



# Paisajes dinámicos en la modelización de la comunicación y el aprendizaje

Miguel FUENTES & Hernán MIGUEL



## RESUMEN

Al tratar de modelizar la interacción entre la información entrante y el receptor se deben tomar en cuenta varios aspectos que en una primera aproximación pueden parecer contrarios a la comunicación, pero que parecen ser constitutivos de ella. En particular la interacción parece ser no determinista de modo que la información no es condición suficiente para determinar el estado final del receptor luego de la interacción. Por otra parte, cuando un estímulo enviado al receptor lo fuerza a considerar conceptos alejados de sus conceptos prototípicos, este proceso debería tener como consecuencia una modificación de la configuración conceptual del receptor de manera que en próximas ocasiones los nuevos estímulos se vean procesados de manera más favorable que en sus interacciones anteriores, dando cuenta así del aprendizaje que tiene lugar en el intérprete por la sola práctica de recibir estímulos e interpretarlos. El presente artículo constituye una comunicación del proceso de investigación en el que nos encontramos al enfrentar la tarea de modelizar los aspectos señalados. A pesar de no contar con un panorama completo sobre todos los procesos relevantes, hemos decidido incluir igualmente los aspectos no desarrollados pero que programáticamente deberán ser tenidos en cuenta. Creemos que la dirección en la que estamos desarrollando la modelización es promisoria ya que el modelo diseñado hasta ahora permite dar cuenta de varios aspectos adicionales inicialmente no propuestos como objetivo, pero indudablemente valiosos para una visión más general del problema de la comunicación y el aprendizaje.

**PALABRAS-CLAVE** • Semántica. Sistemas complejos. Paisajes dinámicos. Aprendizaje. Patologías del aprendizaje. Comunicación. Intérprete.

Es aparente que hay realimentación del nivel macroscópico de descripción del sistema en términos de la distribución de probabilidad  $f$  a los movimientos microscópicos (Borland, 1998, p. 6.636).

## INTRODUCCIÓN

Los problemas en la transmisión de información y los efectos que ésta tiene en el receptor han sido abordados habitualmente sobre la suposición de que es una información proveniente de un emisor que de algún modo codifica el mensaje y además, tiene la intención de comunicar (cf. Dretske, 1981).

En el presente artículo tomamos la noción de información en sentido amplio, de manera que ésta puede provenir de un emisor o de un sustrato pasible de ser tomado como fuente de información por el intérprete o receptor. De este modo la información puede provenir de un hablante, de un texto, marca o símbolo generados por un hablante o bien directamente puede provenir de aspectos empíricos de un fenómeno que está siendo examinado por un intérprete. Tampoco por “intérprete” debe entenderse solamente personas. Podría tratarse de algún sistema de inteligencia artificial que debe procesar la información entrante, tanto de los mensajes enviados por humanos u otros artefactos como la información capturada en su relevamiento empírico de una zona de su entorno, o bien remota. De este modo podremos abarcar tanto los temas de comunicación y aprendizaje humano como los de interacción entre dispositivos de inteligencia artificial y de estos dispositivos con su entorno.

La información en la comunicación no opera de manera determinista (cf. Zamorano, 2012) y sufre cambios continuos durante su evolución (García, 1996). La información que llega al receptor no siempre es decodificada o interpretada de la misma manera por distintos receptores y tampoco se producen los mismos resultados cuando una misma información es recibida por un mismo receptor en diferentes ocasiones. Esta característica nos obliga a contemplar un aspecto indeterminista en la interacción de la información con el receptor.

Hay dos procesos que introducen indeterminismo en una comunicación entre hablantes. Un primer proceso tiene lugar cuando el emisor construye el mensaje a partir de su estado conceptual. El mensaje no está en relación biyectiva con su estado conceptual, sino que podría existir, y de hecho existe en la mayoría de las situaciones, un grado mayor o menor de indeterminación del estado conceptual a partir del mensaje.

El otro proceso de indeterminación tiene lugar en el momento en el que el mensaje interactúa con el estado conceptual del receptor.

Aunque el primer proceso es muy rico y posiblemente crucial para elucidar algunos problemas de la comunicación, no es tratado en esta etapa de la investigación. En cambio, nos concentramos en generar un modelo del proceso de interacción de la información entrante o estímulo, con el estado del receptor.

El modelo desarrollado hasta ahora muestra el avance dentro de un panorama programático. Este avance parece sustantivo en la medida en que ha comenzado a dar sus frutos en la aplicación a casos concretos como se muestra en la sección 2, dando un paso más que lo que ya fuera señalado respecto de las diferentes propuestas relativas a la semántica: “la mayor parte de los trabajos nos presenta planteamientos programáticos mais que profundizaciones o nuevas explicaciones a fenomenos lingüísticos (...)” (Bernárdez, 1994, p. 184).

## I MODELO DE TOPOGRAFÍA CONCEPTUAL DINÁMICA

Nos proponemos dar un modelo de la interacción entre el mensaje entrante y los estados del receptor que puedan dar cuenta de la modificación de estos estados por medio del mismo procesamiento del estímulo. De este modo nos proponemos avanzar en una semántica dinámica, que supere el diagnóstico ya señalado que “las consideraciones semánticas que se reducen a servirse de las nociones de catastróficas en lexicomática, parecen conducir a resultados triviales (...)” (García, 1996, p. 28).

En otras palabras, cada vez que un estímulo, entendido como mensaje, es tomado como *input* por parte de la entidad tomada como intérprete, el procesamiento de ese estímulo tiene que poder dejar cierta huella mnémica que se constituye así en una modificación del estado del intérprete. Este cambio tiene que poder modelizarse para representar grandes o pequeñas modificaciones que den cuenta de un aprendizaje por parte del intérprete. También tiene que ser posible ajustar los parámetros del modelo para cuando el intérprete tiene comportamientos extremos como el de no modificar sus estados a pesar de los estímulos, o bien, modifica absolutamente los estados por un mínimo ingreso de estímulos. Estos casos extremos pueden representar actividades específicas de los intérpretes y también situaciones patológicas del aprendizaje.

Para la construcción de este modelo es necesario pensar al intérprete como portador de una estructura conceptual (cf. Perlovsky, 2001; Motter *et al.*, 2002), la cual pudo ser moldeada por estímulos anteriores y puede seguir siendo modificada por los estímulos futuros. He allí el carácter dinámico de la estructura. Concebimos esa estructura conceptual como una topografía en la que el terreno tiene cuencas asociadas al alcance de un concepto. La noción de cuenca conceptual evoca la de rango de significado (cf. Ronzitti, 2011). Sin embargo, la noción de rango de significado no rescata la función de atractor que aquí es fundamental para el procesamiento del estímulo como sí lo hace la noción de cuenca, coincidentemente con los indicado por otros autores (cf. Davey, 1999).

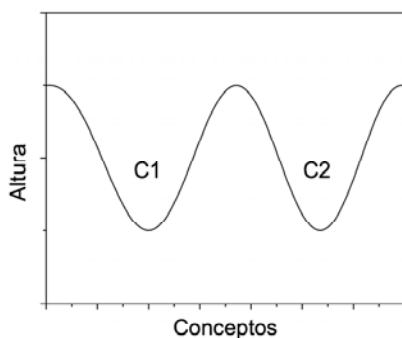


Figura 1. Representación de cuencas conceptuales.

Se trata entonces de un espacio conceptual en el que cada punto es un concepto específico, pero en el que existe un rango para el que ese concepto específico sigue perteneciendo a una cuenca conceptual (en la figura 1 se representan las cuencas conceptuales  $C_1$  y  $C_2$ ). Un buen ejemplo lo constituyen los conceptos de clase para los cuales tenemos los términos de clase dentro del lenguaje. El término “tigre” hace referencia a una amplia gama de individuos por lo cual ese término tiene un rango de aplicación al mundo empírico. Ese rango constituye la cuenca conceptual en el espacio conceptual del intérprete mientras que un tipo particular de tigre con todas sus especificaciones se corresponde con un punto en el espacio conceptual, dentro de la cuenca conceptual correspondiente a “tigre”.

Como puede apreciarse, las nociones de concepto específico, cuenca conceptual y paisaje o espacio conceptual, se corresponden con una cierta taxonomía del mundo, taxonomía que se supondrá compartida entre los distintos hablantes calificados, o bien que se irá enriqueciendo en el caso de que el intérprete esté realizando un relevamiento empírico en el que la taxonomía está siendo motivo de ajuste.

A lo largo del trabajo se irán agregando más especificaciones sobre estas nociones de cuenca conceptual, concepto específico y espacio conceptual. Sin embargo, debe advertirse que en nuestra nomenclatura, la noción de concepto es capturada por la de cuenca conceptual que barre un rango del espacio conceptual, los conceptos con todas las especificaciones para ser ubicado en cierto rango conceptual, son puntos del espacio y se toman como conceptos específicos a los que, en el paisaje, les corresponde cierta altura. En esta metáfora topográfica, el punto de menor altura funciona como el atractor hacia el que rodaría por efecto de la gravedad una esfera colocada en ese paisaje. En el paisaje conceptual, el mínimo de la cuenca corresponde al concepto prototípico hacia el que tiende la interpretación.

### 1.1 OPERACIÓN DE COMPOSICIÓN CONCEPTUAL

Vale la pena notar que en caso de existir conceptos base, entendiendo por “conceptos base” aquellos que no sean una agrupación de otros conceptos, estos conceptos base constituirían un grupo menor que los conceptos obtenidos al agruparlos. Un ejemplo sencillo sería:

mesa + rojo = mesa roja.

O bien, mucho más claramente al ser nombrado por un solo término:

objeto tridimensional cuyas caras son todas cuadradas = cubo.

A estos conceptos base los llamaremos  $X$ , y llamaremos  $Y$  a los conceptos producto de una agrupación de conceptos base. En realidad, lo que llamamos agrupación es en realidad una operación, que claramente no es lineal y es una operación que depende del sujeto que realiza la operación. Es decir, la agrupación de dos o más conceptos puede significar para dos individuos cosas diferentes. Como ejemplo podemos decir: “bola de agua” que para algunos será más cercano a “trozo de hielo” y para otros, más cercano a “gota de agua”.

### 1.1.1 OPERACIÓN DE COMPOSICIÓN

Podemos decir entonces que  $Y=N_i(\mathbf{X})$ ,

donde  $N_i$  representa la operación de composición antes mencionada y  $\mathbf{X}$  es un vector con los componentes base  $X$  (conceptos base), o sea,  $\mathbf{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , donde el subíndice indica cuál individuo está realizando la operación.

Por otra parte, para un individuo, podremos representar a un concepto como una cuenca en un paisaje o espacio conceptual (ver fig. 1). Cada valor  $x$  dentro de la cuenca es un concepto específico del rango conceptual y el valor  $x$  que corresponde a un mínimo relativo de la curva, es el concepto prototípico de esa cuenca. En la figura 1, se indica con  $C_1$  y  $C_2$  las cuencas conceptuales para cierto individuo.

Retomando el problema de la composición conceptual, si  $C_1$  es el resultado de una operación  $N$  cuyos insumos son otros conceptos de nivel inferior, y esta operación es propia de cada individuo y, a su vez, cada concepto de nivel inferior tiene una cuenca asociada con su rango para cada uno de los individuos, es esperable que las cuencas conceptuales resultantes de la composición no coincidan de uno a otro individuo.

Supongamos tener una mesa pequeña muy parecida a un taburete, sin lugar a dudas este objeto estará alejado del mínimo de la cuenca de potencial “mesa”, es decir, está alejado del concepto prototípico de mesa y, dependiendo del contexto y de la historia personal de cada uno, es probable que algún individuo la confunda con una silla. El contexto puede ser representado mediante variables exógenas mientras que la historia personal ha influido en los valores de las variables endógenas (cf. Zamorano, 2012, p. 694). Por lo cual podemos simbolizar la composición para cada individuo como:

$$Y=N_i(\mathbf{X}),$$

donde  $Y$  será silla o mesa para uno u otro individuo dependiendo de su interpretación o agrupación  $N_i$ . Esta situación no es sorprendente y está rescatada mediante el subíndice de la función que explícitamente alude al individuo.

Solo queremos resaltar que cada individuo posee su propia forma operacional  $N$ , la cual es producto de su historia, condición interna actual etc., que nunca son iguales estrictamente hablando. Por otra parte, sería deseable en un futuro desarrollar un modelo que diera cuenta de esta operación y que recogiera esta dependencia de la historia del individuo, algo que en el estado actual de la investigación no está disponible. Debido a esta observación es claro entonces que las cuencas conceptuales, que son productos de la operación  $N$ , serán propias de cada individuo, presentando, en el mejor de los casos, leves diferencias entre individuos.

Dos aspectos se hacen relevantes ahora: cómo es que la comunicación se hace posible si las cuencas de diferentes individuos no necesariamente coinciden y cómo debe tenerse en cuenta en la comunicación esta falta de coincidencia.

### 1.1.2 INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Consideremos dos individuos representados por sus cuencas conceptuales. En la figura 2, el gráfico inferior con trazo de puntos está asociado al emisor y, el otro, superior de trazo lleno, asociado al receptor. Puede ocurrir que, al transmitir la información correspondiente al concepto específico A desde el emisor al receptor (flecha ascendente de la izquierda en la figura), este último la reciba y la interprete como dentro de la cuenca conceptual  $C_1$ , coincidentemente con el emisor. En cambio, si el emisor transmite el concepto específico B, el cual está ubicado en un punto marginal de su cuenca  $C_1$ , puede ocurrir que el receptor entienda que el concepto específico B pertenece a su propia cuenca conceptual  $C_2$ , aun cuando comprende que, para el emisor el concepto A pertenece a la cuenca  $C_1$ . De este modo se obtiene una percepción que produce perplejidad en el intérprete y lo moviliza a un esfuerzo de interpretación en el que sus propias cuencas deben modificarse o reagruparse para poder sostener una taxonomía común, implícita en ese tramo de la comunicación. El proceso descrito en este párrafo mues-

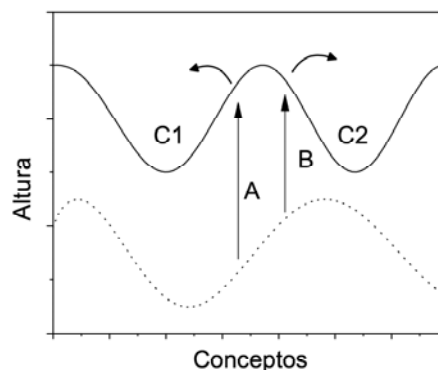


Figura 2. Representación de cuencas conceptuales en el emisor y en el receptor.

tra de qué modo el receptor se comporta como un intérprete activo en cuanto a su interacción con el estímulo entrante. Este rol activo se asimila a las variables endógenas (Zamorano, 2012, p. 694) mientras que la noción de ruido, también consignada por el autor, será considerada en nuestra subsección siguiente.

Esta situación genera dos resultados importantes. Por una parte, la comunicación entre individuos no garantiza la transmisión del estado conceptual del emisor al intérprete, lo cual ya habíamos anticipado, y por otra parte y de gran importancia, puede producir novedades cuando un concepto específico, pretendidamente perteneciente a un rango o cuenca conceptual, es percibido como una perplejidad por no poder ser interpretado como perteneciente a la correspondiente cuenca conceptual en la topografía del intérprete.

## 1.2 MODELO DE PROCESAMIENTO EN EL RECEPTOR

Pasamos ahora a considerar el modelo de interacción entre el estímulo entrante y el estado del intérprete para representar el modo en que se procesa un estímulo entrante por parte del receptor.<sup>1</sup>

Consideraremos que el receptor posee una red de conceptos estructurada de manera que una porción de esa red es relevante para la interacción de cierta información que llega al receptor. En tal red, cada nodo está representado por una cuenca con un punto central o atractor que constituye el concepto paradigmático o prototípico (cf. Rosh, 1973; Zamorano, 2012, p. 683 ss.). Y la cuenca conceptual representa el alcance del concepto en sus diferentes aspectos.

El modelo toma el estado del receptor como un punto perteneciente a una dimensión conceptual  $x$ . Esta dimensión conceptual estará inmersa en un paisaje, o potencial conceptual  $V(x)$ , el cual dará cuenta de cuán probable es un determinado concepto  $x$  en esa cuenca.

La dinámica propuesta para el procesamiento de un estímulo en este paisaje conceptual, es de la forma

$$\frac{dx}{dt} = -\gamma \frac{dV(x)}{dx} + \varepsilon \xi(t) \quad (1)$$

El parámetro  $\gamma$  indica la velocidad de relajación en un procesamiento del estímulo que comienza con un concepto inicial activado por un estímulo entrante, al cual podríamos indicarlo como la condición inicial  $x(0)$ , hasta terminar en un concepto

<sup>1</sup> Una descripción técnica del modelo se encuentra en Fuentes y Miguel (2013). Para una reseña de aplicación de metodologías no lineales a la comunicación véase Zamorano (2012).

final, obtenido al llegar a un lugar estable del recorrido o bien al detenerse el tiempo de procesamiento.

La dinámica estocástica está dada por el término  $\varepsilon\zeta(t)$ , que formalmente es un término de ruido blanco con una amplitud caracterizada por  $\varepsilon$ . Este término da cuenta de la capacidad de explorar conceptos cercanos (cercano a  $x$ ) y permitirá asociaciones con cierta distribución de probabilidades ponderadas por el potencial.<sup>2</sup>

De esta manera, si consideramos que el potencial  $V(x)$  no cambia en el tiempo, el receptor interpretará la información o estímulo recibido en términos de conceptos relacionados con toda la cuenca conceptual y del camino estocástico realizado, el cual finalmente tenderá, en el proceso de relajación, al mínimo de potencial (concepto de mayor probabilidad asociada a la cuenca).

En cambio, si suponemos que el propio paso del estímulo en su camino de relajación, desde su posición inicial hasta su posición final, produce una modificación del potencial, entonces el mismo procesamiento dejará una huella para los próximos estímulos y, lo que es más interesante, el efecto de dejar huella al pasar por el paisaje conceptual puede afectar al propio estímulo entrante al pasar dos veces por un mismo punto del paisaje. Esto se debe a que en su primer paso ha modificado la topografía del paisaje en ese punto. Es decir, una etapa del procesamiento de un estímulo es afectada por el procesamiento del mismo estímulo en etapas anteriores.

Por lo tanto, el proceso de interpretación tiene, por parte del receptor, un aporte activo en dos aspectos. Por un lado, el estímulo entrante activa una cierta zona de la topografía conceptual y esa zona tiene un proceso de relajación hacia alguna de las cuencas que actúan como atractores propios del receptor. Por otra parte, el proceso de relajación no sigue siempre el mismo derrotero en ese paisaje, dejando en cada ocasión una huella en particular, la cual tiene la capacidad de modificar el propio paisaje con una dinámica que veremos más abajo. Este derrotero no determinado *a priori*, pero determinado *post factum* está modelizado por el término estocástico analizado anteriormente. En resumen, el receptor es doblemente activo respecto de la información entrante dando al modelo la capacidad de otorgar al intérprete o receptor un papel importante en la comunicación.

Hasta aquí vimos la evolución dentro de la cuenca conceptual tomada de manera estática. A continuación proponemos una dinámica para permitir cambios duraderos en el potencial, tal como anticipamos al mencionar que cada derrotero en el proceso de relajación puede dejar una huella en la topografía misma.

<sup>2</sup> No será posible utilizar una noción frecuencial de probabilidad, pues la ocurrencia de cada estímulo cambiará la distribución de probabilidad. Por este motivo, tenemos que adoptar una noción de probabilidad objetiva como la noción de *chance* existente en el mundo o bien pensar una probabilidad frecuencial a través de mundos posibles (si hubiera recibido tales estímulos, en tal porcentaje de los mundos, reaccionaría de tal y tal modo).



Proponemos que el potencial cambiará su forma durante la dinámica de la siguiente manera:

$$\frac{dx}{dt} = \gamma P'(x, t - \tau) + \varepsilon \xi(t) \quad (2)$$

El primer término de esta ecuación muestra cómo el proceso de relajación hacia un concepto depende de la probabilidad anterior, que existía en la cuenca conceptual. El tiempo  $\tau$  representa el retardo entre el instante en el que se toma el gradiente de la probabilidad en el paisaje y el instante en el que tiene efecto ese gradiente sobre el proceso de relajación.

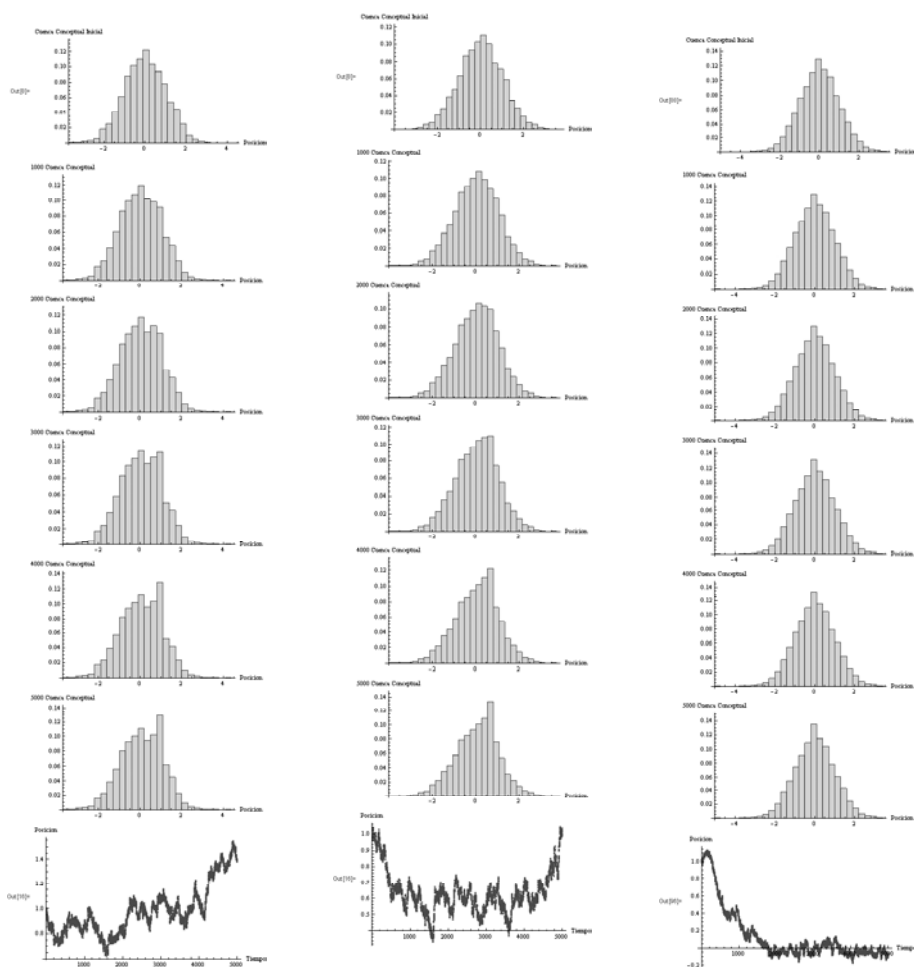


Figura 3. De arriba hacia abajo seis instantes en el proceso de relajación para simulaciones con valores distintos del parámetro de relajación: el caso 1 (a la izquierda) es el más lento ( $\omega$  pequeño), el caso 3 (a la derecha) es el más rápido ( $\omega$  alto) y el caso 2 (al centro) es intermedio. El gráfico inferior muestra el derrotero por el espacio conceptual a lo largo del tiempo de relajación.

Por otra parte, los parámetros  $\gamma$  y  $\Sigma$  pueden ser comparados al combinarse en un único parámetro  $\omega = \gamma/(\gamma + \Sigma)$  que constituye el coeficiente de determinación para el proceso de relajación. Este parámetro vale cero si no hay paisaje conceptual ( $\gamma = 0$ ) o es muy pequeño si la componente estocástica es muy superior a la pendiente que se encuentra en el paisaje ( $\gamma \ll \Sigma$ ). Y se hace igual a la unidad cuando el proceso es determinista ( $\Sigma = 0$ ).

Para realizar las simulaciones computacionales que se muestran en la figura 3 se toma una distribución gaussiana normal como condición inicial para la probabilidad. Como veremos en más adelante (en las secciones 1.3 y 1.4) esta elección no es necesaria, sino que cumple con elegir un estado del sistema al momento de recibir el estímulo entrante. La condición inicial para  $x$  es  $x(0)=1$ , es decir, alejada del mínimo en un desvío standard. Cada una de las simulaciones (casos 1, 2 y 3) muestra el proceso para un valor distinto del coeficiente de determinación. El primer caso es el más lento ( $\omega$  pequeño) y el tercero el más rápido en dirigirse hacia el máximo de la distribución ( $\omega$  grande).

Analicemos con un poco más de detalle el proceso simulado que muestra la figura 3. Tomamos la distribución de probabilidades en una cuenca conceptual como una gaussiana centrada en el concepto paradigmático, pero la curva se representa en estado discreto por su histograma. Cuando un estímulo ingresa en el sistema del receptor, en su camino pasa por diferentes intervalos del histograma. Cuanto más aleatorio es su camino ( $\omega$  pequeño), mayor será el número de barras del histograma que visitará. Si en cambio, el camino fuera determinista, iría directamente hacia el máximo de probabilidad sin “titubeos”. Sumemos una unidad a cada barra del histograma por cada pulso del reloj en el que el estímulo pasa por esa barra y hagamos esto durante una cantidad total de pulsos  $m$  que dura el proceso. Cuantas más veces pasa por una determinada zona del histograma, más crecerán las barras de esa zona. Una vez sumadas las  $m$  unidades a las barras correspondientes y renormalizado el histograma, disponemos de la nueva distribución de probabilidades que depende del camino que efectivamente siguió el estímulo en su procesamiento. Además, si esta suma y renormalización se realiza en diferentes oportunidades intermedias del proceso, la distribución de probabilidades cambia para el mismo estímulo que está siendo procesado y el cambio se debe a los pasos del propio estímulo en instantes anteriores del proceso. De este modo el procesamiento de un estímulo genera la distribución de probabilidades con la que continúa su propio procesamiento y entonces podemos decir que el paisaje se autogenera.

Dado que la nueva distribución es el resultado de sumar  $m$  unidades a las  $N$  iniciales del histograma, se comprende la importancia del cociente  $\varphi = m/N$ . Cuanto ma-

por sea el valor de  $m$  en comparación con  $N$ , tanto mayor será la modificación en el paisaje. Por este motivo ambos parámetros están involucrados en el modo en que se actualiza el histograma. El cociente  $\mu = m/(m+N)$  mide el modo en que se actualiza la distribución y constituye así el coeficiente de *modificabilidad mnémica* del paisaje.

El extremo  $\mu = 0$  corresponde a las situaciones en las que los estímulos no producen ningún cambio en la distribución de probabilidades para el procesamiento de información. El cambio en el valor de este coeficiente puede dar cuenta de los diferentes grados de modificabilidad y, por lo tanto, es un parámetro asociado a los problemas de aprendizaje por parte del intérprete. Diferentes valores pueden dar cuenta de tareas de identificación sin aprendizaje, es decir, de utilización de cuencas conceptuales para funciones que no abarcan la tarea de modificarlas. Un ejemplo sencillo se encuentra en un detector de semillas que debe separar un tipo de semilla de otro. Este artefacto no está generando modificaciones en las categorías o cuencas conceptuales que están en uso, sino que las utiliza para una tarea que las presupone invariantes respecto de los estímulos.

Esta forma de pensar la dinámica parece capturar aspectos de importancia presentes en la recepción de la información. Puede verse cómo el paisaje se autogenera por medio del camino seguido en el espacio conceptual durante el procesamiento del estímulo. Este recorrido está traccionado por la derivada de la probabilidad en el tiempo para esa zona del espacio. Esta forma de concebir el modelo en la que el camino seguido por el estímulo se asimila a un deslizamiento hacia conceptos de probabilidad más alta con el agregado de un componente azaroso que pueda introducir novedades, resulta plausible y rescata las notas salientes que se indicaron como indispensables para la recepción activa de la información.

Si tomamos el caso de invariancia temporal del paisaje, el potencial está representado por una cuenca centrada en  $x$  que es el concepto que será activado finalmente durante el proceso de relajación. Es decir que en una fotografía de un instante del proceso de relajación vemos una cuenca producida alrededor de la posición conceptual  $x$ .

Al analizar la variación del potencial con el tiempo, encontramos que la contribución para la velocidad de cambio del potencial es diferente según la zona de la cuenca. De este modo los cambios en el paisaje conceptual no están tampoco determinados de manera uniforme sino que se producen de un modo diferente para zonas distintas alrededor de cada punto de la trayectoria del proceso de relajación, trayectoria que, como anticipamos, no está determinada.

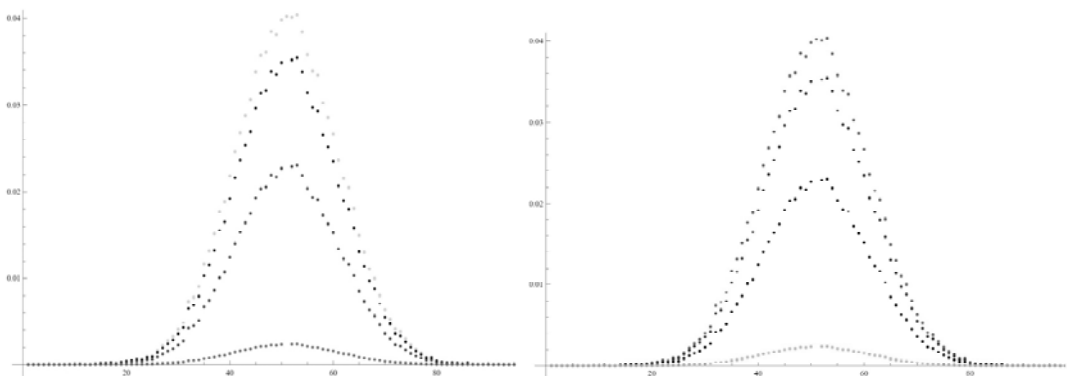
Esta característica del modelo permite dar cuenta de la modificación conceptual que se produce cuando el concepto activado por el estímulo no coincide con el concepto prototípico que opera como mínimo de potencial en la cuenca conceptual corres-

pondiente. Este aspecto tiene la virtud de dar cuenta de un tipo de aprendizaje en el que la cuenca inicial se ve modificada en correspondencia con un nuevo alcance del concepto por el uso, una y otra vez, de zonas de la cuenca no coincidentes con el mínimo, que corresponde al concepto prototípico de la cuenca.

### 1.3 OPERACIONES CON LAS CUENCAS CONCEPTUALES

La dinámica que hemos planteado permite prever la modificación de cuencas. Sin embargo, podemos preguntarnos en qué sentido es necesario contar con una distribución inicial. Habíamos anticipado que no era necesario. Pues bien, entonces debe ser posible generar una cuenca partiendo de la inexistencia de cuencas. El modelo predice y las simulaciones muestran que cuando el paisaje es una *tabula rasa*, a poco de recibir estímulos comienzan a generarse cuencas por el componente aleatorio. Esto se debe a la dinámica de suma de unidades por cada paso del estímulo por el paisaje previamente llano. Por esto no es de ningún modo importante contar con una configuración inicial para la obtención inevitable de una configuración final que se autogenera, se actualiza en su uso y, a su vez, pasa a ser una estructura activa en generar tendencias en el procesamiento de los próximos estímulos entrantes. Esta característica puede ser de gran interés tanto al modelar comportamientos de sustrato neuronal como de artefactos de inteligencia artificial, que a poco de estar en uso, comienzan a tener una estructura activa en el procesamiento.

Por otra parte, en ciertas oportunidades será necesario lograr que dos cuencas preexistentes se transformen en una sola. O bien la operación inversa: lograr una dis-



**Figura 4.** Aparición y desaparición de cuencas. La figura muestra la creación (a) y la desaparición (b) de cuencas. Aunque ambos gráficos parecen equivalentes, el caso (a) comienza con una distribución plana (inexistente) y se desarrolla hasta la curva en su nivel más alto, mientras que el caso (b) tiene como configuración inicial la distribución de más arriba y sucesivamente se va aplanando.

criminación mayor, generando más de una cuenca en lo que anteriormente era una sola. Podríamos identificar a la primer operación con la condensación conceptual, como por ejemplo la que ocurre cuando alguien aprende que dos descripciones diferentes corresponden a un mismo objeto o sujeto. Mientras que antes existían dos categorías diferentes de la taxonomía, ahora cuentan como un solo rango conceptual. Puede ocurrir que el rango de la cuenca condensada no coincida con los rangos anteriores, dando en algún grado un resultado más asociable a la composición conceptual que a la condensación. Pero este punto sería de una magnitud de segundo orden respecto al fenómeno que queremos destacar.

En el caso de llegar a una configuración final en la que una cuenca se ha dividido en dos o más por algún criterio de grano fino, estamos frente a una discriminación conceptual, o *splicing*, que se corresponde con los avances del conocimiento en el que no hay cambio revolucionario en la taxonomía, sino una adquisición creciente de capacidades para distinguir nuevos aspectos entre objetos de una misma categoría en términos de la taxonomía inicial, reagrupándolos así en diferentes subclases al interior de la clase original (figura 5).

#### 1.4 APRENDIZAJE, PENSAMIENTO HIPOTÉTICO Y DINÁMICA DE LAS CUENCAS

Identificaremos como deformación elástica de una cuenca conceptual aquella que ocurre mientras el estímulo está presente pero que, luego de desaparecer el estímulo no deja huella mnémica. Es decir que la deformación elástica de cuencas en este caso no constituye aprendizaje sino una capacidad de acomodación de la estructura de cuencas

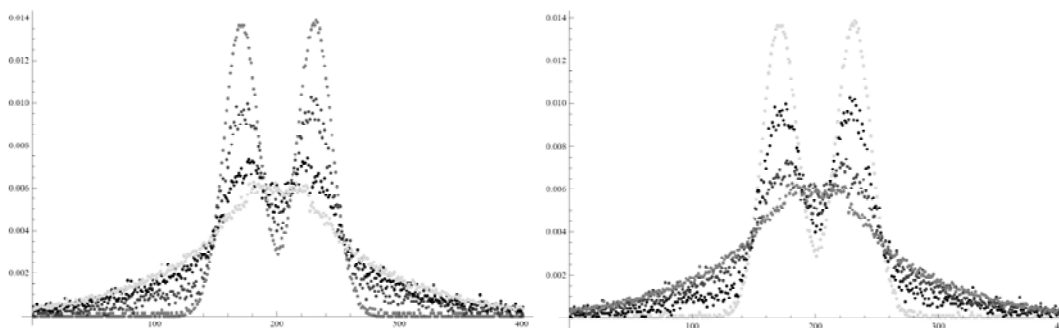


Figura 5. Condensación y discriminación de cuencas. La figura muestra de qué modo las simulaciones computacionales pueden reproducir este proceso dentro del mismo modelo. Nuevamente los gráficos parecen coincidentes, pero en (a) el proceso de la simulación parte de la distribución con dos picos y se transforma en la configuración más ancha y baja con un solo pico en el centro, mientras que en (b) se parte de la configuración de una cuenca y se llega a dos.

a un cierto modo de organización conceptual temporario. Un ejemplo sería el caso en el que una persona trata de seguir el razonamiento del interlocutor echando mano al pensamiento hipotético. El intérprete no está por cambiar su estructura sino solo en la medida en que sea necesario, temporariamente, para poder asimilar un discurso ajeno. Y esto tiene lugar sin el *feedback* del éxito perceptivo. Es decir, si alguien pide que imaginemos un elefante rosa, no es difícil hacerlo, pero no modificamos de manera duradera nuestra cuenca conceptual de elefante, en la que seguramente están los elefantes grises, para albergar los elefantes rosas. Nuestra cuenca de elefante no ha sido modificada de manera duradera (ver figura 6). Solo se la ha modificado para asimilar el discurso de quien habla de elefantes rosas, haciendo un esfuerzo por conservar esa taxonomía implícita que se requiere en ese tramo de conversación, como lo señalamos al comienzo (sección 1).<sup>3</sup>

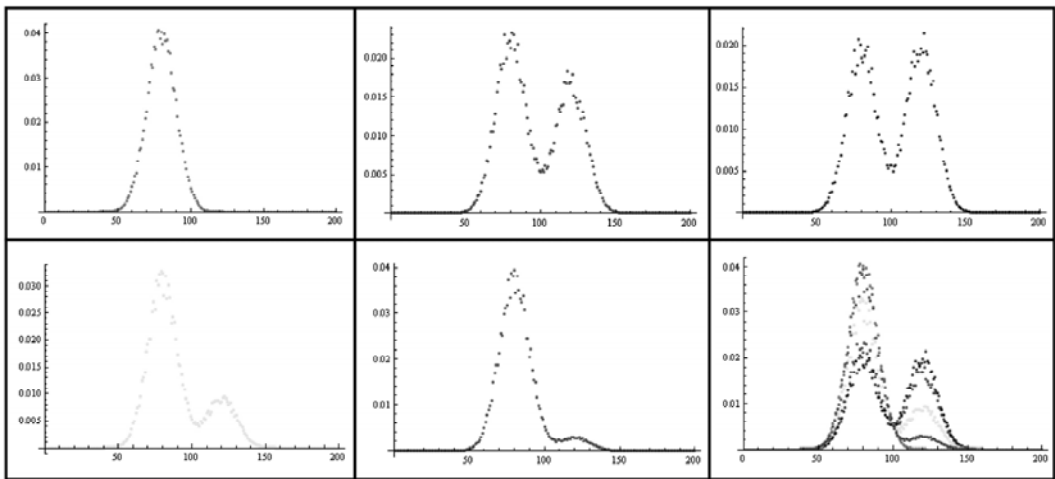


Figura 6. Situación de pensamiento hipotético. La secuencia muestra la aparición de una cuenca lateral hasta hacerse igual de profunda en el tercer cuadro para desaparecer casi completamente en el quinto cuadro. El sexto cuadro muestra la superposición de los cinco estados intermedios representados en los anteriores cuadros.

Una deformación de la cuenca muy diferente es la que ya se analizó en la figura 3 y ocurre cuando, por ejemplo, se nos muestra que un cierto astro en la noche no titila y se nos indica que los planetas visibles no titilan. En ese caso nuestra cuenca asociada a planetas visibles ha sido modificada de manera *duradera*. No decimos que la cuenca ha

<sup>3</sup> Podría decirse que el solo ejercicio del pensamiento hipotético produce aprendizaje, pero ese aprendizaje no está siendo modelado. Lo que el modelo toma como aprendizaje es la efectiva modificación del paisaje conceptual por el procesamiento de estímulos.

sido modificada de manera *permanente* porque en realidad ha sido modificada hasta la próxima ocasión en que ocurra otra modificación. En cierto sentido es permanente por su permanencia en el tiempo, pero no es permanente en el sentido de no revisable o modificable nuevamente.

A este tipo de deformación duradera la llamamos deformación inelástica para destacar que la cuenca no vuelve a estar en su configuración inicial luego de desaparecer el estímulo. Por este motivo, mientras que las deformaciones elásticas corresponden al pensamiento hipotético, las inelásticas están asociadas al aprendizaje.

Se debe señalar que este aprendizaje no tiene lugar si no existe un *feedback* que termine de asegurar que la nueva configuración de la cuenca es más adecuada para cierto fin o en virtud de cierta otra característica. En nuestro modelo todavía no hay un proceso o entidad candidata a ocupar el lugar del éxito ni el de *feedback*, que puede ser de carácter empírico o bien de articulación exitosa con el resto de los saberes. Sin embargo es necesario prever que la noción de *feedback* está asociada a que las cuencas están interrelacionadas y por lo tanto tienen efecto en otras zonas de la red conceptual, pudiendo contemplarse la medida en que el aparato completo es exitoso en alguna tarea clasificatoria, como en el ejemplo del dispositivo selector de semillas. Tanto en el caso de un sustrato neuronal como en el de los artefactos, tiene que existir algún proceso por el cual otras neuronas (en sentido amplio) “sellan” por así decirlo, la modificación operada en la distribución de la cuenca. Estos grupos de neuronas de sello no son los que están involucrados en la modificación misma, porque de ser así, se habría producido modificación duradera en la cuenca también durante los procesos de acomodamiento hipotético señalado anteriormente. Es decir, no sería posible el pensamiento hipotético si el grupo de unidades neuronales encargadas de la operación de sellado fueran dependientes de la modificación.

Como señalamos, la modificación duradera es sin duda el proceso asociado con el aprendizaje. También es probable que la diferencia que planteamos aquí entre la modificación hipotética y la modificación duradera pueda echar luz sobre el problema de por qué los estudiantes pueden conservar sus ideas y estructuras de pensamiento previas a la escolarización y a su vez haber tenido éxito durante su paso por el sistema escolar. Todo estudiante que pueda modificar hipotéticamente sus cuencas de manera que, frente a los estímulos escolares su configuración conceptual se altera para ajustarse a la configuración conceptual que se espera de él y así aprobar un examen, podrá más tarde terminar de procesar el estímulo que modificó sus cuencas y así dejarlas volver a su lugar original, de manera de recuperar sus estructuras previas como si la escolarización no hubiera dejado ninguna huella. Si así fuera, la independencia de las unidades que son capaces de sellar la modificación o dejarla sin efecto es un tópico de enorme interés para la organización de la enseñanza.

## 1.5 MODELO MULTINIVEL

Esta red de cuencas conceptuales puede tener una estructura en diferentes niveles que serán relevantes para la modelización de las relaciones entre conceptos. En particular es de esperar que la integración de varios conceptos más básicos para producir un concepto más complejo pueda involucrar un cambio de nivel y procesos emergentes como ya se señaló.

Del mismo modo, los conceptos relacionales parecerían ser cuencas de cierto nivel que son el resultado de conexiones entre conceptos de niveles inferiores. La operación de composición conceptual puede ser una operación dentro del mismo nivel o bien entre niveles diferentes. Exploremos estas aristas de la concepción de paisaje conceptual.

La topografía de cuencas debe poder replicarse en más de una superficie. En la primera, digamos de nivel 1, están las cuencas asociadas a conceptos (cuya dinámica se ha modelizado en los apartados anteriores). En esa misma topografía, en términos metafóricos hay “ríos” o “valles” que conectan cuencas. A estas conexiones debería corresponder algún concepto relacional y, por constituir un nuevo rango conceptual, tiene que corresponderle alguna cuenca conceptual en alguna parte del paisaje, alguna superficie. Un modo sencillo e intuitivo de cumplir con este requerimiento es agregar una superficie de nivel 2. Podemos seguir asignando cuencas en la misma superficie inicial utilizando zonas más o menos lejanas, pero se hace más simple conservar las intuiciones de conceptos de segundo orden al agregar nuevos niveles en este paisaje.

Así, si en la superficie de nivel 1 se conecta la cuenca *zebra* con la cuenca *caballo* por medio del concepto *cuadrúpedo*, por ejemplo, al cual se le asigna un valle en la superficie del nivel 1, esa conexión debe figurar en la superficie de nivel 2 como una cuenca que da cuenta del concepto *cuadrúpedo*. En caso de que la conexión se haya dado por medio de dos o más conceptos, habrá una cuenca de nivel 2 por cada concepto de conexión (río o valle en la metáfora de la topografía). Tal como lo acabamos de plantear, la superficie de nivel 1 está compuesta de cuencas para clases de objetos y la de nivel 2 de cuencas para las conexiones entre clases.

Siguiendo con esta asignación, en esta superficie de nivel 2 tienen que estar asignadas cuencas a las leyes, las similaridades, las comparaciones, etc. También se debe tener en cuenta el problema de la composición de conceptos que mencionamos al comienzo. La superficie 2 tiene los resultados de la operación  $N$  de composición de conceptos base o conceptos de nivel inferior.

Parece adecuado también pensar en una superficie de nivel 3 que pudiera tener cuencas para los valles que conectan las cuencas de nivel 2, es decir, para aquello que compara propiedades, leyes o conexiones. Por ejemplo, la invariancia de las ecuacio-



nes de la física contaría como una cuenca de nivel 3. La ley del cuadrado de la distancia, también.

Dado que hemos partido de la superficie de nivel 1 como compuesta de términos de clases naturales (zebra, caballo etc.), deberemos prever una superficie de nivel anterior, nivel 0, digamos, con cuencas asociadas a objetos particulares de los que los conceptos de clase son su abstracción. Por ejemplo, el burro Platero, por ser burro tiene que estar asociado a la cuenca de nivel 1 que corresponde a *burro*, pero esa cuenca está en la superficie superior a la que le corresponde a los individuos. Así, tendríamos un nivel cero que se corresponde con casos individuales en donde a Platero y al burro de Winni Pooh les corresponden sendas cuencas y que, estas dos cuencas están conectadas por un río o valle correspondiente al concepto de *burro* que, a su vez, está representado por la cuenca *burro* en el nivel 1.

Llegados a este punto es que podemos preguntarnos si el concepto de Platero como burro individuo, no podría hacerse corresponder, a su vez, con una operación de composición conceptual que tomara como insumos los aspectos con los que sería posible identificar a Platero. Recuérdese que estando interesados en el paisaje conceptual al interior de una entidad tomada como intérprete, no escapa a nuestro horizonte que ese paisaje tiene relevancia en la taxonomía presupuesta para el mundo. Entonces, en la esfera conceptual, los conceptos de “pequeño, peludo, suave, (...) de algodón” – para evocarlos en los términos de su autor Juan Ramón Jiménez – podrían ser utilizados en una composición (conceptual) para obtener el concepto de Platero. En este caso, los conceptos utilizados para la composición también podrían entenderse como de un nivel previo a obtener el de Platero y entonces tendríamos una sucesión de niveles en los que para cada concepto hay otros que le son constitutivos en una operación de composición conceptual. Creemos que esto no trae dificultades, aunque se pierde la correspondencia entre niveles de individuos, de clases y de conceptos relacionales.

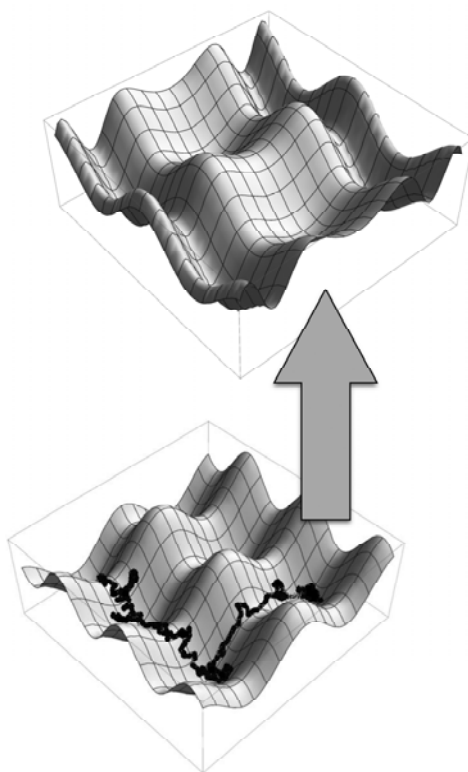


Figura 7. Composición conceptual multinivel.

Por otra parte, la idea de obtener un objeto individual a partir de sus propiedades, constituye sin duda una operación de composición conceptual inter-nivel (cf. sección 1.1). La cuenca de nivel 0 *Platero* se obtendría ahora como resultado de operar con cuencas de nivel 1 (burros, cuatro patas, peludo, suave etc.). Es decir, el individuo puede ser obtenido por una operación que va de un nivel superior al inferior.

Si en cambio se obtuviera el objeto individual a partir de sus partes, (pata delantera derecha de *Platero*, pelo de *Platero* etc.) esta operación sería una composición conceptual dentro del mismo nivel 0. Si a su vez tomamos esa pata y pensamos en sus tejidos, átomos etc., eso implica conceptaulizarla a partir de cuencas de nivel 1 y 0 nuevamente y no de nivel -1.

Estas consideraciones nos llevan a pensar que la operación de composición conceptual es algo que está disponible dentro de un mismo nivel o entre niveles y no es necesario que la composición vaya de componentes del nivel inferior al superior. Se trata más bien de una posibilidad de concebir cada cuenca como el resultado de operar otras cuencas del mismo o de diferente nivel. Esta posibilidad es lo que hace robusta la red conceptual dentro del paisaje multinivel.

Lo más prudente entonces es no contar con que exista un último nivel de conceptos base a los que indefectiblemente se llegue buscando los conceptos componentes usados en la operación. Por este motivo es que ya desde el principio pusimos en duda que existiera un conjunto tal.

## 2 APLICACIONES DEL MODELO

Uno de los problemas típicos del aprendizaje es que el sujeto no pueda modificar su conducta en función de la información adquirida del entorno. Encontramos un ejemplo extremo en el comportamiento ludopático en el que el sujeto no es capaz de procesar los fracasos en el juego y modificar su estrategia o incluso cesar en su intento. Estos comportamientos se enmarcan en un espectro más amplio que podemos agrupar bajo la característica de la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre en las que el aprendizaje por experiencia se torna crucial (cf. Rangel *et al.*, 2008; Gluth *et al.*, 2013). Para emular esta situación y estudiar el comportamiento saludable y el patológico, se ha diseñado un experimento: *Iowa Gambling Task*, (IGT) (cf. Bechara *et al.*, 1994). Este experimento consiste en proponer a los sujetos que elijan una carta por vez de uno de cuatro mazos (A, B, C y D), sabiendo solamente que ganarán dinero con cada elección y que, en ocasiones, luego de esa ganancia puede sobrevenir una pérdida. Se les pide que maximicen sus ganancias. Los participantes tienen que aprender por ensayo y error la magnitud de la ganancia y la probabilidad de las pérdidas. Los participantes desco-

nocen que dos de los mazos (C y D) son ventajosos a largo plazo, presentando bajos niveles de ganancia, pero acompañados de bajos niveles de pérdidas, dando una mayor ganancia neta. Ser exitoso en esta tarea está dado por tener en cuenta la información de las elecciones previas para decidir sobre las elecciones futuras (Turnbull *et al.*, 2005; Weller *et al.*, 2009).

Este experimento se llevó a cabo con 10 sujetos (5 mujeres y 5 varones) a lo largo de 200 pruebas (cf. Lavin *et al.*, 2014). Posteriormente se aplicó el modelo de aprendizaje de cuencas conceptuales para intentar dar cuenta de los resultados reales. Es decir, esta ocasión constituye un desafío de ajuste empírico para testear la versatilidad del modelo y el tipo de ajuste que puede lograrse. Los resultados de esta aplicación del modelo muestran que pudo representar adecuadamente los datos del experimento con sujetos (Fuentes *et al.*, 2014).

En función del foco de interés del presente artículo en la construcción y ajuste del modelo, vale la pena señalar las modificaciones realizadas para enfrentar este nuevo desafío.

Las expresiones (1) y (2) son ecuaciones diferenciales continuas que debieron ser discretizadas de un modo más drástico que el necesario anteriormente que solo consistía en pasar de una curva a un histograma. La dinámica del modelo debe acomodarse de la siguiente manera: dado cuál fue el mazo elegido en el turno  $t$ , el mazo a ser elegido en el turno  $t+1$  será el que cumpla con la siguiente ecuación:

$$k / \max [Pk(t) - Pi(t) + \zeta k(t)] \quad \forall i = A, B, C, D \quad (3)$$

lo cual indica que el mazo elegido en el instante  $t+1$  será aquel que maximice el gradiente estocástico dinámico para la probabilidad.

Dado que en cada turno solo una de las cuatro posibilidades es seleccionada, la probabilidad asociada evoluciona según las visitas a cada mazo. Si el sujeto recibe en cada turno el feedback positivo (de ganancia) junto con un posible feedback negativo (de pérdida), que llamamos  $\alpha(t)$ , entonces la probabilidad para ese mazo se incrementará o disminuirá proporcionalmente al contenido de esa información. En el caso de un sujeto normal,  $\alpha(t)$  será igual al resultado neto entre las ganancias y las pérdidas. En los casos patológicos el comportamiento solo tomará en cuenta las ganancias. La probabilidad se actualizará según la siguiente ecuación:

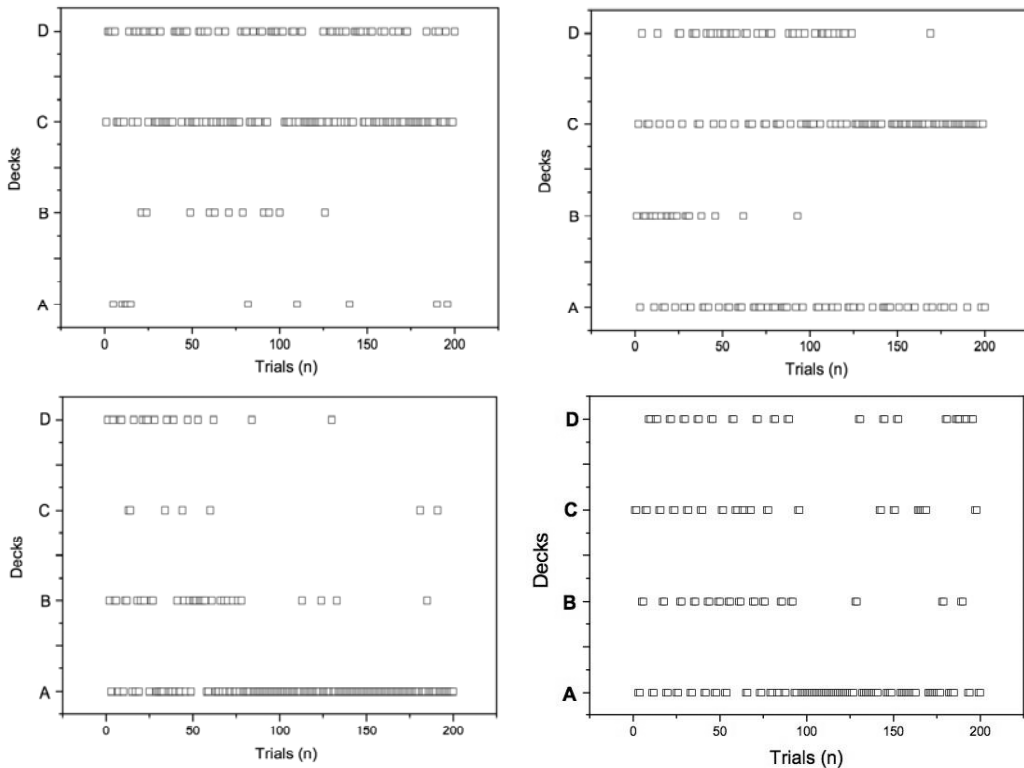
$$P_i(t + 1) = \frac{c_i(t)}{\sum_{j=1}^4 c_j(t)} \quad (4)$$

donde  $c_i$  es el agregado de todas las veces que el mazo  $i$  fue visitado:

$$c_i(t) = \sum_{t=1} \alpha(t) \text{ if } c_i(t) \geq 0 ; \text{ or } c_i(t) = 0 \text{ if } \sum_{t=1} \alpha(t) < 0 \quad (5)$$

Entonces, si en el turno  $t$  el mazo  $i$  fue elegido,  $c_i(t)$  será, a través del *feedback* dado por  $\alpha(t)$ , el valor asociado a la ganancia menos la pérdida o bien solo a la ganancia, según el sujeto sea normal o patológico, respectivamente. En cambio, si en ese turno el mazo  $i$  no fue elegido,  $c_i(t)=0$ . Por lo tanto, el modo en que  $\alpha(t)$  contribuye a  $c_i(t)$  permitirá modelar los dos tipos de comportamientos.

La ecuación (3) muestra la dirección en la que el estímulo será traccionado por el gradiente de la distribución de probabilidad local más una contribución adicional azarosa dada por el segundo término, como anteriormente. Es decir, el gradiente juega el mismo papel que el potencial para el caso continuo. Para cada punto  $x$  del espacio



**Figura 8.** Comparación de datos experimentales en sujetos y en simulaciones. A la izquierda, simulación: (a) comportamiento normal; (c) comportamiento patológico. A la derecha, datos reales: (b) comportamiento normal; (d) comportamiento patológico. En la figura se muestran los resultados de la simulación y los datos originales del comportamiento modelizado. Los datos de individuos normales han sido tomados y adaptados de Lavin *et al.*, 2014. Los datos patológicos fueron tomados y adaptados de Steingroever *et al.*, 2013, p. 18, figura 7. Los mazos A y B fueron renombrados para hacer coincidir las frecuencias de pérdidas y ganancias con los de la simulación.

habrá una distribución local relevante para la evolución del sistema y esa distribución cambia en el tiempo como en un paisaje dinámico. Así, la dirección de evolución para un estímulo en cierto instante está dada por la pendiente en ese paisaje y esa pendiente cambia para el turno siguiente sucesivamente. Adicionalmente, el paso del estímulo por el punto  $x$  en el turno  $t$  cambiará la distribución de probabilidades en  $x$  para el turno  $t+1$ .

De este modo el paisaje relevante para explicar la dirección de evolución en  $t$  es aquél presente en el instante (turno)  $t-\tau$ . En suma, podemos prever que, en sucesivos instantes, el estímulo se moverá hacia la región que cuenta como un máximo de la probabilidad en el entorno de  $x$ . Para ajustar el modelo al escenario discreto de cuatro mazos debemos encarar varias tareas. Primero, debemos concebir la evolución en sí misma de forma discreta para poder llevar adelante la simulación, como se hizo en el modelo inicial. Esto implica elegir un ritmo en los pasos de la simulación. En segundo término, debemos tomar en cuenta que el movimiento de una extracción a otra puede ir de un mazo a otro sin la restricción de pasar por los mazos (puntos) intermedios, con lo cual la yuxtaposición en el espacio ya no es una condición relevante. Esto nos lleva a que el “movimiento” de un mazo a otro es un salto del mazo  $i$  elegido en  $t$  a otro mazo  $k$  a ser elegido en  $t+1$ , y esta elección dependerá de la distribución de probabilidades para los cuatro mazos en el tiempo  $t$ . La elección en  $t+1$  será la del mazo para el que la probabilidad haya sido máxima en  $t$ , más una contribución azarosa. Este criterio es el que está representado en la ecuación (3).

Se puede apreciar que el modelo ha reproducido exitosamente el comportamiento de los sujetos y tal resultado se ha logrado solamente alterando el factor  $\alpha(t)$ . En la simulación (a) contabiliza ganancias y pérdidas, lo cual arroja resultados altamente coincidentes con los datos de comportamiento normal (b), mientras que la simulación (c) solo contabiliza las ganancias, lo cual brinda diferentes resultados, esta vez altamente coincidentes con los datos de comportamiento patológico (d).

### 3 POSTULADOS, COMPROMISOS Y CONSECUENCIAS DEL MODELO

#### 3.1 POSTULADOS DEL MODELO

Para la construcción del modelo multinivel de cuencas conceptuales serán necesarios los siguientes postulados, aparentemente bastante aceptables.

- (1) los sensores de cada sujeto tomado como receptor generan ciertas configuraciones de corrientes neuronales y conexiones sinápticas;

- (2) la repetición con *feedback* produce facilitación positiva o negativa según lo mostrado fisiológicamente (con memoria y plasticidad neuronal);
- (3) las configuraciones colectivas estables de conexiones neuronales son el sustrato de los recuerdos de la red de ciertos grupos de neuronas y operan como un atractor en un sistema de redes neuronales artificial (en realidad estas últimas tenían la pretensión de operar como los grupos de neuronas);
- (4) en la superficie de “energía potencial” que representa el espacio de los atractores, cada atractor está representado por una cuenca y hay valles que conectan atractores;
- (5) tales atractores al activarse (ya sea por la percepción o por alguna evocación interna) funcionan como estímulo a un segundo grupo de neuronas;
- (6) al considerar este segundo grupo como nivel 2, las cuencas de la superficie de los atractores en esta superficie de nivel 2 están correlacionadas con los valles del nivel 1;
- (7) en general, las cuencas de nivel  $n$ , están correlacionadas con los valles de la superficie de nivel  $n-1$ ;
- (8) hay un nivel 0 para los objetos individuales;
- (9) las cuencas de cada nivel pueden obtenerse como resultado de la composición entre cuencas del mismo nivel o de otros niveles, superiores o inferiores.

Esta serie de postulados no parece problemática. De (1) a (4), serían aceptados fácilmente en el marco de las neurociencias y las redes neuronales (cf. Perlovsky, 2001). No son postulados propios de nuestro modelo, sino que forman parte del acervo común en estas áreas de la ciencia. Los postulados de (5) a (9) son precisiones que nos ayudan a pensar el modelo y permitir que la teoría semántica elegida tenga algún sustrato que le sea afín. Es decir, se espera que una teoría del significado que tenga en cuenta los conceptos y su referencia pueda articularse adecuadamente con el sustrato del sujeto epistémico portador de esos conceptos. En particular el postulado (8) fija un nivel convencional y el 9 permite que esa convención no juegue un papel esencial en el modelo, sino que facilita concebir a la red multinivel sin necesidad de un nivel básico, lo que refuerza el carácter convencional de (8).

### 3.2 COMPROMISOS Y CONSECUENCIAS

Nos podríamos preguntar en qué medida hace falta creer que los intérpretes humanos tenemos este tipo de mecanismo, procesos y entidades dentro de nuestras cabezas. La respuesta más simple es que se trata de un modelo y que no hay todavía necesidad de creer que los elementos del modelo existan y, para un instrumentalista, no habrá necesidad nunca de creerlo. Afortunadamente el éxito o fracaso del modelo no depende de tales compromisos.

La noción de éxito al construir un modelo sin duda está ligada a qué aspectos del proceso en cuestión se desean modelizar. A lo largo del trabajo hemos especificado varios aspectos que se espera poder abarcar con el modelo (no determinismo de la comunicación, ambigüedad en la interpretación, aprendizaje, patologías del aprendizaje etc.) y en este sentido es que se habla de éxito del modelo. No obstante, también puede mostrarse exitoso un modelo al dar como consecuencia una buena descripción de aspectos adicionales que no habían sido objeto de la modelización proveyendo así argumentos más potentes en favor del modelo. En este sentido se aplican todos los criterios de éxito empírico que son habituales al comparar teorías rivales o al comparar teorías con su apoyatura empírica.

Como en otras áreas del conocimiento, en la medida que el modelo sea exitoso en el sentido señalado, será tentador pensar que estas cuencas existen en el espacio del potencial conceptual y que de algún modo en un futuro las neurociencias podrán dar cuenta de tal estructura. No obstante este comentario, parece apresurado y colateral preguntarse por el compromiso ontológico de los elementos incluidos en una herramienta concebida como modelo. Como la lectora atenta ya ha detectado, el modelo no tiene capacidad predictiva en el sentido determinista y esto se debe a que hemos intentado preservar el carácter no determinista del proceso. No hay manera de predecir en qué punto del espacio conceptual quedará el estímulo luego del proceso de relajación. Tampoco hay manera de predecir cómo se modificarán las cuencas. Pero hay una fuerte predicción de que el estímulo que llegó al receptor no quedará sin producir efectos, siempre que nos refiramos al proceso de relajación con aprendizaje o modificación duradera y no al proceso de relajación de los estímulos de tipo hipotético en los que la topografía de cuencas no queda modificada de modo permanente. Para los casos de aprendizaje o modificación permanente, el modelo permite una predicción de nivel macroscópico sobre el cambio de la estructura aun cuando no permite una predicción del estado microscópico. Permite inferir que la distribución de probabilidad no podrá seguir siendo la misma luego de la entrada de un estímulo, pero no podrá inferirse qué nueva distribución de probabilidades habrá en cada cuenca.

Para la construcción de este modelo hemos utilizado un espacio topológico e incluso podríamos utilizar un espacio métrico. Parece útil esta herramienta para modelizar la dinámica de modo que se preserven características que parecen bastante aceptables para un espacio conceptual como por ejemplo densidad, continuidad, conexidad, derivabilidad y alguna medida de vecindad. En particular la idea de continuidad es útil para la asignación de distribución de probabilidades. La conexidad permitirá en etapas más avanzadas del modelo mostrar por qué cualquier concepto puede estar conectado con cualquier otro en este espacio. Si esto no fuera posible, el espacio conceptual contendría zonas estancas con cuencas conceptuales desconectadas unas de otras y esto más bien podría asimilarse a una patología y no a una estructura típica y deseable para un intérprete. La derivabilidad es necesaria para la dinámica del proceso de relajación del estímulo entrante y para la propia modelización de las cuencas conceptuales. Quizás la menos importante de las características que pueden ser utilizadas de un espacio métrico es la de vecindad ya que esta característica podría lograrse de un modo no espacial. Digamos que un concepto puede ser vecino a otro sin necesidad de que sus cuencas estén cercanas en el espacio conceptual que estamos construyendo en el modelo. Esto muy bien podría ser el caso de conceptos fuertemente asociados por muchos estímulos que produjeron una alta probabilidad en la conexión entre ellos y no por estar cercanos en el espacio métrico.<sup>4</sup> De cualquier modo es una característica disponible que quizás en etapas posteriores podamos aprovechar aun cuando en esta etapa del modelo no parece ser de interés.

Una consecuencia que se extrae del modelo y que resulta de gran interés es la casi nula importancia de la configuración inicial del sistema del receptor. Dada cualquier configuración inicial, el solo uso de la estructura llevaría a la modificación de las cuencas de un modo acorde con el impacto de los estímulos y su procesamiento dentro de la estructura. En este sentido el modelo se muestra muy rico en dar cuenta de la adecuación de los intérpretes a los usos habituales por repetición de la afluencia de estímulos.

En cuanto al uso de distribuciones de probabilidad existe la posibilidad de utilizar probabilidades condicionales para indicar la probabilidad de que el estímulo se ubique en un determinado concepto dado que ha habido cierta interacción pasada. Esta probabilidad de  $x$  dada la interacción anterior debería ser implementada con un tipo de secuenciador temporal que permitiera fijar el alcance de la interacción anterior. Se debería evitar el problema de que la interacción anterior al instante  $t$  no tiene un

<sup>4</sup> Vale la pena notar que según Gärdenfors (2000) la distancia en un espacio conceptual está asociada con la similitud entre los conceptos representados en ese espacio (Véanse las secciones 1.2 *Conceptual spaces as a framework for representations* y 1.6.5 *Similarity as a function of distance*). Esta idea podría ser explotada en nuestro modelo, aunque en el sentido de un tipo particular de conexión entre conceptos.



instante final (el conjunto de instantes anteriores no tiene supremo). Para poder contabilizar esta interacción sin padecer el problema de que el límite no pertenece al conjunto, sería apropiado utilizar un tiempo refractario, por ejemplo. Este tiempo refractario sería una duración anterior que culmina en  $t$  durante la cual no se contabilizan cambios en la distribución de probabilidad y por lo tanto no cuentan como interacción anterior. Finalmente la probabilidad condicional sería la probabilidad de  $x$  en  $t$  dado que ha habido una interacción anterior hasta  $t - \tau$ . En donde  $\tau$  indica este tiempo refractario. De modo equivalente hemos elegido utilizar una función de distribución de probabilidad continua y derivable en  $x$  para poder referirnos al cambio desde su derivada direccional e incluimos el tiempo refractario como un desfase temporal ( $t - \tau$ ) en la función de probabilidad.

Al principio hemos advertido que no nos ocuparíamos de modelizar la interacción entre el emisor y el mensaje. Creemos que este modelo desarrollado no será adecuado para dar cuenta de tal interacción. En el caso del emisor hay otras características que hacen diferente su modelización. Por ejemplo, en este trabajo hemos mostrado que el intérprete no es pasivo respecto de la información que recibe como estímulo, sino que la procesa de modo activo por medio de su propia topografía o estructura conceptual, pero esa manera de ser activo no está sujeta a decisiones, más bien es la parte que el intérprete aporta para el resultado final, pero sin tomar decisiones. El intérprete no tiene otra alternativa que dejar interactuar su topografía conceptual con el estímulo que ha recibido. En eso consiste la recepción del mensaje según este modelo. En cambio, en el emisor, habrá decisiones y probablemente otros mecanismos que involucren procesos de emergencia. El emisor, luego de todos los procesos emergentes que involucrarán varias capas o niveles conceptuales, tendrá que elegir la secuencia de palabras o signos para emitir el mensaje. Esto suma una serie de peldaños que aquí no están modelizados.

Finalmente, aunque la lectura pudo haber motivado esta inquietud mucho antes, nos podríamos preguntar acerca de cuál noción de concepto estamos utilizando para modelizar la interacción entre el receptor y el mensaje, habida cuenta de que el modelo tiene como una de sus componentes principales un espacio conceptual. En principio hemos intentado una modelización de esta interacción que no presupusiera una teoría en particular de los conceptos. Hasta aquí, el modelo no nos obliga a elegir entre varias de las teorías en que se han abordado los conceptos (Frege, Kripke, Putnam, entre otros). Si en este punto del desarrollo eligiéramos una semántica filosófica en particular, entonces estaríamos más tarde violentando el modelo para que se mantenga ajustado con esa elección. Preferimos no tener tal tipo de compromiso en la medida en que el modelo no lo requiera. Lo desarrollado hasta aquí es compatible con varias teorías sobre conceptos.

Lo que debe ser puesto de relieve es que modeliza la dinámica y el cambio de conceptos y de este modo va en el camino de contribuir a una semántica cambiante. Este modelo apunta a dar cuenta del cambio del alcance de los conceptos a través de su uso y no concibe el cambio como lo hacen las semánticas habituales, en las que los cambios posibles son solo correcciones respecto de errores en la referencia o en la interpretación. Este modelo no toma el cambio como una corrección sino como el estado natural de la estructura conceptual. Y en este sentido es esperable que tarde o temprano deba resultar diferente de las semánticas hasta ahora propuestas. Por este motivo es previsible que al modelizar la interacción entre el intérprete y la información del mensaje, en algún momento nos enfrentemos con las teorías de conceptos formuladas hasta la fecha. Pero no nos ocuparemos de este enfrentamiento todavía. Valga advertir que las semánticas propuestas hasta ahora han avanzado hasta lograr teorías de semánticas probabilísticas (Jurafsky, 2003), pero todavía no han incursionado en semánticas dinámicas.

#### 4 FORTALEZAS EXPLICATIVAS DEL MODELO

Con unos pocos parámetros el modelo representa el proceso básico de emergencia de atractores en una dimensión conceptual  $x$ , contemplando el cambio, la combinación y la desaparición de estos atractores.

Cuenta desde el comienzo con la característica de que la comunicación no es un proceso determinista en el que la información produce indefectiblemente un determinado resultado en el receptor. Esto permite mostrar la posibilidad de equívoco y la ambigüedad, entre otras características notorias del lenguaje natural. Por otra parte, al proponer que el receptor cuenta con una topografía previa que oficia como potencial en el que tiene lugar un proceso de relajación de un concepto activado por el estímulo entrante, permite comprender por qué la comunicación en términos generales, es efectiva. Si el proceso fuera tan indeterminista que no existiera siquiera una tendencia del receptor a organizar los estímulos sobre la base de cierta red conceptual, el lenguaje mismo sería incomprensible y el éxito en la comunicación sería milagroso. Es decir, por un lado, explica por qué un receptor puede comprender o decodificar de modo diferente un mismo mensaje y también por qué un mismo receptor en diferentes momentos puede decodificar de manera diferente el mismo mensaje. También permite comprender el éxito en el uso del lenguaje ya que tanto emisor como receptor logran comunicarse en virtud de que el receptor va recibiendo información que interactúa con su configuración conceptual, incluso de manera de modificarla de modo duradero.

No se trata de una explicación con leyes deterministas de tipo nomológico-deductiva. Se trata de una explicación en el sentido de mostrar cómo algún resultado final fue posible. En particular muestra cómo es posible que alguien cambie su estructura conceptual al interactuar con otros, con el entorno o con su reflexión, cómo es posible que un mismo intérprete lea dos veces un mismo texto y encuentre cosas diferentes y cómo es posible que algunas personas tengan la capacidad de adaptar su red conceptual para nuevos usos mientras que otros no parecen poder adquirir novedades.

El modelo también permite dar cuenta del aprendizaje mediante adquisición de información que es capaz de modificar las relaciones entre conceptos, el alcance de los conceptos e incluso la composición o integración de los conceptos cuando se los concibe como el resultado de alguna operación entre conceptos, del mismo nivel o de otros niveles. Vale la pena resaltar que, también permite dar cuenta de los modos patológicos de operar de una configuración conceptual (como mostramos en la sec. 2), a saber: las configuraciones que no tienen capacidad de modificación o bien las configuraciones que son modificadas de manera permanente por cada estímulo en vez de que la configuración de cabida el estímulo entrante para obtener un estado prototípico en particular. En otras palabras, una red de cuencas conceptuales que se mantenga invariante respecto de los procesos de relajación de conceptos activados fuera del mínimo, cuenta como una red de conceptos que no se altera por el uso de conceptos con diferente alcance por parte de los demás hablantes. Es decir, el receptor opera como si nada de lo que recibe de información o estímulo pueda hacerle cambiar algo sobre su red conceptual. Esta dificultad indicaría una imposibilidad de aprendizaje.

En el otro extremo está la red de cuencas que está modelada completamente por el estímulo, de manera que no hay cuencas que operen como atractores sino que el mismo estímulo crea modificaciones duraderas que pasan a ser los puntos centrales de las cuencas. Este modo de operar de una red se asimila a un receptor que no tiene posibilidades de rechazar una información como desajustada con la red conceptual y de ese modo no cabría la posibilidad de que tal receptor objetara la información recibida. Mientras que el primer caso cuenta como una red obcecada, el segundo caso cuenta como una red obsecuente. Ambos extremos constituyen modos patológicos de operar con la información entrante.

El modelo también contempla que la asociación de conceptos pueda dar lugar a conceptos de otro orden y mantener una interacción entre conceptos de diferentes niveles. Un fenómeno que será de mucho interés para esta investigación es la posibilidad que brinda este modelo para dar cuenta de cambios de fase, es decir, reordenamientos de la red por efectos colectivos. En particular habrá estímulos que, o bien por su largo tiempo de relajación o bien por el excesivo apartamiento del concepto ac-

tivado respecto de los conceptos prototípicos, serán candidatos más probablemente al rechazo que a la modificación de las cuencas. Dicho en términos de algún ejemplo, si un hablante pide a su interlocutor que imagine el camino más corto entre dos puntos del universo y luego pide que imagine que dos puntos muy alejados del universo están en conexión causal en pocos instantes, es altamente probable que el receptor intente rechazar la información recibida, en vez de acomodar sus cuencas de manera caritativa para dar lugar a una interpretación favorable al discurso recibido. Sin embargo, si se continúa con el proceso de estímulos hipotéticos en los que el receptor se ve obligado una y otra vez a procesar conceptos, todos alejados suficientemente de sus conceptos prototípicos, puede ocurrir que se llegue a una situación en la que un conjunto amplio de conceptos pueda reacomodarse de manera drástica y conjuntamente dando como resultado un cambio de fase, una configuración totalmente nueva de la topografía de cuencas.

Creemos que esta situación sería una buena representación del cambio de cosmovisión que puede tener lugar cuando varios conceptos se ven presionados a cambiar de manera conjunta para poder adquirir una nueva red de conexiones entre cuencas conceptuales, que se pueda ajustar a una nueva taxonomía. De este modo el modelo sería también fructífero en dar cuenta de por qué el cambio de teorías o el cambio de cosmovisión tiene el aspecto de un cambio rupturista ya que queda representado por un cambio de fase en el paisaje conceptual. ☞

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a Carlos Verdugo, Justina Díaz Legaspe, Eduardo Barrio y a los árbitros anónimos por sus valiosos comentarios.

*Miguel* FUENTES

Instituto de Investigaciones Filosóficas, IIF-SADAF,  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),  
Universidad de Buenos Aires, Argentina.  
Santa Fe Institute, Nuevo México, USA.  
*fuentesm@santafe.edu*

*Hernán* MIGUEL

Universidad de Buenos Aires,  
Sociedad Argentina de Análisis Filosófico (SADAF),  
Universidad de Buenos Aires, Argentina.  
*ciencias@retina.ar*

## Dynamic landscapes to model communication and learning

### ABSTRACT

When trying to model the interaction between the incoming information and the receiver, several important features should be taken into account. Some of them could appear to the intuition as a bias in communication at a first glance. But after a deeper inspection these features arise as constitutive of such communication. The interaction mentioned seems to be undeterministic so that the information is not a sufficient condition to fix the final state of the receiver. Besides, when the stimulus enter the receiver make her to consider some concepts laying appart from the prototypical one. This process should yield a modification in the conceptual configuration of the receiver, leading to a much better way to process the next stimulus than its previous occurrences. This can give account of the learning coming from the process of interpretation itself. The present article constitutes an up to date research in such a model and points out the development obtained in a much wider scope to be explored. In doing so, some aimings of the research program are underlined, although are not developed yet. On the other hand, the goals achieved until now show a very valuable results when we fix the model to be applied to communication and learning.

KEYWORDS • Semantics. Complex systems. Dynamic landscapes. Learning. Pathologies of learning. Communication. Interpreter.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNÁRDEZ, E. De la “lingüística catastrofista” a la lingüística cognitiva. *Revista de Filología Alemana*, 2, p. 181-99, 1994.
- BOD, R.; HAY, J. & JANNEDY, S. (Ed.). *Probabilistic linguistics*. Cambridge/London: The MIT Press, 2003.
- BORLAND, L. Microscopic dynamics of the nonlinear Fokker-Planck equation: a phenomenological model. *Physical Review*, 57, 6, p. 6.634-42, 1998.
- DAVEY, N. & HUNT, S. The capacity and attractor basins of associative memory models. In: *Proceedings 5th International Conference on Artificial and Natural Neural Networks*. Heidelberg: Springer, 1999. p. 340-57.
- DRETSKE, F. *Knowledge and the flow of information*. Cambridge: The MIT Press, 1981.
- FUENTES, M. A. & MIGUEL, H. Self generated dynamics landscape: the message-receiver interaction case. *Physica A*, 392, 10, p. 2.492-7, 2013.
- FUENTES, M. A. et al. Stochastic model predicts evolving preferences in the Iowa gambling task. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 5, 167, p. 1-10, 2014.
- GARCÍA, A. L. Teoría de catástrofes y variación lingüística. *Revista Española de Lingüística*, 26, 1, p. 15-42, 1996.
- GÄRDNFORS, P. *Conceptual spaces. The geometry of thought*. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- GLUTH, S. et al.. Neural evidence for adaptive strategy selection in value-based decision-making. *Cerebral Cortex*. 24, p. 1-13, 2013.
- JURAFSKY, D. Probabilistic Modeling in Psycholinguistics: Linguistic Comprehension and Production. In: BOD, R.; HAY, J. & JANNEDY, S. (Ed.). *Probabilistic Linguistics*. Cambridge/London: The MIT Press, 2003. p. 39-95.

- LAVIN, C. et al. Pupil dilation signals uncertainty and surprise in a learning gambling task. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 7, p. 218, 2014.
- MOORE, T. (Ed.). *Cognitive development and the acquisition of language*. New York: Academic Press, 1973.
- MOTTER, A. E. et al. Topology of the conceptual network of language. *Physical Review E*, 65, 065102, 2002.
- PERLOVSKY, L. *Neural networks and intellect: using model-based concepts*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- RANGEL, A. et al. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, p. 545-56, 2008.
- RONZITTI, G. (Ed.). *Vagueness: a guide*. Dordrecht: Springer, 2011.
- ROSH, E. On the internal structure of perceptual and semantic categories. In: MOORE, T. (Ed.). *Cognitive development and the acquisition of language*. New York: Academic Press, 1973, p. 111-44.
- TURNBULL, O. H. et al. Emotion-based learning and central executive resources: an investigation of intuition and the iowa gambling task. *Brain Cognition*, 57, p. 244-7, 2005.
- WADDINGTON, C. H. *The strategy of the genes*. London: Routledge, 1957.
- WELLER, J. A. et al. Do individual differences in Iowa Gambling Task performance predict adaptive decision making for risky gains and losses? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32, p. 141-50, 2009.
- ZAMORANO, A. Teorías del caos y lingüística: aproximación caológica a la comunicación verbal humana. *Revista Signa*, 21, p. 679-705, 2012.

