

## Teoría del caos, cognitivismo y semántica

Lic. Raymond Colle ©

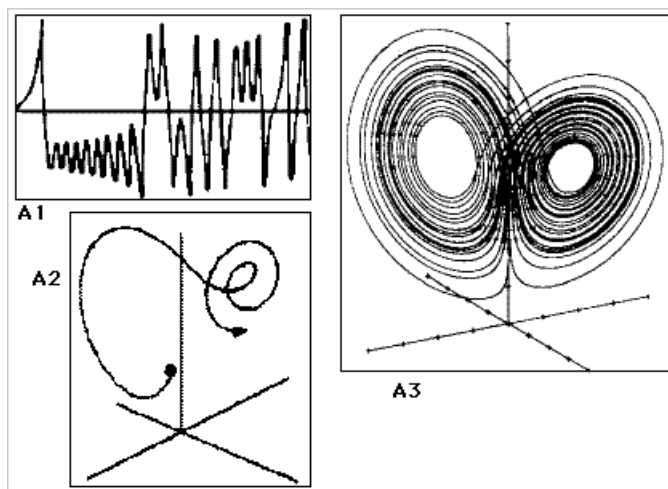
Pontificia Universidad Católica de Chile

[rcolle@puc.cl](mailto:rcolle@puc.cl)

### 1. Fractales y atractores

La base formal de los conocimientos de hoy se remonta a Edward Lorenz (meteorólogo del MIT), quién publicó en 1963 "Deterministic Nonperiodic Flow" sobre el comportamiento no-lineal de un sistema de 3 ecuaciones lineales correspondiente a un modelo simplificado de dinámica de fluidos (cf. Figura A1). James Yorke descubrió en 1972 el trabajo de Lorenz, lo difundió y lo analizó con Robert May (matemático, biólogo y ecólogo). Analizando matemáticamente el comportamiento de la ecuación (que May puso en evidencia), Yorke probó que cualquier sistema unidimensional (como el de la curva logística), si muestra en algún momento un período regular de 3, mostrará ciclos regulares de extensión diferente y también otros, caóticos. Así hizo el gran descubrimiento de que "sistemas sencillos hacen cosas complejas", el que dio a conocer en el artículo "Period three Implies Chaos" (1975). Se descubrieron luego efectos similares en genética, economía, dinámica de fluidos, epidemiología, fisiología (cf. May, R.: "Simple Mathematical Models", Nature, 1976, p.467). [cf. Lewin, La Complejité, pp.111-115]

Fig. A: El atractor de Lorenz



La primera figura (A1) muestra el desarrollo temporal en 2 dimensiones, con el eje horizontal correspondiente al paso del tiempo. La segunda (A2) muestra cómo las coordenadas se desplazan de un plano a otro cuando se usa un sistema de 3 dimensiones. La tercera (A3), con una proyección bidimensional del desplazamiento tridimensional, pone en evidencia el famoso atractor. (Gleick, p. 36).

Benoit Mandelbrot encontró luego una estructura regular al comparar -en diferentes escalas- las evoluciones de los precios del algodón en todo el último siglo, como también en la evolución de las rentas (cf. "The Fractal Geometry of Nature", 1977; ver ilustración al final). Encontró aspectos parecidos en secuencias de errores en la transmisión computacional de datos, en las crecidas del Nilo, en la forma de las nubes y de las costas. En 1975 inventa el término "fractal" que se aplica a la representación geométrica de este tipo de fenómeno. En un fractal, las cuencas corresponden a atractores (funciones poderosas que parecen mantener un fenómeno dentro de ciertos límites, hasta que la suma de pequeños cambios es tal que su evolución se "libera" o, a la inversa, que conduce la suma de cambios a un estado aparentemente más estable). Los límites entre cuencas ponen en evidencia que la frontera entre "la calma y la catástrofe" es más complicada de todo lo que se puede imaginar.

Mitchell Feigenbaum se plantea que "para entender cómo la mente humana entresaca algo del caos de la percepción, había que entender de qué manera el desorden produce universalidad" (Ej.: vistos de muy lejos, los movimientos de una familia en un picnic parecen caóticos). Al comparar la evolución de diferentes funciones matemáticas que producen bifurcaciones llegó finalmente (1976) a una teoría y un procedimiento matemático aplicable en forma universal. Este trabajo llevó a realizar el 1º congreso sobre "Ciencia del caos" en Como, Italia (1977) y las pruebas matemáticas definitivas las produjo Oscar Lanford III en 1979.

John Hubbard (Universidad de Cornell) demostró la existencia de una continuidad lineal de todos los elementos de un gráfico fractal, con infinita variedad (en una repetición sólo aparente a grandes rasgos). Y las investigaciones muestran que todos los fractales parecen terminar en el conjunto de Mandelbrot, confirmando el principio de universalidad [Gleick, J., Caos, p. 236].

En 1977, Robert Shaw, doctorando de la Universidad de Santa Cruz (CA), abandona sus trabajos de física superconductor para dedicarse al caos, que descubre programando el atractor de Lorenz en un computador analógico. Varios nuevos profesionales se le unieron para intentar enlazar la teoría (aún débil) con lo experimental (más desarrollado). Shaw descubrió la relación entre los atractores, el caos y la teoría de la información fundada en la entropía (cf. "Strange Attractors, Chaotic Behavior and Information Flow"). Los atractores son medidas de la entropía; el caos es la creación de la información; sin caos, no hay sorpresa, es decir que no hay información [Gleick, p.255-259].

Arnold Mandell, psiquiatra, descubrió un comportamiento caótico en enzimas del cerebro. Los trabajos de Mandell apuntan a reconocer que el funcionamiento de la mente también tiene una estructura fractal tanto en su base fisiológica como en la estructura semántica.

"Muchos científicos emprendieron la aplicación de los formulismos del caos a la investigación de la inteligencia artificial. La dinámica de sistemas que vagaban entre cuencas de atracción, por ejemplo, atrajo a quienes buscaban la forma de establecer modelos de símbolos y recuerdos. El físico que pensara en las ideas como regiones de límites imprecisos, separadas, aunque coincidentes, atrayendo como imanes y, al mismo tiempo, dejando ir, recurriría naturalmente a la imagen de un espacio de fases con «cuencas de atracción». Tales modelos parecían tener los rasgos idóneos: puntos de estabilidad mezclados con inestabilidad y regiones de límites mutables. Su estructura fractal ofrecía la clase de cualidad de autorreferencia infinita que posee, al parecer, importancia tan esencial en la capacidad de la mente para florecer en ideas, decisiones, emociones y demás elementos de la conciencia. Con el caos o sin él, los científicos cognoscitivos honestos no pueden establecer ya un modelo de la mente como una estructura estática. Reconocen una jerarquía de escalas, desee la neurona en adelante, que brinda la oportunidad al juego recíproco de macroescalas y microescalas, tan peculiar de la turbulencia fluida y de otros procesos dinámicos complejos." (Gleick, p. 298).

## 2. Memoria y pensamiento

Los "archivos" que corresponden a la memoria humana no son "diferentes lugares" -un recuerdo es un cambio que afecta toda la estructura cerebral-, sino categorías (las más primarias) vinculadas a los modos de operar del sistema nervioso, o sea, relaciones. Todo nuevo dato que "entra" es interpretado en función de su contexto y de otros datos ya presentes en la memoria. Esto quiere decir que sus relaciones son fundamentales y sirven para "ubicarlo" tanto al momento de integrarlo como al momento de buscarlo posteriormente. Para tal efecto, operan dos modelos de memorización contextualizada, llamados "memoria episódica" (basada sobre la simultaneidad temporal) y "memoria semántica" (basada exclusivamente sobre la capacidad conceptual), que afectan la forma en que se guardan las relaciones.

### MEMORIA SEMÁNTICA

Al estudiar los mecanismos básicos de tratamiento de la información (nº 2.2), hemos visto ya la importancia de poder hacer múltiples y variadas "agrupaciones", lo cual lleva al dominio de los conceptos,

independientes de las circunstancias históricas. Estos significados, las formas físicas que les corresponden y sus relaciones se conservan en la "Memoria semántica".

"Conocer" algo significa habitualmente dos cosas: ser capaz de definirlo, es decir de representarlo verbalmente por medio de otros términos (o sea apelando a otros conceptos), y poder reconocerlo cuando se presenta (o sea efectuar la identificación entre dos representaciones distintas, por ejemplo lo que vemos y el nombre común del objeto visto). Lo primero corresponde a una definición primaria o genérica, mientras lo segundo a una definición secundaria o pragmática. Ambas definiciones son una expresión de un contenido de la memoria que corresponde a dos niveles diferentes de generalidad o -si se quiere- de especificidad. En otras palabras, la memoria semántica es jerarquizada: va de los conceptos más generales a los específicos y luego a las representaciones particulares.

Esto establece ya una primera estructuración de los datos.

Redactar o explicitar una definición significa poner en evidencia tanto la jerarquía como diferentes tipos de relaciones que unen la unidad semántica definida con las que se utilizan para definir. De este modo, lo que explicita una definición es la existencia de una red de relaciones semánticas, conformada por conceptos unidos por diferentes tipos de relaciones.

Así, por ejemplo, una típica "fuente de soda" es "un establecimiento comercial donde se consumen bebidas y alimentos". Como relaciones de jerarquía aparecen claramente:

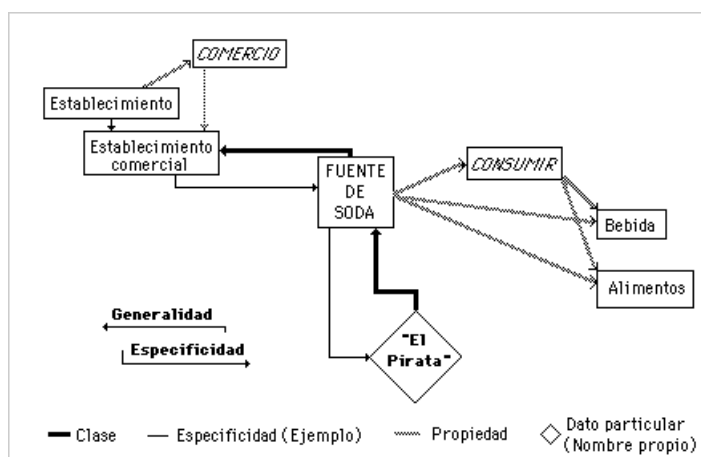
- ascendiendo en jerarquía: la "fuente de soda" pertenece a la categoría (concepto genérico o "clase") de los "establecimientos" y a la subcategoría de "establecimientos" cuya actividad es el comercio,
- descendiendo: la "fuente de soda" es un "ejemplo" (o concepto específico) de éstas.

Pero, además, se han de precisar características que permiten distinguir este tipo de "establecimiento comercial" de otros de la misma subcategoría. Para ello la definición precisa que lo "propio" o específico de ella consiste en facilitar el "consumo" y expender "bebidas" y "alimentos".

Así aparecen tres relaciones básicas, a partir de las cuales se estructura la memoria semántica (ver gráfico de esta ficha):

- la relación genérica o pertenencia a una clase (vista de elemento a conjunto),
- la relación de especificidad o ejemplativa (pertenencia a una clase vista de conjunto a elemento),
- la relación de propiedad, que explicita caracteres distintivos mediante referencia a conceptos que no pertenecen a la jerarquía en uso. (Cf. Lindsay y Norman, pp434-437)

Una característica importante de este sistema es que en cada concepto (nodo) existe una información por defecto que corresponde a las propiedades de la clase a la cual pertenece, y que este concepto hereda. Así, por ejemplo, si ponemos en evidencia que "comercio" implica la acción de "vender", por el hecho de que fuente de soda es un comercio, será también una de sus propiedades el que sirva para vender... lo cual no debe ser explicitado, por cuanto es producto de la regla de "herencia" (memorizada en la metamemoria como "operación").



En el gráfico, hemos escrito "Comercio" y "Consumir" en cursiva. Se trata en efecto de conceptos que describen acciones, característica (propiedad) más general que la mente también reconoce y que permite relacionar la memoria semántica con la memoria episódica.

Pero hay que añadir que sabemos mucho más cosas sobre la "fuente de soda": por una parte mediante la especificación de conceptos como "bebidas" (cerveza, gaseosa, café...) y "alimentos" (sandwich, completo...), y por otra mediante comparación con otras categorías (como "restorán"). Así, la red semántica se hace más compleja y -también- las propiedades pueden especificarse más (una "fuente de

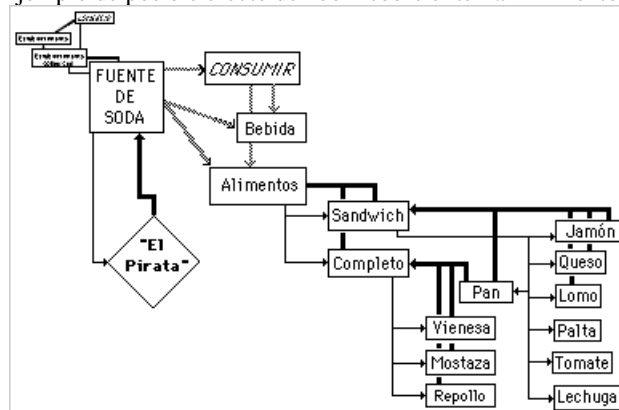
soda" es "menor" en "tamaño" y en "calidad" que un restorán") y tales especificaciones se memorizan también.

Aunque la representación gráfica puede resultar más y más compleja, nuestra mente maneja con suma facilidad una multitud de categorías, ejemplos y relaciones, que podemos evocar e incluir si queremos. Que se piense, por ejemplo, cómo agregar un "buque manicero" o un carrito de "mote con huesillos".

Podemos seguir incluyendo elementos en la red, como quiénes trabajan en la "fuente de soda", quiénes son los clientes, cuáles son las bebidas y los platos que pueden servirse, los precios, el sistema de pago, etc. Pero no es necesario explicitar todo esto para definirla, aunque sí describir tales detalles demuestra un mayor conocimiento.

Esto quiere decir que el "Monitor" (órgano que controla el funcionamiento de la mente) determina cuál es el nivel de detalle adecuado en cada situación, y lleva a extraer de la memoria ciertos conjuntos de datos y relaciones, con mayor o menor especificidad. Comparando su proceder con técnicas visuales diríamos que funciona a modo de zoom (acercándose para ver más detalles o alejándose para ver más el contexto y solo rasgos generales).

Ejemplo de posible efecto de zoom sobre el tema "Alimentos"



Las proposiciones verbales son una forma de expresar el contenido de la memoria y especialmente aspectos relativamente complejos de la red semántica.

Sin embargo, la gramática juega en ello un papel muy secundario. En efecto, es sólo un sistema de control de la expresión verbal y, como tal, no influye en la estructura de la red semántica. Por cierto, algunas características básicas de esta estructura se translucen en toda gramática, por cuanto la expresión depende del contenido memorizado. De ahí que se encuentren siempre algunos elementos comunes al comparar diversas gramáticas.

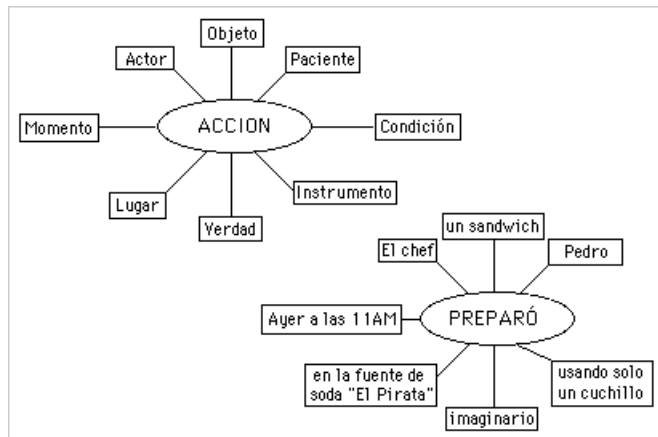
## MEMORIA EPISÓDICA

La memoria episódica funciona de una manera diferente. Opera con otros "atributos" básicos que permanecen siempre vinculados a un núcleo que identifica la "Acción":

a- todo acontecimiento ocurre en un determinado momento y un determinado lugar (atributos "situadores");

b- todo acontecimiento puede ser real (verdadero) o imaginario (como los que se cuentan en las novelas), por lo cual anotamos el atributo "verdad".

Como también existen otros atributos variables (que pueden estar o no estar) como el instrumento, una condición (si...), etc.



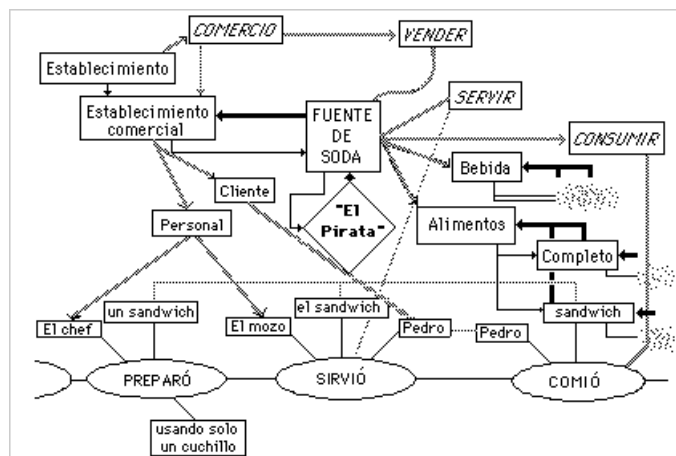
Pero, además, los acontecimientos no son aislados: constituyen secuencias (Pedro entra a la fuente de soda "El Pirata". Pide un sandwich de queso. El chef lo prepara y el mozo se lo da. Luego, lo come, paga y sale...). Esta secuencia, tanto para un caso concreto como en forma de modelo general ("lo que suele ocurrir" o "los procedimientos de rigor"), queda igualmente archivada en forma de memoria episódica.

Pero del análisis de la secuencia de acontecimientos se deducen nuevas relaciones, especialmente de identidad: todo ocurre en un mismo lugar (en este caso), y hay un actor principal (que es el mismo Pedro) que desarrolla varias acciones, etc. Esto también se registra y podrá ser utilizado posteriormente.

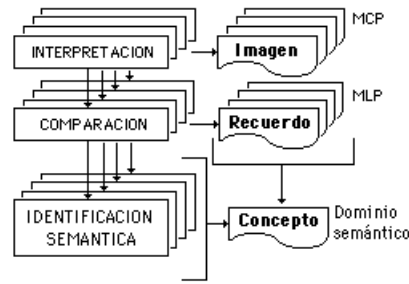
Finalmente, hay que recordar que la estructura episódica y la estructura semántica se conectan entre sí. En nuestro ejemplo, una fuente de soda tiene dueño, chef, clientes, cajera (que no habíamos anotado y deben agregarse) y, en ella, se realizan las diversas acciones que hemos mencionadas (y otras más, como beber y posiblemente fumar, conversar, etc.).

Así se van formando redes de enorme complejidad, conectadas entre sí tanto por la secuencia temporal como por la identidad de componentes (como el personaje-actor) y por las relaciones de propiedad y de clase. Ya a este nivel es casi imposible representarlo en forma exhaustiva e inteligible a la vez. (El ejemplo adjunto es muy parcial y no toma en cuenta los diferentes tipos de relaciones que, en la memoria, se diferencian).

La íntima asociación entre la memoria semántica y la memoria episódica (con su sistema secuencial que "suma" acontecimientos) instituye los fundamentos para las operaciones mentales al mismo tiempo que recoge el producto de éstas (bajo la forma de la diversificación de las relaciones entre los "datos").



Así, los diversos mecanismos de la mente, unidos al poder de la memoria, nos hacen capaces de reconocer totalidades, también de analizar, comparar e identificar partes. Podemos, así, definir alguna característica, darle un nombre, buscar su presencia en varios objetos y luego dar un nombre común al conjunto de los objetos que poseen tal característica. Hacemos así una abstracción y obtenemos como producto una agrupación de objetos. Esta agrupación, considerando solamente lo común a sus componentes, constituye una "clase" o "categoría", que podemos considerar como tal. Así, nace el concepto, que es un nuevo tipo de unidad semántica, que pertenece exclusivamente al dominio (y al universo) semántico. no tiene en sí sustancia física alguna.



## Atractores mentales

Piaget ya señalaba que "La inteligencia es un término genérico que designa las formas superiores de organización o de equilibrio de las estructuras cognitivas" (Psicología de la inteligencia, p.17).

"Pensemos en el conjunto de los problemas concretos que se presentan sin cesar al espíritu: ¿Qué es? ¿Es más o menos (grande, pesado, lejos, etc.)? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué causa? ¿Con qué fin? ¿Cuánto? etc. Constatamos que cada una de estas preguntas es necesariamente función de un esquema mental previo: cada individuo posee clasificaciones, seriaciones, sistemas de explicaciones, espacio e historia personales, escala de valores, etc. Pero estos esquemas no nacen con oportunidad de la pregunta, sino duran toda la vida; desde la infancia, clasificamos, comparamos (diferencias y equivalencias), ordenamos en el espacio y el tiempo, explicamos, evaluamos, calculamos, etc. En relación a estos esquemas planteamos los problemas, a medida que surgen hechos nuevos que aún no están clasificados en nuestra mente. Cada problema sólo consiste en un conjunto particular de operaciones a efectuar en el seno de alguno de estos esquemas. El hecho notable, en esta asimilación continua de la realidad, es el equilibrio de los marcos asimiladores. Durante toda su formación, el pensamiento se encuentra en estado de equilibrio inestable: toda nueva adquisición modifica las nociones anteriores o hace correr el riesgo de la contradicción. Sin embargo, a nivel operatorio, los esquemas clasificadores y seriales, espaciales y temporales, etc., construidos poco a poco, incorporan sin tropiezo nuevos elementos: el casillero nuevo a encontrar, a completar o a sumar no conmueve la solidez del conjunto sino armoniza con él." (ibidem., pp.48-49)"

El contenido de la memoria va creciendo durante toda la vida del individuo, y lo hace en forma retrospectivamente caótica (no hay dos memorias iguales como no hay dos historias personales idénticas). Además de la capacidad operacional, sin embargo, habrá temas y contenidos recurrentes en la memoria de numerosos individuos, por cuanto comparten experiencias a través del proceso de socialización y del carácter social permanente de la vida humana. (Se podrían citar aquí los desarrollos teóricos de Maturana y Varela acerca del origen del lenguaje y de la comprensión mutua de los seres superiores). Todo ello nos indica que en la mente existe un "caos ordenado", que implica la presencia de "atractores" (estructuras ordenadoras) y de niveles muy variables de profundidad (de acuerdo al eje de generalidad-especificidad, que parece el más importante del modo de operar de la mente).

Así, el principio de universalidad de las estructuras complejas "en la frontera del caos", parece igualmente presente en nuestro modo de memorizar, de pensar y de formular discursos.

## Los atractores como origen y componentes de los discursos

¿Cómo se desarrolla habitualmente el proceso de elaboración de un discurso verbal? Si se trata de relatar algún acontecimiento, se seguirá la estructura de la memoria episódica, partiendo del núcleo relativo a la acción. Pero más interesante es el caso de un discurso ideológico u opinático. Se partirá de algún tema, de un "núcleo central" -con mínimas especificaciones (Figura D1)-, a partir del cual se irán buscando y desarrollando ramificaciones. Quizás se desarrollen varias, en diversos sentidos, como los "brazos de pulpo" que se ven al ampliar el conjunto de Mandelbrot (Figuras D2 y D3) o bien una de las ramificaciones cobrará más fuerza, se transformará en un nuevo atractor, más poderoso que el tema original, el cual quedará reducido a un punto secundario. La forma en que la mente establece los puentes privilegia relaciones y pone en evidencia nuevos conceptos; no es plenamente transparente ni para el autor ni para los receptores. Es producto de la estructura mental (de los contenidos de la memoria, de la historia personal y de las circunstancias). Poco tienen que ver con las estructuras y reglas gramaticales, como lo han mostrado las investigaciones en inteligencia artificial.



Pero el contenido de la mente llega a la expresión y la comunicación necesariamente a través del lenguaje; es decir, que el pensamiento de fondo -a pesar de no ser esencialmente secuencial o unilineal, sino multidimensional- se ve obligado a ceñirse a una forma secuencial (las sucesivas oraciones) para poder ser comunicado. Y estamos acostumbrados -en parte equivocadamente- a "decodificar" el discurso también en forma secuencial, lo cual sólo nos da acceso a una de las dimensiones del pensamiento del autor.

Programas computacionales como los de análisis de concurrencias o de "correspondencias" -factoriales o no factoriales-, que reducen al mínimo el papel de las estructuras gramaticales, nos permiten acceder a estas dimensiones complementarias -fractales- de las estructuras mentales de los autores. Es así como al reconstruir campos conceptuales (etapa en que es inevitable que intervenga la subjetividad del analista) a partir de los términos asociables que ha utilizado el autor y buscar la presencia simultánea -coocurrencia- de éstos en unidades significativas de expresión (como las oraciones), podemos llegar a tener una nueva visión de las relaciones y de los "caminos" que ha seguido la mente del autor. Y lo que puede ser mucho más significativo y esclarecedor, de los atractores que le han hecho concentrarse o desviarse del tema central declarado. Podríamos también descubrir y señalar, con mucho más claridad, las diferencias entre dos discursos sobre un mismo tema -de autores diferentes- al encontrar por esta vía los diferentes atractores presentes en ambos (campos conceptuales asociados con mayor potencia, establecida a través de las frecuencias), cosa que no necesariamente ha de saltar a la vista mediante una simple lectura comparada y un análisis meramente secuencial.

A continuación, un ejemplo de representación de los campos semánticos centrales de un discurso (Discurso preelectoral de E. Frei, 30 de mayo de 1993) en forma de grafo (Fig. E1) y en forma análoga a los atractores (Fig. E2). Resulta obvio que el sistema de grafos es más claro y más preciso, aunque la forma análoga da una mejor idea de las continuidades y superposiciones (pero es más difícil de construir y de interpretar).

Fig.E1: Grafo principal del discurso de E. Frei

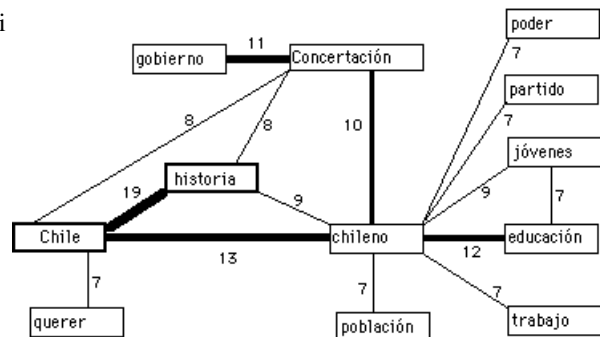


Fig. E2: Atractores" principales del discurso de E. Frei



## BIBLIOGRAFÍA

EHRlich, M.F. & col.: Les modèles mentaux, Masson, París, 1993.  
 GARDNER, H.: La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva, Paidós, Barcelona,

1988.

GLEICK, J., *Caos*, Seix Barral, Barcelona, 1988.

LEWIN, R.: *La complexité - Une théorie de la vie au bord du chaos*, InterEditions, París, 1994.

MATURANA, H.: *Biología de la cognición y epistemología*, Univ. de La Frontera, Temuco, 1990.

MATURANA, H. & Col.: *El árbol del conocimiento*, OEA, Santiago, 1984.

MORIN, E.: *La méthode: 3. La connaissance de la connaissance*, Seuil (Points Essais 238), París, 1986.

NORMAN, D.: *Perspectivas de la ciencia cognitiva*, Paidós, Barcelona, 1987.

NORMAN, D. & LINDSAY, P. : *Introducción a la psicología cognitiva*, Tecnos, Madrid, 2° ed.1983.

PIAGET, J.: *La psicología de la inteligencia*, Psique, Buenos Aires, 1981.

RASTIER, F.: *Sémantique et recherches cognitives*, PUF, París, 1991.

RICHARD, J.F., GHIGLIONE, R. & Col.: *Traité de psychologie cognitive*, (3 tomos) Dunod, París, 1990.

Su correo: [rcolle@puc.cl](mailto:rcolle@puc.cl)