

Comparando cambios de creencias: inteligencia artificial, comunidad científica y enseñanza de las ciencias

Hernán Miguel⁹⁵
Universidad de Buenos Aires
Argentina.

Tres tipos de cambios

El problema del cambio de creencias tiene una larga tradición tanto en lo que respecta al cambio de creencias en un individuo como al cambio en una comunidad científica. El primero da lugar a las preguntas acerca del aprendizaje y las estrategias para promover el desarrollo de la inteligencia, tradición que nos retrotrae a la obra de Piaget (1952). El segundo hace referencia al modo en que una comunidad de expertos deja de adherir a una cosmovisión y comienza a sostener otra, que puede rastrearse hasta la propuesta de Kuhn (1962) del cambio revolucionario en las comunidades científicas.

Un tercer modo de entender el cambio de creencias es extendiendo la noción de creencia al estado epistémico de sistemas de inteligencia artificial y preguntarse así por el modo en que estos sistemas pueden modificar tales estados. Como puede preverse, los tres tipos de cambio no fueron aborda-

95 Correo electrónico: ciencias@retina.ar

dos desde el principio como un mismo problema y ni siquiera como un problema para ser abordado de modo comparativo, hasta que en la tradición del cambio de creencias individual comienzan a esbozarse las posibles analogías con el del cambio teórico en la comunidad científica. En Posner *et al.* (1982) puede verse un modelo que profundiza las ideas iniciales de Piaget para el cambio de creencias referidas a conceptos científicos. El cambio conceptual que tiene lugar durante los procesos de aprendizaje escolares puede presentar aspectos similares al cambio de teorías que tiene lugar en las comunidades científicas y, a la vez, debe tener diferencias que lo distinguan⁹⁶. Sin embargo, ha resultado bastante útil mantener esta metáfora en el foco de atención, metáfora que podríamos llamar las metáforas piageteanas⁹⁷.

El tercer tipo de cambio, el referido al cambio en los estados epistémicos de un sistema de inteligencia artificial, tiene una tradición más tardía como también era de esperarse. Justamente por el hecho de que en un comienzo no era sencillo atribuir estados epistémicos a los sistemas de inteligencia artificial, la perspectiva según la cual un sistema de inteligencia artificial cambia de estado está asociada directamente con la noción de información, dejando el espacio para que un intérprete aparezca posteriormente al estado de información y la decodifique⁹⁸. Sin embargo, Alchourrón, Gärdenfors y Makinson (1985) desarrollan una teoría para dar cuenta de la lógica del cambio de estados epistémicos que puede ser aplicada no solo a personas y comunidades sino también a sistemas de inteligencia artificial. Esta teoría, abreviadamente AGM, muy resumidamente plantea una lógica para el recambio de contenidos que preserve la consistencia del sistema a

⁹⁶ Strike *et al.* (1992).

⁹⁷ El hecho de haber podido establecer analogías entre un tipo de cambio y el otro, indica que hemos encontrado similitud estructural. En otras palabras, al describir estos procesos existen recortes que muestran identidad parcial de estructura. En esto consiste la analogía. Sin embargo, sostenemos que un campo está funcionando como metáfora del otro, ya que lo evoca sin necesidad de reproducir las mismas estructuras de modo estricto. Para más detalles sobre estas distinciones véase Casanueva López y González Grandón (2014) y Ares *et al.* (2006).

⁹⁸ Dretske (1981).

lo largo de todo el proceso de revisión de creencias. Los sistemas de creencias se conciben como conjuntos de proposiciones con clausura deductiva. Es decir, si un sujeto tiene entre sus creencias la proposición A y también tiene la proposición B , entonces tiene entre sus creencias la proposición de la conjunción $A \wedge B$. Toda aquella proposición que es consecuencia de proposiciones del conjunto, pertenece al conjunto. Dado este requerimiento de clausura deductiva, es indispensable que el sistema mantenga su consistencia lógica. De otro modo, la inconsistencia del sistema sumada a la clausura deductiva llevaría a que absolutamente todas las proposiciones pertenecieran al sistema.

Cuando un sujeto epistémico enfrenta un contenido epistémicamente contradictorio con su conjunto de creencias, o sea, opuesto a algunas de las proposiciones del conjunto, debe realizar una revisión en tres pasos. Primeramente detectar cuáles son las proposiciones incompatibles con la nueva información disponible, en segundo lugar remover todas estas proposiciones y, finalmente darle acceso a la nueva información. De este modo las bases de datos podrían actualizarse sin dejar de estar operativas y conservando la clausura deductiva.

Sin embargo, se hace claro que en un conjunto de proposiciones será posible encontrar distintos modos de remover proposiciones para evitar la inconsistencia. Esto lleva a la noción de *entrenchment* que rescata el mayor o menor arraigo que en el sistema tiene un contenido proposicional en particular⁹⁹. La posibilidad de remover diferentes proposiciones para restablecer la consistencia no es una situación diferente que la denunciada tradicionalmente en la tesis Duhem-Quine, según la cual el conocimiento científico puede entenderse como una red que, frente a datos adversos, permite que los científicos propongan diferentes modos de restablecer la consistencia.

⁹⁹ Gärdenfors (1988). También véase el problema del arraigo en Miguel, Paruelo y Pissinis (1999 y 2000).

Así, siempre se puede modificar una parte de la red para favorecer que otra parte quede intacta. Por este motivo la revisión del conjunto de creencias para remover proposiciones contradictorias con la nueva información no es un problema resuelto de modo unívoco. Habrá que rotular cada proposición indicando su grado de importancia para que el sistema pueda luego elegir entre diferentes soluciones para la eliminación. Por otra parte habrá que otorgar también un grado de importancia o preeminencia a la información entrante de modo que puedan darse diferentes situaciones. Por un lado puede otorgarse máxima importancia, lo cual lleva directamente a la revisión del sistema para dar entrada al nuevo input. Pero en otro extremo debe ser posible que la información entrante sea rechazada como no valiosa. Todo esto se asemeja cada vez más a los procesos de validación de los datos y las novedades para ser tenidas en cuenta en el acervo científico de una comunidad de expertos.

Como puede apreciarse entonces, es bastante sencillo extender este modelo de cambio de creencias a la propuesta kuhniana si se toma la precaución de tomar las anomalías como esa nueva información a ser introducida en la revisión de creencias y que se muestra incompatible con el conjunto de creencias previo o con alguna de sus consecuencias.

Dada la posibilidad de elegir entre diferentes ajustes de la red, algunos casos históricos mostrarían la remoción de proposiciones que, retrospectivamente, se muestran como contenidos muy arraigados en la comunidad científica. Y en virtud del grado de generalidad y alcance de los contenidos que finalmente son abandonados, se puede obtener una diferencia cualitativa en la magnitud del cambio teórico producido para diferentes casos históricos¹⁰⁰.

¹⁰⁰ En Miguel, Paruelo y Pissinis (2002) mostramos diferentes grados de cambio revolucionario de acuerdo a estas nociones.

Metáforas inspiradoras

De la comunidad científica al aula de ciencias

Debe notarse entonces que cada uno de los cambios puede funcionar como una metáfora inspiradora para alguno de los otros dos campos. Pensar el aprendizaje escolar en función de la *metáfora piagetiana* según la cual los estudiantes recorren los estadios de la ciencia antigua, lleva a introducir temas de historia de la ciencia en los cursos de ciencias en los diferentes niveles de la escolaridad¹⁰¹. Esta corriente resulta particularmente productiva a finales del siglo XX y en lo que va del XXI¹⁰².

Más allá de las discusiones acerca de si la planificación de contenidos escolares debe estar inspirada y en qué medida, en la metáfora del cambio teórico de las comunidades científicas, es claro que ha ejercido una influencia crucial en las reformas educativas actuales y de las últimas décadas. Por lo tanto, la conexión entre los campos del cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y el campo del cambio de teorías en la comunidad científica sigue siendo una conexión que enriquece la planificación y la creatividad en la actividad educativa. Sin embargo, esa conexión no es simétrica. La influencia tiene una dirección privilegiada que va de la epistemología de los cambios de teorías en la comunidad científica a la planificación de la enseñanza de las ciencias en el sistema escolar. La flecha en sentido contrario no ha sido explotada y quizás jamás lo sea. Dada las características de cuestiones expertas que se ponen en juego en la discusión en el seno de las

¹⁰¹ Esta tendencia es menor en la enseñanza superior. No hay una diferencia sustancial en esta tendencia entre las ciencias naturales y las sociales. Mientras que la enseñanza de las teorías de ciencias sociales ha sido habitualmente muy sensible a la diacronicidad del desarrollo de la disciplina, en la enseñanza de las ciencias naturales ha predominado una visión de las teorías como ahistóricas en el sentido de que su validez no depende del modo en que se ha llegado a formularlas. Debido a esta diferencia se hace más notoria la profusa literatura que defiende la inclusión del desarrollo histórico de la disciplina en la enseñanza de sus teorías.

¹⁰² Puede tomarse como desencadenante de esta nutrida corriente el trabajo de Michael Matthews (1994).

comunidades científicas, es probable que el campo de la enseñanza escolar no pueda servir de inspiración para la resolución de controversias teóricas. No obstante, queda planteada la asimetría de esta influencia y el desafío de si en un futuro es posible transponer conocimiento de la enseñanza escolar a la resolución de controversias científicas.

Aprendizaje humano e inteligencia artificial

Al analogar el aprendizaje humano al funcionamiento de un sistema de procesamiento de la información se establece una *metáfora cognitivista* muy peculiar¹⁰³. La peculiaridad consiste en tratar de comprender el funcionamiento de nuestra mente por medio de procesos que son más simples en los sistemas artificiales de procesamiento de información, pero que han sido diseñados para emular los resultados del funcionamiento de nuestra mente. La asombrosa peculiaridad es creer que hemos avanzado en comprender la mente al asimilar parte de sus procesos a los de un dispositivo que ha sido diseñado para emularla.

Es claro que los sistemas de inteligencia artificial son diseñados para cumplir funciones que anteriormente solo podían ser llevadas a cabo por seres inteligentes, habitualmente humanos. Así los dispositivos más sencillos como los disyuntores, los termostatos, las válvulas para mantener cierto nivel de un líquido en un tanque, etcétera, eran funciones que antiguamente debían ser controladas y cumplidas por seres humanos. Diseñar dispositivos que puedan relevarnos en esas tareas fue un avance notorio aunque todavía la revolución informática estaba por venir. Más tarde llegaron los avances en funciones más sofisticadas, como las de cálculo y las de controlar muchas variables de modo complejo y simultáneo. Finalmente, y de forma muy abreviada, llegamos a la etapa en que los dispositivos pueden realizar conjeturas, acopiar información de su entorno y cambiar sus procedimien-

¹⁰³ Véase Gardner (1985), especialmente en su reseña de las primeras décadas de la ciencia cognitiva en el Cap. 2. Allí se destaca la confluencia de desarrollos en la psicología, la lingüística y en las ciencias de la computación para dar lugar al surgimiento de las ciencias cognitivas.

tos de intervención en función del éxito y fracaso anterior. Hemos arribado entonces finalmente a una etapa en donde la noción de aprendizaje y la de inteligencia pueden aplicarse adecuadamente y no como meras metáforas de la conducta humana.

Entonces, el estado actual de nuestros desarrollos en inteligencia artificial parecen paradójicamente echar luz sobre el modo en que los humanos aprendemos y desarrollamos nuestra inteligencia. He ahí la peculiaridad de una metáfora que ha retornado como un boomerang. La *metáfora cognitivista*, más allá de esta peculiaridad, ha resultado ser muy estimulante para la enseñanza.

Con esta riqueza de inspiración circular, se establece una metáfora fundacional en la inteligencia artificial al guiar a los programadores para la obtención de las funciones superiores humanas en sustratos artificiales. Y más tarde, se establece la metáfora informática para guiar el diseño y planificación de actividades en la enseñanza mediante la distinción de memoria a corto y a largo plazo y otras nomenclaturas importadas de un campo al otro, para lograr que los estudiantes obtengan destrezas típicas del procesamiento de la información de los ordenadores, como la discriminación, el cálculo, la generalización, la extrapolación, la interpolación, las operaciones lógicas, la búsqueda de información relevante para su aplicación en cada contexto, etcétera.

Bases de datos y comunidades científicas

La tercera metáfora es la de pensar la comunidad de expertos¹⁰⁴ como portadora de la totalidad del saber experto. Ahora el sujeto de conocimiento ya no puede ser un solo ser humano. Es necesario comprender que el conocimiento está socialmente distribuido entre especialistas expertos en

104 Pueden incluirse expertos técnicos cuyo saber no es solamente proposicional y científico sino constituido también por destrezas y saberes obtenidos por tener éxito en estrategias de ensayo y error.

diferentes campos. No todos los científicos saben distinguir una nebulosa planetaria de un remanente de supernova, o más sencillamente un arce de un olmo. Otros pueden detectar secuencias en el ADN y así siguiendo. El conocimiento de una comunidad no puede entenderse como el conjunto de modelos mentales y representaciones que un sujeto posee en su mente. Sin embargo, se sigue pensando la red de conocimiento como si pudiera estar instanciada en un mismo sujeto. Es decir, se le pide a esa red la consistencia que debiera tener en caso de ser conocimiento en posesión de un mismo sujeto. Y como consecuencia, la racionalidad que se espera en el cambio de teorías que lleve adelante una comunidad científica puede todavía tener resabios de la racionalidad que se espera de un mismo sujeto¹⁰⁵.

Debe notarse que tanto las conjeturas aisladas como las conjeturas articuladas en un conjunto de enunciados formando una teoría están sometidas a dos tipos de pruebas. Por un lado deben someterse al juicio de la información empírica. Solemos decir esto de otro modo. Solemos decir que las teorías tienen que dar cuenta de los datos, sin embargo es importante notar que la teoría, propuesta para dar cuenta de los datos debe pasar la prueba de, no solamente explicar un conjunto de datos que le sirvió de estímulo para su nacimiento, sino que también tiene que sobrellevar las diferentes pruebas empíricas que se le puedan aplicar en cada época. Así, las teorías enfrentan la aventura de dar cuenta de los datos existentes y de sobrellevar exitosamente los datos venideros. La tecnología y otras ramas de la ciencia podrán tener avances que permitan la aparición de información relevante nueva y en ese caso veremos si la teoría se mantiene sin enfrentar información contradictoria con sus previsiones.

Por otro lado, las teorías y conjeturas aisladas también deben ser cotejadas con el resto del conocimiento preexistente. En este sentido las teorías nuevas deben estar bien articuladas con el resto. Un caso paradigmático del modo en que la articulación teórica puede constituirse como un obstáculo

105 Sobre estas atribuciones de racionalidad véase Pérez Ransanz y Álvarez (2004).

para el surgimiento y apoyo a una nueva teoría es el que sobrevino a la teoría darwiniana de la evolución. La propuesta de Darwin sobre los mecanismos evolutivos necesitaba de un tiempo prolongado de aparición de novedades en cada generación y la subsecuente selección natural. Para poder dar cuenta de los procesos de especiación por evolución desde un comienzo con un marco común hasta la biodiversidad que se observa en nuestros días, la teoría "necesitaba" que hubiera transcurrido mucho tiempo. Para la época de Darwin, las estimaciones de la edad de la Tierra no eran alentadoras. Según los cálculos de la física y la geología, la Tierra comenzando como un sólido incandescente se había estado enfriando hasta ahora. Y conociendo la ley de enfriamiento de los sólidos, era posible obtener una estimación de su edad. Lamentablemente la estimación era demasiado pequeña para permitir los tiempos evolutivos que le habrían dado respaldo a la teoría evolutiva inicial. Este desajuste se constituyó como un verdadero obstáculo para la aceptación de la teoría evolutiva en esa época¹⁰⁶.

Podemos decir entonces que las teorías tienen que enfrentar los datos y tienen que enfrentar las consecuencias de otras teorías ya aceptadas. La primera parte se refiere a la contrastación empírica y la segunda a la articulación interteórica. Dicho esto podemos comprender mejor la metáfora que opera en la comunidad científica como si toda ella debiera sostener una red de teorías consistente, es decir, sin decirlo explícitamente, la articulación interteórica es la portadora del espíritu de la clausura deductiva. Por este motivo todas las discusiones acerca de la racionalidad del cambio teórico tratan con la dificultad de una zona difusa en la que la consistencia de toda la cosmovisión es un *desideratum* y el estado de cosas en la red teórica siempre dista de este ideal. Las anomalías de estilo kuhniano, esas evidencias recalcitrantes que se toleran durante un tiempo pero eventualmente pueden terminar siendo motivo de crisis en la cosmovisión, deben tratarse como *inputs* incompatibles con el conocimiento completo de la red y por ese motivo no

¹⁰⁶ Otro obstáculo era la ausencia de un mecanismo que diera cuenta de la aparición de novedades en cada nueva generación, pero no cuenta del mismo modo como obstáculo una ausencia de conocimiento como la presencia de un conocimiento contradictorio con el que precisa la teoría.

se las puede aceptar e integrar de modo directo. Estas anomalías tendrán que estar en algún purgatorio epistemológico hasta que nueva evidencia decida si ingresan al acervo de la comunidad o bien, son rechazadas con mejores argumentos que la sola resistencia conservadurista del paradigma en cuestión. Lo que está en juego es el modo en que se protege la clausura deductiva en el seno de la comunidad científica. Es cierto que la comunidad no puede presentar del mismo modo la información consistente con la cosmovisión aceptada que la información desafiante por ser contradictoria con ella. Es así que los papers registrarán esta última de un modo peculiar, haciendo notar que esta nueva evidencia nos obligará a cierta revisión.

Este tipo de aclaraciones indica que la comunidad científica está operando bajo lo que podríamos llamar "clausura deductiva débil" para distinguirlo de la verdadera clausura que impediría tomar en cuenta información contradictoria con la preexistente. Esta clausura deductiva débil permite que el sujeto de conocimiento, la comunidad, esté al tanto de evidencia empírica en contra y de desajustes en la articulación interteórica, sin por ello suscribir la validez de esta información y sin por ello tomar una decisión acerca de su invalidez. Es decir, la comunidad tiene la ventaja comparativa con las bases de datos, de poder tener en cuenta información contradictoria sin utilizarla en argumentos deductivos. Los humanos podemos mantener información contradictoria sensible a los contextos, es decir que según el contexto en que estemos operando, será más o menos relevante una u otra información. Esto parece ser una debilitación del principio de clausura deductiva y a la vez parece ser un signo de prudencia frente a evidencia contradictoria con lo esperado. Dicho en estos términos se puede prever que los próximos desarrollos en inteligencia artificial deberían tener acciones guiadas por información cuya relevancia es sensible al contexto. De este modo podríamos restablecer una metáfora en la dirección contraria a la que hemos estado señalando. Podríamos aprovechar el modo en que las comunidades de expertos pueden lidiar con las evidencias en contra, para mejorar los sistemas de inteligencia artificial. Al hacer esto, restableceríamos la flecha de ida y vuelta en la metáfora entre ambos campos. Por el momento la metáfora pa-

rece haber estado estimulando solamente la discusión sobre la racionalidad del cambio teórico en la comunidad científica, inspirándose en una clausura deductiva débil que proviene del campo de la inteligencia artificial.

Resumimos las metáforas que hemos reseñado en el cuadro de la figura 1.

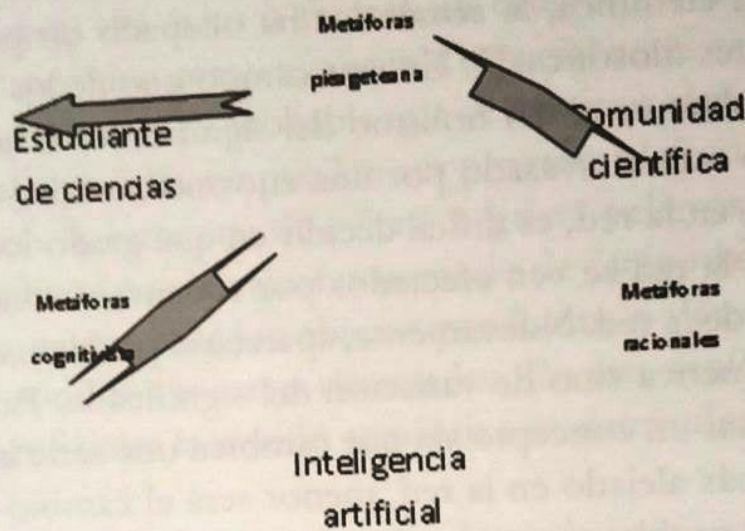


Figura 1. Metáforas entre campos.

La semántica como terreno común

A poco de profundizar en cualquiera de los tres campos señalados, nos encontramos con que en cada uno de ellos la semántica es un territorio inevitable para el análisis. Así la enseñanza de las ciencias tiene entre sus objetivos remover los conceptos previos equívocos y permitir la construcción de una estructura conceptual acorde al estado del arte consensuado o sos-

tenido por los expertos¹⁰⁷. Los diseños curriculares enfocados en promover el cambio conceptual no hacen más que enfatizar la necesidad de que los estudiantes puedan dismantelar y reconstruir sus redes semánticas de un modo que pueda dar cuenta de nueva información que pone en jaque sus preconcepciones erradas¹⁰⁸.

En el caso de los cambios teóricos llevados a cabo por expertos en una comunidad científica, la semántica ha ocupado un papel primordial en las discusiones filosóficas¹⁰⁹. En este campo uno de los problemas más difíciles de resolver es el del holismo del significado. Dado que un concepto científico está atravesado por una enorme cantidad de significados por su posición en la red, es difícil decidir en qué grado los demás nodos o conceptos de la red se ven afectados por el cambio conceptual en una zona localizada de la red. Nuevamente, aparece el problema de la clausura, esta vez no deductiva sino de variación del significado. Pareciera que no es posible cambiar un concepto sin que cambien una serie innumerable de ellos y cuanto más alejado en la red, menor será el cambio de significado que sufra. Este problema puede abordarse distinguiendo el significado preteórico y el significado teórico de un concepto de manera que haya un piso conceptual por debajo del cual el concepto sea robusto al cambio teórico. El ejemplo paradigmático es la caída de la piedra. La noción de caída de una piedra no puede cambiar por debajo de un umbral preteórico que no distingue entre una caída geocentrista y una caída newtoniana. Es

107 En el caso de las ciencias naturales podemos hablar de consenso y en el caso de las sociales, por no contar necesariamente con una cosmovisión unificada, podrá ser un abanico de posibles estructuras conceptuales acordes a las propuestas expertas. En ambos casos habrá una transposición del saber experto al saber escolar que se constituirá en el saber que todo ciudadano debe poder manejar.

108 Nótese que no toda idea previa es errónea. De ser así sería imposible utilizarlas como base para el anclaje de nuevos conocimientos. Por lo tanto debe distinguirse entre los conceptos que es preciso remover de aquellos otros que es preciso afianzar para que sirvan de base sólida para nuevas concepciones.

109 Véase Kripke (1971, 1981); Putnam (1975); Kuhn (1990); Flichman (2001); Miguel y Moreno (2002); Pérez Ransanz y Álvarez (2004).

fácil sostener que la caída de una piedra y un atardecer ya no significan lo mismo una vez que abandonamos el geocentrismo y adherimos al marco newtoniano. Pero no es sencillo explicar el modo en que puede escindirse un componente preteórico de otro que está dado por la teoría en función del lugar que ese concepto ocupa en la red teórica e interteórica¹¹⁰. Finalmente, en la medida en que los artefactos de inteligencia artificial deben desempeñarse en cierto entorno, será indispensable que tengan un modo de feedback acerca del éxito o fracaso en categorizar la información entrante. Si un dispositivo como una sonda espacial no es exitosa en detectar una grieta en el terreno, es probable que se destruya rápidamente. Y dado que las sondas espaciales no pueden ser programadas con un catálogo de grietas sino con la categoría de grieta, o grieta peligrosa, será necesario que los dispositivos puedan ajustar su modo de categorizar los *inputs*, o en otras palabras, categorizar los objetos percibidos o detectados. Categorizar es asignar rótulos a recortes detectados. En este sentido se aplica a los dispositivos artificiales la noción semántica de determinar la referencia.

En los tres campos se ha avanzado de modo independiente pero con la restricción de la consistencia, es decir bajo la clausura débil de la articulación interteórica. Así las cosas, no se puede sostener una semántica para el cambio teórico que no pueda comprenderse a nivel individual, por más de que puedan aparecer patrones colectivos en una comunidad que no se reduzcan a cambios conceptuales individuales.

Si se tiene en cuenta que parte del aprendizaje es extender y corregir el rango de aplicación de un nombre de clase natural, se llega más rápidamente a la noción de semántica probabilística que supera una semántica de cajas de límites precisos. La semántica probabilística permite que cada concepto tenga un rango de aplicación y que existen aplicaciones de máxima probabilidad que constituyen el concepto paradigmático mientras que a medida que nos alejamos de ese punto conceptual, la probabilidad de aplicación del

110 En este tema es de gran valor la propuesta de Flichman (2001) que pretende superar las dificultades de la inconmensurabilidad del significado mediante esta distinción.

concepto decae¹¹¹. La semántica que esperaba poder dar cuenta de la correspondencia entre un término del lenguaje, su sentido y su referencia, de forma que quedara claramente delimitado el conjunto de individuos a los cuales se aplica, fue dejando paso a una semántica que contempla los límites difusos¹¹². Sin embargo, no está disponible todavía una noción de semántica dinámica.

Con Miguel Fuentes (Fuentes y Miguel, 2013) hemos estado trabajando en un modelo para dar cuenta de una semántica dinámica que permita no solo conservar la vaguedad necesaria para los límites del rango de aplicación de los conceptos, tanto en lo referido a su sentido como, y muy especialmente, a su referencia. Este modelo intenta dar cuenta de la modificación del significado de los términos a medida que son utilizados por un intérprete. Es decir, el solo uso de los términos, oyéndolos, pensándolos o bien recibiendo percepciones que son categorizadas en el rango de ese término, irán modelando el alcance y la distribución de probabilidad. Por otra parte el modelo intenta mantener una característica primordial para toda comunicación que es procesada por un intérprete y es que no puede tomarse de modo determinista. Si una información da como resultado de modo determinista el estado del intérprete, la noción de intérprete desaparece. El intérprete tiene que ser concebido como un agente activo en la decodificación del mensaje. Por lo tanto es primordial conservar una cuota de azar asociada al resultado del proceso de decodificación o interpretación, a pesar de que esa cuota de azar no puede gobernar arbitrariamente el resultado por completo.

A su vez, el intérprete puede tener diferente estado en la configuración por la que actualiza el rango y la probabilidad asignada a ese rango conceptual de modo que puede estar en un modo que facilita el aprendizaje de nuevas categorías, amplía o reduce el rango de aplicación del concepto modificando el rango de lo que hemos llamado "cuenca conceptual", opera condensando cuencas conceptuales, discriminando con grano fino una cuenca conceptual y así distinguiendo diferentes cuencas que parecían ser una sola, genera nuevas cuencas conceptuales y así crea categorías inexistentes previamente a recibir esos estímulos, elimina cuencas, o incluso, genera cuencas durante un proceso hipotético durante el cual operan como si fueran un concepto existente en la red, para luego desaparecer al final del proceso. Todas estas operaciones per-

111 Rosh (1973) y Jurafsky (2003).

112 Cook (2011).

no tienen que dar cuenta de una evolución del paisaje conceptual de modo que no se
trata precisamente, o en todos los casos, de correcciones en el sentido de tener
un rango equivocado o tener un concepto equivocado, sino que el solo uso
del lenguaje por parte del intérprete lo modifica para las interpretaciones veni-
doras. En este sentido el aprendizaje no está asociado al error sino a la misma
actividad lingüística. Por otra parte, los comportamientos extremos indicarían
diferentes patologías para el aprendizaje y uso de las categorías.

La investigación nos desafía a seguir desarrollando una semiótica que
pueda modificarse por el uso, dar cuenta del aprendizaje más allá de una simple
corrección de aplicar conceptos erróneos. A su vez hemos elegido una modela-
ción que sea útil para simular los procesos en los tres campos, la enseñanza,
el cambio teórico experto y el modo en que los sistemas de inteligencia artificial
deberían modificar sus categorías, tanto creándolas, eliminándolas o alterando
su rango de aplicación. Creemos que los nuevos desafíos deben ser inspirados
por las distintas metáforas que están operando entre estos tres campos y que
algunas no han sido aprovechadas todavía.

Aun cuando, en principio, nuestras teorías sobre el aprendizaje humano
no tengan por qué aplicarse a los dispositivos de inteligencia artificial y aun
cuando los cambios conceptuales individuales no tienen por qué ser similares a
los cambios colectivos de los expertos, las metáforas todavía no han encontrado
un obstáculo para seguir siendo explotadas.