Lenguajes y descripciones en ciencia

Guillermo Cuadrado[1] **& Italo A. Ortiz**[2]

Resumen

La ciencia moderna se caracteriza por tener ciertas teorías que usan lenguajes matemáticos para describir procesos, objetos y sus propiedades, y las relaciones entre ellos, como es el caso de la Física o la Economía. Tuvo dos etapas de desarrollo, una inductiva, que duró hasta el tercer tercio del siglo XIX, la otra deductiva, consecuencia y continuación de la anterior, que indagó por sus propios fundamentos. En esa búsqueda se inició el *giro lingüístico*, que señaló que las posibilidades de conocer están supeditadas a los límites del lenguaje. El propósito de esta investigación fue caracterizar lenguajes, teorías y funciones comunicativas, teniendo en cuenta sus estructuras. El método usado consistió en el análisis lógico y epistemológico de la bibliografía, considerando los cambios diacrónicos en la ciencia, la estructura de un lenguaje y el uso de las funciones comunicativas. Se encontró que las teorías empíricas usan las formas expresivas que proporciona el lenguaje matemático para designar sus objetos y procesos, los que en muchos casos requieren necesariamente de esas formas para ser concebibles y calculables. Estos aspectos permitieron concluir que para que los temas impartidos en teorías empíricas muy formalizadas lleguen efectivamente a los receptores del conocimiento científico, se deben cumplir ciertas condiciones en las funciones comunicativas y en las codificaciones entre el lenguaje natural, el matemático y disciplina empírica, caso contrario la transmisión del tema se interrumpe.

Palabras claves: lenguaje, teoría, giro lingüístico, signo, formas expresivas, estructura.

Una característica inherente de la ciencia moderna es usar lenguajes matemáticos para describir procesos, objetos y sus propiedades, y las relaciones entre ellos. Desde el Renacimiento a la fecha el lenguaje ha sido considerado un recurso fundamental para enfrentar el conocimien-

[1] Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN; Instituto de Filosofía, UNCuyo.

[2] Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN.

to. Aunque hubo cambios en sus concepciones, ese punto de vista tiene actualmente un rol fundamental.

Para ajustar lo descrito con las descripciones, la ciencia generó la necesidad de disponer de lenguajes que evitaran la vaguedad y la ambigüedad que tienen las lenguas naturales. Ese es el camino que han seguido la lógica y la matemática desde la antigüedad. En la edad moderna, el problema de indagar y representar el conocimiento científico ha sido evidente.

Conviene señalar que Frege inició un proceso que luego se denominó '*giro lingüístico*'. Antes del giro se aceptaba que los pensamientos se comunicaban por medio del lenguaje, pero eran independientes de éste. Con el advenimiento del *giro lingüístico* se comenzó a considerar que el pensamiento dependía del lenguaje, porque éste determinaba las posibilidades de conocer la realidad.

Los autores de este trabajo consideran que las teorías matemáticas son formas expresivas o lenguajes de estructuras, que proporcionan las condiciones necesarias para pensar e indagar nuevos aspectos de la realidad. Así por ejemplo, Maxwell, Lord Kelvin, Planck, Einstein o Mandelbrot, concibieron realidades empíricas como interpretaciones de ciertas estructuras matemáticas. Por ese motivo sostienen que el desarrollo y trasmisión de teorías científicas muy formalizadas depende de la estructura matemática que las funda y de las funciones comunicativas del lenguaje.

Este trabajo se ubica en una línea de investigación relacionada con la *concepción representacional* de la ciencia y se orienta determinar las condiciones que facilitan la comprensión de teorías muy formalizadas. El objetivo del mismo es señalar las características de los lenguajes formalizados y las funciones comunicativas necesarias para usarlos en ciencia y tecnología.

El lenguaje determina la comprensión de los objetos, en particular en ámbitos científicos muy formalizados como la Física, la Biomatemática o la Economía. Precisamente en esos ámbitos la matemática proporciona objetos que actúan como signos cuyo significado es provisto por el contexto específico de la disciplina que introduce una interpretación en ellos.

Entre las contribuciones de este trabajo, se señala que las teorías muy formalizadas son expeditas para resolver problemas, pero su sistema de significaciones es más complejo. La razón de ello se funda en que las teorías empíricas formalizadas están codificadas con objetos matemáticos. Eso establece interacciones entre los niveles sintácticos, semánticos y pragmáticos, que no es automática. Por otra parte, se requiere la activación de ciertas las funciones comunicativas en los lenguajes formalizados para poder realizar los procesos de transferencia en ciencia.

Este artículo incluye primero una sinopsis diacrónica del proceso de la Ciencia Moderna en sus etapas inductiva y deductiva, con el propósito de justificar el rol del lenguaje y la aparición del giro lingüístico. Luego se caracterizan las teorías como lenguajes, en particular la matemática como forma expresiva para describir y comprender el comportamiento de los objetos empíricos. Luego se presentan diversas teorías comunicativas, los tipos de mensajes y las funciones comunicativas que cumplen, así como el modo como intervienen en las actividades científicas y tecnológicas. Finalmente se discute sobre posibles dificultades cuando se trasmiten y usan teorías científicas muy formalizadas.

1. Sinopsis diacrónica de la etapa inductiva de la Ciencia Moderna

La ciencia utilizando descripciones reguladas por criterios de verdad para representar diversos aspectos de la realidad. La necesidad de ajustar esas descripciones a la realidad descrita ha generado la necesidad de disponer de un lenguaje instrumental para el conocimiento que evitara la vaguedad y la ambigüedad de las lenguas naturales. Ese es camino que han seguido la lógica y la matemática desde la antigüedad.

En el Renacimiento se fortaleció la idea de la unidad del espíritu humano y se reconoció el valor de la cultura, sobre la base de los elementos racionales que tienen todas las lenguas. En ese período inicia la aplicación de cálculos a cosas prácticas, pero Galileo se destacó en forma especial. Fue el primero en comprender los hechos observados estudiando unas pocas afecciones de los entes naturales. Él consideraba real al espacio descrito por la *geometría euclidiana*, asignándole un rol interpretativo que explicaba aspectos de la realidad que en apariencia eran caóticos. De esta manera su método para obtener conocimiento científico prometía que usando el lenguaje matemático la realidad se presentaría en forma nítida y sin secretos.

Al llegar el siglo XVII, ya se pensaba que la razón era igual para todos los hombres y además, todos los idiomas tenían la misma relación entre lenguaje y pensamiento. Esta idea impulsó la búsqueda de una *lengua racional universal*, que resolviera sin ambigüedades los interrogantes de la ciencia y además, permitiera tratar afirmaciones, haciendo indiscutibles su significado y su validez (Muñiz Rodríguez, 1989; Valenzuela, 1978).

Hubo varios intentos tendientes a materializar ese ideal, con autores como Juan Becher; Pedro Bermudo; Atanasio Kircherlos; George Delgarno; John Wilkins; Antoine Arnauld y Claude Lancelot, con su *Gramática de Port-Royal*. Es muy posible que el *cálculo* de Newton también estuviera inscrito en ese programa de investigación. Conviene aclarar que en ese período sólo se disponía de la geometría griega, pero ésta no tenía capacidad expresiva para describir el movimiento. Luego, para salvar esa falencia se desarrolló del *cálculo infinitesimal*. Este último permitió representar el movimiento y otros fenómenos aún más recónditos y adquirió su fisonomía casi definitiva gracias a Leibniz y Newton.

Leibniz, en un tratado incompleto titulado *'Mathesis universalis'* (1695), intentó resolver las posibles conexiones entre álgebra, cálculo infinitesimal, y la *Characteristica Universalis*, un lenguaje universal, construido con símbolos matemáticos, para realizar deducciones. Se trata de una ideografía lógica que establece una correspondencia biunívoca entre signos e ideas, simples y compuestas, para demostrar verdades o verificar consecuencias en los razonamientos. Sin duda, un anticipo de la lógica simbólica actual (Becker, 1966; Kline, 2000). Un aspecto notable de todas estas construcciones es que asumían un dominio universal, para resolver todos los interrogantes.

Newton, igual que Galileo, creía que la matemática era el instrumento para investigar los fenómenos naturales. Naturalmente, con él formuló las leyes de *acción* y *reacción* y de la *gravitación universal*. Con la última unificó en una sola teoría fenómenos muy distintos: la caída de los cuerpos; el movimiento de los planetas alrededor del sol, de la luna alrededor de la tierra; las mareas con las posiciones de la Luna, por indicar algunos (Kline, 2000).

Las teorías encontradas, expresadas en el lenguaje del cálculo infinitesimal, llegan al siglo XVIII con notables éxitos en numerosos campos de investigación: música (Bernolli, D'Alambert, Euler, Lagrange, Fourier); mecánica de fluidos, llevada incluso al sistema sanguíneo (Bernolli, Euler); teoría del calor (Fourier); la predicción de Clairaut sobre el retorno del cometa Halley. Estos descubrimientos, parte de una lista más extensa, eran evidencias de que el universo obedecía a un plan basado en principios simples y eficaces. Además, se corroboraba la idea de que la matemática podía extraer una copia especular de éste (Kline, 2000). Si bien se trata de la etapa inductiva, comienzan a aparecer consecuencias deductivas de las leyes descubiertas.

Naturalmente uno de los problemas filosóficos del siglo XVIII era determinar cómo era posible la ciencia matemática. En ese sentido, Kant distinguió dos aspectos de la capacidad de conocer, la *intuición sensible* y el *entendimiento*. La primera era condición necesaria para que la segunda pudiese pensar los objetos. La intuición tenía, como formas puras *a priori* de la sensibilidad, el espacio y el tiempo que coincidían con la geometría euclidiana. Dada esta correspondencia, la geometría y la aritmética no necesitaban de la observación empírica. Este punto de vista indicaba que la matemática no provenía del mundo físico sino de la mente humana (Becker, 1966; Kline, 2000).

2. Sinopsis diacrónica de la etapa deductiva de la Ciencia Moderna

En el siglo XIX su produjeron nuevos descubrimientos que contradecían la visión de los siglos anteriores, por ejemplo surgieron límites que no preveía el universo infinito newtoniano. En consecuencia, el camino inductivo iniciado por Galileo cedió su lugar a la vía deductiva. En ésta, investigando en el lenguaje matemático se descubrían objetos o procesos y luego, se corroboraba su existencia en la realidad. Así lo indican los ejemplos que se presentan a continuación.

El descubrimiento del cero absoluto, hecho por Lord Kelvin, introdujo un límite para las temperaturas. En otro ámbito Maxwell descubrió el electromagnetismo teóricamente, develando que la luz era una onda electromagnética. Años después, Hertz verificó su existencia en el laboratorio. Por cierto, las fuerzas electromagnéticas no seguían el comportamiento de las fuerzas mecánicas newtonianas ni tenían su dirección (Agazzi, 1978). Por otra parte, la Mecánica Relativista encontró el límite de la velocidad de la luz, mientras que la Mecánica Cuántica comprometió las nociones de continuidad de la materia y la energía.

En el siglo XIX, también aparecieron nuevos fenómenos no representables en términos aritméticos. Von Helmholtz sostenía que para que la aritmética fuera aplicable, los objetos no debían desaparecer, fundirse o unirse, así por ejemplo, una vaca en adición con otra son dos vacas, pero no ocurre lo mismo con las gotas de agua. Del mismo modo, si se superpone un sonido de 200 ciclos por segundo con otros 100 no se obtiene uno de 300. La adición aritmética tampoco se mantiene cuando se mezclan agua y alcohol (Kline, 2000).

Con esas consideraciones, muchos científicos advirtieron que se podían ofrecer conjuntos de modelos conceptuales, que hicieran más comprensibles los fenómenos, en lugar de intentar representar el mundo fielmente. Es el caso de Faraday, Thomson, Lodge y Maxwell de la escuela denominada *'física de los modelos'*. Además fueron los fundadores de la teoría de campos. Hertz también adhirió a esa posición y en *Principios de la mecánica* (1876) sostuvo que la validez de las afirmaciones de la Física se circunscribía a sectores limitados de la naturaleza. Para él también, la Física sólo debía construir imágenes de los fenómenos en vez de elaborar un cuadro exhaustivo del mundo (Agazzi, 1978).

En el siglo XIX, Gauss, Lobachevski, Bolyai y Rieman intentaron, por separado, fundamentar mejor la geometría euclidiana y en ese esfuerzo descubrieron las geometrías no-euclidianas. El problema era que la geometría euclidiana se deducía de cinco postulados, de los cuales cuatro parecían correctos. Sin embargo, el quinto, llamado 'de las paralelas' no era demasiado evidente. En consecuencia se buscaba determinar si éste era independiente o no de los otros axiomas. Por cierto, se demostró que sí lo era. Es más, suprimiéndolo se obtenía un nuevo sistema coherente y así surgieron las nuevas geometrías. Gauss advirtió que éstas podían describir el espacio físico tan precisamente como la *geometría euclidiana*. También advirtió ésta no podía garantizar la verdad física sobre bases *a priori*, afectando en forma directa el punto de vista kantiano.

Para comprender la importancia de este descubrimiento, hay que tener en cuenta que las ciencias demostrativas, según la concepción aristotélica, descansaban en tres supuestos: *deducibilidad*, *evidencia* y *realidad*. El primero se apoyaba en el rigor y eficacia de los razonamientos deductivos, en particular el silogismo perfecto. El segundo garantizaba la deducción, partiendo de premisas verdaderas, evidentes en forma inmediata, más conocidas, anteriores y causa de la conclusión. En cuanto al tercero, para Aristóteles la palabra *'ciencia'* se refiere al estudio de la realidad.

Las *geometrías no-euclidianas* no eran evidentes para nada, en consecuencia afectaron el supuesto de *evidencia* de los axiomas, ligada por siglos a la *geometría clásica*. Pero también afectó al supuesto de *realidad*, porque ahora había más de un sistema verdadero que explicaba el diseño matemático de la naturaleza.

Por otra parte, Riemann integró las *geometrías no-euclídeas* a la matemática. Este autor consideraba que la geometría se constituía por conjuntos ordenados de números que se pueden combinar por reglas, difiriendo del sentido usual de ese momento. De este modo, al obviar los supuestos de *evidencia* y *realidad*, las ciencias demostrativas sólo retuvieron la *deducibilidad* (Boyer, 1999; Kline, 2000).

Con relación a las *geometrías no-euclidinas*, Einstein desarrolló su *teoría general de la relatividad* en 1915, asumiendo como espacio físico la geometría de Riemann. En esa época no se podía explicar una anomalía del movimiento del perihelio de Mercurio con la teoría newtoniana. Sin embargo, sí lo hacía la teoría de Einstein y con la tolerancia admitida por los astrónomos. De hecho, en 1919, Eddington observó cierto eclipse solar en las Islas Príncipe, África. Luego de fotografiar las estrellas ubicada alrededor del Sol, éstas aparecían un poco desplazadas. Así corroboró que su luz era curvada por el campo gravitatorio solar, de acuerdo con la predicción de la teoría de la relatividad general.

A partir de 1920 la *teoría general de la relatividad* se consideró más precisa que la newtoniana. Así puso en evidencia que una geometría *riemanniana* con curvatura *variable* representaba el espacio más adecuadamente que una *euclidiana*. Además, dejó asentado que la *teoría de la relatividad* describe la interacción entre la materia y el espacio con mucha aproximación. Este último se curva en las proximidades de masas gravitacionales muy grandes, como es el caso del sol. Se pudo advertir entonces que la geometría *euclidiana* consigue aproximaciones aceptables sólo cuando las distancias son pequeñas y los campos gravitacionales débiles (Gillies et al., 2005). Se advierte en consecuencia la influencia que tiene el lenguaje en la precisión de una descripción.

3. Lenguajes, teorías y giro lingüístico

Un *lenguaje*, en sentido lato, es un conjunto de símbolos y de reglas para su empleo: Por ejemplo, las diferentes ramas de la matemática, las teorías físicas, los programas de computadoras, ciertos juegos, por indicar algunos de una larga lista. Todos ellos conservan algunas propiedades de los lenguajes naturales y otras se omiten expresamente, de acuerdo con los propósitos buscados, que pueden ser de operación, de significación o ambos a la vez.

Battistella (1972) sostiene que un *lenguaje* es un triplo ordenado formado por: un *alfabeto* o conjunto de *signos*; una *gramática* o conjunto de reglas; y un conjunto reglas de *significado*. La *gramática* a su vez tiene *reglas de formación* para reconocer si una oración pertenece o no al lenguaje; y tiene también un conjunto de *reglas de transformación* que permiten elaborar nuevas oraciones partiendo de otras que ya existen en el mismo lenguaje. El *significado* puede quedar en suspenso en ciertos lenguajes, por ejemplo en la lógica simbólica o el cálculo infinitesimal, por razones que serán explicadas aquí, en breve.

De acuerdo con el punto de vista de Agazzi (1978), las teorías científicas son *lenguajes* orientados a describir el conocimiento de ciertos ámbitos de la realidad. Con ese propósito usan expresiones precisas para designar los objetos, sus propiedades y las relaciones que se establecen entre ellos. Con esos elementos se realizan descripciones sobre los estados del ámbito, generalmente expresadas en fórmulas matemáticas. Cabe agregar estas últimas suelen ir acompañadas de textos, planos, gráficos y diagramas de distinto tipo. Estas representaciones cumplen el rol de paratextos, que tienen cierta similitud con los gestos y la postura corporal cuando la comunicación se realiza en lenguaje natural.

La *Semiótica* es la teoría que se ocupa de los problemas de representación, estudiando las condiciones para que un signo signifique algo para alguien, en virtud de ciertas convenciones. De este modo, hechos, conocimientos, actitudes, incluso sentimientos, se pueden comunicar a otros con signos regulados por un acuerdo entre personas (Bunge, 2004; Walther, 1994).

Morris desarrolló un sistema que distingue tres tipos de relaciones entre signos: 1) las formales, que vinculan los distintos signos entre sí llamada *'sintaxis'*; 2) las de asignación de los signos para nombrar objetos o *semántica* y 3) las de uso de los signos, denominada *'pragmática'*. Se dice que un lenguaje es *completo* cuando intervienen los tres tipos de relaciones: *sintaxis*, *semántica* y *pragmática*. Además, conviene señalar, que sólo la sintaxis puede tener existencia independiente, en cambio las otras dos no y requieren siempre de ésta (Morris, 1994; De Lío de Brizzo et al., 1968).

La *sintaxis* contiene las formas y estructuras expresivas que constituyen el lenguaje con relaciones internas solamente. En éste el *significado* de objetos y relaciones queda en suspenso mientras no reciba una interpretación, como en el cálculo infinitesimal. Cuando el lenguaje se interpreta recibe una *semántica* y queda vinculado con alguna realidad, como ocurre con el electromagnetismo. Y cuando se lo utiliza para hacer algo en esa realidad, surge la *pragmática*, el uso del lenguaje para hacer algo, por ejemplo el diseño de transformadores o líneas de alta tensión, para el caso del electromagnetismo.

Resulta oportuno mencionar que Moulines (1982) sostiene que las teorías empíricas son objetos *semióticos*, porque explican *algo* distinto de ellas mismas y además, alguien las usa para explicar ese *algo*. Cada teoría tiene: a) una estructura matemática, llamada *'núcleo'*; b) descripciones de ciertos aspectos de la realidad, hechas con las fórmulas del núcleo, denominados *'modelos'*; y c) una comunidad que utiliza la teoría con ciertos propósitos, los *usuarios de la teoría*, por ejemplo, los ingenieros que usan teorías científicas y tecnológicas. Las primeras las utilizan para comprender la realidad, las segundas para transformarla.

Hechas esas consideraciones, conviene señalar que a partir de la segunda mitad del siglo XIX, las disciplinas se agruparon dentro de sistemas más generales y los razonamientos matemáticos comenzaron a justificarse en forma lógica. Frege (1848-1925) sostenía que muchos errores de razonamiento se cometían por confusiones conceptuales no reconocidas. Para evitar ese problema concibió la *Conceptografía* (1879), un lenguaje para representar contenidos de pensamiento, en forma simbólica y sólo desde el punto de vista lógico, que luego originó la *lógica simbólica* actual. Además, escribió *Los fundamentos de la aritmética* (1884) y entre ambas publicaciones, desarrolló los conceptos lógicos de *función*, *concepto* y *objeto* y los semánticos de *sentido* y *referencia* (Stefanians, 2007).

En *Los Fundamentos*, Frege (1972) negó que los números fueran objetos físicos o de la intuición, en el sentido propuesto por Kant. En consecuencia, si los números no eran ni representaciones ni intuiciones, entonces cuál era su origen. Así advirtió que "Sólo en el contexto de una proposición significan algo las palabras" (§62). Con esta afirmación dejó sentado que hay que aclarar el sentido de una proposición en la que aparece un término numérico. De esta manera, lo que era un problema de conocimiento Frege lo transformó en uno sobre el lenguaje, iniciando lo que después se llamaría *'giro lingüístico'*.

Dicho de otro modo, el lenguaje era considerado un medio para comunicar pensamientos, que no influía sobre estos. El *giro lingüístico* cambió esa visión y actualmente se considera que el lenguaje determina el pensamiento. Así ocurre en el problema de la anomalía del movimiento del perihelio de Mercurio, que es explicado por la teoría de la relatividad y no por la newtoniana. Wittgenstein sintetizó el problema del *giro lingüístico* en el § 5.6 del *Tractatus*: "Los límites de mi lenguaje significan los límites de mi mundo".

Cabe agregar que los trabajos de Hertz en Mecánica y los de Hilbert en Geometría también conmovieron los fundamentos de la matemática, modificando el método axiomático y la ciencia en general. Hilbert reelaboró el sistema euclidiano en su obra "Los fundamentos de la geometría" (1899) usando la lógica de su tiempo, para evitar la silogística de sujeto y predicado y eludir las reglas intuitivas de inferencia usadas por Euclides. Su método para axiomatizar introdujo dos grandes abstracciones. En la primera se desprendió del espacio, independizando al sistema del mundo real. En la segunda lo vació de contenido, permitiendo que las variables puedan interpretarse con cosas diversas. Luego cada interpretación que coincidía con el sistema constituía un *modelo*.

Una consecuencia de este método es que palabras como *'punto'*, *'recta'*, *'plano'* no significan nada por sí mismas, quedan definidas, de manera implícita, sólo cuando los axiomas se combinan entre sí. De este modo puso de manifiesto la condición estructural de todo lenguaje y la arbitrariedad de los signos lingüísticos. Además, al excluir cualquier referencia directa, aseguró que el sistema dependiera sólo del ámbito de aplicación para ser verdadero o falso. Esa condición eliminó toda pretensión de disponer de dominios universales. Así una teoría pasó a ser un conjunto de axiomas que tiene modelos o no. (Agazzi, 1978; Boyer, 1999; Kline, 2000).

Para Hilbert el método axiomático, en *matemática* y *física*, conduce a las teorías abstractas, por este motivo, en su carta a Frege (29-12-1899), sostuvo que los teoremas de una *teoría electromagnética* también eran válidos para cada sistema de cosas que ocupara el lugar de *'electricidad'*, *'magnetismo'* y otros términos para nombrar entidades, siempre que se satisficieran los correspondientes axiomas. Años más tarde, puso como ejemplos de una teoría axiomática abstracta a la *geometría euclidiana*, la *mecánica de Newton* y la *termodinámica de Clausius*. Además postuló la necesidad de probar la consistencia de las teorías abstractas de la Física mediante la indicación de modelos aritméticos de las mismas (Monsterín, 1984).

En definitiva, las teorías científicas pasaron a ser estructuras ideales, que se pueden aplicar a la realidad bajo ciertas condiciones. Naturalmente se trata de un camino que va de lo ideal a lo real, totalmente opuesto a la vía inductiva propuesta por los iniciadores de la ciencia moderna. También se advirtió que la *matemática* era una creación intelectual del hombre, una forma de pensamiento axiomático que deduce conclusiones válidas a partir de premisas. Por ese motivo, ésta dejó de ser una *ciencia natural* y se constituyó en una *ciencia formal*. Después de ese proceso, la *matemática* ya no se ocuparía más de observaciones, experimentos o inducciones (Boyer, 1999; Bochenski, 1949).

Desde otra tradición, Ferdinad de Saussure (1857-1913), impulsor del estructuralismo, cuya obra póstuma *Curso de Lingüística General* (1916) es una compilación de apuntes de sus clases, hecha por dos de sus alumnos. Allí distinguió la *lengua del habla*, que es el uso individual de ésta, tópico por el que comenzó sus estudios. Por otra parte, el sistema de la *lengua* está formado por diferencias fónicas y de significado, que estructuran la percepción de la realidad con la convención del lenguaje. Saussure (1994) sostiene en su *primer principio* que el vínculo entre el significante y su significado es arbitrario. Mientras que en el *segundo* afirma el carácter lineal del significante, que por ser de naturaleza auditiva se produce durante su secuencia temporal.

Conviene señalar que Saussure planteó que el signo lingüístico relaciona un concepto con una representación que se activa por la señal acústica, rompiendo así con una vieja tradición que vinculaba cada cosa con un nombre. Además, los conceptos se definen con un sistema lingüístico y se deben nombrar para que existan. Si se acepta que el conocimiento no es posible sin conceptos, éste queda confinado a las posibilidades expresivas del lenguaje. Dicho de otro modo, si algo está fuera del lenguaje, no tiene nombre ni significado y por lo tanto no se puede concebir.

4. Teorías comunicativas y tipos de mensajes

Karl Bühler (1879-1963) fue uno de los primeros en formular las tres funciones básicas del lenguaje. Entre sus discípulos se destacan L. Wittgenstein, K. Popper, E. Gombrich y K. Lorenz. Para Bühler esas funciones son: 1) la *expresiva* o *emotiva*, que expresa lo subjetivo y caracteriza el estado psíquico y la actitud del emisor; 2) la *apelativa* o *conativa* o *estimulante* que se usa para influir al receptor con palabras, actitudes o conductas y lograr atraer su atención o impartirle órdenes o sugerencias; y 3) la *representativa* o *referencial* que se usa para trasmitir información sobre estados de cosas. Para que esta última función comunique un emisor y un receptor, se requiere un sistema de signos que represente cosas o ideas, por ejemplo enunciados científicos, razonamientos, conceptos abstractos, opiniones, fantasías. En sentido estricto, la función representativa es propia del lenguaje humano, dado que los sistemas de comunicación animal no la tienen (Marías, 1950; Popper, 1991).

Es pertinente destacar que Popper (1982; 1991; 1995) reconoció a Bühler como su maestro y adhirió a su doctrina agregándole una cuarta función, la *argumentativa*. Si bien admitió otras más, como las 'expresiones de desempeño' formuladas por Austin, él enfatizó esas cuatro. Popper clasificó las funciones comunicativas en: a) inferiores, *emotiva* y *conativa* y b) superiores, *descriptiva* y *argumentativa*. También sostuvo que todos fenómenos lingüísticos comparten las dos funciones inferiores, las que están siempre presentes cuando se utilizan las funciones superiores. Por ello estas últimas se pueden explicar usando las inferiores y por ese motivo ha sido difícil reconocerlas.

Por una parte, las funciones inferiores existen en cualquier lenguaje, humano o animal. En el primer nivel está la función *expresiva*, sintomática del estado interior de algún organismo o de instrumentos sencillos, como termómetros o semáforos. Así instrumentos, plantas, animales y personas expresan sus estados internos en su comportamiento, como una forma de autoexpresión. En un segundo nivel se encuentra la función de *señalización* o de *dar a conocer* que es obvia, envía señales y presupone la función expresiva. Pero, para que esta función se ejecute requiere de alguna entidad que interprete su emisión como una señal y suscite en ella una respuesta. Los instrumentos como el termómetro o el semáforo adquieren el carácter de tales sólo cuando sus señales son interpretadas por alguien. Las aves emiten señales de peligro, que ellas mismas interpretan y también otros animales, motivando una respuesta. En actividades profesionales la función *conativa* tiene aplicaciones específicas en manuales técnicos, instructivos o normativas que describen procedimientos para el usar instrumentos, productos o realizar actividades.

Por otra parte, las funciones superiores del lenguaje, *descriptiva* y *argumentativa*, son características del lenguaje humano. La descriptiva se relaciona con referentes exteriores del acto comunicativo. En ella predominan los sustantivos y verbos; es la más común en textos informativos, científicos y periodísticos, porque permite trasmitir conocimientos, conceptos e información objetiva. En cambio una argumentación consiste en proporcionar las razones para sostener cierta posición, por ejemplo, señalando las dificultades o contradicciones de una posición distinta. La función *argumentativa*, presupone la *descriptiva* y desempeña un rol muy importante en la metodología del *racionalismo crítico* y en la constitución del *mundo 3*. Esto se debe a que los argumentos se ocupan de las descripciones considerando su contenido y las ideas reguladoras de verdad y verosimilitud. Los lenguajes descriptivos y escritos contribuyen a la emergencia de ese *mundo 3*, donde se desarrollan los problemas y las críticas racionales.

Es oportuno indicar que Popper (1982) clasifica el mundo en tres categorías: *mundo 1*, de los objetos físicos; *mundo 2*, de las disposiciones, expectativas y procesos mentales y *mundo 3*, de los contenidos objetivos de pensamiento científico, artístico o de otra índole, que se encuentra en el contenido de libros, bibliotecas, museos, computadoras y repositorios digitales. Este último es autónomo y tiene el potencial para hacer descubrimientos teóricos, por la existencia de relaciones lógicas implícitas en él, de la misma manera que en el *mundo 1* se hacen descubrimientos geográficos o se encuentran nuevas especies de plantas o animales.

Popper admite el conocimiento en dos sentidos, el subjetivo y el objetivo. El primero es un estado mental, una disposición para comportarse o para reaccionar. Mientras que el segundo consiste en problemas, teorías y argumentos, independientes de las creencias, las disposiciones para actuar o las pretensiones de conocimiento que tienen los sujetos. Se trata de un conocimiento objetivo sin sujeto cognoscente que está potencialmente disponible para ser conocido por alguien. Conviene agregar que la conciencia plena de sí mismo, que tienen los sujetos, así como el inicio y desarrollo del *mundo 3* se genera en el lenguaje humano. Por esa razón la mayor parte del conocimiento subjetivo, inherente al *mundo 2*, depende del contenido de los repositorios que tiene el *mundo 3*.

Dicho de otra manera, los problemas y relaciones entre objetos que se hacen conscientes en los procesos mentales ya existían en forma potencial en el mundo del conocimiento objetivo. Así, por ejemplo, la conjetura que dice "Todo número par mayor que 2 puede escribirse como suma de dos números primos" estaba potencialmente en el *mundo 3*, pero pasó al *mundo 2*, cuando Christian Goldbach la formuló en 1742. Se trata por lo general de relaciones posibles entre objetos creados por el hombre

En otro orden de cosas, a mediados del siglo XX, C. Shannon publicó *Una teoría matemática de la comunicación* (1948), obra que potenció el desarrollo de la telefonía, la microelectrónica y la informática. En esa publicación propuso un modelo de comunicación, donde una fuente de información emite un mensaje, un transmisor lo convierte en señal y viaja por un canal, pero en su traslado puede ser interferida por algún ruido. Cuando la señal sale del canal llega a un receptor, que la convierte en mensaje nuevamente y pasa al destinatario. Además, la fuente es mensurable y no puede exceder la capacidad del canal. Se trata de un modelo aplicable al teléfono, la radio, la televisión, incluso el habla de la gente (Shannon, 1948). Con su teoría este autor facilitó la comprensión de la comunicación entre entidades sean estas máquinas, personas o sistemas formados por ambas.

Los mensajes emitidos por la fuente se rigen por un código, esto es un conjunto de signos y reglas que se combinan entre sí para formar los mensajes. Las lenguas naturales son códigos complejos, que dependen del contexto y pueden producir infinitos mensajes, al menos potencialmente. Conviene aclarar que *codificar* es convenir un acuerdo entre los usuarios que establece para cada signo la relación entre significante y significado. Cuanto más amplia y precisa es esa convención, más codificados están los signos. Por otra parte, cuando un mensaje se transforma en señal, surge un segundo código, que adecua el mensaje para su transmisión (Cortés Morató et al., 1996).

Los actos comunicativos de las actividades científico-tecnológicas se realizan por medio de disertaciones o de textos escritos, como proyectos, memorias de cálculo o artículos. Por cierto, la escritura es el canal preferido, de acuerdo con el modelo de Shannon, porque algunas descripciones, referidas a cierta realidad, se codifican en lenguaje matemático, que tiene un repertorio de significantes expresivos y operativos que el lenguaje natural no posee. Si bien no se ha alcanzado el ideal de la *lengua racional universal* de los racionalistas del siglo XVII, los resultados actuales son bastante sorprendentes.

Cabe agregar que Jakobson (1975) integró la teoría de Shannon con la Bühler, considerando seis factores constitutivos: emisor, receptor, contexto o ámbito referencial, mensaje, contacto y código. En su modelo comunicativo el factor al que se refiere el contenido del mensaje determina la función que cumple en el proceso del lenguaje. Jakobson propuso las mismas funciones de la teoría de Bühler, *emotiva*, *conativa* e *informativa*, pero le agregó otras tres: *fática*, *metalingüística* y *poética*.

La función *fática* o de contacto, está orientada a verificar la continuidad del vínculo entre emisor y receptor. Su contenido informativo sólo se emplea para establecer, prolongar o interrumpir una comunicación. Mientras que en la función *metalingüística* o *de traducción* el contenido del mensaje se refiere al código. Ésta entra en juego cuando el emisor y el receptor buscan controlar que el código usado para comunicarse es el mismo para ambos. La misma se manifiesta cuando se agregan afirmaciones adicionales o aclaraciones en los mensajes intercambiados, también cuando se solicitan o se proporcionan definiciones o significados de ciertas palabras. Las fábulas, por ejemplo, comienzan con la locución *'Había una vez'*. Eso establece que se trata de un código de ficción que indica que la información presentada no tiene correspondencia con la realidad.

En cambio en la función *estética* o *poética* las formas expresivas codifican el mensaje. Se trata de una función orientada al mensaje mismo, que busca a producir un efecto en el destinatario, seleccionando las palabras o los signos sobre la base de equivalencias, semejanzas o diferencias. Generalmente está presente cuando se pretende crear belleza usando el lenguaje y por ese motivo es dominante en poesías, poemas, novelas, obras de teatro y canciones. También aparece en los refranes.

Jakobson (1985) sostiene que la poética estudia los problemas de la estructura verbal, del mismo modo que el análisis pictórico se interesa por la estructura de la pintura. Además, aclara que muchos rasgos poéticos son comunes a otros sistemas semióticos. Por ejemplo, la poesía reitera unidades equivalentes regularmente para provocar ciertos efectos en la fluidez lingüística. Lo mismo ocurre con los tiempos musicales, por citar otro modelo semiótico.

Si bien la función poética es dominante en la poesía y en los textos literarios, no se limita sólo a ese campo. Esta función está activa cuando la expresión atrae la atención por su forma para despertar emociones o reflexiones, por la musicalidad de las palabras. Se puede observar en el lenguaje cotidiano en: consignas publicitarias; juegos de palabras; lenguaje infantil o político. En efecto, Jakobson (1985) analiza el slogan *'I like Ike'* usado en Estados Unidos, durante la campaña presidencial de "Ike" Eisenhower y sostiene que es un ejemplo muy eficaz de función poética. Esto es así porque oír ese slogan en lengua inglesa llama la atención, por la rima interna y la notoria repetición del mismo fonema. Además, tiene eficacia expresiva por ser fácil de recordar.

En igual forma, el *haiku*, un género poético de origen japonés, se basa en el asombro y el éxtasis del poeta al contemplar la naturaleza. Por su inmediatez y simplicidad fue, durante siglos, una forma de poesía popular difundida en todas las clases sociales japonesas. Se compone de tres versos sin rima de 5, 7 y 5 sílabas. Su estructura consiste en contraponer dos ideas o imágenes mediante un término separador (*kireji*). Un ejemplo adaptado es:

La mariposa (5)
nunca olvidará que (7)
fue un gusano. (5)

Jakobson (1985) afirma que cuando la función poética prevalece sobre la función referencial, no excluye a la referencia, pero la vuelve ambigua. Eso ocurre porque el lenguaje poético es implícito, mientras que el lenguaje científico busca ser explícito. Además, las expresiones poéticas permiten desarrollar una multitud de significaciones, contrariamente a lo que ocurre con las expresiones científicas que tienen una sola.

Conviene observar que la función poética está regulada por una estructura previa, formada por reglas. Como ya se indicó, es un rasgo compartido con otros sistemas semióticos y en particular con la matemática. En ese sentido el matemático David Eugene Smith (1860-1944), en su obra *La poesía de la matemática y otros ensayos* (1934), sostenía que a la matemática se la considera en las antípodas de la poesía, sin embargo ambas están estrechamente relacionadas porque son producto de la imaginación. Y si la poesía era creación y ficción, la matemática era, para algunos de sus admiradores, la más sublime de las ficciones (Lorusso, 2012).

En esa línea se encuentra también Sofía Kovalevskaya (1850-1891), matemática, escritora rusa y la primera mujer en obtener un doctorado y una cátedra universitaria en Europa. A ella se le atribuye el siguiente texto: "Es imposible ser matemático sin tener alma de poeta. El poeta debe ser capaz de ver lo que los demás no ven, debe ver más profundamente que otras personas. Y el matemático debe hacer lo mismo".

De acuerdo con el criterio de los autores de este trabajo, en el lenguaje científico y tecnológico la matemática desempeña la función referencial porque el mensaje se orienta al contenido. Sin embargo advierten que también desempeña ciertos roles que son propios de la función poética. Si la Matemática es entendida en el sentido de Bourbaki, como ciencia de las estructuras, se ubica en el nivel sintáctico. En consecuencia las estructuras establecen como debe presentarse el mensaje. Esta condición es anterior a la determinación del contenido de la función referencial que luego desempeñará. Complementariamente, cuando la descripción va acompañada de gráficos cartesianos, tablas, diagramas o grafos. Allí, los referentes y las relaciones entre ellos son mostrados usando otros sistemas de representación. De esta manera, llaman la atención con su forma, de otros aspectos o propiedades de los mismos.

Anteriormente se indicó que Hilbert, luego de axiomatizar la geometría euclidiana, concluyó que en una teoría, el significado de las palabras no residía en ellas mismas, sino que quedaba definido estructuralmente por la combinación de los axiomas (Corry, 2002). Por esa razón, los nombres de objetos de diferentes teorías empíricas, pueden satisfacer la misma estructura matemática y ésta es una característica de la codificación *poética*.

La razón de que la matemática consiga expresar contenidos empíricos muy diversos reside en el hecho de que cada estructura matemática es un significante abierto a múltiples significaciones. Por ejemplo, una misma estructura sintáctica puede servir tanto en mecánica, en electromagnetismo como en termodinámica. El lenguaje matemático se vuelve unívoco, sólo cuando está interpretado, es decir, se lo ha provisto de una semántica. Caso contrario son significantes abiertos a distintos significados. Esa es una propiedad poética que le confiere eficacia expresiva a la matemática, que a la vez facilita la economía de pensamiento.

Hay que tener en cuenta que cuando se usan teorías científicas o tecnológicas muy formalizadas, la función referencial depende de ese rol poético para su implementación. Esto quiere decir que la matemática provee *a priori* las formas expresivas que codifican poéticamente la escritura de las descripciones utilizadas. Adicionalmente, estas últimas suelen requerir también de la función metalingüística, que las traduzca al lenguaje natural en el que se están dando las explicaciones.

Por otra parte, cuando se analiza o se critica el contenido de las descripciones científicas surge la función argumentativa. Pero la forma y la secuencia de presentar esos argumentos depende del género académico-científico seleccionado, que puede ser: un artículo de revista, una ponencia en un congreso, un resumen, un póster científico, una reseña, una conferencia, un manual universitario, una tesina de licenciatura, una tesis doctoral, un informe de investigación, entre otros géneros disponibles. Las secuencias informativas de la argumentación de cada género están reguladas por una estructura preestablecida, manifestando así la función poética y también la metalingüística.

Discusión y conclusiones

El problema del lenguaje ha sido una constante en la actividad científica desde la antigüedad. En el caso de la ciencia moderna ocupa un rol central en sus etapas inductiva y deductiva. En la primera se destaca la búsqueda de una *lengua racional*, con un dominio universal, que fue un motor que impulsó importantes desarrollos en matemática y lógica. Si bien fue un programa que fracasó, preparó muchas de las condiciones para que surgieran las contribuciones de la etapa deductiva. Durante esta etapa se pensaba que tanto la *geometría euclidiana* como el *cálculo* reflejaban la realidad y por ello se consideraba que tenían contenido empírico. Hasta mediados del siglo XIX se aceptó que la idea de un universo concebido matemáticamente y por esa razón se creía que había una relación de isomorfismo entre matemática y la realidad.

La etapa deductiva surgió de ciertos desarrollos que hicieron dudar de punto de vista anterior. En consecuencia se produjo una crisis que afectó tanto a la matemática como a la física. La búsqueda de fundamentos generó una matemática sin compromisos con la realidad. Sin embargo, si se efectúan las interpretaciones adecuadas es más potente para penetrar en ella, que la concepción anterior. También se abandonaron las pretensiones de tener lenguajes con dominios universales. Por ese motivo, actualmente coexisten muchos sistemas teóricos, que cubren porciones de realidad con sus modelos, pero no de manera isomorfa.

Otro aspecto de la etapa deductiva fue la aparición del *giro lingüístico* que cambió la relación entre lenguaje, pensamiento y realidad. Sin duda el *giro* exaltó la importancia del lenguaje, que determina lo que se piensa. Es más, lo que se ubica fuera de él no puede ser pensado. Esto es particularmente cierto en disciplinas muy formalizadas como la Física. Así, pensar un sistema de fuerzas con su resultante sin el recurso expresivo de los vectores difícilmente sea posible. Lo mismo ocurre con la velocidad instantánea y la derivada, o una red de trasporte o de distribución y los grafos.

Similares afirmaciones se pueden hacer respecto de las series de Mandelbrot, los fractales y la teoría del caos, que han tenido gran relevancia en casi todas las ciencias. En biología se encuentran estructuras fractales en redes neuronales o en la disposición de glándulas. En ingeniería la teoría del caos permite enfrentar los problemas de propagación de fracturas de materiales y averías de máquinas, o en economía describir el comportamiento de la bolsa de valores. En general estas nuevas teorías matemáticas, como sistemas lingüísticos, permiten representar la evolución los denominados *'sistemas dinámicos'*.

Sin duda que los desarrollos de la lógica y la matemática, así como los de la lingüística, han fortalecido los estudios de los lenguajes artificiales y naturales. Estos no sólo han expandido importante áreas del conocimiento, también han permitido conocer mejor los fenómenos de comunicación, entre entidades, sean esta personas, máquinas o sistemas formados por ambas. En ese sentido la teoría de Jakobson ofrece un modelo comunicativo que permite enfrentar bastante bien las dificultades comunicativas en la trasmisión y uso de teorías muy formalizadas, como las que existen en Ingeniería o en Economía. Si bien existen otros modelos comunicativos funcionales, a los fines de este trabajo se ha evaluado que ése tiene suficiente capacidad explicativa.

Los autores advierten que cuando se transmiten o usan teorías muy formalizadas pueden presentarse dificultades comunicativas. Eso ocurre cuando no hay coincidencia entre los códigos que disponen emisor y receptor, lo que conduce al problema de la competencia en el uso de teorías y lenguajes formalizados. Ese problema puede ser atenuado por un lado con la función poética, agregando gráficos o diagramas que presenten otra perspectiva de la descripción. Por otro lado la función metalingüística también puede contribuir si se colocan definiciones y explicaciones pertinentes sobre la descripción.

Otra fuente de dificultades se puede presentar con la oposición entre el lenguaje natural y el formalizado. En el primero predomina la oralidad, que trascurre en el tiempo y por eso es lineal, aunque se lo escriba. En cambio el segundo es escrito y los signos marcan sus diferencias de significación a través de distribuciones bidimensionales, porque ocurren en el espacio plano. El paso del sistema formalizado al sistema natural implica convertir esa distribución espacial de los signos matemáticos en una secuencia lineal de lectura. Esa operación requiere dominar la codificación y decodificación entre ambos sistemas con fluidez. Dicho brevemente, codificar las ideas en lenguaje formalizado o decodificarlas generalmente suele ser una fuente de dificultad, cuando se presentan de ese modo.

En relación con lo expresado hay que tener en cuenta que las estructuras matemáticas tienen formas expresivas que sobrepasan ampliamente el modelo proposicional de sujeto y predicado. Por ese motivo la traducción de un lenguaje formalizado al lenguaje natural no es automática. Por un lado está la diferencia, ya señalada, en el modo de codificar los signos lingüísticos del lenguaje natural y el formalizado. Por otro lado, el lenguaje se encuentra segmentado en los niveles sintáctico, semántico y pragmático. En ellos, los objetos del nivel inferior se convierten en signos del nivel siguiente, lo que implica un esfuerzo adicional cada vez que se cambia el nivel.

Los autores sugieren que esta investigación se podría extender hacia el problema de la competencia comunicativa en discursos académico-científicos que utilizan lenguajes formalizados. Entienden que existen modelos de funciones comunicativas, posteriores a los presentados que amplían los factores a tener en cuenta, como los de Hymes, Gumperz o Fishman, por indicar algunos.

Los autores consideran que aceptar que las teorías científicas y tecnológicas son lenguajes, y que sus modelos son objetos semióticos, tiene ciertos beneficios. Por lo pronto se podrían aprovechar los avances de la lingüística contemporánea para estudiar los actos comunicativos científicos y técnicos entre profesionales, entre ellos y las máquinas que utilizan, y con las personas de menor formación. Además vislumbran posibilidades para aplicaciones informáticas o para desarrollar metodologías educativas en ámbitos muy formalizados.

Referencias

Agazzi, Evandro (1978). *Temas y problemas de filosofía de la física*. Barcelona: Herder.

Becker, Oskar. (1966). *Magnitudes y Límites del Pensamiento Matemático*. Madrid, Rialp.

Battistella, Ernesto. *Introducción a la Lógica Simbólica*. Caracas, Universidad del Zulia, 1973

Bochenski, J. (1949). *La filosofía actual*, Fondo de Cultura Económica, México.

Boyer, C. (1999) *Historia de la Matemática*, Alianza: Madrid.

Bunge, Mario. (2004) *Emergencia y convergencia*. Buenos Aires: Indugnaf, 2004.

Corry, Leo. (2002). "David Hilbert y su Filosofía Empiricista de la Geometría." (27-43). En: *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, Vol. IX, No. 1, 2002.

Cortés Morató, Jordi y Martínez Riu, Antoni (1996). *Diccionario de filosofía* en CD-ROM. Barcelona: Herder.

De Saussure, Ferdinand. (1994).*Curso de lingüística general*. Barcelona: Planeta – Agostini.

De Lío De Brizzo Rosa, Roberto Podestá, Hermes Puyau. (1968). *Prolegómenos a la Lógica Simbólica*. Buenos Aires: Macchi.

Frege, Gottlob. (1972). *Conceptografía. Los Fundamentos de la Aritmética. Otros Estudios Filosóficos*. México: Universidad Autónoma de México.

Gillies, Donald y Giorello, Giulio. (2005). *La filosofia della scienza nel XX secolo*. 6ta. Ed. San Donato Milanese: Laterza.

Jakobson, Roman (1975). *Ensayos de lingüística general*. Barcelona: Seix Barral.

Jakobson, Roman (1985). *Lingüística y Poética*. Madrid: Cátedra.

Kline, M. (2000). *Matemáticas. La pérdida de la Certidumbre*. 5ª Ed. México: Siglo XXI.

Lorusso, Fabrizio. (2012). "Matemáticas y poesía". En *La Jornada*, Nº 992. Disponible en: http://www.jornada.unam.mx/2012/11/04/sem-fabrizio.html (Consulta 21/11/2014).

Marías, Julián. (1950). *Karl Bühler y la teoría del lenguaje*. Madrid: Fundación Juan March (Colección Ensayos). Disponible en http://digital.march.es/ensayos/fedora/repository/ensayos:22/OBJ (Consulta 21/06/2014).

Monsterín, Jesús. (1984). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza.

Morris, Charles. (1994). *Fundamentos de la teoría de los signos*. Barcelona: Paidós.

Moulines, C. Ulises. (1982). *Exploraciones Metacientíficas*. Madrid: Alianza Editorial.

Muñiz Rodríguez, Vicente. (1989). *Introducción a la filosofía del lenguaje. Problemas ontológicos*. Barcelona: Anthropos

Popper, Karl. (1995). *Popper. Escritos Selectos*. Miller, David (Comp.). México D.F: Fondo de Cultura Económica., 1995.

Popper, Karl (1991). *Conjeturas y refutaciones*. Barcelona: Paidós.

Popper, Karl. (1982) *Conocimiento Objetivo*. Madrid: Tecnos.

Shannon, Claude E. (1948). "A mathematical theory of communication". En *Bell System Technical Journal* Nº 27, p. 7.

Stepanians, Markus. (2007). *Gottlob Frege. Una introducción*. Trad. Juan Redmond. En Cuadernos de lógica, epistemología y lenguaje. Vol.1. Londres: College Publications.

Valenzuela, Rodrigo. (1978). *Limitaciones Matemáticas de los Métodos de Computación*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Walther, Elisabeth. (1994). *Teoría de los signos*. Santiago de Chile: Dolmen.

Wittgenstein, Lutwing. *Tractatus Logico-Philosophicu*. Santiago de Chile, Edición Electrónica de www.philosophia.cl /Escuela de Filosofía Universidad ARCIS. http://www.philosophia.cl/biblioteca/wittgenstein.htm (Consulta 06/09/2010).