thomason— diría: tanto peor para nuestra psicología intuitiva, y tanto peor para la orientación de la semántica hacia la psicología. Con el tiempo, sin embargo, esta actitud ha ido perdiendo adeptos. El problema de la «omniesciencia» y sus análogos en el caso de otras actitudes proposicionales han actuado como verdaderas *anomalías* —por utilizar la terminología kuhniana— respecto del análisis de todas esas actitudes en términos del concepto de mundo posible. Ninguna de las alternativas propuestas por teóricos como D. Lewis, M. Creswell, R. Stalnaker y otros ha resultado convincente, y aunque diferentes entre sí, todas comparten la utilización del concepto de mundo posible como concepto básico.

5. Los enunciados de percepción y una alternativa a los mundos posibles

Si con los enunciados de creencia alguien puede encontrar excusa en que nuestras intuiciones no son muy claras, el panorama para la semántica de los mundos posibles es mucho más oscuro en el dominio de los enunciados de percepción. Sería totalmente implausible una teoría en la que si *x percibe* φ entonces *x percibe* ψ para cualquier ψ lógicamente equivalente a φ. En sistemas como el de Hintikka tenemos individuos percibidos e individuos físicos en los diversos mundos posibles, interactuando de un modo bastante complicado. Todo resulta farragoso y psicológicamente implausible. Además, su enfoque, u otros relacionados, como los

verbios). Naturalmente hay que poseer un medio para reflejar la forma de una oración. Suppes utiliza gramáticas libres de contexto. Cfr. además de los trabajos mencionados en la nota 8, [SCF] y [VFS].

[15] Aún es peor lo que sucede con la «semántica epistémica» de Hintikka: si *x cree que* φ, entonces *x cree que* ψ, para cualquier ψ tal que $\varphi \models \psi$.

ıe Thomason o Niiniluoto, no puede dar cuenta de algunos problemas bá-icos de la lógica de los enunciados de percepción, como los que se men-ionan más adelante.

El campo de la semántica de la percepción tiene especial importancia ›orque —como dijo Quine— en él se encuentran las raíces de la intensio-ıalidad.

Un nuevo enfoque, que prescinde totalmente del concepto de mundo ›osible pero que pretende tratar como mínimo los mismos fenómenos ›ara los que fue concebida y usada la semántica de los mundos posibles :s el desarrollado muy recientemente por J. Barwise y J. Perry. Se basa :n el concepto de *situación* y se espera poder aplicarlo a la semántica de todo tipo de enunciados de percepción y de actitudes proposicionales. En el dominio de la percepción juegan en este enfoque un papel semántico fundamental las *escenas* que son un tipo de situaciones.

Un aspecto importante del nuevo enfoque es que lleva a un nuevo concepto, más fuerte, de equivalencia lógica, y, de aquí, a una nueva concepción de la denotación de las oraciones o enunciados.

La argumentación que dio Frege en favor de la tesis de que los enunciados denotan valores veritativos siempre fue recibida con recelo o escepticismo por muchos lógicos y filósofos, a pesar de lo cual ha sido implícitamente adoptada más ampliamente de lo que esto haría pensar. Davidson, por ejemplo, supone que las oraciones denotan valores veritativos, y luego utiliza estos para decidir cuestiones de equivalencia lógica. Esto sería poner el carro delante del caballo. Se debería proceder a la inversa, como hizo Church hace mucho tiempo, y partir de la idea de que dos enunciados lógicamente equivalentes deben denotar lo mismo, sin prejuzgar el qué. El propio Church argumentó la tesis fregeana por esta vía, partiendo de juicios sobre equivalencia lógica. Es precisamente a partir de *otros* juicios sobre equivalencia lógica como se puede derivar una tesis distinta sobre lo que los enunciados denotan.

De este modo, las ideas de Barwise y Perry se enfrentan, al menos parcialmente, no sólo a las de otros semánticos de los enunciados de percepción, como Hintikka, Thomason y Niiniluoto, sino a tradiciones e ideas que provienen de los héroes de la semántica: Frege, Tarski, Church, Davidson y Montague.

Nos proponemos a continuación exponer las ideas fundamentales de la semántica situacional de J. Barwise y J. Perry.

Para dar una teoría semántica modelista para la lógica de una clase dada de enunciados de una lengua natural podemos optar por definir:

i) Un lenguaje formal al que traducir los enunciados.
ii) Una semántica modelista para ese lenguaje formal.
iii) Unas reglas precisas de traducción de los enunciados de las clases que nos preocupa a enunciados del lenguaje formal.

Una teoría de la lógica de cierta clase de enunciados de una lengua natural puede considerarse exitosa si reúne las siguientes cualidades: a) tiene sentido intuitivo; b) las versiones formalizadas de argumentos intuitivamente válidos son semánticamente válidas; c) las versiones formalizadas de argumentos intuitivamente no válidos no son semánticamente válidas; y d) la teoría se puede extender de modo natural a clases de enunciados relacionadas.

La clase de enunciados que Barwise ha estudiado primeramente y para la que propone la teoría semántica que veremos más adelante, es la formada por los enunciados extensionales de percepción, y en particular la subclase de los enunciados extensionales de percepción cuyo verbo principal es el verbo *ver.*

Primero caracterizaremos (un tanto ostensivamente) los enunciados extensionales de percepción. Luego justificaremos la necesidad de introducir un nuevo tipo de entidades, las escenas (y, más generalmente, las situaciones), para poder formular una semántica apropiada de los enunciados extensionales de percepción. A continuación analizaremos algunos principios que deben considerarse lógicamente válidos, y, por último, presentaremos un lenguaje formal y una semántica modelista para el mismo que recoja las intuiciones desarrolladas y en la que aparecerá una contrapartida modelista de las escenas (o situaciones).

6. Una caracterización de los enunciados extensionales de percepción

Hay dos tipos de informes de percepción. Uno en el que el hablante nos informa de lo que él u otro ser percibió sin hacer ninguna referencia al estado de conciencia (o estado mental) del percipiente. Otro en el que el hablante nos informa del estado mental del percipiente, resultante, entre otras cosas, de lo que éste percibió.

Podemos ejemplificar estos dos tipos de informes con los enunciados:

(1) Juan vio a Pedro atarse el zapato.
(2) Juan vio que Pedro se ataba el zapato.

En (1) el hablante hace referencia a lo que Juan vio, pero no hace referencia al estado mental de Juan. Es perfectamente consistente decir:

(1') Juan vio a Pedro atarse el zapato, pero creyó que en realidad estaba recogiendo algo del suelo.

El enunciado (2) admite, al menos, una lectura en la que el hablante nos informa no sólo de lo que vio Juan, sino también del estado de conciencia de Juan. Nos dice que Juan era consciente de lo que estaba viendo. Con tal interpretación de (2), la oración (2'') es inconsistente, al atribuir dos estados de conciencia incompatibles a Juan, incompatibles al menos para una persona en su sano juicio.

(2') Juan vio que Pedro se ataba el zapato, pero creyó que en realidad estaba recogiendo algo.

Los informes del primer tipo son no-epistémicos, los del segundo tipo son epistémicos. A los enunciados que expresen un informe de percepción no-epistémico los llamaremos *enunciados extensionales de percepción*. A los enunciados que expresen un informe epistémico de percepción los llamaremos *enunciados intensionales de percepción*.

Vamos a considerar como forma canónica de los enunciados extensionales de percepción a los enunciados como (1), de la forma:

b vio a φ.

Como forma canónica de los enunciados intensionales de percepción tomaremos los enunciados como (2), de forma:

b vio que φ.

Es de destacar una característica sintáctica de los enunciados de forma *b* vio a φ: en ellos el verbo de la subordinada aparece en infinitivo, cosa que no ocurre en los enunciados de tipo *b* vio que φ. En estos, el verbo subordinado ocurre conjugado normalmente.

7. LO QUE VEMOS SON ESCENAS. ANÁLISIS DE LOS ENUNCIADOS EXTENSIONALES DE PERCEPCIÓN MEDIANTE ESCENAS.

Los verbos de percepción admiten la anáfora semántica respecto a sus complementos de infinitivo. Consideremos

(1) Juan vio a María besar a alguien y Pedro también *lo* vio.

Aquí el pronombre 'lo' no aparece como sustituto de una parte de la oración sino refiriendo a lo mismo a lo que otra parte de la oración refiere. Si la anafora fuese sintáctica entonces la sustitución de 'lo' por 'a María besar a alguien' nos daría una oración equivalente a (1), pero ello no es así:

(1') Juan vio a María besar a alguien y Pedro también vio a María besar a alguien.

Esta oración no equivale a (1). Para que (1) sea verdadera Juan y Pedro deben haber visto lo mismo. Deben haber visto la misma escena. Para que (1′) sea verdadera basta en cambio con que Juan haya visto a María besar a alguien y Pedro haya visto también a María besar a alguien, aunque este alguien sea una persona distinta, o, aun siendo la misma, los haya visto en otro momento.

La anáfora semántica nos indica cuáles son nuestras variables, y, siguiendo el *dictum* de Quine, «ser es ser el valor de una variable», nos indica también las entidades que deben pertenecer a la ontología. En nuestra ontología deben aparecer pues las cosas que son vistas. Estas cosas vistas son, según Barwise, escenas. Una escena no es nada más ni nada menos que un, por decirlo así, pedazo de mundo, el que afecta a la retina del sujeto que la ve. En una escena hay objetos, pero no sólo objetos, hay propiedades de objetos y relaciones entre éstos, y a veces están presentes en una escena propiedades (y/o relaciones) de objetos tales que ellos mismos no están presentes en la escena.

El análisis de un enunciado del tipo *a ve* φ es el siguiente:

Hay una situación *s* tal que *a* ve *s* y *s* apoya la verdad de φ.

Lo que significa que una situación *s* apoye la verdad de un enunciado φ quedará rigurosamente definido una vez dispongamos de la semántica modelista para el lenguaje formal que presentaremos. Intuitivamente significa lo siguiente: que en la escena *s* las cosas que ocurren son tales que nos permiten afirmar que φ es verdadera. Recordemos que una escena es un pedazo de mundo y fijémonos en que, observando un pedazo de mundo podemos saber algo de la verdad de varios enunciados, siendo la verdad de un enunciado dependiente del enunciado y del mundo considerado en su totalidad.

En la semántica que presentaremos los representantes del mundo (o mundos) serán estructuras relacionales (o sistemas) como los que utilizamos para interpretar en ellos los lenguajes de primer orden. Las escenas o situaciones serán algo así como subsistemas de éstos. Y la noción semántica fundamental será la relación entre situaciones y enunciados '*s* apoya la verdad de φ'. De ella saldrá como derivada la noción de que un enunciado es verdadero en un sistema. Ocurrirá además, y como es de esperar, que si *s* apoya la verdad de φ, entonces φ será efectivamente verdadera. Ahora bien, del hecho de que *s* no apoye la verdad de φ no se seguirá que φ sea falsa. Puede muy bien ocurrir que la información presente en *s* no sea suficiente para apoyar la verdad de φ, sin que por ello sea suficiente para apoyar la verdad de no-φ.

8. ALGUNOS PRINCIPIOS INTUITIVAMENTE VÁLIDOS DE LA LÓGICA DE LOS ENUNCIADOS EXTENSIONALES DE PERCEPCIÓN.

i) El principio de veracidad:

Si *a ve* φ entonces φ.

Ciertamente, si es verdad que Juan vio a María besar a alguien, al ser éste enunciado extensional, entonces en el mundo debió ocurrir que María besó a alguien, y por tanto el enunciado 'María besó a alguien' es verdadero.

ii) El principio de sustitución:

Si *a ve* $\varphi(t_1)$ y $t_1 = t_2$ entonces *a ve* $\varphi(t_2)$.

La validez del principio de sustitución es un criterio más que nos permite decidir cuándo estamos en presencia de un enunciado extensional de percepción. El principio no vale para los enunciados intensionales.

Para ilustrar la validez del principio de sustitución consideremos el siguiente ejemplo. De

(1) Russell vio a G. E. Moore afeitarse en Cambridge y
(2) G. E. Moore es el autor de *Principia Ethica* se sigue que
(3) Russell vio al autor de *Principia Ethica* afeitarse en Cambridge.

Observemos que un tal argumento no sería válido si en lugar de 'vio a' tuviésemos 'vio que'. En este segundo caso la argumentación no sería válida si Russell no supiese que (2), algo perfectamente posible.

iii) El alcance de los cuantificadores:

a ve a algún x tal que $\varphi(x) \vdash$ Hay algún x tal que *a* ve $\varphi(x)$.

Con los enunciados extensionales de percepción no nos encontramos con las ambigüedades asociadas comúnmente a los términos *de dicto* y *de re.* Sin embargo aparecen en los enunciados intensionales de percepción.

Consideremos el siguiente ejemplo para justificar lo que acabamos de afirmar: De (4) se sigue (5).

(4) Juan vio a alguien comprar el periódico.
(5) Hay alguien al que Juan vio comprar el periódico.

iv) Las conectivas:

a) Si *a* ve (φ o ψ) entonces *a* ve φ o *a* ve φ.

b) Si *a* ve (φ y ψ) entonces *a* ve φ y *a* ve ψ.
c) Si *a* ve no-φ entonces no es el caso que *a* ve φ.

a) y b) no requieren comentarios. Por otra parte, c) se sigue de dos usos del principio de veracidad junto con principios lógicos proposicionales. Debemos observar que la conversa de c) no es válida. Puede darse el caso de que Juan no vea a Pedro atarse el zapato sin que se dé el caso de que Juan vea a Pedro no atarse el zapato. Esto último ocurriría, por ejemplo, si Pedro estuviese descalzo o con las manos ocupadas en otra cosa y Juan lo viese. Esta distinción es crucial, y deberemos ingeniárnoslas para que nuestro lenguaje formal y nuestra semántica den cuenta de ella.

v) En los contextos de percepción no vale el principio de sustituibilidad de enunciados por enunciados lógicamente equivalentes.

La validez de este principio es una de las principales desventajas de la semántica de los mundos posibles para enunciados de actitud proposicional. Para tales enunciados el principio resulta discutible. Ahora bien, en el caso de los enunciados extensionales de percepción es totalmente inadmisible. Para darnos cuenta de ello consideremos el siguiente ejemplo: Sean los enunciados

(6) María vio a Pedro entrar.
(7) Juan vio a María entrar.
(8) Juan no vio a Pedro entrar.

Estos forman intuitivamente un conjunto consistente de enunciados. Abreviémoslos como sigue:

(6') m vio $E(p)$.
(7') j vio $E(m)$.
(8') no (j vio $E(p)$).

Por el principio de veracidad tendremos que

(9) $E(p)$.

Por otra parte, y de nuevo por el principio de veracidad, tendríamos:

(10) no (j vio no $E(p)$),

pues si fuese cierto que j vio no $E(p)$, por el principio de veracidad tendríamos no-$E(p)$, en contra de (9).

Ahora bien, $E(m)$ es lógicamente equivalente a

(11) ($E(m)$ y $E(p)$) o ($E(m)$ y no $E(p)$).

Por tanto, si valiese el principio de sustituibilidad indicado, debería valer:

(12) j vio $((E(m)$ y $E(p))$ o $(E(m)$ y no $E(p)))$,

con lo que tendríamos que

(13) j vio $(E(m)$ y $E(p))$ o j vio $(E(m)$ y no $E(p))$.

Como tenemos no (j vio $(E(m)$ y no $E(p))$ al tener no (j vio no $E(p)$), podemos concluir finalmente que

(14) j vio $(E(m)$ y $E(p))$,

con lo que j vio $E(p)$, en contradicción con (8′). Algo falla por tanto, y puesto que el principio de veracidad y los principios relativos a conectores de iii) parecen claramente válidos, debemos pensar que lo que falla es el principio de sustituibilidad indicado.

Lo que ocurre es que la noción de equivalencia lógica es demasiado débil. Volviendo al ejemplo, es perfectamente plausible que en una escena sea cierto que María entró y que sea falso tanto que Pedro entró como que Pedro dejó de entrar, por la sencilla razón de que Pedro no esté de ningún modo presente en la escena, es decir, no esté en la escena ni lo estén ninguna de sus propiedades o relaciones. Por tanto, aunque los enunciados «María entró» y «María entró y Pedro entró o bien María entró y Pedro no entró» sean lógicamente equivalentes, no tienen por qué ser verdaderos en las mismas escenas. Puede haber escenas que no apoyen ni la verdad de «Pedro entró» ni la de «Pedro no entró». Surge pues de manera natural una nueva relación semántica, la que guardan dos enunciados si son verdaderos en exactamente las mismas escenas. A tal relación la llamaremos *equivalencia fuerte*. Resultará que el principio de sustituibilidad entre enunciados fuertemente equivalentes *sí* que valdrá para los contextos de percepción.

Una noción relacionada estrechamente con la de equivalencia fuerte es la de validez fuerte. Una sentencia será fuertemente válida si es verdadera en toda escena (de todo mundo). Puesto que hemos visto que es posible que existen enunciados tales que hay escenas que no apoyan ni la verdad de los mismos ni la de su negación tendremos que el principio del tercio excluso, aún siendo lógicamente válido, no será fuertemente válido. En nuestra semántica convivirán dos nociones: la de validez lógica y la de validez fuerte. Respecto a la primera tendremos la lógica clásica. Respecto a la segunda tendremos una lógica más estricta en la que, por ejemplo, el principio del tercio excluso no será un teorema.

9. Los lenguajes de primer orden no son aptos para formalizar los enunciados de percepción

Consideremos los dos enunciados siguientes:

(1) Alguien que llevaba una chaqueta verde besó a María.
(2) Alguien llevaba una chaqueta verde y besó a María.

Ambos se formalizarían en primer orden de la misma manera:

(3) $\exists x(Lx \wedge Bmx)$.

Consideremos ahora los enunciados:

(1′) Juan vio a alguien que llevaba una chaqueta verde besar a María.
(2′) Juan vio a alguien llevar una chaqueta verde y besar a María.

Obviamente (2′) no se sigue de (1′), con lo que seguro que no son equivalentes. Ahora bien, la formalización en primer orden de ambas debería ser:

(3′) Juan vio $\exists x(Lx \wedge Bmx)$.

Algo, por tanto, anda mal.

Observemos que (1′) será verdadera si Juan vio una escena en la que cierto personaje besaba a María y este personaje llevaba una chaqueta verde. Ahora bien, no es necesario que en la escena el personaje llevara una chaqueta verde. No es necesario que la propiedad de llevar una chaqueta verde sea parte de la escena vista por Juan. Pensemos que si el personaje en cuestión vestía una gabardina encima de la chaqueta verde y Juan lo vio fuertemente abrazado a María, (1′) sigue siendo verdadera (siempre que efectivamente la besase). Por el contrario, para que (2′) sea verdadera la escena vista por Juan debe ser tal que en ella el personaje efectivamente lleve una chaqueta verde. Por decirlo así, la propiedad de llevar una chaqueta verde debe afectar a la retina de Juan. Las condiciones de verdad de (1′) y (2′) no son, por tanto, las mismas.

El lenguaje formal que presentaremos deberá reflejar estas diferencias. Los lenguajes formales que reflejan la estructura SN/SV de los lenguajes naturales permiten este tipo de distinciones. Es por ello que nuestro lenguaje formal va a ser de tal tipo.

Hay además otra razón para utilizar un lenguaje formal que refleje la estructura SN/SV, una razón de unificación. Los lenguajes del tipo SN/SV son los apropiados para estudiar los cuantificadores de los lenguajes naturales de manera general y sistemática, según hemos visto en los primeros apartados de este artículo. Si queremos llegar a obtener, como objetivo a alcanzar a largo plazo, una teoría semántica de una lengua natural, parece sensato que busquemos, ya ahora, cierta unificación en el tipo de lenguajes formales que utilicemos para estudiar distintas clases de enunciados de tal lengua.

10. UN LENGUAJE FORMAL DE TIPO SN/SV

Consideremos un enunciado del tipo *a ve* φ, donde en φ no aparecen verbos de percepción. Vamos a presentar a continuación un lenguaje formal de tipo SN/SV L al que serán traducibles los enunciados como φ. Presentaremos también (de poco sirve un lenguaje sin semántica) una semántica para L.

El lenguaje L puede extenderse a un lenguaje al que sean traducibles los enunciados del tipo *a ve* φ. No vamos a hablar en este trabajo de tal extensión, pero el lector puede imaginar como debería realizarse.

Los signos primitivos de L son:

Relatores:	*Cosa*, R_1, ..., R_m, ... y R_1, ..., R_m, ..., donde para cada m, R_m y R_m son de la misma variedad. «*Cosa*» es un relator monádico.
Variables:	v_1, ..., v_n, ...
Constantes:	c_1, ..., c_n, ...
Conectores:	, .
Determinantes:	*Todo*, *Algún*.
Paréntesis:	(,), , .

Los términos de L son las constantes y las variables. Definamos ahora simultáneamente las fórmulas de L y los SN de L:

R0 Si R es un relator n-ádico y t_1, ..., t_n son términos, entonces $Rt_1, ..., t_n$ es una fórmula.
R1 Si α es un SN y φ es una fórmula, entonces $(\alpha\, x[\varphi])$ es una fórmula.
R2 Si φ y ψ son fórmulas, entonces $(\varphi \wedge \psi)$, $(\varphi \vee \psi)$ son fórmulas.
R3 Si t es un término, entonces (t) es un SN.
R4 Si D es un determinante y φ es una fórmula, entonces $(Dx[\varphi])$ es un SN.

Las expresiones obtenidas mediante R4 son los cuantificadores, siguiendo la terminología que hemos adoptado más arriba.

Ejemplos de fórmulas de L:

i) $((Todo\ x\ [cosa\ x])\ x\ [R_1x])$. Dice que todo es R_1.
ii) $((Todo\ x\ [R_1x])\ x\ [R_2x])$. Dice que todos los R_1 son R_2.
iii) $((Algún\ x\ [R_2x])\ x\ [R_3c_1x])$.
iv) $((Algún\ x\ [cosa\ x])\ x\ [R_2x \wedge R_3c_1x])$.

Las fórmulas iii) y iv) pueden interpretarse respectivamente como traducciones de (1) y (2):

(1) Alguien que llevaba una chaqueta verde besó a María.
(2) Alguien llevaba una chaqueta verde y besó a María.

Recordemos que estas dos oraciones no significan lo mismo, puesto que las condiciones de verdad de «Juan ve (1)» y las de «Juan ve (2)» difieren.

De momento tenemos ya una diferencia en las traducciones de (1) y (2). Ahora bien esta diferencia no reflejará ninguna diferencia de significado a menos que en la semántica de L las fórmulas iii) y iv) no sean equivalentes (en sentido fuerte).

Observemos que no tenemos, a simple vista, negación en L. La negación en L es el signo $\sim$ que aparece en los R_m. Podemos definir $\sim \varphi$ para cada fórmula φ como sigue:

i) $\sim(R_m t_1, \ldots, t_n) \equiv \bar{R}_m t_1, \ldots, t_n$.
ii) $\sim(\bar{R}_m\, t_1, \ldots, t_n) \equiv R_m t_1, \ldots, t_n$.
iii) $\sim(\varphi \wedge \psi) \equiv \sim\varphi \vee \sim \psi$.
iv) $\sim(\varphi \vee \psi) \equiv \sim\varphi \wedge \sim \psi$.
v) $\sim(\alpha\, x[\varphi]) \equiv (\breve{\alpha}\, x\, [\sim\varphi])$, donde α es un SN y $\breve{\alpha}$ se define así:
  v.i.) $(\breve{t}) \equiv (t)$.
  v.ii.) $(\overparen{\textit{Algún } x\, [\varphi}]) \equiv (\textit{Todo } x\, [\sim \varphi])$.
  v.iii.) $(\overparen{\textit{Todo } x\, [\varphi}]) \equiv (\textit{Algún } x\, [\sim \varphi])$.

Es de señalar que en el lenguaje L las expresiones x [ ], funcionan como el abstractor en teoría de conjuntos. Al dar la semántica veremos como $x\, [\varphi]$ se le asigna el conjunto de objetos que tienen la propiedad expresada por φ. Por tanto, x [ ] nos liga variables. En $x\, [\varphi]$, la variable x, caso de ocurrir en φ, ocurre ligada. Observemos también que x [ ] es la única expresión que liga variables.

Utilizaremos la expresión $\varphi\, (x_1, \ldots, x_n)$ para indicar que las variables libres de φ están entre las $x_1, \ldots, x_n$.

Con $\varphi\, (t/x)$ nos referiremos al resultado de sustituir la variable x por t en φ. La definición precisa de tal operación no vamos a darla, pero el lector puede encontrarla por sí mismo siguiendo la línea de definición de la correspondiente operación para los lenguajes de primer orden.

11. UNA SEMÁNTICA MODELISTA PARA L

Nuestra semántica debe reflejar por medios conjuntistas las intuiciones que hemos venido desarrollando acerca de los enunciados extensionales de percepción. El lenguaje L se interpreta en sistemas como los utilizados para los lenguajes de primer orden. Además, para cada sistema tendremos el conjunto de situaciones posibles del mismo.

Definición 1

Un *sistema* $\mathfrak{M}$ *apropiado* para L es un tuplo

$$\mathfrak{M} = \langle M, \langle R_i^d \rangle_{i\in I}, \langle \tilde{R}_i^d \rangle_{i\in I}, \langle c_k^d \rangle_{k\in K} \rangle$$

tal que:

i) $M \neq \emptyset$.
ii) Para cada $i\in I$, $R_i^m \subseteq M^{n_i}$, siendo n_i la ariedad de R_i.
iii) Para cada $i\in I$, $\tilde{R}_i^m = M^{n_i} - R_i^m$.
iv) Para cada $k\in K$, $c_k^m \in M$.

Definición 2

Una *situación* s de $\mathfrak{M}$ es un tuplo

$$s = \langle M^s, \langle R_i^s \rangle_{i\in I}, \langle \bar{R}_i^s \rangle_{i(I)} \rangle \rangle$$

tal que:

i) $M^s \subseteq M$.
ii) Para cada $i\in I$, $R_i^s \subseteq R_i^m$.
iii) Para cada $i\in I$, $R_i^s \subseteq \bar{R}_i^m$.

Al conjunto de todas las situaciones s de $\mathfrak{M}$ le llamaremos $S(\mathfrak{M})$.

Observaciones:

1) Las cláusulas ii) y iii) de la definición 2 permiten que tanto R_i^s como R_i^s sean vacías. Ello se debe a que R_i puede representar, por ejemplo, una propiedad no perceptible.

2) No se exige que $(M^s)^{n_i} \cap R_i^m \subseteq R_i^s$. Hablando en términos de propiedades, no exigimos que todos los objetos de s que tengan la propiedad R_i en $\mathfrak{M}$ tengan la propiedad R_i en s. Ello es así porque muy bien puede ocurrir que existan en M^s objetos tales que tengan la propiedad R_i pero que no aparezcan en s investidos de tal propiedad. Para verlo más claramente consideremos el siguiente ejemplo: Puede ser perfectamente verdad que

Austin vio a Russell y que Russell estaba guiñando el ojo, sin que sea verdad que Austin vio a Russell guiñar el ojo.

3) No se exige que $R_i^s \subseteq (M^s)^{n_i}$ ni que $\bar{R}_i^s \subseteq (M^s)^{n_i}$. En términos de propiedades, no exigimos que los objetos que en *s* tienen la propiedad R_i sean necesariamente objetos de *s*. Ello es así porque es perfectamente posible percibir una propiedad de un objeto sin percibir el objeto mismo. Puedo ver el resplandor de un campo de fútbol iluminado sin ver el campo de fútbol mismo.

4) Obviamente $\mathfrak{M}$ es una situación en $\mathfrak{M}$ si ignoramos a los $c_k^{\mathfrak{m}}$. A tal situación le llamaremos la situación completa.

Definición 3

Una *asignación* g a las variables de L en $\mathfrak{M}$ es una función del conjunto de las variables de L en M.

Con g_x^a nos referiremos a la asignación:

$$(g - \{\langle x,g(x)\rangle\}) \cup \{\langle x,a\rangle\}.$$

Definición 4

Sea $\mathfrak{M}$ un sistema apropiado para L, y sea g una asignación a las variables de L en $\mathfrak{M}$. Definamos para cada fórmula φ, $[\![\varphi]\!]^{\mathfrak{m},g}$ el conjunto de las situaciones que apoyan la verdad de φ.

S0 $g'(x) = g(x)$, para cada variable x.
$g'(c_k) = c_k^{\mathfrak{m}}$, para cada $k \in K$.

S1 $[\![R_i t_1, \ldots, t_{n_i}]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{s / \langle g'(t_1), \ldots, g'(t_{n_i})\rangle \in R_i^s\}$
$[\![\bar{R}_i t_1, \ldots, t_{n_i}]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{s / \langle g'(t_1), \ldots, g'(t_{n_i})\rangle \in \bar{R}_i^s\}$

S2 $[\![(\varphi \wedge \psi]\!]^{\mathfrak{m},g} = [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{m},g} \cap [\![\psi]\!]^{\mathfrak{m},g}$
$[\![(\varphi \vee \psi]\!]^{\mathfrak{m},g} = [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{m},g} \cup [\![\psi]\!]^{\mathfrak{m},g}$

S3 $[\![x[\varphi]]\!]^{s,\mathfrak{m},g} = \{a \in M / s \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{m},g_x^a}\}$
$[\![x[\varphi]]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{a \in M / \mathfrak{M} \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{m},g_x^a}\}$

S4 $[\![\textit{Todo}\ x[\varphi]]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{X \subseteq M / [\![x[\varphi]]\!]^{\mathfrak{m},g} \subseteq X\}$
$[\![\textit{Algún}\ x[\varphi]]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{X \subseteq M / x[\varphi]^{\mathfrak{m},g} \cap X \neq \emptyset\}$
$[\![(t)]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{X \subseteq M / g'(t) \in X\}$

S5 $[\![(\alpha\, x\, [\varphi])]\!]^{\mathfrak{m},g} = \{s / [\![x[\varphi]]\!]^{\mathfrak{m},s,g} \in [\![\alpha]\!]^{\mathfrak{m},g}\}$

Observaciones:

1) Los cuantificadores, las expresiones de tipo $(D\, x[\varphi])$ con D un determinante, denotan conjuntos de subconjuntos de M. Más generalmente, los SN denotan conjuntos de subconjuntos de M.

2) Las expresiones $x[\varphi]$, en una situación s, denotan el conjunto de objetos de M que tienen en s la propiedad expresada por φ. Como ya se ha

indicado antes, tales objetos no tienen por qué ser elementos de M^s, es decir, no tienen por qué ser objetos presentes en la situación.

3) Las expresiones $x[\varphi]$, en $\mathfrak{M}$ denotan el conjunto de objetos de M que tienen la propiedad expresada por φ.

4) Las expresiones $(\alpha\, x[\varphi])$ denotan el conjunto de situaciones s tales que el conjunto de objetos de M que tienen en s la propiedad expresada por φ, pertenece a la denotación del SN α.

Definición 5

Diremos que s *apoya la verdad* de φ en $\mathfrak{M}$ (respecto a g) si $s \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Pueden probarse los teoremas de coincidencia y sustitución cuya formulación sería:

Teorema de Coincidencia. Para cada g y g_1 tales que coincidan en lo que asignan a las variables $x_1, ..., x_n$, y cada fórmula $\varphi\,(x_1, ..., x_n)$:

$$[\![\varphi(x_1, ..., x_n)]\!]^{\mathfrak{M},g} = [\![\varphi(x_1, ..., x_n)]\!]^{\mathfrak{M},g1}$$

Teorema de Sustitución. Para cada fórmula φ, situación s y asignación g

$$s \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g_x^{g'(t)}} \text{ si y sólo si } s \in [\![\varphi(t/x)]\!]^{\mathfrak{M},g}$$

En virtud del teorema de coincidencia podemos escribir $[\![\varphi(x_1, ..., x_n)]\!]^{\mathfrak{M}}[a_1, ..., a_n]$ como abreviación de $[\![\varphi(x_1, ..., x_n)]\!]^{\mathfrak{M},g}$ cuando $g(x_1) = a_1, ..., g(x_n) = a_n$, para indicar que lo relevante son los objetos que se asignan a las variables libres de φ.

Vamos a dar ahora las definiciones semánticas fundamentales.

Definición 6

φ es *verdadera* en $\mathfrak{M}$ (respecto a g) syss $\mathfrak{M} \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Definición 7

φ *implica fuertemente* a ψ ($\varphi \overset{f}{\Rightarrow} \psi$) syss para todo $\mathfrak{M}$ y g, $[\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g} \subseteq [\![\psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Definición 8

φ es *fuertemente equivalente* a ψ ($\varphi \overset{f}{\Leftrightarrow} \varphi$) syss para todo $\mathfrak{M}$ y g, $[\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g} = [\![\psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Definición 9

φ *implica* ψ syss para todo $\mathfrak{M}$ y g, si φ es verdadera en $\mathfrak{M}$ respecto a g, entonces ψ es verdadera en $\mathfrak{M}$ respecto a g.

Definición 10

φ es *lógicamente equivalente a* ψ syss para todo $\mathfrak{M}$ y g, φ es verdadera en $\mathfrak{M}$ respecto a g syss ψ es verdadera en $\mathfrak{M}$ respecto a g.

Definición 11

φ es *fuertemente válida* syss para todo $\mathfrak{M}$ y g $[\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g} = S(\mathfrak{M})$.

Definición 12

φ es *válida* syss para todo $\mathfrak{M}$ y g, φ es verdadera en $\mathfrak{M}$ respecto a g.

Proposición 1. $\varphi \vee \sim\varphi$ es válida pero no es fuertemente válida.

Demostración: Puede demostrarse por inducción que para toda fórmula φ, y todo $\mathfrak{M}$ y g:

$$\mathfrak{M} \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g} \text{ syss } \mathfrak{M} \notin [\![\sim \varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$$

De ello se sigue que $\varphi \vee \sim \varphi$ es válida.

Para ver que $\varphi \vee \sim \varphi$ no es fuertemente válida, sea la fórmula R_1x y la fórmula $\sim R_1x \equiv \tilde{R}_1x$. Consideremos un $\mathfrak{M}$, una asignación g y una situación s en $\mathfrak{M}$ tales que $g(x) \notin R_1^s$ y $g(x) \in \tilde{R}_1^s$. Una tal situación es posible. Evidentemente $s \notin [\![R_1x]\!]^{\mathfrak{M},g}$ y $s \notin [\![R_1x]\!]^{\mathfrak{M},g}$. Por tanto, $s \notin [\![R_1x \vee \sim R_1x]\!]^{\mathfrak{M},g}$, con lo que $R_1x \vee \sim R_1$ no es fuertemente válida.

Proposición 2. Si $\sim \varphi \vee \psi$ es fuertemente válida, entonces $\varphi \overset{f}{\models} \psi$. La conversa no vale.

Demostración: Si $s \notin [\![\psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$, al ser $\sim \varphi \vee \psi$ fuertemente válida.

Para ver que la conversa no vale consideremos el siguiente caso: $R_1c_1 \vee R_1c_2$. Ahora bien, es posible hallar $\mathfrak{M}$ y s tales que $s \notin [\![\sim R_1c_1 \vee (R_1c_1 \vee R_1c_2)]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Proposición 3. Si $\varphi \overset{f}{\models} \psi$, entonces $\sim \varphi \vee \psi$ es lógicamente válida.

Demostración: Supongamos que $\varphi \overset{f}{\models} \psi$. Sean $\mathfrak{M}$ y g. Si $\mathfrak{M} \in [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$, entonces $\mathfrak{M} \in [\![\sim \varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$ al ser $\sim \varphi \vee \varphi$ válida. Por tanto $\mathfrak{M} \in [\![\sim \varphi \vee \psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.
Si $\mathfrak{M} \notin [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}$, entonces $\mathfrak{M} \in [\![\psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$. Por tanto $\mathfrak{M} \in [\![\sim \varphi \vee \psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$.

Es de observar que, al ser $\sim \varphi \vee \varphi$ válida, '$\sim$' se comporta veritativo-funcionalmente respecto a la validez, pero que, al no ser $\sim \varphi \vee \varphi$ fuertemente válida, '$\sim$' no se comporta veritativo-funcionalmente respecto a la validez fuerte.

Podemos introducir, por definición, un condicional en L, estipulando:

$$\varphi \supset \varphi \equiv_{\text{def.}} \sim \varphi \vee \psi$$

Con este condicional puede demostrarse la proposición siguiente:

Proposición 4: φ implica ψ syss $\varphi \supset \psi$ (o $\sim \varphi \vee \psi$) es válida.

Por otra parte, podríamos ampliar nuestro lenguaje L para dar cabida en él a un condicional veritativo-funcional respecto a la validez fuerte. Utilicemos para tal condicional el signo '$\rightarrow$'. Y definamos su semántica como sigue:

$$[\![(\varphi \rightarrow \psi)]\!]^{\mathfrak{M},g} = (S(\mathfrak{M}) - [\![\varphi]\!]^{\mathfrak{M},g}) \cup [\![\psi]\!]^{\mathfrak{M},g}$$

Con este condicional en nuestro poder puede demostrarse lo siguiente:

Proposición 5. $\varphi \overset{f}{\vDash} \psi$ syss $(\varphi \rightarrow \psi)$ es fuertemente válida.

Proposición 6. $(\varphi \rightarrow \psi)$ es válida syss $(\varphi \supset \psi)$ es válida.

Si en la Proposición 6 cambiamos 'válida' por 'fuertemente válida' obtenemos una proposición falsa.

Bibliografía

[SOS] BARWISE, J.: «Scenes and Other Situations», *The Journal of Philosóphy*, LXXVIII (7), 1981.

[GCNL] BARWISE, J. y R.: «Generalized Quantifiers and Natural Language», *Linguistics and Philosophy*, 4, 1981.

[SA] BARWISE, J. y J. PERRY: «Situations and Attitudes», *The Journal of Philosophy*, LXXVIII (11), 1981.

[FPH] MONTAGUE, R.: *Formal Philosophy*, Yale University Press, New Haven, 1974.

[EFF] MONTAGUE, R.: *Ensayos de filosofía formal*, Alianza Ed., Madrid, 1977.

[TMLN] MARTI, G.: *Teoría de modelos y lenguajes naturales. El tratamiento de la cuantificación y los universales lingüísticos*, Tesis de Licenciatura, 1981.

[EQ] SUPPES, P.: «Elimination of Quantifiers in the Semantics of Natural Language by Use of Extended Relation Algebras», *Revue Internationale de Philosophie*, 1976.

[SCF] SUPPES, P.: «Semantics of Context-Free Fragments of Natural Languages», en J. Hintikka et al. (recops.), *Approaches to Natural Language*, Reidel, Dordrecht, 1973.

[SAPA] SUPPES, P.: «Steps Toward a Variable-Free Semantics of Attributive Adjectives, Possesives, and Intensifying Adverbs», en K. Nelson (recop.), *Children's Language* (vol. 1), Gardnes Press, Nueva York, 1978.

[VFS] SUPPES, P.: «Variable-Free Semantics with Remarks on Procedural Extensions», en T. Simon y R. Scholes (recop.). *Language, Mind, and Brain.*