

Hacia un Modelo de Agentes Cognitivos Autónomos¹

Enrique P. Latorres
Universidad ORT del Uruguay
Montevideo, URUGUAY, 11000
enrique@latorres.org

Resumen

La definición de semántica, o sea el significado de que un cierto símbolo represente tal o cual cosa, ha sido objeto de muchas investigaciones, pero aún hoy la esencia del significado está en cuestión. La importancia de este problema abarca desde aspectos filosóficos como la justificación de si existe comprensión fuera de la mente humana, a problemas prácticos como identificación de similitud semántica entre componentes de información. De resolverse este tema en el ámbito de los sistemas de información se obtendría una nueva tecnología que podría disponer de soluciones a problemas tan variados como la instrucción automática, la educación automática de conocimiento o la integración automática de fuentes de información, entre otras. Este trabajo presenta en forma teórica un modelo en elaboración de representación semántica basado en conocimiento. Este modelo viene acompañado de sugerencias sobre lo que debería ser el modelo de representación de conocimiento y de percepción de la realidad, que darán soporte al modelo de representación semántica. Con este trabajo se sientan las bases de modelos de agentes cognitivos autónomos y eventualmente como un modelo alternativo a la teoría del conocimiento (Computational Theory of Mind), con aplicaciones en instrucción y aprendizaje.

Palabras Clave: Semántica, Agentes Cognitivos, Representación del Conocimiento.

1 Introducción

Semántica es la rama de ciencia que estudia el significado, generalmente de símbolos que refieren a conceptos. Esta rama de ciencia tiene implicancias en lingüística, representación del conocimiento e inteligencia artificial. Pero aún hoy a pesar de más de 2000 años de estudios sobre el tema [1] se sigue discutiendo cual es la esencia de que algo signifique otra cosa. Uno de los objetivos es poder definir el marco teórico sobre el que se base la semántica de símbolos internos a un sistema de representación de conocimiento para un agente cognitivo autónomo. Las discusiones sobre si un sistema con tales características es capaz de comprender de lo que está razonando puede seguirse en la discusión del documento de Searle [11] y otros trabajos y respuestas relacionadas [10][12] y a partir de estos a una gran cantidad de documentación derivada.

El objetivo de este trabajo es presentar un sencillo modelo de significado semántico para sentar las bases de modelos de agentes cognitivos autónomos y eventualmente como un modelo alternativo a la teoría del conocimiento (Computational Theory of Mind). Para una muy buena introducción a la historia de la semántica (aunque con un enfoque hacia la lingüística) y otras referencias relacionadas se puede ver en Abbott [2]. La justificación del presente trabajo esta basada en [3] [4]. El presente modelo constituye un aporte al tema, y el mismo se encuentra en elaboración.

2 Necesidades

La importancia de disponer de mecanismos que nos permitan manejar la semántica de la información para su tratamiento [4][3][36] nos indica que, de encontrar soluciones prácticas a estos problemas, se podrían resolver en forma automática una gran cantidad de dificultades de las tecnologías del información. En particular el problema de similitud semántica es la base de la dificultad de problemas como integración de conocimiento, educación automática de conocimiento, generación automática de especificaciones y programas, análisis de dependencia conceptual de información, modelación y correlación automática de conocimiento (e.g. planes educativos), consulta de información por relevancia semántica, etc.

La complejidad de la realidad determina que la forma de comunicación entre agentes cognitivos deba ser un sistema composicional, de forma de tener un sistema abierto de generación de símbolos y nuevos conceptos [38].

Si esperamos que un agente cognitivo sea capaz de interpretar el significado de mensajes arbitrarios originados por

¹ Este trabajo está parcialmente financiado por el Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) contrato S/C/BE/06/04. <http://www.pdt.gub.uy>

otro agente cognitivo, debemos pensar en que este es capaz de “comprender” el significado de los elementos del mensaje y asociarlo semánticamente a su conocimiento del dominio que se trata. Para esto el agente cognitivo debe poder comprender el significado de un mensaje, la realidad que le rodea e incluso su percepción cognitiva, o sea sus creencias, para poder determinar si el mensaje realmente conlleva una asignación de verdad [2]. Pero estas condiciones de verdad son en relación a la verdad del mundo real que tratan de representar y no a modelos de verdad de un sistema lógico de operación con símbolos.

Al comunicarse ambos agentes usan símbolos que codifican el mensaje. El conocimiento compartido es vinculado entre ambos agentes mediante símbolos que convencionalmente están asociados a conceptos, que asumimos que ambos comprenden [5]. Este conocimiento compartido es el que vincula lo que cada uno de los agentes comprende del mensaje que intercambiaron, y es la falta de conocimiento compartido entre los dos modelos de representación de conocimiento del hombre en el “Chinese Room” [11] la razón por la cual este no puede comprender chino.

Este problema parece ser complejo y la variedad de enfoques y soluciones [10] sugiere que solo el concepto globalizador del conocimiento puede encapsular la interpretación semántica.

3 Crítica

Muchas veces se confunde a un artificio para modelar una realidad y poder razonar con ella, dentro de un modelo completo y formal, con que realmente sea un modelo que significa la realidad que se desea representar [6]. Un ejemplo de este problema es cuando en lenguaje proposicional (lógica de primer orden) se habla de semántica. En estos casos en general no se hace referencia a una cierta interpretación de las proposiciones involucradas. Por el contrario se hace referencia a una cierta interpretación de valores de verdad, y a la noción de consecuencia lógica de esos valores de verdad; esto es que las proposiciones atómicas sean verdaderas (o falsas), y luego que mediante reglas de transformación y composición, las reglas resultantes más complejas tengan una interpretación de verdad acorde [7].

Este modelo es el que luego se trata de vincular a ciertos objetos del mundo real para operar con las representaciones de estos objetos dentro del sistema formal presentado. Esta justificación tiene la restricción fuerte de representar un mundo real incompleto, inconmensurable y complejo en un restringido modelo formal y completo, esperando que las representaciones y deducciones derivadas sean aplicables a la explicación y representación de los hechos de la realidad [6]. En estas circunstancias se deja fuera el objetivo de que una representación de la realidad realmente significa esa realidad si su evaluación de verdad coincide mayormente con la de la realidad que representa [8].

Pero este no es un problema trivial, varios aspectos que mencionamos antes hacen que la correlación de significado entre la realidad y el símbolo no sea un problema sencillo. La dificultad se ve en como algunos investigadores asumen que el significado reside directamente en las personas. Barsalou [9] asume que los conceptos son las representaciones psicológicas de categorías, mientras que significado es la comprensión de personas sobre palabras y otras expresiones lingüísticas. Asimismo, aduce que conceptos y significado son cosas diferentes aunque tienen muchos aspectos en común, pero sin resolver el tema desde el punto de vista de un agente artificial. Este problema tiene larga data y enormes cantidades de trabajos, algunos ya con tono muy irónico, han sido escritos sobre el tema [10][11][12], pero sin resolverlo del todo.

Los modelos habituales de representación simbólica de lógica y conocimiento dependen de elementos externos para asociar el significado de un símbolo, o sea la relación existente entre un elemento de la realidad, ya sea del mundo real o cognitivo, y los términos o símbolos que lo representan. En lógica proposicional, y muchos otros modelos derivados, cuando hablamos que sucede P, la explicación del significado de P puede ser un conjunto de oraciones relativamente complejo que ciertamente es difícil ver como pueden ser capturados por un símbolo tan elemental.

Este tipo de hecho ya fue destacado por los estudiosos de teoría del pensamiento[9], pero aún cuando muestran la importancia de la explicación causal u otra tienden a exponer modelos más bien llanos que explican sus proposiciones sobre la base de otras proposiciones, que a su vez usan alguna simplificación externa, como el caso de la proposición P. Muchas veces se restringen los modelos de representación a estructuras con taxonomías relativamente llanas que tarde o temprano tienen poca flexibilidad en su forma de representación de conocimiento. Por lo tanto en la cadena de representación de conocimiento se vuelve a depender de axiomas (dogmas cognitivos) que dicen que para ciertas proposiciones muy elementales no hay explicación posible más que asegurar que P significa por ejemplo, la frase, “Sócrates es mortal”.

También el tema de niveles de representación es un tema recurrente para la organización de los conceptos y de cómo estos están correlacionados unos con otros generalmente en estructuras taxonómicas que imprimen la existencia de niveles más o menos bien marcados, desde los niveles de manejo de información como en [37] sección 3.6, hasta los

enfoque filosóficos como en [13] sección 8. Pero en todos estos modelos de representación eventualmente el significado último de un símbolo P equivale a “Sócrates es Mortal”. Esta semántica es dada externamente al sistema por el creador o diseñador pero no interpretada propiamente por el agente cognitivo. Este tipo de modelos no parece dar buenas respuestas a un modelo de sistemas cognitivos capaces de percibir y comprender nuevas experiencias y vincular conceptos nunca antes analizados sin el apoyo de un humano, de forma de obtener la clausura de estos casos que no pueden ser vinculados semánticamente de otra manera.

Buena parte de esta falla es una confusión entre la semántica y la sintaxis, alegando que una sintaxis y operaciones lo suficientemente complejas significan lo que representan. Muchos investigadores dan una fundamental importancia a la sintaxis y a las reglas gramaticales para el significado de los mensajes y las representaciones de cualquier tipo de conocimiento. En particular quedan fuera de este modelo el caso de “idioms” los cuales son muchas veces “colocations” o cuyo significado depende de experiencias o percepciones del grupo social que las creó, o pueden tener un origen en modelos de similitud semántica. Si la sintaxis fuera todo lo necesario para asignar semántica a un idioma, jamás hubiera sido necesario esperar al descubrimiento de la Piedra Roseta para poder descifrar la escritura jeroglífica egipcia. Este exceso de atribuciones a la sintaxis es criticado por Searle [11] donde muestra que existe un “algo” que está faltando en estos modelos pero no llega a especificar qué. En otros documentos habla de intencionalidad pero no se llega a formalizar su significado en forma convincente [10].

En los hechos, estos modelos deben su interpretación tarde o temprano a algún símbolo definido por el desarrollador o investigador, que es quien establece el vínculo entre el símbolo y su referente [9]. Esto hace que en los modelos actuales no sea claro como un agente cognitivo pueda capturar su comprensión del medio y de sus propias estructuras cognitivas sin una explicación externa de qué significan ciertas cosas, y en particular del significado de sus propias estructuras cognitivas. Esta carencia está asociada con ciertos conceptos de que, atributos elementales del proceso cognitivo son innatos, y que sobre esos elementos se construye una maquinaria cognitiva que es capaz de interpretar los símbolos y asociarlos a los conceptos de los que se está elaborando. Pero esta aseveración levanta la pregunta de cuales son esos elementos innatos. Ciertamente no son cosas como “Sócrates es mortal”. Por otra parte ¿cómo es de esperar que un agente cognitivo autónomo pueda construir conocimiento sin la capacidad de definir nuevos elementos cognitivos y asignarles en forma independiente (sin un programador o similar) un significado real?

4 Semántica y Realidad Externa

David Lewis [8] define que semántica sin un tratamiento de las condiciones de verdad no es semántica. Para un lenguaje de comunicación asumimos que un mensaje es verdadero si es verdadero relativo a un modelo que se ajusta al mundo real en los aspectos relevantes. Esto es que el significado es una relación que conecta al símbolo con la realidad ¿Pero como determinamos esos aspectos relevantes? ¿Cómo sabemos que se ajusta al mundo real? ¿Tenemos una medida de cuan desajustado es? ¿Dónde queda la posibilidad del agente cognitivo de ajustar su modelo a medida que tiene más conocimiento de la realidad?

Algunos modelos de representación de verdad como ser “prosentential theory of truth”[14], “deflationary theory of truth”[15] o “T-sentences”[16] asumen que una frase es verdadera si lo que expresa es verdadero. Pero ¿Cómo se vincula en un agente cognitivo? ¿Cómo sabe este si la nieve es blanca realmente? ¿Qué es que la nieve sea blanca? ¿Y al atardecer cuando parece que es rosada, es también blanca? ¿‘La nieve es blanca’ es un convencionalismo? ¿Han pensado, quienes ponen este ejemplo, porqué la nieve “parece” blanca? ¿si vieran nieve negra qué dirían? Es claro que estos modelos no son capaces de conectar el símbolo con la realidad si no cuentan con un modelo de percepción y conceptualización. Algunos defenderán su posición diciendo que es blanca en el contexto X, pero sigue siendo una aseveración anclada en un punto del tiempo y del espacio; entonces es información no conocimiento.

Varios modelos, comenzando con Wittgenstein [17], alegan que la cualidad de verdadero depende de la relación entre la representación y los hechos. El problema es que esa relación de verdad entre los hechos y su representación no es en realidad una única forma de vinculación. Si analizamos el problema de la frase “la nieve es blanca” existe una explicación variada de porqué percibimos en la mayor parte de los casos que la nieve parezca blanca, como ser aspectos ópticos de los cristales que forman la nieve, la iluminación predominante en el momento de percibirla, el contenido de impurezas o contaminación, y en casos extremos de este último tipo, si eso es o no nieve; o en la hipótesis de considerar un caso abstracto, nuestro conocimiento sobre qué es de esperar de la nieve con relación a su color o en un caso concreto donde percibimos el color de la nieve en ese mismo momento. El problema con muchos de estos modelos es que no pueden vincular convincentemente la realidad con la representación.

Por lo tanto la validez de un mensaje así interpretado depende de múltiples elementos de conocimiento que enmarcan cómo debe ser evaluado el mensaje. Si el agente cognitivo debe saber que la nieve es blanca, entonces debe poder explicar las causa y razones por las que su evaluación de la situación y del mensaje le dicen que es

verdadero el mensaje de que la nieve es blanca, ya sea con conocimiento o experiencia perceptiva. Van Fraassen [18] presenta en forma adecuada el poder de la explicación en vincular hechos con modelos de la realidad. Si el agente cognitivo no es capaz de decodificar y comprender cada una de estas razones, por las cuales se explica porqué la nieve es blanca, entonces no puede comprender que es blanca, sino simplemente que repite un mensaje que le fue dado cuya semántica fue asignada externamente a él. El agente debe ser capaz de asignar significado a un símbolo sobre la base de su conocimiento o la conceptualización de su percepción. Esto implica que sería conveniente que los símbolos percibidos no fueran excesivamente diferentes de los componentes del modelo de representación de conocimiento a efectos de que puedan ser tratados por el mismo en el proceso de conceptualización.

Para poder hacer un modelo adecuado de esto es necesario disponer de un modelo de representación del conocimiento y un modelo de percepción de la realidad. La realidad en su infinita complejidad es inabarcable y por lo tanto no se puede representar más que en forma aproximada, esto implica que el modelo de representación debe ser abierto, y por lo tanto composicional, y debe abarcar cualquier sistema de comunicación entre agentes. Entonces la única representación que vale la pena estudiar para nuestro caso es el modelo de representación de conocimiento y percepción. Decimos entonces que conocimiento es el conjunto de reglas que describen el comportamiento y todo lo que sabemos sobre cada uno y todos los conceptos bajo unas adecuadas condiciones de situación.

Un lenguaje composicional y abierto por excelencia es el lenguaje natural. Esto no quiere decir que el lenguaje natural sea un lenguaje adecuado para la representación de conocimiento para este tipo de modelos, aunque lo ha hecho bastante bien en los últimos diez mil años, en particular en su versión escrita. Pero la equivalencia entre el idioma hablado y lenguajes lógicos según Montagne & Grice en [2] página 3, sugiere que un lenguaje con muchas de las características que describimos puede tener la misma potencia que tiene cualquier lenguaje lógico. Pero no se puede decir lo mismo en el otro sentido, al menos con los lenguajes definidos hasta hoy.

No se debe confundir representación con significado. La representación es un símbolo, mientras que el significado es una relación con la realidad que representa, como esta tiene múltiples causas y explicaciones, la relación solo puede ser representada por todo el conocimiento relacionado con el concepto representado, al estilo de lo que intuitivamente definieron Clark y Clark en el modelo enciclopédico [19]. Un modelo que maneje el significado para un agente cognitivo debe asegurar que la evaluación de verdad de un mensaje dependa de la evaluación de verdad de las explicaciones que representan la semántica de los componentes del mensaje o conceptualización [15][38], o sea que el mensaje o conceptualización no debe ser verdadero porque sí, sino porque existe una o preferiblemente varias cadenas de razonamiento que justifican la creencia sobre la validez (asignación de verdad) del mensaje en un contexto determinado.

Uno de los objetivos fundamentales de un modelo como este es que el agente cognitivo sea capaz de comprender nuevos mensajes que no a percibido nunca antes, y resolver con su conocimiento una conceptualización adecuada del mensaje (ver aseveraciones de Chomsky en [2] Sección 2.2, página 5). Esto marca la importancia de la Composicionalidad (ver Fodor [38])

Esto sugiere, dentro de un modelo de teoría computacional de la mente, que un mensaje recibido es transformado en percepciones, los cuales podríamos asimilar a elementos cognitivos o símbolos en el agente. Entonces los estímulos externos se transforman, por algún sistema perceptivo, en elementos de lenguaje interno (mental) del agente pero cuyo vínculo de representación solo se encuentra con el estímulo percibido. Muchas investigaciones sobre percepción muestran que los sistemas de percepción humana discretizan mucha información mientras que la parte cognitiva trata de conceptuar estos elementos aislados en conceptualizaciones holísticas [20][21][22]. Este símbolo mental, para generalizar el modelo tanto a humanos como otro tipo de agente cognitivo artificial, que llamamos percepción, debe ser interpretado o conceptualizado, para poder asignarle significado. Esto implica que se debe encontrar relaciones de similitud semántica con otras estructuras mentales (conocimiento) que interpretan el significado de la percepción (Ver Figura 1).

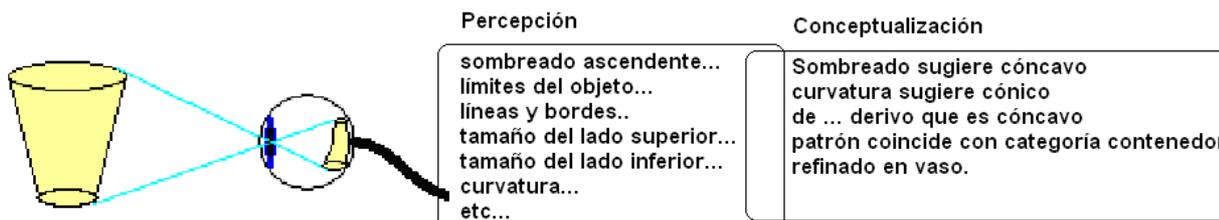


Figura 1

Con esto no desconocemos el hecho de que existen muchos estados mentales y procesos que son automáticos

basados en modelos conexionistas, pero el enfoque del presente trabajo es hacia procesos cognitivos de enfoque clásico de la “Computational Theory of Mind” [39], y hacia la percepción consciente activa, la interpretación de mensajes y la comprensión y razonamiento de conceptos.

Kintsch [23] muestra como los humanos elaboran la comprensión de un mensaje en una decodificación “bottom-up” desde la percepción hacia la conceptualización, pero este proceso no es único. Otero y Kintsch [24] muestran como el conocimiento previo y creencias afectan la comprensión de un mensaje desde los preconceitos y el contexto hacia la conceptualización. Esto sugiere que este es un proceso iterativo entre los elementos percibidos y la conceptualización, o sea el vínculo de la percepción con el conocimiento que lo interpreta es reinterpretado y verificado contra y con el conocimiento existente. Keil y Batterman muestran como niños cambian la forma de caracterizar situaciones según su edad, esto es probablemente causado por mayor conocimiento y experiencia [25]

Ojemann y Whitaker [26] mostraron que el conocimiento de los idiomas bilingües era afectado por diferentes áreas del cerebro incluso que el idioma menos conocido era más afectado que el más conocido, probablemente porque más conocimiento y más relaciones redundantes, probablemente sean más estables a daños del sistema biológico mental y permiten mayor recuperación. Por otra parte muestra que la dualidad está a otro nivel, hay un “mentalese”, modelo de representación del conocimiento y de conceptos, común y hay asociaciones de estos conceptos a los términos de cada idioma por separado, esto está bastante de acuerdo con un esfuerzo mental que se hace normalmente para cambiar de un idioma a otro cuando se habla y no se tiene la misma experiencia de habla con ambos. Además, cuando el conocimiento que relaciona la representación mental con los términos percibidos aumenta se llega a la situación de “creole” [27] esto está de acuerdo con la intuición de que suficiente conocimiento que vincule a ambos sistemas en el modelo de representación del agente humano puede hacer que sea en algunos casos difícil de diferenciar la correlación del idioma para el término utilizado.

5 Semántica y Realidad Interna

Al disponer de símbolos complejos composicionales, su interpretación se puede hacer basado en otros conceptos internos del agente, por ejemplo el concepto de unicornio tiene atributos de caballo, un cuerno en la frente y un mucho conocimiento asociado a conceptos mágicos que no existen en la realidad, pero que sin embargo los agentes humanos son capaces de razonar sobre la base de un mundo virtual y mágico, inexistente a no ser en cuentos y fábulas donde se cumplen las leyes del mundo de los unicornios. A los efectos de un agente cognitivo estas reglas tienen la misma validez que otras que describan la teoría de mecánica cuántica en la medida que el agente no tiene posibilidades de “experimentar y percibir” las evidencias de la mecánica cuántica. Es razonable pensar que ciertos conocimientos los pueda recibir de una autoridad confiable sobre el dominio y que el agente no tenga que aprender todo por sus propios medios, o que la explicación que define estos conocimientos eventualmente hagan referencia a entidades externas de las que se confía en la validez de sus aseveraciones, incluidas aseveraciones sobre modelos que representan los límites del conocimiento humano. Por lo tanto el mismo sistema de verdad debe ser capaz de interpretar conceptos en contextos mentales donde ciertas reglas tanto del mundo real como de otros mundos conceptuales se deben cumplir. Entonces la realidad del agente cognitivo es tanto lo externo, lo percibido, como lo interno o conceptualizado. Esto muestra la relación entre el símbolo interno y el conocimiento al que se asocia y le da significado.

Un ejemplo típico de re-conceptualización es cuando se quiere analizar un elemento desde un nuevo enfoque. Cuando estamos entrevistando al hombre-bala del circo, este nos habla de su familia y de sus inquietudes, pero cuando sale disparado del cañón pasa a ser un proyectil que se maneja por las ecuaciones de la física a efectos de que caiga en un lugar seguro, de forma que la persona no salga lastimada y vuelva con su familia, y para que en otro momento vuelva a actuar en el cañón. Vemos como a lo largo de esta frase el concepto hombre-bala se transforma en una instancia de la categoría hombre y luego de la categoría proyectil para luego volver a ser hombre, algo bastante común en procesos de planificación en ingeniería y en resolución de problemas donde las entidades son vistas con diferentes conceptualizaciones para distintas etapas del razonamiento.

En los hechos no puede haber semántica sin razonamiento o algún procesamiento que asocie la percepción a algún modelo mental.

6 Representación de Conocimiento, Interpretación y Contexto

Casi todos estos modelos de comprensión que hacen referencia a que los términos y conceptos deben ser evaluados en algún contexto, definen que la interpretación de los símbolos es parte fundamental del proceso de adquisición y comprensión de conocimiento [28], y que en la comprensión humana se realiza sobre la base del conocimiento existente.

De Saussure [29] vincula el significado de palabras no como un vínculo entre el objeto y una palabra sino como entre un sonido y un concepto mental, donde este último es parte del lenguaje llamado por otros como “mentalese” o lenguaje de la mente, para nosotros representación de conocimiento. La semántica de un concepto (en principio como un símbolo mental) es el resultado de muchos factores complejos [4] pero que en un conjunto representan al conocimiento que el agente cognitivo tiene sobre el concepto sobre el que se está razonando [39]. Y el tema de asignar una semántica a símbolos de un sistema (en particular conceptual) está vinculado a la similitud semántica entre los símbolos y la percepción de la realidad [4] [9] ya sea externa al agente o interna relativo a otros conceptos representados por objetos mentales como se indico previamente.

Entonces si la semántica está dada por este vínculo entre el concepto y sus atributos, y ya que estos atributos son muchas veces otros conceptos dentro del sistema cognitivo, deberíamos razonar que la interpretación de un concepto está dada por las relaciones de este concepto con los otros conceptos que definen y explican sus partes constitutivas en un modelo recursivo dentro del conocimiento del agente. Así la interpretación del concepto de “perro” estará vinculada a toda explicación que el concepto pueda tener, como ser la de animal mamífero cuadrúpedo, comedor de carne, usualmente usado como mascota, y otros conjuntos de atributos accidentales que cualquier elemento de la realidad pueda tener para ser asociado con este concepto, incluyendo caricaturas, estatuas, pinturas, o roles (e.g. perros robóticos como Aibo de Sony). Esto se percibe cuando a una persona se le presenta la palabra perro, esta palabra estimula un conjunto de conceptos que van más allá que el estereotipo de perro. Dependiendo de la persona pensar en la palabra perro le devolverá pensamientos en tal o cual tipo de perros o experiencias asociadas como ser escenas con su perro de la infancia o con uno que lo haya atacado.

De forma similar si se trabaja con el concepto de puerta y analizamos los casos extremos de la puerta de una cueva donde usamos una rama para cubrir la entrada y en un contexto alguien piensa en una rama sin hojas para mantener a los animales adentro, mientras que otra persona puede pensar en una rama con hojas para tratar de guardar el interior del frío, y sin embargo se puede llamar puerta a este uso de la rama a pesar de que es muy distante la forma convencional de la pieza rectangular con un picaporte que en general asociamos con la palabra puerta.

Bajo este modelo, el símbolo, es entonces un vehículo de un conjunto de atributos, relaciones y conocimiento sobre un determinado conjunto de hechos, de forma que el vincular ese concepto a cierta situación de la realidad permite interpretar en forma inteligente y razonada cuales de todos los atributos vinculados al concepto son aplicables a la situación planteada. Entonces es un modelo de ida y vuelta, la realidad puede ser vinculada al concepto por sus atributos y particularidades percibidas y por otro lado el asignar el concepto a un hecho de la realidad asume que un conjunto de esos atributos y particularidades le son aplicables, aunque el conocimiento de la situación y la realidad le permitirá identificar la circunscripción y aplicabilidad de cada uno de estos elementos. Alguna de estas ideas están incipientes en los últimos trabajos de Wittgenstein según Queiroz [30].

Ahora no todo el conocimiento es relevante para la interpretación de un concepto. Es claro que ciertos elementos conceptuales solo pueden ser interpretados correctamente dentro de un contexto que explique la situación bajo la que es aplicable [31] por lo tanto la representación simbólica que se use debe contemplar una representación de contextos, y bajo ciertas circunstancias lo que llamamos situaciones que definen la interpretación de símbolos sobre la base de conocimiento del agente, tema que va más allá del objetivo de este documento.

El modelo de re-conceptualización presentado antes implica la interpretación basada en contextos. Estos contextos pueden estar definidos por diferentes causas, como ser objetivos del razonamiento, atributos circunstanciales de los conceptos que se elaboran, pero parece ser que es la información sobre la que se está infiriendo la que define el contexto (“small world”) dentro del que se razonará, restringiendo las reglas a aquellas que permitan obtener resultados mientras que no causen ambigüedad o contradicción dentro del pequeño mundo del paso de inferencia.

Por lo tanto la identificación del contexto de razonamiento es un proceso de contingencialidad. Con la semántica del problema y la información disponible, y con el objetivo al que se desea llegar, se crea lo que podríamos llamar la “situación de trabajo”. Con esta, se identifica el “contexto de razonamiento”, cuyas las entidades semánticas, las reglas y transformaciones que contiene, son válidas dentro de este pequeño mundo. Y mediante similitud semántica se asocia las entidades semánticas de la “situación de trabajo” a las del “contexto de razonamiento”, entonces se pueden aplicar las transformaciones, reglas al estilo *modus ponens* sobre símbolos del modelo de representación, que puedan ser aplicables y que sirvan para acercarse al objetivo final del razonamiento.

Ahora, si es un asunto de contingencia que ciertas propiedades de primer orden expliquen ciertas relaciones (derivadas del mundo real), entonces estas relaciones no vinculan a las propiedades debido a como son esas propiedades (descriptas por las propiedades de las propiedades), sino que las relaciones están definidas tácitamente. En modelos convencionales, las relaciones de primer orden de las propiedades vinculan a estas propiedades con el mundo real, pero como relaciones abstractas que son, podrían vincular a otras propiedades completamente diferentes en otras circunstancias posibles. Esto es que, en muchos modelos, las relaciones se aplican sin justificaciones

causales ni explicativas. Si acaso esto fuera así entonces sería posible deducir las relaciones a partir del conocimiento del entorno y de cómo se vinculan conceptos con sus propiedades, para esto las propiedades deben tener a su vez propiedades explicativas, por lo tanto deben ser también conceptos. Las relaciones deben tener a su vez explicaciones por lo que también deben ser conceptos.

Ahora el proceso de similitud semántica es un proceso de razonamiento, en el cual se puede re-conceptualizar a las entidades semánticas que necesita el “contexto de razonamiento” para trabajar, para nada diferente del proceso de transformación que las reglas del contexto de razonamiento traen consigo. Este modelo de conceptualización se puede continuar hasta definir cada tipo de relación semántica y cada concepto, ya sea una clase o una instancia o una regla de transformación. Al mismo tiempo al realizar transformaciones se crea nuevo conocimiento que debe ser validado contra los contextos relevantes y decidir si es el resultado de la transformación o el conocimiento del contexto el que está errado en el caso de contradicción, pero este a su vez es un proceso de razonamiento pues el contexto de razonamiento y la situación de trabajo están en el mismo modelo de representación y se puede razonar con ellos en otros contextos que determinen el resultado conveniente. Un modelo completamente recursivo, basado en conocimiento.

Las categorías también se deben definir en forma contingencial, esto es que el contexto (“small world”) donde deben ser interpretados y razonados debe determinarse en función de la información del contexto de trabajo y del proceso de razonamiento y objetivo al que se desea llegar. Entonces el concepto es dinámico, al agregar o quitar conocimiento a la “situación de trabajo” y en función del contexto de razonamiento o interpretación que se utilice el significado puede ir variando, pero enmarcado en un proceso de razonamiento que cuenta con un objetivo y limitado por las reglas de transformación existentes, supuestamente justificadas por conocimiento.

Tampoco se afirma que el concepto tiene una única representación, pues en el proceso evolutivo un concepto puede tener dos representaciones disjuntas y bajo las circunstancias de un cierto contexto de razonamiento verse vinculado por alguna transformación de equivalencia o similitud, donde la diferencia si será permanente o no este cambio de creencia depende de si ese contexto es aplicable solo a la situación de trabajo actual o a toda otra situación donde se apliquen estos símbolos, pero ese es un tema del conocimiento sobre los símbolos que se asocian al concepto. Este concepto de contexto tiene alguna relación al enfoque de Gauker [31] aunque las diferencias son importantes al no disponer este de una teoría de representación que vaya más allá del modelo proposicional, entre otras limitaciones.

Un modelo que permite este tipo de representación más las particularidades sugeridas en [4] debe ser del tipo de diagramas conceptuales. Pero la restricción que las relaciones deben ser manejadas como conceptos, y que la interpretación del significado de estos conceptos no está en el implementador del sistema sino en cómo el sistema usa su conocimiento para dar significado a los símbolos con los que trabaja, obliga a un modelo algo diferente a lo que propone Sowa [32] y derivados. Este tema se desarrollará en otros trabajos próximamente.

7 Composicionalidad

La composicionalidad de estos conceptos es dinámica a medida que se razona al transformarse mediante sucesivas aplicaciones de las reglas en los contextos de razonamiento e interpretación aplicados.

La “Componential theory” o “Definitional theory” dice que el significado puede ser comprendido al desensamblar conceptos (palabras) en un conjunto de componentes de significado que son cada uno necesarios y suficientes para definir el concepto. Estos componentes se pueden ver como “defining features” pues constituyen la definición del concepto de acuerdo a un punto de vista de composicionalidad o “componential”[33][34].

Si analizamos la idea de un agente cognitivo autónomo capaz de generar conocimiento a través de percepciones o de nuevas abstracciones, entonces debe ser capaz de crear nuevos símbolos cuyo significado es interpretado a través de los vínculos a otros símbolos que explican ese significado, con otros elementos potencialmente más elementales.

Esto se ve en múltiples propuestas que muestran como se presenta la composicionalidad en mensajes, conceptos y significados [35][38] de maneras que incluso afectan modelos basados en “exemplars” o prototipos [4]. Y también muestran la importancia de la composicionalidad en modelos de representación de conocimiento [38][39], incluso si vemos otros modelos basados en ontologías [36]. Y todos estos modelos explican de alguna manera como la composicionalidad de conceptos vincula el significado que representan con sus referentes. Algunos modelos de representación traducen los elementos percibidos como un grafo conceptual y asumen que el grafo conceptual es un modelo del significado de la percepción (ver [37] sección 3.5). Otros representan marcos o imágenes y los vinculan a sus referentes en forma perceptual [9]. Pero aún estos modelos muchas veces definen la interpretación de los elementos atómicos como axiomas sin otra explicación.

Gran parte de los investigadores clasicistas concuerdan sobre representación del conocimiento en algún tipo de composicionalidad de conceptos, esto es que la explicación de un concepto, a efectos de poder interpretarlo adecuadamente, se hace vinculando el concepto a representaciones de sus partes constitutivas, representaciones de sus atributos y/o representaciones del conocimiento que el agente tiene sobre el comportamiento esperado del mencionado concepto [4][38][39].

8 Explicación

La importancia de la explicación del conocimiento en la educación y la construcción de nuevo conocimiento [18] y relaciones con el conocimiento existente y además como modelos científicos se explican utilizando diferentes modelos y todos coinciden en un resultado común [40] que muestra la relevancia de la explicación en el proceso de aprendizaje humano y en la comprensión de nuevo conocimiento. Esto se debe a que para poder comprender nuevos mensajes y conceptos es necesario que el agente receptor tenga conceptos semánticamente compatibles a los que relacionar el nuevo conocimiento percibido [41][42][43][44][45]. Muchos experimentos muestran la relevancia del conocimiento previo tanto para la comprensión, decodificación, memorización y modelización del conocimiento. En particular, cuando se les presentó a las personas problemas espaciales para resolver ellos utilizaron conocimiento para inferir un conjunto de atributos no indicados explícitamente en los experimentos [46]. Otros experimentos muestran que personas con mayor conocimiento tienen mayor capacidad para descifrar palabras desconocidas a partir del contexto que otras de bajo conocimiento [47]. Estas y muchas otras referencias muestran la importancia de disponer de elementos cognitivos para poder llevar adelante tareas tanto de comprensión como de interpretación de conocimiento.

Si el vínculo entre el concepto y su significado se realiza con la representación del conocimiento, entonces podemos decir que este conocimiento explica el significado del concepto. Entonces el conocimiento de un concepto es el conjunto de las explicaciones constructivas, definitorias, asociativas, aplicativas, etc. que describen al concepto desde diferentes puntos de vista y de aplicación. Estas definiciones deben describir las condiciones de “small world” dentro de las cuales se puede razonar con ellas sin contradicciones y al menos con ambigüedad controlada.

En esta cadena de explicaciones eventualmente el agente llegará a conceptos que no se pueden explicar con el contenido del conocimiento del propio agente, o de ningún agente como cuando se explica realidades que están en el límite de lo que la tecnología y el conocimiento humano puede explicar. También pueden llegar a referencias a autoridades que aseveran la veracidad de la información, como ser instructores que transmitieron el conocimiento a agentes que jamás han experimentado las evidencias de las reglas sobre las que se les instruyó. Y estos conceptos pueden ser explicados por eventos percibidos de la realidad de los cuales no se ha encontrado más explicación que la realidad que se percibe, al no disponer de modelos dentro del conocimiento que lo vinculen a conceptos previos. Aquí comienzan a pesar aspectos como la credibilidad del conocimiento impartido por una autoridad externa, o de la inferencia realizada sobre las percepciones del mundo real para asociarlas a los conceptos internos al agente, o simplemente la falta de información para seguir adelante. El ideal para cualquier agente cognitivo que ante una misma situación de conocimiento e igual objetivo de razonamiento que un humano, tenga alternativas similares para tratar el problema.

Es de recordar que aún cosas como axiomas o dogmas, o aún percepciones, definidos sin más explicación tienen una información que se puede asociar como ser el origen de la información, situación en la que se recibió o percibió, etc. que sirven para tomar decisiones sobre esta.

Es de recordar que, en el caso de los humanos, un estado sin explicación importante para el normal funcionamiento, genera algún tipo de inseguridad, que en culturas primitivas, sin mecanismos adecuados para estudiar el fenómeno, este estado de falta de explicación se ve subsanado por explicaciones míticas o mágicas que llenan el vacío de conocimiento, muchas veces dogmas que cierran el tema. Mientras que en la visión científica esta falta de explicación (conocimiento) abre áreas de análisis e investigación donde se pueden encontrar vetas para el ansia de saber humano. En cualquier caso estas estrategias se deciden sobre la base del conocimiento sobre situaciones similares, los recursos disponibles, los objetivos del agente, y la importancia del problema para estos objetivos, en los hechos algún tipo de “situación de trabajo” que describe el pequeño mundo con el que se debe razonar. Esto muestra que no todo debe estar explicado (tener asociado conocimiento), sino al menos todas las reglas que sean necesarias para la consecución de los objetivos del razonamiento, entonces entidades cognitivas que no estén determinadas pero que no sean relevantes para el razonamiento, simplemente pueden quedar indeterminadas.

9 The Chinese Room

Sin la intención de continuar demasiado la polémica sobre el famoso artículo de Searle [11] y en particular con Fodor [12] cuyas repercusiones se pueden ver en el siguiente trabajo de David Cole [10], pero como estos están

directamente ligados al significado del presente trabajo se debe hacer algunas aclaraciones del problema sobre la base de la presente teoría.

El primero de los puntos a constatar es que el hombre dentro del Chinese Room (CR) si bien no tiene conocimiento del idioma chino, como ha internalizado las mayores funciones del sistema, si se le brindara alguna información que vincule sus creencias con los mensajes que elabora, recibe y envía. Entonces, seguramente, podría asociar el conocimiento de ese sistema con una comprensión del idioma chino. ¡Se daría cuenta que sí sabe chino! Experimentos como el de van Daalen [47] muestran que nuestro individuo probablemente comience a comprender el chino a partir de unas pocas relaciones que le brindemos. Al tener modelos de transformación y equivalencia entre cadenas de símbolos, disponiendo de un pequeño conjunto de símbolos podría deducir la mayor parte de los otros, como se sugiere a partir de la propuesta de Richards para su Inglés Básico [48]. Esta persona estaría en condiciones de traducir mensajes entre Inglés y Chino, y podemos suponer que un agente cognitivo con iguales facultades también podría hacerlo. Entonces aparentemente el tema es la relación entre los símbolos y su significado, este significado es la realidad que representan, ya sea internamente como conceptos (conocimiento) o externamente por percepciones que igualmente están conectados mediante este conocimiento. Entonces la semántica es el conocimiento que vincula a los símbolos con la realidad mental o real.

Por otra parte una de las aseveraciones de Searle es que el CR no comprende chino porque la persona que está dentro del CR no comprende chino. En los hechos CR no comprende chino porque una parte no comprende chino. Pero ante el trabajo de Ojemann y Whitaker [26] vemos que el cerebro humano bajo ciertas condiciones puede “olvidar” un idioma cuando una parte de este no funciona. La justificación de Searle (contra-Sistemática) no responde porqué el cerebro deja de comprender un idioma cuando una parte no funciona. ¿Cuál sería la mínima parte del cerebro que entiende un idioma? ¿Cuál sería la mínima parte del CR que entiende chino? En ambos casos reconectando los modelos de representación con un conocimiento que los vincule, ambos casos aprenderían el idioma, uno el que olvidó y otro el que nunca supo que sabía.

Por otra parte es difícil encontrar una justificación a un tercero que demuestre que quien lea estas líneas entiende su significado. A fin de cuentas podría suceder que todos nosotros estamos viviendo dentro de “The Matrix” y algunos de nuestras contrapartes son otros humanos conectados, mientras que otros elementos de contraparte son simulaciones completamente programáticas. ¿Cuales de estos agentes son los que realmente entienden lo que sucede en el mundo virtual? Bajo estas circunstancias ¿Cómo podemos aceptar que el CR comprende algo? ¿Cómo cualquiera puede asumir que cualquier otra persona comprende nada sin más evidencia de que la propia conciencia de que si uno mismo comprende que comprende, entonces existe la posibilidad, y solo asumimos esa posibilidad, que esos otros que percibimos con nuestros ojos quizás comprendan en una forma similar a la nuestra?

Esto da una idea de que la mayor parte de la discusión sobre el tema es “show-bussiness”, en particular si recorren algunos de los títulos de los trabajos derivados [10], y ninguna de las partes tiene una justificación contundente. Parece difícil de demostrar, dado que nadie puede meterse en la cabeza y en las percepciones de otra persona. Quizás la idea más importante es que la inteligencia y la comprensión están más allá de sistemas formales como los vemos hoy. Y, de la sugerencia del presente trabajo, que hace falta algo más que mucha sintaxis para decir que algo realmente parece como si entendiera.

10 Conclusiones

Bajo el presente modelo, decimos entonces que el conocimiento de un concepto es el conjunto de reglas que describen el comportamiento y todo lo que sabemos sobre el concepto o conjunto de conceptos. Un modelo de representación de conocimiento es un lenguaje, abierto y composicional, y reglas para operar con los símbolos del lenguaje que representan y describen a un conjunto de conceptos.

Para que un agente cognitivo comprenda un concepto debe poder asociar la representación del concepto al conocimiento que tiene el agente sobre el concepto. Este proceso se llama conceptualización. Esta conceptualización se obtiene a través de un proceso de vinculación semántica, mediante similitud semántica [4], si el mensaje o concepto no puede ser vinculado al resto del conocimiento no se le podrá dar significado.

Es el conocimiento el que representa el vínculo entre el sistema de símbolos y los objetos de la realidad que simbolizan, por lo que el significado o semántica está dada por este conocimiento. Los conceptos no necesariamente están simbolizados por un único símbolo, sino que puede haber múltiples símbolos que lo representen. Si bien los atributos y el conocimiento definen al concepto, también es el concepto quien se vincula a través del conocimiento que tiene asociado a cualquier situación u otro concepto al que pueda ser aplicado, sobre la base de reglas (conocimiento) que permitan su re-conceptualización.

Por cuanto un mensaje o concepto es interpretado en un contexto y como no podemos asegurar que los símbolos sean interpretados de igual manera en diferentes agentes cognitivos, debemos asumir que se necesita una interpretación compatible del mensaje con relación a los componentes de representación de conocimiento de ambos agentes en cuestión. Por lo tanto para una comunicación efectiva ambos agentes deben coincidir en una cierta cantidad de símbolos a los que se asocia un significado común. Decimos que la interpretación es compatible si sirven en forma similar al objetivo del razonamiento en ambos agente y permite obtener resultados similares en los aspectos más relevantes de la comunicación y el razonamiento inducidos.

A partir de estos símbolos y con suficiente conocimiento sobre el dominio es posible comprender futuros mensajes compuestos por estos símbolos o por nuevos símbolos que se puedan definir a partir del conocimiento asociado a los primeros. Esto se puede desprender de la teoría de Simon Richards [48] donde expresa que el Inglés se puede escribir reduciendo todo a 850 palabras, lo dio en llamar Inglés Básico. Esto es discutible con respecto a este modelo pero sugiere la intuición de que el conjunto de símbolos básicos para una comunicación es bastante menor que la cantidad de elementos necesarios para describir completamente la situación. Para una demostración sobre las implicancias de este tipo de modelación aunque con un enfoque diferente se puede ver en [5].

Este modelo puede tener implicancias importantes si se le considera como un modelo para la comunicación de conocimiento, ya sea para la coordinación entre agentes expertos en dominios que coordinan tareas para resolver problemas complejos, como para educación y enseñanza. También sugiere un modelo que permita el análisis de estados cognitivos del agente deducidos a partir de los comportamientos y respuestas externas del agente ante estímulos del ambiente, con implicancias en los modelos de psicología cognitiva y general, entre otras posibles aplicaciones. Una formalización de este modelo está en elaboración y se continuarán los trabajos para refinarlo, extenderlo e implementarlo para confirmar su factibilidad, con el objetivo más inmediato de verificar su capacidad de discernimiento en similitud semántica de información electrónica.

11 Referencias

- [1] Plato; The Ascent of knowledge (from the Republic), in Louis P. Pojman's *The Theory of Knowledge: Classical and Contemporary Readings*, Wadsworth Publishing Company, 1999.
- [2] Abbott, B.; The Formal Approach to Meaning: Formal Semantics and its recent developments. *Journal of Foreign Languages* (Shangai), 119:1, 2-20, January 1999.
- [3] Latorres, E.; Similitud Semántica: Comparación y Crítica a los Modelos Actuales, presentado a CLEI 2004 en evaluación. 2004.
- [4] Latorres, E.; Semantic Similarity: State of the Art and Suggestions of Future Development, presentado a KBCS 2004, en evaluación. 2004.
- [5] Gell-Mann, M., Chapter 3 – Information and Crude Complexity, p.23-41, *The Quark and the Jaguar*, 1994.
- [6] Hao, Wang; §2. The Problem of Adequacy, *A Survey of Mathematical Logic*, Science Press, Pekin, China, 1964.
- [7] Bertossi, L.; *Lógica para la Ciencia de la Computación*, Ediciones Universidad Católica de Chile, 1996.
- [8] Lewis, David. General semantics. In Davidson & Hartman, eds., 169-218. 1972
- [9] Barsalou, L.W.; Yeh, W.; Luka, B.L.; Olseth, K.L.; Mix, K.S.; Wu, L.L.; *Concepts and Meaning*, 1993.
- [10] Cole, D.; The Chinese Room Argument, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, on-line <http://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/> 2004.
- [11] Searle, J.R.; Minds, Brains and Programs; *The Behavioral and Brain Sciences*, 3:417-57. Cambridge University Press, 1980. In *The Nature of Mind*, Section 55, p 509-519. David M. Rosenthal Ed., Oxford University Press, 1991.
- [12] Rosenthal, David M. (Ed.); *The Nature of Mind*, Section 55, p.509-526, (several works by Searle and Fodor about the Chinese Room Argument), Oxford University Press, 1991.
- [13] Poli, Roberto; *ALWIS: Ontology for Knowledge Engineers*; Zeno Institute of Philosophy, Utrecht University. 2001.
- [14] Grover, D.; Camp, Jr. J.; Belnap, Jr N.D.; A prosentential theory of truth, *Philosophical Studies*, 27, 73-124, 1975.
- [15] Horwich, Paul; *Truth*, Basil Blackwell Inc. 1990.
- [16] Tarski, A. The semantic conception of truth. *Philosophy and Phenomenological Research* 4, 341-375. 1944.
- [17] Wittgenstein, L.; *Tractatus Logico-Philosophicus*, London, Routledge and Kegan Paul, 1922.
- [18] Van Fraassen, Bas C.; The Pragmatic Theory of Explanation, 1980, In *Theories of Explanation*, Joseph C. Pitt Editor, p.136-155, Oxford University Press, 1988.
- [19] Clark, H.H.; Clark, E.V.; *Psychology and Language: An introduction to psycholinguistics*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1977.
- [20] Bruning, R.H.; Schraw, G.J.; Ronning, R.R.; Chapter 2. Sensory Memory, *Cognitive Psychology and Instruction*, 2nd Ed. Merrill- Prentice Hall, 1995.
- [21] Gazzaniga, M.S.; *The social brain: Discovering the networks of mind*, New York Basic Books, 1985.

- [22] Levy, J.; Cerebral asymmetries as manifested in split-brain man. In M. Kinsbourne & W.L. Smith (Eds.) *Hemispheric disconnection and cerebral function*. Springfield, IL. Charles C. Thomas, 1974.
- [23] Kintsch, W.; The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-Integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163-182, 1988.
- [24] Otero, J.; Kintsch, W.; Failures to detect contradictions in a text. What readers believe versus what they read. *Psychological Science*, 3(4), 229-235, 1992.
- [25] Keil, F.C.; Batterman, N.; A characteristic-to-defining shift in the development of word meaning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 221-236, 1984.
- [26] Ojemann, G.A.; Whitaker, H.A.; The Bilingual Brain. *Archives of Neurology*, 35, 409-412; 1978.
- [27] Sternberg; R. J.; Bilingualism, p 323, *Cognitive Psychology*, Harcourt Brace College Publishers, 1996.
- [28] Novitz, D.; Interpretation and Justification, *The Philosophy of interpretation*, Joseph Margolis and Tom Rockmore Eds. Blackwell Publishers, 2000.
- [29] De Saussure, F. *Cours de Linguistique Générale*. de Mauro, T., ed. Paris: Payot. 1966.
- [30] De Queiroz, R.J.G.B.; Meaning, Function, Purpose, Usefulness, Consequences - Interconnected Concepts, the *Fourteenth International Wittgenstein Symposium (Centenary Celebration)*, Kirchberg/Wechsel, August 14-21 1989.
- [31] Gauker, Christopher; *Words without meaning*, MIT Press 2003.
- [32] Sowa, J.F.; *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*, Addison-Wesley, Reading, MA 1984
- [33] Sternberg; R. J.; Componential Theory: A Definitive View, p 296, *Cognitive Psychology*, Harcourt Brace College Publishers, 1996.
- [34] Frege, Gottlob; Über Sinn und Bedeutung, *Zeitschrift für Philosophie und philosophie kritik*, 100(25-50) 1892.
- [35] Edmonds, P; Hirst, G. Near Synonyms and Lexical Choice. *Computational Linguistics*, Volume 1, Number 1, Associations of Computational Linguistics. 2002.
- [36] Latorres, Enrique P.; Reutilización de ontologías en un dominio restringido. In Proceedings of CACIC 2003, IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (pp. 1640--1651), La Plata, Argentina, 2003.
- [37] Sowa, John. F.; *Knowledge Representation: Logical, Pilosophical, and Computational Foundations*. Brooks Coole, Thomsom Learning, 2000.
- [38] Fodor, J.A.; Lepore, E.; Why compositionality won't go away: Reflections on Horwich's 'Deflationary' Theory. Rutgers Technical Report Series, 46, 1999
- [39] Fodor, J.A.; Pylyshyn, Z.W.; Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis. *Cognition*, 28, 3-71, 1988.
- [40] E. David Wong, Students' Scientific Explanations and the Contexts in Which They Occur, Michigan State University, *Elementary School Journal*, 96(5), 495-511. 1996
- [41] Chi, M.T.H. Knowledge structures and memory development. In R.Siegler (Ed.), *Children's thinking:What develops?* (pp.73-96). Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1978.
- [42] Recht, D.R.; Leslie, L.; Effect of the prior knowledge on good and poor readers' memory of text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 16-20, 1988.
- [43] Taft, M.L.; Leslie, L.; The effects of prior knowledge and oral reading accuracy on miscues and comprehension, *Journal of Reading behavior*, 17, 163-179, 1985.
- [44] Hardiman, P.T.; Dufresne, R.; Mestre, J.P.; The relation between problem categorization and problem solving among experts and novices, *Memory & Cognition*, 17, 627-638, 1989.
- [45] Bruning, R.H.; Schraw, G.J.; Ronning, R.R.; Chapter 8. Problem Solving and Critical Thinking, *Cognitive Psychology and Instruction*, 2nd Ed. Merril- Prentice Hall, 1995.
- [46] Mani, K; Johnson-Laird, P.N.; The Mental representation of spatial descriptions, *Memory & Cognition*, 10(2), 181-187, 1982.
- [47] van Daalen-Kapteijns, M.; Elshout.Mohr, M.; The Acquisition of word meanings as a cognitive learning process, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(4), 386-399, 1981.
- [48] Ogden, C.K.; Richards, I.A.; *The meaning of meaning*. New York: Hardcourt, Brace & World Inc. 1923.