

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

**Reconocimiento de validez oficial, acuerdo SEP No. 15018
Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976**

**DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS SOCIOCULTURALES
MAESTRIA EN COMUNICACIÓN
CON ESPECIALIDAD EN DIFUSIÓN DE LA CIENCIA Y LA CULTURA**



LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN COMPUTACIONALES: UNA RED DE INTERFACES TENDIDA EN EL ESPACIO DE LA ECOLOGÍA COGNITIVA

**Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Comunicación
con Especialidad en Difusión de la Ciencia y la Cultura
presenta**

Lic. Susana Herrera Lima

Director de tesis: Dr. Raúl Fuentes Navarro

Tlaquepaque, Jalisco, Noviembre de 2002

Agradecimientos

La planta de maestros de esta maestría ha sido un verdadero lujo, agradezco a Carlos Enrique Orozco la selección atinada y cuidadosa para cada uno de los cursos, y agradezco a cada maestro el ejercicio de análisis y reflexión en que convirtieron las sesiones de éstos, así como su constante estímulo para realizar un acercamiento profundo a este campo de conocimiento. A Carlos Enrique quiero agradecer también su permanente apoyo y orientación. Mil gracias al Dr. Jesús Martín Barbero por sus valiosos comentarios y señalamientos en la revisión de este reporte.

Luis Casas de la Peña y Omar Garcia Concepción recibieron cotidianamente la incursión en sus labores profesionales de un conjunto de elementos ajenos a éstas y probablemente incómodos en más de una ocasión: grabadora, cuaderno de notas y cuestionamientos insistentes. Agradezco su paciencia y gran colaboración en largas y provechosas tardes de observaciones y entrevistas en sus centros de trabajo. Asimismo, extendo mi agradecimiento a las instituciones que me permitieron realizar estas actividades: el ITESO y el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara.

Contar con la asesoría de Raúl Fuentes ha significado, desde el inicio, tener resuelto el mayor porcentaje de la investigación, lo demás fue “sólo cuestión de quitar al mármol lo que sobra” como decía Miguel Angel. No basta con agradecer, lo cual hago profundamente, espero poder corresponder en alguna medida al apoyo constante, a la enorme –e inexplicable- confianza que mostró en mi desde el inicio de la maestría y a la permanente y profunda asesoría en largas tardes de discusiones, revisiones bibliográficas (en la biblioteca con el mejor acervo del ITESO), disgresiones teóricas y metodológicas, deliciosas charlas enriquecidas enormemente con tres series mundiales de los yankees, referencias constantes a Escher a través de Hofstadter, y tantas otras claves que han ido construyendo una de las amistades más valiosas con las que la vida me ha privilegiado.

Los sistemas de representación computacionales: una red de interfaces tendida en el espacio de la ecología cognitiva

INDICE

Presentación y objetivos	1
Introducción.	5
I. Estado de la cuestión. Los sistemas de representación computacionales como objetos multidimensionales	17
II. La ciencia y las tecnologías intelectuales: partes constitutivas del tejido cultural	31
III. Los sistemas de representación computacionales como formas simbólicas estructuradas	41
IV. Los casos concretos de la geomática y la meteorología	57
V. Prácticas profesionales social e históricamente situadas	71
VI. Cogniciones, códigos e interfaces	81
VII. Conclusiones. La trenza dorada de las representaciones	101
VIII. Bibliografía	

Presentación y objetivos

El objetivo de la investigación es conocer el papel que juegan los sistemas de representación computacionales (SRC), en particular los de modelación y visualización de simulaciones, en el proceso de apropiación del conocimiento científico por parte de los profesionistas que interactúan con estos sistemas. Esta interacción se asume como parte constitutiva de su quehacer profesional y, para los fines de la investigación, se convierte en el objeto principal de estudio. Se analiza entonces la forma en que individuos con una formación profesional, que hacen un uso intencionado e inteligente de los sistemas de representación computacionales, se sirven de estos recursos para el proceso creativo de interpretación a través del cual se apropian del conocimiento científico.

Así, la pregunta principal que conduce esta investigación buscará indagar en torno al papel que juegan los sistemas de representación computacionales en la apropiación del conocimiento científico por parte de profesionistas, más específicamente, en torno a las formas en que se modifican la conformación del universo simbólico y del proyecto simbólico de estos profesionistas a través de la utilización de los SRC para acceder al conocimiento científico.

En la parte introductoria de este trabajo expondré las preocupaciones fundamentales y antecedentes profesionales que sustentan mi interés personal en el desarrollo de esta investigación.

El problema aquí planteado ha sido abordado desde diversas disciplinas y enfoques, la primera parte de este trabajo realiza un recuento de estos estudios, atendiendo en su clasificación tanto a la disciplina desde la que se han investigado, como a los objetivos perseguidos en estas investigaciones.

Al ser tanto el conocimiento científico como el proceso de apropiación del mismo, las partes medulares del estudio, los ejes principales que se plantean para el análisis son el cognitivo y el comunicacional. Se plantea que estos ejes estén contenidos y sean abordados desde el marco de análisis cultural propuesto por J. B. Thompson (1993). Asimismo, los planteamientos teóricos que sustentan el proceso de análisis, tanto desde el eje cognitivo como del comunicacional, parten de las propuestas desarrolladas por Pierre Lévy (1993), mismas que conforman la ciencia que él denomina ecología cognitiva. La segunda sección del trabajo expone estas propuestas y la forma específica de recurrir a ellas en esta investigación.

Para lo anterior ha sido necesario caracterizar a los sistemas de representación computacionales como formas simbólicas en contexto, atendiendo a los conceptos que Thompson asocia a éstas (1993). La tercera sección da cuenta de esta caracterización y constituye la principal aportación teórica de este trabajo, así como la base y sustento del análisis cultural posterior.

Una vez realizada la caracterización mencionada, y sólo entonces, es posible aplicar la metodología de la hermenéutica profunda que propone Thompson para la realización del análisis cultural. En las secciones posteriores se exponen paralelamente los planteamientos del autor y la aplicación de los mismos en el estudio de los SRC, a partir de ejemplos concretos. De esta forma se ha pretendido vincular la propuesta teórico-metodológica que sustenta esta investigación con la práctica profesional observada que sirve de ejemplo a la misma.

La cuarta sección del trabajo corresponde a lo que Thompson denomina la hermenéutica de la vida, misma que propone como punto de partida para la realización del análisis y aplicación de la metodología. Se exponen aquí dos ejemplos, el primero de ellos corresponde al trabajo con el biólogo Luis Casas de la Peña, que ha consistido en observación directa, entrevistas a profundidad y retroalimentación constante, en su interacción con los sistemas de representación computacional correspondientes al área de geomática, constituidos por imágenes satelitales, digitalización de fotografía aérea y

sistemas de información geográfica. El segundo ejemplo se refiere al trabajo realizado con el Doctor en meteorología Omar García Concepción en lo que respecta a la observación directa de su quehacer cotidiano en la elaboración de pronósticos meteorológicos, mismos que desarrolla en constante interacción con modelos y simulaciones computacionales, así como con imágenes satelitales, disponibles todos ellos en la red pública Internet. Este trabajo de observación se ha complementado también con entrevistas y se ha enriquecido con la retroalimentación proporcionada por el científico.

En las siguientes secciones el estudio se ha dividido, para efectos metodológicos, en dos grandes facetas desde las cuales abordar el análisis:

- El contexto socio-histórico en el que se desarrollan estos sistemas de representación, su ubicación y evolución dentro del desarrollo computacional en general y en el ámbito de la comunicación científica en particular; así como los contextos específicos de interacción con estos sistemas para la apropiación del conocimiento científico.
- Las características estructurales de estos sistemas de representación. Las convenciones, códigos e interfaces interrelacionados e interactuantes para la constitución de la comunicación visual y que a la vez hacen posible la interacción con los SRC. Este análisis estructural se aborda desde la perspectiva de la Ecología Cognitiva propuesta por Pierre Lévy (1993) y se desarrolla en torno al concepto de interfaz como hilo conductor y principal categoría analítica.

Finalmente, y como resultado de lo anterior, se ha intentado construir una explicación interpretativa, fase final de la metodología de la hermenéutica profunda, misma que se reporta en la última sección del trabajo a manera de conclusión y que incorpora la especificidad referencial que adquieren estos sistemas como formas simbólicas en contexto, dependiente de las dos facetas anteriores, así como de la disciplina científica que sea objeto de representación e interpretación a través de los sistemas.

En esta construcción, para los fines concretos de esta investigación, se ha buscado comprender cómo estas facetas se involucran y entrelazan en el proceso creativo de interpretación por parte del interactuante para la construcción de significado o, más precisamente, para lo que Thompson llama la constitución significativa de las formas simbólicas. Se apela al concepto de representación desde tres puntos de vista diferentes y se propone que son complementarios y concurrentes en esta construcción: la representación social, la representación simbólica y la representación cognitiva.

En el caso específico en cuestión, nos referimos a la apropiación del conocimiento científico, mismo que a partir de la concurrencia de los procesos de representación mencionados, en la interacción con los sistemas de representación computacionales, se incorpora al universo simbólico del interactuante y participa activamente en su manera de ver el mundo.

Introducción

Los antecedentes y la justificación

Para alguien que ha estado vinculada durante toda su trayectoria profesional con la *mirada desde la ciencia*, es decir, que ha aprendido a ver el mundo con el método científico y ha interiorizado el rol del científico con las características ideales que le son atribuidas – objetividad, disciplina, rigor, creatividad...entre otras-, y para quien la ciencia es parte de la materia prima con la que se realiza la construcción social de la realidad... resulta sorprendente caer en la cuenta de la insuficiencia –en algunos casos- y hasta impertinencia –en otros- de los recursos que proporciona aquel punto de vista para acceder a territorios cuyas características no se dejan aprehender desde la óptica del científico “duro” -cuyo objeto de estudio es la realidad exterior y su objetivo es la búsqueda de un orden interno en la naturaleza-. Territorios en cambio y movimiento permanentes, cuya característica más sorprendente es la aparición del sujeto como parte del objeto de estudio, sujeto que “participa constantemente en la comprensión de sí mismo y de los demás, en la producción de acciones significativas, y en la interpretación de las acciones y expresiones significativas que producen los demás”. (Thompson, 1993, p.23)

El área de las matemáticas y las ciencias computacionales ha conformado mi entorno profesional. La lógica matemática y la teoría de lenguajes de programación me proporcionaron los primeros recursos consistentes y estructurados para intentar construir explicaciones convincentes de las formas en que la mente se aproxima al entendimiento del universo. Posteriormente, el estudio de técnicas y métodos correspondientes al área de inteligencia artificial abrieron nuevas perspectivas y generaron nuevas preguntas en torno a la representación del conocimiento y los procesos de adquisición del mismo. Fue el acercamiento a las ciencias cognitivas lo que detonó la necesidad de buscar explicaciones más complejas e integrales para estas preguntas, e hizo evidente, a la vez, la relevancia del papel de la tecnología computacional en dichos procesos. Este interés permanente en la cognición y el aprendizaje –sobre todo del conocimiento científico- adquiere nuevas

dimensiones al vincular la investigación con proyectos educativos cuyos principales objetivos van encaminados hacia los procesos de enseñanza y aprendizaje de este tipo específico de conocimiento.

Así, desde el convencimiento personal de la innegable importancia de dotar de significado a *la ciencia* en el imaginario social, he apelado a la divulgación científica como un posible conjunto de herramientas para realizar esta tarea. Sin embargo, ha sido en el intento de apropiarme de estos recursos, cuando el mundo se ha poblado de vastísimas regiones y territorios que he debido abordar desde otra perspectiva y que exigen ser comprendidos – más que explicados- a la luz de su propia dinámica. De esta forma, aprender a ver el mundo con *otra mirada* ha significado enriquecer el acervo de conocimientos y saberes, de puntos de anclaje y observación, ha sido también conocer otras dimensiones de una realidad más amplia y compleja, y, ha querido decir, en fin, reconocer la mirada del otro, entender la diversidad, crecer en la tolerancia.

El estudio de una maestría en comunicación, desde la perspectiva personal que he relatado, me ha permitido enriquecer, de forma aún sorprendente, el conjunto de dimensiones que pueden concebirse para la conformación del conocimiento científico. Entender los procesos mediante los cuales se comparte el conocimiento como una forma de construir sentido en común, en la que intervienen factores históricos y sociales en las maneras específicas de realizar estas construcciones de significado, así como esquemas interpretativos compartidos que dan lugar a la apropiación particular de este conocimiento, ha transformado cualitativamente mis propios procesos cognitivos y de apropiación del mundo. Así he pasado de ser una forastera en el campo de las ciencias sociales a convertirme en una especie de híbrido que pretende situarse en “la delgada línea roja” sobre la que pueden tenderse las redes que vinculen las perspectivas aparentemente irreconciliables de ver y comprender nuestra inexplicable presencia en el universo.

Si bien la divulgación científica ha sido abordada desde muy diversos ángulos, atendiendo a enfoques e intereses propios de otras tantas disciplinas así como a objetivos de muy diversa índole, es sin embargo recurrente la metáfora del “puente”: entre el científico y el lego,

entre las ciencias y las humanidades, entre lo ajeno y lo accesible, entre el mundo externo y explicable y la realidad socialmente construida...

El estudio de la ciencia también se ha realizado desde diferentes perspectivas y desde diversas acepciones de la misma: la ciencia como conjunto de saberes adquiridos sistemáticamente y tenidos por ciertos; la ciencia como actividad productiva y por lo tanto institucionalizada; y, por fin, la ciencia como cultura: desde la aproximación al *punto de vista absoluto* del demonio de Laplace hasta el *Ojo del observador* de von Foerster (Watzlawick, 1994); desde los criterios absolutos de necesidad y existencia hasta el desafío de la complejidad.

Algunas de las tareas emprendidas por los investigadores sociales se han dirigido a comprender cómo han ocurrido estos procesos de instauración de la ciencia como legitimadora del conocimiento, cómo se han establecido los límites entre el conocimiento científico y otras formas de conocimiento, más aún, cómo se produce este conocimiento hacia el interior de las comunidades científicas. Estas tareas parten de la premisa de que en toda actividad relacionada con el conocimiento científico, lo cognitivo y lo social están irremediablemente anudados.

En la otra orilla se encuentra el científico, construyendo la *verdad científica*, el certificado provisorio con que la teoría y la práctica se constituyen en saber objetivo. Desde su mirada, la teoría confrontada con la experiencia integra esta verdad, y *sólo de esta manera*: es decir, adquiere su nivel de conocimiento objetivo en cuanto que la práctica hace funcionar los conceptos de manera determinada con referencia a un contexto teórico específico. Para el científico: “Dado un fragmento de teoría, o mejor dicho, fragmentos de varias teorías rivales, en la naturaleza está la evidencia que nos permitirá hacer distinciones entre ellas...la realidad tiene, a raudales, la propiedad de ser ampliamente accesible a la ciencia” (Deutsch, 1997, p.102).

Entre el imaginario social, -con *algún* concepto de ciencia incorporado-, el científico distante e inaccesible, y el investigador social que intenta *conocer este conocimiento*, se encuentra el divulgador científico, que pretende surcar fosos, tender puentes, tejer redes que vinculen universos ajenos...pero ¿con qué recursos podría hacerlo?, ¿hacia cuáles objetivos debería encaminarse?, ¿son verdaderamente conciliables los mundos que pretende acercar?

Ciertamente la tarea es altamente compleja y de múltiples dimensiones. Proyectos de esta naturaleza se enfrentan a problemas que van desde el ámbito lingüístico –el lenguaje especializado de los científicos-; el político –los relacionados con el saber y el poder-; el ámbito socio-cultural –las diferentes competencias de los públicos-; y en el centro de todos ellos, el comunicativo: el complejo conjunto de procesos de percepción, interpretación y apropiación que se llevan a cabo entre los sujetos involucrados, así como las mediaciones realizadas entre los diferentes esquemas de representaciones de cada uno de ellos. (Roqueplo, 1983)

La complejidad de la tarea es evidente, por lo que es indispensable formular estrategias que permitan avanzar en la construcción de un proyecto de tales proporciones. Las preguntas anteriormente planteadas sólo tendrían respuesta en el marco de un estudio profundo que articulara los sistemas de referencia de estos sujetos sociales que pretenden vincularse, que encontrara la intersección en *las miradas* de cada uno de ellos, para proponer así un proyecto productor de un discurso que realmente dotara de significado a *la ciencia*, a *lo científico*, más allá de mitos o satanizaciones.

Ante la innegable presencia de las manifestaciones de la ciencia –la cultura del siglo XX- en los artefactos tecnológicos que extienden las capacidades de nuestra especie, resulta particularmente seductor intentar aproximarse al invasor más pertinaz y expansivo, que ha resultado ser extensión no sólo de capacidades físicas o prótesis de la memoria, sino que ha logrado expandir los alcances de algunos de los procesos que nos distinguen como especie y ha irrumpido de manera irreversible en nuestro universo simbólico. El conjunto de procesos inasibles e invisibles, -que sólo podemos aprehender a través de sus

manifestaciones externas en imágenes, sonidos, movimientos, sensaciones- y que resulta inaprehensible en una sola palabra ¿computadora?, ¿computación?, ¿ciencias de la computación?, ¿procesador?... ha sido agente de cambio determinante en múltiples dimensiones de nuestra existencia a partir de la segunda mitad del siglo XX.

Comparable la aparición del alfabeto, a la revolución copernicana, a la aparición de la imprenta de tipos móviles, la tecnología de nuestro siglo –maravilla de maravillas- ha construido al constructor de nuevas realidades, de nuevas dimensiones, de nuevas formas de concebir la comunicación; al gestador de nuevos procesos cognitivos que han generado a su vez nuevas explicaciones y han propiciado la aparición de nuevas ciencias; al generador de nuevos paisajes, de nuevas preguntas... Ha traído ‘al universo entero’ al borde mismo de nuestros ojos y ha logrado –como nunca antes- hacer viable nuestra imaginación.

Una pequeña faceta del problema planteado en torno al acercamiento de ambas orillas del puente, consiste en la generación de modelos que comuniquen ciertos conocimientos de una orilla hacia la otra, simulando procesos que son parte constitutiva del quehacer científico y que a la vez permiten explicarlo. Modelos cuyas características pueden ser altamente complejas y que atienden a múltiples factores, siendo una parte fundamental de ellos la inmensa –impensable a veces- cantidad de operaciones matemáticas que deben llevarse a cabo para reproducir los procesos que se están modelando. Estos modelos deberían permitir someter a examen muchas de las nociones elaboradas intuitivamente por los científicos, que corresponden tal vez a fenómenos ocurridos hace cientos, miles o millones de años -quizás a distancias inalcanzables en el macro o micro cosmos- y que obviamente no pueden ser verificables directamente.

Pensemos, por ejemplo, en el meteorólogo que debe observar las condiciones atmosféricas y de los mares, la velocidad de los vientos y de las corrientes marinas, la posición de la luna respecto a la tierra... y otra gran cantidad de variables envueltas en cada uno de estos procesos. La construcción del modelo matemático que los explique y los relacione (fórmulas, ecuaciones, etc.) es una tarea bastante complicada en sí misma, pero

imaginemos la cantidad de operaciones que deben llevarse a cabo para resolver el modelo para una región particular en un día específico... La tarea va tomando proporciones titánicas y casi irresolubles... así que los recursos tecnológicos que deben emplearse para resolverla son indudablemente computacionales.

Por la magnitud de la tarea en cuanto a datos y cálculos, por la precisión requerida, por la velocidad de respuesta esperada... la computadora resulta ser el recurso por excelencia para la resolución de muy diversos problemas con características similares al ejemplo propuesto. Pero más aún, proporciona la posibilidad de *imaginar escenarios*, tantos como el científico necesite para ampliar su horizonte de posibilidades y probabilidades. Y es esta característica la que confiere a este aparato su singularidad respecto a otras herramientas construidas por el ser humano. Permite construir nuevas realidades y proporciona una nueva percepción al poder construir, comprender, modificar, manipular y percibir sensorialmente los objetos de estas realidades.

Pensemos ahora en la otra orilla del puente: Sin conocer los saberes implícitos en la elaboración de los mapas que aparecen en la computadora, en la construcción del modelo matemático que permite la simulación, en los cálculos que se están llevando a cabo cada que se modifica un elemento del mapa... el estudioso de los fenómenos climáticos, o el transmisor de “las notas del clima” en la televisión, o el estudiante de preparatoria, o el artista que desea ver nubes, olas y huracanes en movimiento... encontrará –cada uno de ellos desde una mirada diferente- un conjunto de recursos visuales, auditivos, textuales y tal vez táctiles, que dotarán de significado al modelo que están manipulando, y más aún, al conocimiento científico que este modelo está simulando para ellos.

Haciendo extensivo lo anterior a los múltiples ámbitos en que se utilizan los modelos de simulación elaborados en computadora y los sistemas de representación que permiten visualizar sus resultados y manipularlos interactivamente, podemos suponer que estos juegan un papel importante en la construcción y transmisión del conocimiento científico. De tal manera que desde una perspectiva comunicativa, y desde los objetivos de la divulgación científica, resulta pertinente estudiar su trayectoria de una orilla a la otra: es

decir, desde su construcción como parte del discurso científico hasta su recepción y apropiación en otros contextos.

Esta trayectoria –que seguramente no es lineal ni unidireccional- debe estudiarse y analizarse desde un marco metodológico que permita abordarla en sus múltiples dimensiones. Así, el reto ha sido caracterizar estos sistemas no desde el punto de vista de su elaboración técnica, sino más bien como formas simbólicas en contextos estructurados (Thompson, 1993), es decir, desde un marco de análisis cultural.

La pregunta y el marco de análisis

En el marco concreto de los intereses de esta investigación, el estudio se orienta específicamente a lo concerniente a la recepción y apropiación del conocimiento transmitido a través de los sistemas de representación computacionales por parte de profesionistas que los incorporan a su quehacer profesional, que si bien este quehacer puede ser científico, no está involucrado en la elaboración y producción de los sistemas. Se busca entonces responder a las siguientes preguntas:

¿Qué papel juegan los sistemas de representación computacionales en la apropiación del conocimiento científico por parte de profesionistas?, más específicamente: ¿Cómo se modifican la conformación del universo simbólico y del proyecto simbólico de estos profesionistas a través de la interacción con los sistemas de representación computacional para acceder al conocimiento científico?

La relevancia teórico-metodológica de este trabajo consiste en la caracterización de los src como formas simbólicas estructuradas, con lo que se ha intentado sentar las bases para aplicar la metodología de la hermenéutica profunda propuesta por Thompson (1993) para el análisis cultural de estas formas, restringiendo la investigación a los procesos de recepción

y apropiación de las mismas. A partir de esta caracterización ha sido posible estudiar el proceso de constitución significativa de los src en el proceso creativo de interpretación y construcción de significado por parte de los profesionistas para la apropiación del conocimiento científico. Asimismo, con el soporte teórico proporcionado por los planteamientos de Pierre Lévy (1993) relativos a los conceptos que constituyen la ecología cognitiva y que se harán explícitos en el segundo capítulo de este trabajo, se ha mostrado que el conjunto que conforman los src, en interacción con el aparato cognitivo humano y en un contexto institucional determinado, es una instancia particular del aparato cognitivo amplio que estudia la ecología cognitiva.

En este intento de acercamiento al papel que ha jugado la computación en la forma en que los sujetos se aproximan al tejido de elementos que conforman su entorno, así como en la apropiación que de éstos realizan, se plantean las interrogantes en torno a la conformación del universo simbólico –y del propio proyecto simbólico de los individuos- visto como “un proyecto que el individuo construye activamente con los materiales simbólicos de que dispone, mismos que él entrelaza coherentemente para obtener una narración de la propia identidad” (Thompson, 1995, p.210). ¿Cómo están siendo modificadas estas conformaciones a través de los procesos cognitivos e interacciones comunicativas que proporciona la computadora?

Asimismo, en el marco de análisis planteado por Thompson- ¿cómo se articulan los poderes económico, político, simbólico y coercitivo en el acceso, uso, recepción y apropiación de los recursos computacionales por parte de estos sujetos, en un mundo permeado por formas de información y comunicación mediadas? El planteamiento de esta pregunta remite a la concepción de la tecnología, y de los procesos socioculturales que ésta hace posible, como una parte constitutiva del texto social, que trastoca no solo las dimensiones objetivas sino también las subjetivas e intersubjetivas de la vida al introducir nuevos dispositivos de apropiación del mundo. (Reguillo, 1999)

El proceso

Bajo los supuestos anteriores y partiendo de la pregunta de investigación planteada, se realizó el trabajo de investigación que se reporta en este trabajo. En el conjunto de procesos que han constituido esta investigación se pueden distinguir tres grandes fases:

- la primera de ellas consistió en una investigación bibliográfica amplia que acudió no solamente a textos impresos en libros y publicaciones periódicas, sino también a material de bases de datos remotas y a diversos sitios de Internet, correspondientes a su vez a múltiples institutos de investigación, universidades, instituciones gubernamentales, publicaciones electrónicas periódicas (*journals*) y espacios de divulgación científica. El objetivo de esta fase ha sido un conocimiento profundo del objeto de estudio –los sistemas de representación computacionales- desde diversas perspectivas. Al ser un objeto complejo, resultó necesario realizar un conjunto de recortes al mismo, que permitiera su estudio desde los dos ejes de interés: el cognitivo y el comunicacional. Los resultados de esta primera fase han sido, a su vez:
 - Un estado de la cuestión que incorpora las perspectivas sociológica, educativa y comunicacional.
 - Un marco teórico-metodológico establecido a partir de la pregunta de investigación y de la pertinencia de los conceptos que proponen Thompson (1993) para el análisis cultural desde la hermenéutica profunda, por un lado y Lévy (1993) para el aparato cognitivo amplio desde la ecología cognitiva, por otro.
 - Dos caracterizaciones fundamentales, que soportan el resto del trabajo, para los sistemas de representación computacionales: como tecnologías intelectuales constitutivas de una red cognoscente y como formas simbólicas estructuradas

- En la segunda fase se realizó la selección de los sujetos cuya práctica profesional cotidiana involucrara la interacción constante con sistemas de representación computacionales para constituir el referente empírico y los ejemplos de la investigación. Como se reporta en alguna sección de este trabajo, el proceso de búsqueda y selección fue complicado debido, por un lado, a que los criterios para elegir al sujeto implicaban características de formación profesional y competencias tecnológicas específicas, y por otro lado a la dificultad de contar con la disponibilidad de los profesionistas para permitir su observación y el registro de su trabajo. Inicialmente se trabajó con el biólogo Luis Casas en el ITESO, y posteriormente se concluyó esta fase de la investigación trabajando con el doctor en meteorología Omar García Concepción. El resultado de esta fase constituye la etapa correspondiente a la hermenéutica de la vida en el proceso de análisis cultural que plantea el marco metodológico seleccionado.
- La tercera fase consistió en la aplicación de las siguientes etapas de la metodología de la hermenéutica profunda: el análisis del contexto socio histórico de interacción con los sistemas de representación computacionales y el análisis de las características estructurales de los mismos. En concurrencia con estas etapas y como conclusión del trabajo de investigación se realizó el proceso de interpretación de los resultados de todas las fases enunciadas.

En el esquema 1 se representa gráficamente la secuencia de las fases anteriores, desde el planteamiento del objeto de estudio hasta la búsqueda de posibles respuestas a la pregunta de investigación.

Las conclusiones intentan elaborar una recapitulación de los diversos aspectos abordados en el transcurso del trabajo de investigación, tanto desde el punto de vista teórico-metodológico, como en su articulación con los referentes empíricos, buscando compartir los resultados de los procesos analíticos realizados. Se han organizado precisamente en

torno a estos tres aspectos: el análisis cultural, la ecología cognitiva y el concepto nuclear que vincula los ejes de análisis -cognitivo y comunicacional- en la investigación: la representación. Es la forma específica que ha adquirido este concepto en el transcurso del análisis lo que da lugar a una de las posibles perspectivas y líneas de investigación más ricas en facetas y dimensiones de análisis: la constitución significativa de las formas simbólicas como resultado de la concurrencia de los procesos de tres clases de representación: cognitiva, simbólica y social.

Se hace referencia asimismo a la forma en que la pregunta de investigación condujo el proceso de análisis y se destacan los puntos específicos en los que se ha avanzado en la comprensión de los elementos planteados en la misma, así como las nuevas preguntas que han surgido a partir de la búsqueda de respuestas.

En esta sección se da cuenta también de las certezas personales amenazadas y los procesos de re estabilización de la propia red de nodos cognoscentes, es decir, la que involucra mi propio aparato cognitivo. Asimismo, se comparten las posibles estructuras que podrían sustentar a esos puentes sugeridos entre los diversos saberes y modelos de explicación del mundo, intentando ubicar en ellas a los sistemas de representación computacionales.

1. Estado de la cuestión. Los sistemas de representación computacionales como objetos multidimensionales.

Para establecer un panorama del estado de la cuestión en el tema de esta investigación deberán primero ubicarse los diferentes niveles y dimensiones desde los que se ha enfocado el papel de la computadora en la producción, transmisión y adquisición de conocimiento; así como su intervención en los procesos comunicativos entre sujetos que desempeñan sus actividades en campos diversos. Asimismo, deberán atenderse las diversas perspectivas desde las que se ha realizado el estudio de los sistemas de representación computacionales, correspondientes a las múltiples dimensiones que los constituyen como objeto complejo.

En efecto, los sistemas de representación computacionales, y particularmente los utilizados en la ciencia, son un punto de confluencia para diversas áreas del saber: las ciencias que proporcionan la evidencia empírica y las herramientas teóricas para construir los modelos que representan fenómenos naturales (meteorología, biología molecular, diversas ramas de la física y la química, astronomía, medicina, entre otras); las matemáticas que son utilizadas para el diseño y elaboración de estos modelos mediante sistemas de ecuaciones, donde las variables corresponden a elementos de estos fenómenos modelados; las ciencias computacionales que permiten la representación de los modelos en lenguajes interpretables por las computadoras; las gráficas computacionales –rama de las ciencias computacionales que ha derivado en una disciplina adicional- que hacen visualmente significativos los resultados de la modelación computarizada. En la convergencia de estas áreas se localiza la disciplina denominada “visualización científica” cuyo objetivo fundamental y principal producto está constituido, precisamente, por los sistemas de representación computacionales.

La enumeración anterior corresponde al área de las ciencias denominadas “duras” o “exactas”, sin embargo, estos sistemas son objeto de estudio y reflexión también por parte de las ciencias sociales y las humanidades, en tanto fenómenos de interacción social,

sistemas emergentes de representación y elementos activos en el proceso creativo de construcción de conocimiento.

En este capítulo serán abordadas tres grandes perspectivas correspondientes a las ciencias sociales y las humanidades, siendo éstas las más pertinentes para los fines de esta investigación: la primera de ellas corresponde a la perspectiva sociológica, que aborda fundamentalmente el papel tanto de la computadora como de la comunicación mediada por ésta en la sociedad. En segundo lugar, se abordará la perspectiva educacional, en dos diferentes aspectos: el aprendizaje mediado por computadora, que abarca procesos cognitivos así como de recepción y apropiación del conocimiento; y por otra parte, casos concretos de aplicaciones de los modelos computacionales para la transmisión de conocimiento científico. Finalmente, se hará referencia a trabajos desarrollados desde la comunicación y que abordan tanto los procesos cognitivos y comunicacionales que se establecen en los sujetos que interactúan con estos modelos en tanto tecnologías intelectuales, como el papel de la representación visual en el campo científico, y con ello el papel preponderante que adquiere la imagen en los lenguajes multimediáticos.

En el nivel socio-cultural puede destacarse el trabajo desarrollado por Manuel Castells en “La Era de la Información” (1999), donde la comunicación mediada por computadora adquiere un rol determinante en la constitución de la sociedad red y en la cultura de la virtualidad real. Si bien Castells privilegia el papel de la computadora en el ámbito de las redes virtuales y su impacto socio-cultural y económico, dedica una parte de su análisis a los modelos de simulación, la realidad virtual y sus posibilidades en el plano cognitivo (pp. 359-408). Destaca fundamentalmente las implicaciones sociales del multimedia, y culturalmente propone que el rasgo más importante de éste es que captura dentro de sus dominios la mayor parte de las expresiones culturales en toda su diversidad, construyendo así, un nuevo entorno simbólico que el autor denomina la Cultura de la Virtualidad Real.

Según este autor, la transformación que estamos experimentando a nivel mundial está directamente vinculada con las tecnologías del procesamiento de la información y de la comunicación. Propone que lo que caracteriza a la revolución tecnológica de la información

no es el carácter central del conocimiento y la información, sino la aplicación de ese conocimiento e información a aparatos de generación de conocimiento y procesamiento de la información/comunicación, en un círculo de retroalimentación acumulativo entre la innovación y sus usos. Así, establece que las nuevas tecnologías de la información no son sólo herramientas que aplicar, sino procesos que desarrollar.

Castells considera que la innovación tecnológica no es un acontecimiento aislado, más bien refleja un estado determinado del conocimiento. Comenta que si en épocas anteriores las fuentes de energía baratas y accesibles aumentaron el poder del cuerpo humano y lo extendieron, crearon también la base material para la continuación histórica de un movimiento similar encaminado a la expansión de la mente humana.

La obra compilada por Hank Bromley en el libro “Education/Technology/Power” (1998) aborda la perspectiva de la educación por computadora como una práctica social, abarcando así el aspecto educativo inmerso en la problemática socio-cultural. En esta compilación de trabajos destaca la introducción realizada por el mismo Bromley, donde ubica el contexto social de uso de las computadoras.

El primer aspecto del enfoque educacional se refiere al aprendizaje mediado por computadora. Los sistemas de representación computacionales para efectos de adquisición de conocimiento y aprendizaje en general han sido estudiados desde una perspectiva constructivista y cognitivista por Seymour Papert, un brillante y ahora famoso discípulo de Jean Piaget, creador de los vínculos de las ciencias computacionales con las propuestas de Piaget para el aprendizaje y la adquisición de conocimiento (1995). Creador del lenguaje de programación Logo, orientado al aprendizaje y primordialmente visual, así como de múltiples investigaciones en torno al papel de la computadora –y particularmente de los modelos de simulación- en el aprendizaje (2000), Papert crea en MIT una escuela de investigación que propone la adquisición de conocimiento a través de la experiencia, con todos los sentidos y a través no sólo del uso sino de la construcción de modelos por parte de los aprendices (1999). Ya desde la década de los setenta Seymour Papert realiza estudios

relativos a la interacción de los niños con las computadoras, buscando conocer los efectos cognitivos de los ambientes computacionales en pre-escolares y estudiantes de educación primaria (1980). A partir de estos estudios y de sus múltiples trabajos de investigación con niños –realizados desde el constructivismo- Papert diseña los “micromundos”, que son medio ambientes virtuales en los que las estructuras de la realidad construida corresponden a un mecanismo cognitivo dado, de tal manera que proporcionan un medio ambiente donde este mecanismo puede operar efectivamente. Así, en la interacción con el micromundo un estudiante adquiere o construye conocimiento a través de la exploración activa y la experimentación.

En la línea iniciada por Papert, Mitchel Resnick ha desarrollado proyectos tan interesantes como el del ecosistema del océano en Los Angeles, donde cada uno de los participantes programaría el comportamiento de peces artificiales, discutiendo entre sí los fenómenos sistémicos que se generan en las interacciones. Parte de este trabajo es reportado en su libro “Turtles, termites and traffic jams” (1994). Los conceptos involucrados aquí incluyen el de retroalimentación y autoorganización, que presentan un alto grado de dificultad para ser comprendidos sin un modelo como el que se menciona. La propuesta fundamental de Resnick es que la gente construye conocimiento efectivo cuando se compromete en la creación de artefactos significativos para sí mismos. Es interesante comentar que los trabajos de este investigador han tenido también una dimensión política en sus *Computer Clubhouses*, centros experimentales para chicos de escasos recursos en ciudades de Estados Unidos.

Continuando con la propuesta de Papert desde el constructivismo, se encuentran trabajos realizados recientemente, algunos de ellos presentados en el congreso internacional ED-Media 1999, realizado en Seattle, Washington, y compilados en dos volúmenes de *Proceedings*. Resaltan entre estos reportes los presentados por Terry Di Paolo: “Learning Strategies: A Framework for Understanding Students Learning with computers” (1999) y el de Ellen Van den Berg: “Multimedia Cases in teacher education: towards a constructivist learning environment” (1999). Ambos trabajos reportan la experiencia de los autores en la

incorporación de las computadoras al proceso de aprendizaje como herramientas de construcción de conocimiento.

En años recientes se ha continuado la investigación que asume la vinculación entre el constructivismo y la tecnología computacional para fines educativos, particularmente las simulaciones. Para muchos educólogos la teoría constructivista del aprendizaje ofrece una plataforma para hacer realidad los beneficios esperados de la utilización de las computadoras en el proceso educativo (Harper, Squires and McDougall, 2000). Se espera entonces que el constructivismo conduzca a un mejor *software* educativo y a un mejor aprendizaje; para ello es necesario proporcionar auténticos ambientes exploratorios de aprendizaje en donde los educandos puedan desarrollar por sí mismos conocimiento significativo y transferible (Brown, Collins and Duguid, 1989; Papert, 1993; Jonassen, 1994). Este enfoque ha dado lugar a diversas propuestas para el desarrollo de *software* constructivista (Rieber, 1992; Cunningham, Duffy and Knuth, 1993; Grabinger, Dunlap and Duffield, 1997).

Un ejemplo de este tipo de propuestas es el sistema desarrollado por Harper, Squires y McDougall denominado “*Exploring the Nardoo*”, y que bajo lo que los autores denominan un “paradigma híbrido” de simulación, proporciona un ambiente interactivo para la exploración de un medio ambiente natural alrededor de un río, desde el siglo XIX hasta su deteriorado estado actual.

Los supuestos de este desarrollo en cuanto al aprendizaje, son que éste debe tener credibilidad y complejidad, así como proporcionar la sensación de descubrimiento y apropiación del conocimiento. Es decir, los educandos deben ser capaces de explorar el comportamiento de los sistemas, medio ambiente y artefactos; una forma de hacerlo, proponen los autores, es a través del trabajo con simulaciones. El ambiente debe proporcionar retroalimentación intrínseca que represente los efectos en el sistema durante la acción del educando. Éste debe poder expresar sus ideas y opiniones, y el ambiente debe proporcionar un mecanismo para la articulación de estas ideas. Además, deben experimentar e intentar diferentes soluciones a los problemas. Asimismo, deben poder adoptar múltiples perspectivas para incorporarse a actividades que contengan múltiples

representaciones de conocimiento, así como para experimentar diversos contextos y para tener diversos objetivos en el aprendizaje (Ainsworth, Bibby and Wood, 1997). Por otra parte, sólo en medio ambientes complejos tendrán la oportunidad de construir y reconstruir conceptos en formas que sean significativas para ellos. Asimismo, trabajar en medio ambientes de *software* que proporcionan altos niveles de control por parte del usuario, ayudará a los estudiantes a sentir que determinan los patrones y procesos en la experiencia de aprendizaje; así desarrollarán la sensación de apropiación del conocimiento.

Los autores de este sistema hacen referencia al uso inicial de la simulaciones en la educación, que tendía a resaltar los beneficios prácticos para la solución de problemas. Procesos que tomarían mucho tiempo, como el crecimiento de la población y el cambio genético, o que ocurren demasiado rápido, como los cambios en las fuerzas durante una colisión, son buenos candidatos para el uso de simulación. Por otra parte, procesos difíciles, peligrosos o costosos, tales como los realizados con materiales radioactivos o explosivos; o bien, sistemas complejos a gran escala como la ecología de los hábitats naturales, son todos ellos ejemplos del posible uso de simulación computarizada.

Sin embargo, conforme ha aumentado la experiencia en el uso de simulaciones se han hecho evidentes sus aportaciones desde el punto de vista cognitivo, desde el convencimiento de los beneficios del aprendizaje exploratorio. Bliss y Ogborn (1989) describen las simulaciones computacionales como programas en los que la computadora actúa como una herramienta exploratoria, dando soporte a una actividad del mundo real y facilitando el entendimiento del usuario en procesos que de otra forma podrían ser inaccesibles, en sistemas dinámicos complejos. Esta perspectiva cognitiva, propone Harper (2000), es intrínsecamente compatible con un punto de vista constructivista del aprendizaje.

Las simulaciones se han clasificado como simbólicas y experienciales (Gredler, 1996). Las simbólicas son representaciones dinámicas del comportamiento de un sistema, un conjunto de procesos o fenómenos. Las experienciales buscan establecer una realidad psicológica y sitúan a los aprendices en roles definidos en esta realidad. Sus componentes, según Gredler, son: a) escenarios de una tarea compleja que se desarrolla en parte como respuesta a las

acciones del usuario; b) roles o papeles determinados que el usuario juega en la simulación; c) múltiples alternativas a través de la experiencia; y d) control del usuario en la toma de decisiones.

El paquete computacional que presentan Harper, Squires y McDougall es experiencial pero incorpora simulaciones simbólicas. Las características de este sistema son de una gran riqueza en el uso y en la aplicación de recursos: los estudiantes tienen acceso al medio ambiente del río a través de un Centro de Investigación del Agua simulado a través de metáforas de interfaz, tales como libros y periódicos. Esto incluye libros de plantas y animales del río, listas de reportes de televisión o de radio, entrevistas, recortes de periódicos y un archivo con artículos técnicos e informes de investigación. Contiene también un cuaderno de notas multimedia en el que se puede guardar video, audio, gráficas y textos, un reproductor de video, y un conjunto de herramientas de medición. Los datos químicos y biológicos pueden recolectarse seleccionando lugares y pidiendo valores tales como la temperatura, el nivel de acidez (pH), el conteo de células de algas y bacterias. Estos recursos proporcionan una forma de personalizar la interacción del usuario con el *software*, y se espera que esto conduzca a la sensación de una mejor apropiación del conocimiento.

El uso de simuladores simbólicos combinados con la simulación experiencial corresponde, según los autores, a las siguientes características del enfoque constructivista del aprendizaje: a) enriquece la calidad del proceso de resolución de problemas, ya que el usuario actúa inmerso en un proceso real situado, manipulando varios parámetros causales y probando hipótesis con consecuencias y riesgos reales, en un marco temporal manejable. Los simuladores se han diseñado para permitir al estudiante anclar su entendimiento cognitivo a través de su acción en una situación determinada; b) los simuladores ofrecen una representación visual del contexto, así como múltiples entradas y salidas. Algunas de éstas pueden ser observadas como representaciones visuales, numéricas o gráficas.

Los autores proponen que la liga dinámica de simulaciones experienciales y simbólicas proporciona nuevos enfoques para dirigir un problema pedagógico inherente a los enfoques

constructivistas de aprendizaje y enseñanza: ¿Cómo puede proporcionarse a los estudiantes medio ambientes de aprendizaje complejos, de tal forma que la complejidad estimule la exploración y la experimentación en vez de crear confusión e inseguridad? Lo que ellos denominan el “paradigma de la simulación híbrida”, proponen, abre la posibilidad de un nuevo paradigma de diseño para simulaciones educativas.

En esta perspectiva de desarrollo de *software* acorde con la teoría constructivista de aprendizaje, puede ubicarse la propuesta de Kashihara y Kinshuk (2000), quienes bajo la metodología denominada “Control del espacio de exploración” (ESC por sus siglas en inglés), desarrollan un sistema interactivo de aprendizaje basado en simulaciones.

Esta metodología, desarrollada por los autores del sistema, consiste en el control de la exploración del espacio de aprendizaje de acuerdo a diversos factores, que atienden tanto a la complejidad de los contenidos como a la competencia de los educandos, sus niveles de entendimiento, sus experiencias y características individuales. El control se realiza a través de la restricción de las herramientas de exploración que se proporcionan en la interfaz de usuario, así como en la variación en la cantidad y tipo de información que se presenta al mismo. El objetivo de estos controles es que los esfuerzos cognitivos de los usuarios en el desarrollo y aplicación de conceptos relativos al dominio de aprendizaje no causen una “sobrecarga cognitiva”. De hecho, esta estrategia constituye otra alternativa en la resolución de la problemática antes planteada, es decir, a la necesidad de proporcionar a los estudiantes un ambiente que estimule la exploración y la experimentación sin crear en ellos confusión e inseguridad.

Desde las ciencias cognitivas se han realizado diversos estudios en torno al papel de la computadora como mediadora de la adquisición de conocimiento. En la línea más general se encuentra la obra ya clásica en ciencias cognitivas de Howard Gardner: La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva (1988). Un trabajo más reciente desde esta perspectiva es el de Kieran Egan que aborda la problemática de las herramientas cognitivas que moldean el aprendizaje en su libro “The educated mind” (1997). Una excelente compilación de los trabajos realizados desde las ciencias cognitivas se encuentra en

MITECS, la Enciclopedia de las Ciencias Cognitivas desarrollada y publicada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). La obra contiene trabajos desde las diversas disciplinas que constituyen el conjunto de las llamadas ciencias cognitivas, y en particular proporciona un panorama bastante completo acerca de los trabajos realizados desde la inteligencia artificial y la simulación por computadora.

En su obra “El Paisaje Mediático”, el investigador brasileño Arlindo Machado (2000) aborda *desde la comunicación* el tema de los medios audiovisuales. Este autor es considerado, en el ambiente académico latinoamericano, como el mayor teórico sobre medios audiovisuales en América Latina. (La Ferla, 2000).

Frente a las dos perspectivas extremas que satanizan y devalúan, por una parte, el papel de los medios audiovisuales en general y de la imagen en particular en los procesos cognitivos, y aquellos que por otro lado, apoyados en un ingenuo determinismo tecnológico, proponen el advenimiento inminente del paraíso digital, el trabajo de Machado plantea una forma de teorizar sobre la imagen técnica y los medios desde la función que la simulación y la modelación desempeñan en el campo científico contemporáneo como *generadores de conocimiento* (Russo, 2000). Así, este autor parte de la necesidad inminente de un conocimiento profundo del pensamiento científico y técnico que da lugar a las imágenes y procesos que pretende teorizar.

Machado comparte con Martín Barbero, Orozco Gómez y García Canclini la concepción del papel de los medios en las sociedades contemporáneas como el resultado de un intrincado proceso de negociación de sentido entre los signos (mensajes culturales producidos por estos medios), la(s) realidad(es) de las cuales ellos tratan o que ellos crean, y quienes interpretan entre esos signos y esas realidades (las instancias sociales que les dan sentido).

El trabajo de Machado realiza un recorrido amplio y detallado por los diferentes ámbitos en que las imágenes tienen un papel preponderante como lenguaje y forma de representación y conocimiento: la fotografía, la televisión, el cine, el arte y la ciencia. Para efectos del

presente trabajo, centraremos la atención en el estudio y teorización de este autor acerca de la importancia de *pensar con imágenes* en el ámbito de las ciencias naturales y exactas. Machado establece explícitamente su interés por rescatar la función de lo icónico en la arquitectura conceptual, proponiendo que esta se constituye en una conjunción multimediática en la que interactúan imágenes, modelos, simulaciones y lenguaje verbal: “de lo que se trata es de desplegar las imágenes que nos permitan entender los mundos que habitamos” (2000; p. IV).

Al abordar el tema de la imagen en la ciencia, nos recuerda como el pensamiento científico, de Kepler a Einstein, de Newton a Mandelbrot, estuvo estrechamente vinculado a la notación iconográfica y a la imaginación diagramática; más aún, citando el estudio de Harry Robin (1992) sobre la imagen científica, plantea que la imagen es una forma de construcción de pensamiento tan sofisticada que, sin ella, probablemente no hubiera sido posible el desarrollo de ciencias como la biología, la geografía, la geometría, la astronomía, la medicina, entre otras tantas. Se apoya también en los estudios históricos del pensador francés Francois Dragonet, a los que se refiere como “el más amplio abordaje de la imagen como fundamento del pensamiento riguroso y complejo”. Este autor confiere un peso fundamental a la imagen en el surgimiento de la ciencia moderna, proponiendo que esta “constituye un instrumento heurístico privilegiado: ni un embellecimiento, ni una simplificación o incluso un recurso pedagógico de fácil difusión, sino una verdadera reescritura, capaz, ella sola, de transformar el universo y reinventarlo” (Dragonet, 1973, p. 86).

Son estos supuestos y planteamientos los que fundamentan los estudios que Machado realiza en torno a la imagen digitalizada, y más particularmente a los modelos de simulación computarizados utilizados en la ciencia actual. Coincide también con los conceptos que sustentan la propuesta de Pierre Lévy (1993) relativa a la Ecología Cognitiva. Ambos trabajos se sitúan en la perspectiva de la comunicación, y es por ello que serán tomados como referencia permanente a lo largo de este trabajo.

En su libro “Las Tecnologías de la Inteligencia”, Pierre Lévy propone los postulados básicos de lo que él denomina una ecología cognitiva. El autor la define como el estudio de las dimensiones técnicas y colectivas de la cognición, y propone que lo que constituye a esta ecología son los procesos de interrelación entre el aparato cognitivo humano, las tecnologías intelectuales y los sistemas semióticos proporcionados por las culturas. Así, el pensamiento y ciertos tipos específicos de racionalidad emergen como resultado de una red de conexiones entre los componentes mencionados, conectados mediante interfaces y cuya función es transformar y traducir representaciones. A partir de estos postulados, ubica el estudio de los sistemas de representación computacionales, en particular los de simulación y modelación, como una clase determinada de tecnologías intelectuales. En el próximo capítulo de este trabajo se realizará un análisis detallado de la propuesta de este autor, ya que será tomada como sustento teórico en la investigación.

En la perspectiva de la comunicación es indispensable hacer referencia a las publicaciones electrónicas que están dedicadas explícitamente a la reflexión en torno al papel que desempeñan las tecnologías electrónicas en los procesos de cognición, aprendizaje y comunicación. Destaca entre ellas la publicación española *en.red.ando* (En.red.ando, 2002) que si bien se orienta hacia la comunicación mediada por computadora en general, incluye artículos, referencias y trabajos de investigación que tienen como principal objeto de estudio a los sistemas de representación computacionales. Esta publicación difunde tanto los trabajos de investigación realizados por los estudiantes de la maestría virtual que forma parte del sitio *enredando.com*, como traducciones de trabajos publicados en otras revistas electrónicas especializadas (*journals electrónicos*), tales como el *Journal of computer mediated communication* (2002), *C-Theory*, *Edge* y *On-line Journalism Review* que a su vez son avaladas por instituciones educativas de diversas regiones del mundo.

Para efectos de este estado de la cuestión es relevante el trabajo de tesis de comunicación publicado en febrero de 2002 en la sección *enmedi@+enredandos* de la revista *en.red.ando*, titulado “Del cálculo a la comunicación. Tecnologías digitales: usos sociales y modos de conocer”, presentado en enero de 2001 en la Universidad de Diego Portales de Santiago de Chile por Edgardo Toledo y Silvana Comba (Toledo, 2002). El estudio consiste

en una exploración sobre las formas en que diversos profesionistas utilizan los computadores y como éstas modifican sus formas de conocimiento y su práctica profesional. El trabajo aborda la relación de los individuos con la tecnología computacional en general y sólo se refiere tangencialmente a los sistemas de representación, sin embargo, proporciona un punto de apoyo valioso para esta investigación, ya que los ejes de análisis son precisamente el cognitivo y el comunicacional y los sujetos de estudio son profesionistas, lo que constituye importantes elementos de coincidencia.

En cuanto a la realidad virtual como ámbito de simulación se han realizado múltiples estudios relativos a sus alcances, posibilidades, influencias y repercusiones. Mencionaré el del físico cuántico David Deutsch incluido en su libro “La estructura de la realidad”, (1999, pp. 106-129) donde propone una teoría totalizadora a partir de cuatro ejes: la física cuántica, la epistemología, la teoría computacional y la teoría de la evolución. Aborda el estudio de la realidad virtual como la manifestación física del concepto de universabilidad, concepto que pertenece a la teoría de la computabilidad. Define la realidad virtual como cualquier situación en que una persona pasa de modo artificial por la experiencia de encontrarse en un entorno específico. De tal manera que todos los sistemas de representación computacional pueden incluirse en esta definición, aunque el término realidad virtual se reserve para los casos en que se dan simultáneamente una amplia cobertura del espectro sensorial del usuario y una intensa interacción entre éste y las entidades simuladas. El análisis de este autor es desde el punto de vista de las experiencias del usuario, así como de la plausibilidad de reproducción de algún entorno determinado. En este sentido, resulta interesante revisar sus planteamientos en cuanto a la relación del método científico y la producción del conocimiento, y la construcción de entornos físicamente posibles en realidad virtual.

El recorrido en torno a lo virtual que realiza Philippe Quéau en su obra “Lo virtual: virtudes y vértigos” (1995) proporciona una sesuda reflexión relativa a la percepción de estas realidades creadas a través de las computadoras así como a los cambios cualitativos que generan en la forma de aprehender y aprender. La obra de Howard Rheingold: “Realidad Virtual: los mundos artificiales generados por ordenador que modificarán nuestras vidas”

(1994) combina reflexiones sobre la virtualidad desde perspectivas filosóficas y sociales. Desde las ciencias sociales, más concretamente desde estudios culturales destaca ensayo “Cartografiar el espacio: las tecnologías de formación de imágenes y el cuerpo planetario” de Jody Berland (1998).

Desde el estudio de los medios, en la línea de McLuhan, Derrick de Kerckhove analiza algunos aspectos de la realidad virtual y su acceso a través de Internet en su libro “The Skin of the Culture” (1995). Tal vez este libro forme parte de una investigación más profunda, ya que el mismo resulta demasiado superficial en su aproximación a “la nueva realidad electrónica”, como el mismo la denomina. Otros autores como Alejandro Piscitelli han abordado el tema del papel de la computadora en diversos entornos, particularmente el libro de “Ciberculturas” y el de “Post/televisión” revisan varios aspectos relativos a la interacción con la computadora, en esta último sobretodo, dedica un capítulo al aprendizaje mediado por computadora y hace referencia a los estudios de Papert (1998, pp. 227-47) .

Desde el ángulo de la producción de conocimiento con la utilización de sistemas de representación computacionales, los trabajos eminentemente técnicos no serán mencionados aquí, ya que el aspecto técnico computacional no forma parte de los objetivos de este trabajo. Sin embargo, se incluirá bibliografía relativa a investigación en ciencias computacionales, para efectos de consulta. En particular, es recomendable la revisión que realiza Roger Mc Haney, en los tres primeros capítulos de su libro, donde aborda los principales conceptos involucrados en la elaboración de estos modelos, con algunos tecnicismos, pero accesible para lectores no especialistas en el área de la computación (1991, pp.1-54). Existen, además, muchos trabajos que reportan el uso de estos modelos por parte de los científicos, su utilidad y los resultados que se han podido obtener, ejemplo de ello son los libros “Introduction to Computer Simulation” de Nancy Roberts (1983) y “A.I. Simulation and Modeling” de Lawrence E. Widman (1989).

Una referencia obligada en el ámbito de la práctica profesional de la simulación computarizada es la publicación periódica de la *Society for computer simulation*, titulada *Simulation*, y que aparece mensualmente desde 1964. El sitio de Internet correspondiente a esta organización cuenta con artículos, resúmenes de investigaciones, información actualizada de congresos y reuniones académicas relacionadas con la simulación, así como gran cantidad de ligas y referencias a sitios y publicaciones sobre el tema. (SCS, 2002). En la sección histórica de este sitio es posible encontrar documentos correspondientes a los reportes del *Simulation Council* desde 1952, fundado por Suzette y John Mc Leod, quienes pertenecen actualmente al consejo editorial de *Simulation*, la consulta a estos documentos permite tener un panorama de la evolución de la tecnología computacional empleada para el uso concreto de la simulación desde sus orígenes hasta los años sesenta.

Como se ha mencionado al inicio de este capítulo, los src son objetos complejos que presentan múltiples dimensiones desde las cuales abordar su estudio. Para los objetivos concretos de esta investigación, se hará alusión principalmente a los trabajos de Arlindo Machado y Pierre Lévy, así como a la corriente pedagógica constructivista. El concepto de cultura y comunicación que enmarcará estos trabajos se hará explícito en el próximo capítulo, y se mostrará cómo, desde este marco y a partir de los postulados de la ecología cognitiva, se desprenden los conceptos de ciencia y tecnología que darán soporte a esta investigación.

2. La ciencia y las tecnologías intelectuales: partes constitutivas del tejido cultural.

*El conocimiento científico lo producimos todos;
todos entramos y salimos de la ajetreada ciudad
de la producción de conocimiento.*
Emily Martín

Entre las múltiples perspectivas desde las que se ha emprendido el estudio de los sistemas de representación computacionales, y que se han referido en el capítulo anterior, esta investigación buscará enriquecer la discusión en torno al papel que estos sistemas desempeñan como mediadores entre diferentes comunidades científicas, es decir, su función como lenguaje común o sistema de representación compartido para la consecución de uno de sus objetivos primordiales: la facilitación de la apropiación del conocimiento científico por parte de los usuarios-interactuantes.

Al ser tanto el conocimiento científico como el proceso de apropiación del mismo, las partes medulares de esta discusión, los ejes principales que se plantean para el análisis son el cognitivo y el comunicacional. Estos ejes están contenidos y serán abordados desde el marco de análisis cultural propuesto por Thompson (1993) y a partir de los planteamientos teóricos del concepto de Ecología Cognitiva elaborado por Pierre Lévy (1993). En este capítulo se exponen los postulados principales que sustentan ambas propuestas, así como la forma específica de recurrir a ellas en esta investigación.

Por otra parte, los sistemas de representación computacionales (src) constituyen un vínculo singular entre ciencia y tecnología, como se hará explícito en capítulos posteriores. Por ello es necesario exponer también cómo es que estas prácticas sociales y sus manifestaciones se encuentran insertas en los fenómenos culturales.

Comunicación, cultura y representaciones.

Plantear a la comunicación como uno de los ejes en torno a los cuales gira este estudio impone, primordialmente, hacer explícitos los conceptos de comunicación y cultura a los cuales se adhiere este trabajo. No se hará referencia en este espacio a las múltiples acepciones y definiciones que ambos términos han adquirido a través de la historia,¹ más bien, se intentará aclarar cómo las acepciones elegidas han derivado precisamente en la selección de un soporte teórico y una metodología particulares para realizar la investigación.

Esta investigación pretende situarse en el marco amplio del estudio del mundo sociohistórico en tanto que campo significativo, esto es, el estudio de las maneras en que individuos situados en él producen, construyen y reciben expresiones significativas de diversos tipos. Asimismo, el estudio se adhiere a la concepción de cultura que se refiere al repertorio de esquemas simbólicos que organiza, para una sociedad o un grupo determinado, el universo de significaciones de donde derivan su sentido y su fuerza de reproducción los comportamientos de sus miembros (Giménez, 1999)

Más que un concepto fijo y definido, la comunicación es un proceso inherente a la actividad humana, es parte del medio ambiente en que el ser humano habita (Carey, 1998). Este proceso intersubjetivo se realiza a través de un intercambio simbólico cuyo fin es la construcción común de sentido (Fuentes, 2000). Para esta construcción de sentido es necesario compartir sistemas de representación a través de un sistema de signos común, esto es, un lenguaje.

¹ En el caso de la comunicación, James W. Carey realiza una amplia revisión de los significados que se han asignado a este término en su libro “Communication as Culture”, (1988). Asimismo, el surgimiento y posteriores modificaciones en la acepción del término *cultura* son referidas por Thompson en el capítulo 3 de “Ideología y Cultura moderna” (1990).

En el libro “The work of representation”, Stuart Hall, (1997) académico inglés dedicado fundamentalmente a la disciplina denominada “estudios culturales”, plantea que compartir los sistemas de representación nos permite interpretar el mundo de forma equivalente y que en esto consiste, precisamente, pertenecer a una misma cultura.²

Thompson (1993) formula la concepción estructural de la cultura como una ampliación a la concepción simbólica de ésta, en la que los fenómenos culturales son fenómenos simbólicos, y el estudio de la cultura es el estudio de la interpretación de los símbolos y de la acción simbólica. La modificación que introduce Thompson consiste en incorporar el hecho de que los fenómenos culturales se insertan siempre en contextos sociales estructurados. Bajo la concepción estructural de la cultura, el análisis cultural será el estudio de la constitución significativa y la contextualización social e histórica de las formas simbólicas

Para abordar el estudio de los sistemas de representación computacionales (src) desde la comunicación como parte indisoluble de la cultura es necesario ubicar a éstos sistemas en su dimensión simbólica, como sistemas de representación compartidos por ciertas comunidades cuyos vínculos se establecen en términos de pertenencia al campo científico. Asimismo, la interacción que los miembros de estas comunidades establecen con los src se concibe como parte de una práctica profesional histórica y socialmente situada, cuyas características responden tanto al desarrollo específico de la tecnología y la ciencia en los contextos de producción, transmisión y recepción de los sistemas, como al entorno institucional en que se desarrolla la disciplina que los incorpora al quehacer profesional.

Será necesario, por lo tanto, realizar en el proceso de análisis un recorrido histórico de la incorporación de las tecnologías computacionales en general, y de los sistemas de representación en particular, a las disciplinas de geomática y meteorología que se han seleccionado para ejemplificar los planteamientos teóricos de esta investigación, así como realizar una ubicación de la práctica de estas disciplinas en un marco institucional específico.

² En el siguiente capítulo se aborda con detalle el concepto de representación propuesto por este autor.

En el siguiente capítulo se mostrará que los sistemas de representación computacionales son formas simbólicas estructuradas de acuerdo a la caracterización propuesta por Thompson (1993). Esto permitirá sentar las bases necesarias para la aplicación del análisis cultural a la interacción de los profesionales con los sistemas de representación computacionales, bajo la metodología de la hermenéutica profunda, ubicando de esta forma tanto su dimensión simbólica como su contextualización socio histórica. Con ello se buscará enriquecer la comprensión del papel de la interacción de los individuos con los src en el proceso creativo de construcción de significado y consecuente apropiación del conocimiento científico. En capítulos posteriores se describirá la aplicación de este análisis, así como las fases que comprende la metodología.

Un medio ecológico: cultura, mente y tecnologías intelectuales

Los postulados que sentarán las bases para situar el análisis en el eje cognitivo serán proporcionados por una propuesta cuya peculiaridad consiste en abordar la cognición desde una perspectiva comunicacional. En el libro “Las Tecnologías de la Inteligencia” Pierre Lévy (1993) desarrolla un recuento histórico del desarrollo de la especie humana en términos de su vínculo con lo que él denomina tecnologías intelectuales. Ver la historia desde esta perspectiva permite hacer énfasis en la emergencia de formas simbólicas a partir del desarrollo de este tipo particular de tecnologías, en las que el lenguaje hablado aparece como la tecnología intelectual fundamental y trascendente a lo largo del contexto temporal en que se desarrolla el ser humano. El lenguaje escrito, la iconografía, los textos impresos, los medios de comunicación y los sistemas computacionales son todos ejemplos de tecnologías intelectuales que han participado en la construcción de la historia humana.

Los sistemas de representación computacionales constituyen una forma particular de tecnologías intelectuales que, en el momento histórico en que se producen y reciben, contribuyen a la conformación de una forma específica de apropiación del mundo por parte

de los individuos que interactúan con las representaciones simbólicas de procesos complejos. Estas representaciones simbólicas se sitúan en diversos niveles de abstracción, ya que, en el nivel más alto, los conjuntos de ecuaciones que simulan un proceso y los resultados obtenidos al resolverlas pueden representarse a través de símbolos matemáticos; un siguiente nivel puede asociarse a patrones visuales que representen relaciones entre los resultados obtenidos, tales como histogramas, barras, etc. o bien conjuntos de símbolos que, bajo ciertas convenciones, puedan interpretarse como una representación visual “gruesa” – con muy bajo nivel de detalle- de los resultados. En el nivel más bajo de abstracción, que a su vez corresponde al nivel más alto de representación que se ha conseguido hasta el momento, se encuentran los modelos tridimensionales que incorporan múltiples características de los fenómenos representados, articulando a su vez gran cantidad de procesos concurrentes en los mismos y proporcionando una visualización integral de ellos, que, en algunos casos, incluye una sensación de *inmersión espacial* en los fenómenos por parte del interactuante. Como se ha mencionado antes, en esta investigación se hará referencia concretamente a estos src de visualización científica, es decir, aquellos sistemas computacionales que permiten hacer visualmente significativos los procesos que constituyen los modelos matemáticos de simulación de fenómenos físicos y naturales.

Más que adherirse a la tradición antropológica que propone a las tecnologías como una extensión de ciertas habilidades y capacidades humanas, Lévy concibe a las tecnologías intelectuales como constituyentes de una red en la que sus nodos y conexiones están imbricados con el aparato cognitivo humano. Esta red compleja de nodos cognoscentes proporciona un medio ecológico en el que se propagan las representaciones; de tal forma que si consideramos, de acuerdo con Hall (1997), que pertenecer a una misma cultura es compartir las representaciones, podemos concebir, en concordancia con los planteamientos de Lévy (1993), la existencia de un **aparato cognitivo amplio** cuya morfología corresponde a la de una red compleja en la que los nodos y conexiones están conformados por: el soporte semiótico que proporciona la cultura y que constituye un equipamiento cognitivo; las tecnologías intelectuales que –mediante formas simbólicas- almacenan, transforman y transmiten las representaciones; y el aparato cognitivo humano que construye representaciones cognitivas.

Así, propone Lévy, “las representaciones circulan y se transforman en un campo unificado, atravesando fronteras entre objetos y sujetos, entre la interioridad de los individuos y el cielo abierto de la comunicación” (1993, p.139) El aparato cognitivo amplio es, entonces, el gestador y reproductor del conocimiento social y la ecología cognitiva busca, de acuerdo a la propuesta de Lévy, estudiar las dimensiones técnicas y colectivas de la cognición.

En efecto, las tecnologías intelectuales son indisociables de toda forma de conocimiento, cuestión que se manifiesta a partir del surgimiento del lenguaje natural y hasta el desarrollo de los sistemas computacionales –por lo pronto-, incluyendo en el trayecto a todas las formas de representación simbólica que el ser humano ha diseñado e incorporado a sus prácticas sociales. Así, una modificación técnica es una modificación de la colectividad cognitiva, ya que implica nuevas analogías y clasificaciones, nuevos mundos prácticos, sociales y cognitivos.

La modificación técnica introducida por el desarrollo de sistemas computacionales que permiten visualizar el comportamiento de fenómenos físicos ha derivado en una modificación cognitiva por parte de los científicos, profesionales e interactuantes en general que acceden a los modelos tridimensionales a través de los dispositivos técnicos de interfaz de las computadoras, tales como el monitor, el teclado, el *mouse*, los equipos de realidad virtual o las impresoras y graficadoras. Una de las características más relevantes de estos sistemas –y que les confiere la capacidad de dar acceso a formas efectivamente nuevas de conocimiento- es que proporcionan la posibilidad de visualizar en los fenómenos físicos la concurrencia de procesos que hasta el momento **no habían podido ser visualizados por ningún instrumento o conjunto de instrumentos simultáneamente**. Esta característica muestra, por ejemplo, comportamientos de elementos del sistema solar que se habían conocido a través de ecuaciones, modelos o gráficas, tales como los movimientos de la luna alrededor de la tierra y de esta alrededor del sol, pero que hasta el momento no habían sido visualizados en conjunto, en una concurrencia de los procesos que simultáneamente se llevan a cabo en estos movimientos. Esto se traslada a dimensiones macro y microcósmicas en las que los instrumentos de observación son insuficientes para visualizar elementos en

las escalas y distancias en que ocurren ciertos fenómenos naturales. A partir de los desarrollos de la Física y las Matemáticas se han construido modelos de simulación de estos fenómenos, y los sistemas de representación de la disciplina conocida como visualización científica, como se comentó antes, hacen visualmente significativos a los modelos.

Lévy plantea, por otra parte, que dependiendo del contexto en que estas tecnologías se incorporen al tejido de la sociedad, cada actor social reinterpretará las posibilidades de uso de las mismas, atribuyéndoles un nuevo sentido. Bajo estas consideraciones, “la razón no puede considerarse un atributo esencial e inmutable de la raza humana, sino más bien un efecto ecológico que se sustenta en el uso de tecnologías intelectuales variables en el espacio e históricamente situadas.” (1993, p.152)

En efecto, el uso diferenciado de los sistemas de representación computacionales desde diversas disciplinas, confiere a los mismos otras tantas significaciones, a partir de los marcos de referencia y entornos de interpretación en que se realice la interacción con ellos. Así, la visualización de una determinada área geográfica podrá ser interpretada de diversas formas por geógrafos, biólogos, antropólogos o artistas, de tal manera que su contribución a la gestación de conocimiento será diferente en cada caso. Es importante destacar la coincidencia de este postulado de la ecología cognitiva con los planteamientos que Thompson realiza respecto a la especificidad referencial de las formas simbólicas, que serán desarrollados en el próximo capítulo, y serán a su vez retomados en el capítulo correspondiente a las conclusiones de este trabajo.

El otro componente del aparato cognitivo amplio es el aparato cognitivo humano entre cuyas características destacan sobretodo la percepción, la imaginación y la manipulación. En la perspectiva de las ciencias cognitivas, desde la corriente conexionista y los estudios recientes de inteligencia artificial, (Hofstadter, 1995) se considera a la percepción como la fuente primaria de conocimiento, que en conjunto con mecanismos de asociación y construcción de analogías conforma las representaciones cognitivas. La facultad de manipular permite, además, reordenar el mundo exterior, de tal forma que estas

representaciones, con la participación de los sistemas semióticos, puedan interpretarse y adquirir significado.

Los supuestos de la ecología cognitiva plantean que las tecnologías intelectuales, aunque pertenecen al mundo sensible exterior, también participan de forma fundamental en el proceso cognitivo. “Encarnan una de las dimensiones objetivas de la subjetividad cognoscente. Los procesos intelectuales no involucran sólo a la mente, ponen en juego cosas y objetos técnicos complejos de función representativa y los automatismos operativos que los acompañan”. (Lévy, 1993, p.160)

Los componentes de la red de nodos cognoscentes provienen tanto del aparato cognitivo humano como de los componentes de las tecnologías intelectuales, y las interconexiones que establecen entre ellos desempeñan un papel fundamental en la construcción de significado y posterior gestación de conocimiento: el de interfaces, cuya función principal es la transformación de las representaciones.

La convergencia de desarrollos tecnológicos que da lugar a los sistemas de representación computacional correspondientes al área de la visualización científica involucra la articulación de una densa red de interfaces, ya que los procesos de “traducción” de la naturaleza hacia representaciones visualizables y capaces de ser manipuladas computacionalmente implican a su vez la confluencia de múltiples códigos, atravesando, consecuentemente, otros tantos procesos de interpretación. Las características específicas que adquiere la red de nodos del aparato cognitivo amplio en los src, con los ejemplos de la geomática y la meteorología, será parte de la fase de análisis estructural de esta investigación, que será desarrollada en el capítulo sexto de la misma.

A partir de los planteamientos de la ecología cognitiva, con las precisiones realizadas en este capítulo y precisamente desde el eje de análisis cognitivo, consideraremos en esta investigación a los src como un caso particular de tecnologías intelectuales. En el capítulo siguiente mostraremos como estos sistemas, desde el eje de análisis comunicacional, son formas simbólicas en contexto, con base en las características que Thompson atribuye a

éstas. En los capítulos correspondientes al proceso de interpretación se articularán los elementos analíticos resultantes de ambos ejes, soportando esta articulación en el referente empírico proporcionado por los src de las áreas de la geomática y la meteorología. Abordar el estudio de los src desde esta perspectiva proporcionará las categorías de análisis pertinentes para emprender la búsqueda de posibles respuestas a la pregunta de investigación que conduce este trabajo.

Ciencia y tecnología como partes constitutivas del tejido cultural.

Los estudios sociales de la ciencia han abarcado perspectivas tan diversas como las de la misma sociología, la historia, la filosofía, los estudios culturales y la antropología; disciplinas desde las que se han desarrollado diferentes enfoques para la comprensión de la ciencia y su papel en la sociedad. Dorothy Nelkin expone un panorama detallado de la evolución histórica de este campo interdisciplinario (Nelkin,1998) mostrando las convergencias y similitudes de los estudios, así como las discrepancias en cuanto a focos de interés y concepciones de la ciencia. Una de las perspectivas que destaca como aglutinadora de otras propuestas y generadora de nuevas tendencias en estos estudios es la de los construccionistas, cuyas premisas han sido una influencia significativa en el campo del estudio de la ciencia. A partir de éstas, señala, “la ciencia ya no se acepta como algo ajeno a los códigos culturales, a las fuerzas sociales y económicas y a los intereses profesionales” (p. 50).

Ante la gran cantidad de tendencias y plataformas epistemológicas en las que se ubican los estudios sociales de la ciencia, es importante realizar algunas consideraciones en tanto a las concepciones a las que se adhiere este trabajo. En primer lugar, las deliberaciones en torno a la validez de los resultados científicos como *verdades* inobjectables no serán objeto de discusión en la presente investigación. Así, la ciencia será aludida en tanto una forma o modelo de conocimiento y explicación de un mundo en el que intervienen tanto factores naturales como elaboraciones humanas. En segundo lugar, la práctica científica será considerada en su contexto social e histórico de realización, como un componente dinámico

del entramado social y cuyas formas particulares de llevarse a cabo están condicionadas por el entorno y a su vez influyen en la manera específica de obtener e interpretar sus resultados. Este entorno será referido tanto en sentido amplio, es decir en tanto contexto nacional e institucional, como en el ámbito del desarrollo profesional y personal de los sujetos involucrados en la práctica científica. Finalmente, el tercer factor a considerar se refiere a la concepción del conocimiento científico como un tipo de conocimiento particular que corresponde a un método predeterminado y a la incorporación de estructuras matemáticas para su construcción, y cuyos elementos se encuentran en constante movimiento y transformación. Asimismo, este conocimiento, como todo conocimiento social, es gestado por los componentes del aparato cognitivo amplio al que se hace referencia en la sección anterior.

La creciente dificultad para establecer las fronteras entre ciencia y tecnología se presenta de manera especialmente interesante en los sistemas de representación computacionales, ya que estos son resultado de la confluencia de múltiples disciplinas científicas –física, electrónica, matemáticas, ciencias computacionales, geografía, biología, etc.- y otros tanto desarrollos tecnológicos –sistemas computacionales, satélites, radares, aparatos de medición, estaciones meteorológicas, etc.-, e influyen a su vez en la construcción de elementos correspondientes tanto al conocimiento científico como a la producción de nuevas tecnologías.

A partir de estas consideraciones se emprende el análisis cultural de una forma específica de apropiación del conocimiento científico, cuya peculiaridad consiste en la incorporación de un tipo particular de tecnologías intelectuales que, a la vez que proporcionan una representación simbólica de resultados obtenidos mediante la práctica de diversas ciencias, están configuradas de tal forma que permiten interactuar con estos resultados, modificarlos, re-construirlos e incorporarlos a procesos de producción y construcción de nuevo conocimiento. Así, la tecnología desempeñará un papel protagónico en esta investigación, pero siempre en tanto red de nodos cognoscentes, interactuando tanto con los componentes del aparato cognitivo humano como con el equipamiento cognitivo proporcionado por la cultura.

3. Los sistemas de representación computacionales (SRC) como formas simbólicas estructuradas.

En el capítulo anterior se han planteado los conceptos y supuestos básicos a partir de los cuales se realizará el proceso de análisis de los src, tanto en lo que respecta al marco metodológico, que corresponde al análisis cultural propuesto por Thompson, como al soporte teórico proporcionado por el concepto de ecología cognitiva que plantea Lévy.

Partiendo de lo anterior, en este capítulo se realizará la caracterización de los src como formas simbólicas estructuradas, condición indispensable para la realización del proceso de análisis cultural. Siendo la representación el eje principal en torno al cual se describen los aspectos distintivos de las formas simbólicas, así como la parte medular de los sistemas a analizar, es necesario hacer explícito el concepto de representación que será considerado a lo largo de todo este trabajo; así, la primera sección de este capítulo hará referencia a las tres perspectivas desde las cuales se aborda este concepto en el análisis de los src: social, cognitiva y simbólica. Los src utilizan una forma específica de representación de los fenómenos naturales, misma que agrupa las tres perspectivas mencionadas, y que se denomina comúnmente *simulación*; la segunda sección de este capítulo expone las características de esta forma de representación que son relevantes para el análisis. La tercera sección muestra que los src, considerando las precisiones realizadas en las dos primeras secciones, pueden ser analizados como formas simbólicas estructuradas o fenómenos de significación, según los planteamientos de Thompson antes referidos.

En cada una de estas secciones se vincularán las propuestas teóricas correspondientes a los conceptos a tratar, con los casos concretos de los sistemas de representación computacionales utilizados en las ciencias de la geomática y la meteorología, mismas que, como se ha expuesto al inicio de este trabajo, constituyen los casos de estudio prácticos seleccionados para ejemplificar los planteamientos teóricos en torno a los src.

La representación en sus tres acepciones: social, simbólica, cognitiva.

Como un paso previo a la caracterización de los sistemas de representación computacionales como formas simbólicas estructuradas, es necesario aclarar el concepto mismo de representación. En este trabajo consideramos tres acepciones fundamentales para este concepto: las representaciones sociales, las representaciones simbólicas y las representaciones cognitivas.

El concepto de representación social es desarrollado por Stuart Hall en “The work of representation” (1997) desde una perspectiva constructivista. Sitúa a este concepto en un lugar preponderante para el estudio de la cultura y propone que una representación es la producción del significado de los conceptos en nuestras mentes a través de un lenguaje. De manera más amplia, la define como el proceso a través del cual los miembros de una cultura usan un lenguaje –definido éste como un sistema de signos- para producir significado. Una representación involucra, entonces, la construcción de significado a partir de la construcción de enlaces entre tres diferentes ámbitos: el mundo de las cosas, personas y experiencias; el mundo conceptual; y el mundo de los signos organizados en lenguajes. Hall propone que las representaciones forman parte de un sistema, que él denomina “sistema de representación”, debido a que no se trata de conceptos individuales, sino de formas diferentes de organizar, agrupar y clasificar conceptos, así como de establecer relaciones complejas entre ellos. Compartir los sistemas de representación nos permite interpretar el mundo de forma equivalente y, de acuerdo a Hall, en esto consiste “pertenecer a una misma cultura”.¹

En el caso de los src la representación de los fenómenos naturales es configurada a través de una red compleja de lenguajes y códigos, que, como se verá más adelante, se estructuran mediante interfaces. Atendiendo a la perspectiva de la representación social planteada por Hall, el sistema de representación y el lenguaje compartidos por los productores de los src y

¹ Es importante destacar que este concepto de cultura es compatible con el que propone Thompson, mismo que está descrito en el capítulo 2 de este trabajo y que sienta las bases para el análisis cultural de los src.

los múltiples usuarios de los mismos son, fundamentalmente, los de la disciplina o ciencia a la que éstos son asociados. En efecto, la reestructuración de competencias que proporciona la formación profesional permite acceder a ciertos sistemas de representación, y por lo tanto, otorga la pertenencia a una determinada comunidad. Así, el modelo socialmente compartido de la esfera con los continentes en determinada posición será aceptado como la representación de la Tierra; pero será necesaria una formación profesional en meteorología para interpretar el conjunto de curvas de colores que cubren un mapa como representaciones de “frentes fríos” o “altas presiones”; es decir, será necesario pertenecer a la comunidad científica que comparte esos códigos y los interpreta de forma similar. De esta forma, el científico o profesionalista que interactúa con las representaciones computacionales vincula el mundo de su experiencia cotidiana –en el que tal vez un día soleado se asocia con “buen tiempo” o un huracán con “peligro”- con los conceptos correspondientes a su disciplina y construye un significado que puede compartir con los miembros de su comunidad científica o profesional.

Los sistemas de representación se comparten a través de un sistema de signos, o lenguaje. Estos signos representan los conceptos y las relaciones conceptuales entre ellos, de tal forma que conforman el sistema de significados de una cultura. Con los sistemas de signos que constituyen los lenguajes se elaboran las representaciones simbólicas. El significado depende de la función simbólica de los signos. Una palabra, un sonido o una imagen simbolizan o representan un concepto, funcionando así como un signo y participando en el proceso de construcción de significado por parte del sujeto.

Gavriel Salomon aborda el tema de la construcción de significado desde las representaciones a través de formas simbólicas (1997). Propone que las formas simbólicas de representación afectan el aprendizaje y el pensamiento; asimismo, plantea que éstas tienen influencia en los significados que se construyen, en las capacidades mentales que entran en juego y en las formas que vemos el mundo. Diferentes formas de representación apuntan a diferentes aspectos del mundo que nos rodea, dándonos así la oportunidad de aprender de cada forma de representación algo diferente acerca del mundo. Respecto al significado que cada quien construye a partir de las representaciones de las formas

simbólicas, Salomon plantea que éste se ve afectado tanto por las representaciones en sí mismas, como por las estructuras de conocimiento previas que cada persona tiene.

Los src, como se ha dicho antes, utilizan una forma de representación simbólica denominada simulación, cuyas peculiaridades serán descritas en la siguiente sección de este capítulo.

La representación cognitiva se construye, de acuerdo a los planteamientos de Douglas Hofstadter (1995) y su grupo de trabajo,² gradualmente como resultado de diversas presiones evocadas por un contexto dado. El proceso de construcción consiste en una interacción continua entre procesos de percepción y procesos de elaboración de analogías. El proceso perceptual es definido como la configuración de situaciones en representaciones apropiadas para un contexto dado. De esta forma, la percepción produce una estructura particular para la representación de una situación y el proceso de elaboración de analogías hace énfasis en ciertos aspectos de esta estructura.

Hofstadter plantea que las representaciones cognitivas son los frutos de la percepción. A través de un proceso de filtrado y organización se obtiene una representación estructurada que puede ser usada por la mente. La percepción está profundamente interrelacionada con otros procesos cognitivos. Existe una fuerte liga entre el pensamiento analógico y la percepción de alto nivel, éste inicia cuando se avanza en el espectro de lo concreto a lo abstracto, es decir, del reconocimiento de objetos hacia las relaciones entre éstos y de ahí hasta el reconocimiento de situaciones complejas. Hofstadter hace énfasis en la dependencia contextual en la elaboración de representaciones, planteando que es un error considerar que la percepción es un proceso que asocia una representación fija con una situación particular, ya que intervienen factores de contexto tales como creencias, expectativas, objetivos y el contexto externo; y la combinación de estos factores modifica

² Los conceptos correspondientes a percepción, representación cognitiva y analogía han sido desarrollados por el grupo de investigadores dirigido por Douglas Hofstadter denominado "Fluid Analogies Research Group". El grupo se dedica a la investigación de modelos computacionales para los mecanismos fundamentales de pensamiento, desde el campo de la inteligencia artificial y las ciencias cognitivas .

la percepción y reconfigura las representaciones. Las representaciones son, de acuerdo a este grupo de investigación, información organizada en un todo coherente y estructurado.

En un capítulo posterior se analizará la elaboración de representaciones cognitivas a través de la interacción con las representaciones simbólicas contenidas en los src.

Es importante destacar que las acepciones que aquí se han considerado válidas para el concepto de representación, si bien provienen de corrientes diferentes, son compatibles en dos aspectos fundamentales: la dependencia contextual de las representaciones y la concepción del significado como resultado de procesos constructivos.

La simulación como concepto implícito en los sistemas de representación computacionales.

El concepto de simulación en sistemas computacionales puede abarcarse desde una perspectiva amplia, desde la cual todo sistema computacional de representación de la realidad puede considerarse como una simulación de la misma. Esta afirmación se desprende del hecho de que las representaciones que se obtienen en una computadora son producto de una serie de procesos de transformación de señales, que a su vez se transforman en datos numéricos que constituyen modelos matemáticos, y finalmente la aplicación de otros procesos proporciona a estos modelos una “forma” visualmente significativa que permite relacionar estos modelos –mediante códigos de interpretación– con el objeto que pretenden representar.

Así, las imágenes digitalizadas estarían simulando objetos, de tal forma que podemos asociar estas imágenes con otras formas de representación tales como la fotografía o la pintura. Si estas imágenes están asociadas con datos y procesos mediante alguna función de correspondencia, la simulación es más compleja, ya que no corresponde solamente a una representación visual, sino que contiene vínculos a información relativa a los objetos representados. Un ejemplo de esta simulación sería una base de datos geográfica en la que se tuviera representado un espacio –por ejemplo una ciudad. Cada calle o manzana de esta

ciudad puede asociarse a datos tales como su nombre, sus coordenadas, uso del suelo, etc. Hasta características mucho más amplias como datos relativos a la infraestructura hidráulica o los sistemas de construcción. Este tipo de simulación combina la representación visual con una representación conceptual y cognitiva de objetos y sistemas de objetos.

Sin embargo, lo que convencionalmente se llama simulación en el ámbito de las ciencias computacionales se refiere específicamente a los sistemas que modelan aspectos de la realidad que involucran objetos y relaciones entre éstos, así como factores contextuales que junto con los primeros dan lugar a un comportamiento sistémico. Este comportamiento puede ser representado mediante modelos matemáticos que expresan tanto a los objetos como a sus relaciones y a los contextos en que éstas se dan. Una característica importante de este tipo de simulación es que permite que el usuario manipule al sistema que está siendo simulado, variando los factores que intervienen en el comportamiento de éste. Un grado mayor de representación corresponde a la posibilidad de visualizar los resultados de las simulaciones, lo que da origen a la disciplina denominada visualización científica y cuyos productos son considerados en este trabajo como sistemas de representación computacionales o src. Las simulaciones computacionales y sus respectivas visualizaciones han sido asociadas a la corriente pedagógica denominada constructivismo. En el capítulo correspondiente al Estado de la Cuestión en este trabajo se ha hecho referencia más ampliamente a esta perspectiva.

Un caso particularmente interesante de simulación en tanto representación de algún aspecto de la realidad es la creación de imágenes del entorno físico que habitamos –desde nuestra región más próxima hasta porciones del espacio exterior- a través de sistemas que registran factores visibles así como factores que el ojo humano no puede registrar directamente y convierten éstos en imágenes significativas, que de acuerdo a códigos y convenciones pueden *representar* a este entorno físico mencionado. El origen de estas imágenes está en la captación de señales mediante instrumentos situados en satélites artificiales, estos instrumentos son escáneres multispectrales que constan de un espejo oscilante que barre la tierra y de un telescopio que enfoca las ondas de luz, visibles y casi infrarrojas, reflejadas

desde la tierra hacia los detectores de radiación del satélite, que miden las intensidades lumínicas de imagen en cuatro bandas distintas del espectro. Estas imágenes son “simulaciones digitales o imágenes virtuales digitalmente tratadas para que parezcan fotografías” (Berland, 1998). El tratamiento de estas imágenes se realiza en equipos computacionales y el producto computacional no es una imagen fija, no es un producto “terminado”, más bien es un conjunto de datos estructurado, que puede ser manipulado mediante la aplicación de transformaciones matemáticas para adquirir características visuales que permitan interpretar estos datos como imágenes representativas de un entorno físico.

Estas representaciones del entorno físico, que suelen ser llamadas fotografías satelitales, son escenarios virtuales que existen solamente como construcción a partir de un referente, mediante el uso combinado de tecnologías sofisticadas. De esta forma, se *simula* un área geográfica, en la que pueden identificarse elementos naturales y artificiales visibles sin mediación tecnológica, pero también pueden verse factores tales como la temperatura, la humedad, características de la vegetación o de los vientos, así como atravesar las nubes o los océanos y ver lo que hay debajo de ellos.

Los sistemas de representación computacionales como formas simbólicas.

Bajo el marco metodológico de la hermenéutica profunda que propone Thompson para el análisis cultural, se intentará mostrar que los sistemas de representación computacionales pueden caracterizarse como formas simbólicas estructuradas. Para ello se ha tomado como objeto de estudio la interacción entre esos sistemas y usuarios profesionistas; considerando que estos sistemas son mediadores entre el conocimiento científico contenido en las imágenes y simulaciones y el quehacer profesional que continúa la construcción del conocimiento a partir de la manipulación de las mismas.

Para realizar este análisis se han tomado en consideración las siguientes premisas:

- La concepción estructural de la cultura propuesta por Thompson (1993), que parte de la concepción simbólica de la misma desarrollada por Clifford Geertz, pero que añade el contexto social estructurado.
- El concepto de ecología cognitiva desarrollado por Lévy (1993), de cuyos postulados se desprenden las siguientes consideraciones:
 - Los sistemas de representación computacionales (src) están constituidos por: procesos+interacción+usuario, como formas de representación-construcción de la realidad, de acuerdo a las precisiones realizadas en la sección anterior de este capítulo.
 - Los elementos de estos sistemas están articulados mediante interfaces.
 - En la interacción están involucrados procesos de interpretación que a su vez están condicionados por el bagaje cultural del usuario: formación profesional, destrezas, formación interdisciplinaria, mirada intencionada o no, y contexto social.
- Todo lo anterior produce transformaciones en el producto computacional. Este producto es una construcción de la realidad bajo restricciones de necesidad impuestas por los fines específicos de la interacción.

Para la caracterización de los sistemas computacionales de representación como formas simbólicas o fenómenos de significación se considerarán los aspectos constitutivos de estas formas propuestos por Thompson: intencional, convencional, estructural, referencial y contextual. En adelante se hará referencia a los sistemas de representación computacionales como src.

Aspecto Intencional: Las formas simbólicas, de acuerdo a los planteamientos de Thompson, contienen un mensaje con ciertos objetivos o propósitos, que debe ser comprendido. Las formas simbólicas difieren de los patrones naturales, que en principio no contienen un mensaje intencionado. Los sistemas de simulación utilizados en las ciencias exactas y naturales, en particular en el área de geomática y meteorología, son representaciones-interpretaciones de estos patrones naturales. Asimismo, son creados por

conjuntos de sujetos con una intención determinada. Este proceso de creación implica muchas fases y procesos: en el ejemplo de las imágenes satelitales, estos van desde la captación de las señales de satélite por equipo especializado, su transformación, interpretación y almacenamiento codificado; hasta su transformación en una visualización significativa bajo convenciones. Todo esto supone códigos inmersos en los artefactos tecnológicos para: el almacenamiento, manipulación, transformación, visualización e interpretación de los datos estructurados. Esto último es una característica común a todos los sistemas de simulación.

El significado no atañe sólo al sujeto o sujetos productores, éste es un fenómeno complejo, que depende de muchos factores. Las intenciones del sujeto productor no pueden ser la piedra angular de la interpretación. En el caso de los src esta intención inicial supone un discurso científico compartido por una comunidad que podrá interpretar el contenido de la forma simbólica, pero como característica particular, supone también la posibilidad de manipular y re-construir el mensaje de ésta; de hecho, éste es concebido en la intención inicial sólo como un punto de partida –pero un punto de partida que contiene toda la carga de significado de *lo científico*- para la construcción y enriquecimiento posterior de este significado por parte del usuario-manipulador-constructor. El aspecto intencional en estos sistemas confiere un gran peso a lo que Thompson llama “recepción anticipada”, es decir, apela a una gran cantidad de conocimientos y sofisticadas destrezas por parte del receptor.

En el caso concreto de los modelos de simulación utilizados para la elaboración del pronóstico meteorológico, cada modelo computacional representa una porción de la realidad climática futura, inferida a partir de: un conjunto seleccionado de variables, un determinado modelo matemático y una forma específica de establecer el conjunto de condiciones iniciales a partir de las cuales se ejecutará la simulación. Así, ningún modelo contiene toda la información del espacio-tiempo simulado. Es por todo esto que el meteorólogo necesita interactuar con diversos modelos computacionales para realizar su investigación cotidiana, misma que tendrá como producto final un pronóstico basado en la información que estos modelos le proporcionen, pero también en el conjunto de competencias profesionales acumuladas para la interpretación de esta información y en el

contexto socio-histórico particular en que se desempeña como profesionalista. Así, el proceso de construcción de significado depende, en cierta medida, de la intención inicial con que se elaboran los modelos de simulación, intención que da lugar a las selecciones antes mencionadas, pero no es éste el único factor que determina el proceso.

Aspecto convencional. Siguiendo la caracterización realizada por Thompson, la producción, construcción, empleo e interpretación de las formas simbólicas implican la aplicación de reglas, códigos y convenciones. Estas no necesariamente son conscientes o explícitas. Suponen esquemas implícitos, incorporados y se refieren al conocimiento que es tácito, pero a la vez social, compartido, y por lo tanto abierto a la corrección y sanción. Por otra parte, este aspecto se refiere también a los códigos explícitos y construidos expresamente para el intercambio de significado a través de las formas simbólicas.

En los src se está construyendo conocimiento a partir del uso de estas reglas y convenciones, desde el proceso de producción de las imágenes y modelos computacionales hasta la interpretación de los mismos, pasando por la manipulación por parte del usuario-interactuante, que implica a su vez nuevos procesos de producción e interpretación. De hecho está involucrada una red de códigos que, aunque pueden existir independientemente, en el caso de estos sistemas se articulan para dar estructura a los datos que constituyen el producto computacional. Códigos de interpretación de las señales iniciales (por ejemplo, en el escáner multiespectral del satélite), códigos computacionales para la incorporación de estas señales a lenguaje susceptible de manejarse en la computadora, códigos matemáticos para la generación de modelos que estructuren los datos, códigos que pertenecen al discurso científico que dotará de significado específico al producto computacional; y correspondientemente reglas de decodificación para la recepción, interpretación, manipulación y construcción que finalmente constituirán el proceso de significación de este producto.

Las reglas de codificación aplicadas en la producción se comparten en el proceso de recepción-interpretación, si éste es realizado por un científico que busca y comparte las intenciones supuestas por el productor. Sin embargo, en el proceso de interpretación-

manipulación-*re*-construcción (como *nueva* construcción, a partir de lo recibido), se ponen en juego otras reglas, otros códigos no predeterminados, o ni siquiera vislumbrados por el productor, que tienen que ver con las características de la recepción en diferentes niveles: individuales, sociales y culturales. Por ejemplo, se establecen diferencias en estos procesos cuando se trata de imágenes satelitales y los receptores (usuarios-constructores) pueden ser un biólogo, un geógrafo, un meteorólogo, un ingeniero o un ecologista. Cada uno de ellos aplicará un conjunto diferente de códigos para interpretar la imagen y ver en ella aspectos significativos para su práctica profesional. Y en el caso más extremo, podemos referirnos a la recepción de las imágenes como producto estético o como material didáctico en diferentes disciplinas. A este respecto, los científicos suelen aclarar que la impresión estética producida por las imágenes de los src es solamente un efecto colateral que no corresponde a los objetivos explícitos de estos sistemas (Mahoney, 1995).

La red de reglas, códigos y convenciones correspondientes a cada usuario particular es incorporada a la interacción en una *instancia* compleja de lo que Lévy denomina ecología cognitiva, y que se ha descrito en un capítulo previo de este trabajo. En esta instancia se articulan tecnologías intelectuales –las imágenes y modelos computacionales–, el aparato cognitivo humano –del usuario/interactuante– y el contexto socio-histórico –aspectos propios del espacio/tiempo de recepción–, constituyendo ese aparato cognitivo amplio al que hace alusión Lévy.

Aspecto estructural. En las formas simbólicas se supone una estructura articulada con elementos interrelacionados. Los src tienen, por una parte, una estructura analizable formalmente como modelos matemáticos; y estructuras de referencia por otra, en tanto son representaciones de una estructura material. Pueden distinguirse aspectos estructurales desde diversas perspectivas de análisis: estructura computacional, en tanto son datos almacenados y organizados en una computadora, así como procesos computacionales que estructuran estos datos; estructura matemática en tanto son modelos constituidos por conjuntos de ecuaciones; estructura representada, es decir, los elementos específicos y sus relaciones en el sistema representado.

El significado se construye a partir de rasgos estructurales y de elementos sistémicos. En el ejemplo de los mapas satelitales, contruidos a partir de las imágenes satelitales ya mencionadas, éstos contienen rasgos estructurales que permiten construir el significado: la representación de una ciudad, un bosque, la costa de un país, el océano. El receptor-constructo al manipular las imágenes destaca los elementos que desea comunicar a través de éstas, usando los recursos que le proporciona el mismo sistema en que se realiza el proceso de recepción-manipulación: colores, intensidad, resolución, tamaño, manejo de las bandas espectrales. Se transmite o se busca transmitir un significado a partir de la construcción de una imagen específica.

Los modelos de simulación meteorológicos contienen asimismo elementos estructurales que en su nivel más bajo de abstracción son visualmente significativos mediante líneas, puntos, señales y diversos colores. Estos elementos corresponden, a su vez, a elementos de niveles de abstracción más altos, tales como su representación a través de lenguaje computacional o ecuaciones matemáticas. Las interfaces entre estos diferentes niveles de abstracción que entran en juego al momento de la interacción contribuyen de forma indispensable a los procesos de construcción de significado.

Si bien el significado no se agota en el análisis estructural, este aspecto sí confiere características particulares y específicas a estos productos computacionales. La posibilidad de manipulación por parte del receptor, la interrelación de diferentes tipos de software que crea imágenes diferentes a las que se podrían visualizar a simple vista: con elementos tales como la medición y representación de la temperatura, la cubierta vegetal de la superficie terrestre o la actividad biológica de los océanos. Intervienen detectores de radiación, telescopios, medidores de intensidad lumínica, computadoras, transmisores, impresoras especializada. Sin todos estos artefactos y el software que contienen, lo representado en las imágenes *no existiría*.

La interrelación de los elementos que constituyen los src se establece mediante una compleja red de interfaces que vincula a su vez la red de códigos antes mencionada y juega un papel fundamental en la constitución significativa de los modelos e imágenes

computacionales. La cohesión de los elementos estructurales de los src se mantiene a través de estas interfaces, de tal forma que como mostraremos en un capítulo posterior de este trabajo, la estructura de los src puede concebirse precisamente como una red de interfaces tendida en el espacio de la ecología cognitiva.

Aspecto referencial. Las formas simbólicas son representación de algo. En el caso analizado de los src este elemento tiene un peso fundamental en el análisis, ya que se reciben estas imágenes y modelos construidos como representación de una realidad externa que difícilmente se cuestiona debido al discurso científico que las sustenta. Sin embargo, esta representación atraviesa gran cantidad de procesos interpretativos, desde la producción hasta la recepción, y el producto computacional –nunca “terminado” o “cerrado”- tiene relación con el referente mediante las interpretaciones mencionadas. En este aspecto adquiere un papel primordial el concepto de representación que se ha descrito al inicio de este capítulo.

La especificidad referencial de estas imágenes y modelos es fijada en cierta medida desde la producción inicial, ya que corresponden a la representación de un espacio-tiempo específicos. Sin embargo, el uso de estas imágenes, su re-construcción en el proceso de recepción-manipulación puede modificar esta especificidad al introducir factores que destaquen algunas características sobre otras. Por ejemplo, de un área geográfica amplia destacar solamente la región correspondiente a una ciudad en particular para el estudio de áreas verdes. O bien, en una misma imagen alguien puede ver las zonas boscosas y otra persona verá las zonas de cultivo o de deterioro ambiental, y de esta forma manipularán los recursos del sistema para destacar los elementos de referencia deseados.

En los modelos de simulación meteorológicos se interactúa directamente con la representación simbólica de un espacio-tiempo seleccionado voluntariamente. Esta representación es la visualización de un conjunto de procesos computacionales que se está ejecutando en el transcurso de la interacción. Es la interacción del usuario, en la instancia específica de la ecología cognitiva que se ha descrito anteriormente y en un proceso creativo de interpretación, la que asocia esta representación simbólica a un referente

socialmente compartido en su práctica profesional, para conformar así una representación cognitiva cargada de significado.

Este aspecto referencial es entonces parte constitutiva del proceso de construcción de significado en la interacción con las imágenes y productos computacionales de los src. Como se planteó anteriormente, los rasgos estructurales no fijan un significado, sólo contribuyen a su construcción, estableciendo parámetros para ésta. Así, la especificidad referencial se adquiere provisionalmente en cada interacción, como resultante de la articulación de los aspectos antes descritos de las formas simbólicas estructuradas.

Aspecto Contextual. La incorporación del contexto en el que las formas simbólicas son producidas, transmitidas y recibidas es una aportación de Thompson al análisis cultural. Las formas simbólicas, plantea, se insertan siempre en contextos y procesos sociohistóricos específicos dentro de los cuales, y por medio de los cuales, se producen y se reciben. La producción misma de las formas simbólicas depende en gran medida del contexto social en el que se realiza este proceso: el país de origen, la pertenencia a cierta cultura, las tradiciones a las que el productor se adhiere, los conflictos y tensiones a que se somete en el proceso. La construcción de significado a partir de la interacción con las formas simbólicas dependerá de las competencias desarrolladas por el usuario y de los recursos que éste emplea en el proceso de interpretación.

La producción de los src se lleva a cabo principalmente en instituciones de investigación científica y la recepción anticipada es un factor que tiene un papel preponderante en este proceso. Es decir, estos sistemas son desarrollados con objetivos específicos y dirigidos a un grupo determinado de usuarios en los que se asume el desarrollo previo de las competencias necesarias para la interpretación del conocimiento científico que contienen los src.

Asimismo, en la producción de estos sistemas intervienen factores de contexto que influyen de manera decisiva en el producto computacional que recibirá el usuario. En efecto, al ser estos sistemas una representación de ciertos patrones naturales, suponen un

modelo parcial de los mismos, en los que no pueden estar incorporados *todos* los elementos que constituyen los fenómenos representados. La decisión de los factores que serán incluidos como variables y elementos constitutivos del modelo depende, a su vez, de objetivos científicos, pero también de objetivos institucionales, y en algunos casos, hasta de las condiciones del país en el que se realiza el proceso de producción: la mayoría de modelos se realizan en los países más desarrollados, de tal forma que se destacan, sobretodo, los factores que son relevantes para éstos países. Así, las imágenes satelitales disponibles en la red pública Internet, generadas en instituciones estadounidenses y correspondientes al territorio mexicano, no siempre abarcan o destacan las zonas de interés para el estudio de fenómenos naturales en este país por parte de científicos mexicanos.

En el caso de los modelos meteorológicos, se utilizan fundamentalmente los producidos en Estados Unidos, debido a que los modelos mexicanos no tienen suficiente confiabilidad ya que no son actualizados con la frecuencia necesaria. Sin embargo, en el desarrollo de modelos en E.U. no se han estudiado a profundidad elementos relevantes para la predicción del comportamiento de fenómenos tropicales, tales como las tormentas y huracanes, que afectan de manera importante la climatología de México. La disponibilidad y accesibilidad de estos sistemas es un factor contextual que determina en gran medida su incorporación en la práctica profesional por parte de los científicos. La mayor parte de estos sistemas, como se ha dicho antes, son producidos en países desarrollados, y algunos de ellos están disponibles en la red pública Internet, o bien, es posible adquirirlos mediante convenios institucionales. Sin embargo, los desarrollos más recientes, que incorporan los avances científicos y las aportaciones prácticas más inmediatas, no están públicamente disponibles y son utilizados por un grupo muy reducido de investigadores europeos o estadounidenses. La adquisición de estos sistemas por parte de los países menos desarrollados depende a su vez de apoyos institucionales o gubernamentales a la investigación y desarrollo científicos, mismos que no siempre existen en la medida en que los investigadores y científicos consideran apropiadas.

El proceso de recepción e interacción con los src está también condicionado por el contexto en el que los usuarios desarrollan su práctica profesional, así como por su historia personal.

La interpretación de los src depende, en primera instancia, de los objetivos con que el usuario se aproxime a los mismos. Estos objetivos estarán en función de la disciplina desde la cual se realice esta aproximación. Así, el geólogo, el biólogo y el arqueólogo verán distintos elementos en una misma imagen satelital, por lo tanto, la manipulación que realicen de la misma será también diferente y obedecerá a sus objetivos profesionales. En un segundo nivel de análisis, el proceso de interpretación y construcción de significado estará en dependencia de las competencias y habilidades propias del interactuante.

En efecto, el científico que ha tenido acceso a estudios de especialización en los que la utilización de estos modelos ha sido parte de los programas institucionales, tendrá un nivel de interacción diferente a aquel que ha tenido una formación en la que estos recursos no han estado disponibles. Asimismo, la experiencia profesional y personal del interactuante modificará el proceso interpretativo, ya que el acceso a representaciones cognitivas previamente configuradas y a sistemas de representación proporcionados por su propia cultura dará lugar a constituciones significativas específicas.

La apropiación del conocimiento científico contenido en los src es entonces resultado de un proceso complejo de articulación de los aspectos revisados en este capítulo, algunos de ellos propios de los mismos sistemas en tanto características estructurales de los mismos, y dependientes otros del contexto social y personal de producción, transmisión e interacción con los src.

En este capítulo se ha mostrado que los src son formas simbólicas estructuradas o fenómenos de significación. Para ello se ha analizado cada una de las características que Thompson plantea como distintivas de estas formas, y se ha mostrado que los src cumplen con cada una de ellas. Esto permite ahora realizar el análisis de estos sistemas bajo el marco metodológico de la hermenéutica profunda. En los capítulos posteriores de este trabajo se describirá el método en vinculación con los casos concretos que se han seleccionado para ejemplificar el análisis: la geomática y la meteorología, profundizando sobre todo en los aspectos estructural, convencional y referencial de los src.

4. Los ejemplos de la geomática y la meteorología

En este capítulo se realizará la descripción de la etapa del proceso de análisis cultural que Thompson denomina Hermenéutica de la Vida para los casos concretos de dos disciplinas científicas cuyo quehacer cotidiano involucra la interacción constante con los sistemas de representación computacionales (src): la geomática y la meteorología. Esta etapa constituye el punto de partida para la realización de las fases posteriores de análisis de acuerdo a la metodología de la hermenéutica profunda, a saber: ubicación de los src en el contexto socio-histórico y análisis estructural de los mismos, todo ello con el objetivo de abordar el aspecto correspondiente a la especificidad referencial que adquieren los modelos e imágenes de los src en el proceso de construcción de significado que se lleva a cabo en la interacción con éstos.

El objetivo primordial de esta fase es incorporar al análisis cultural los contextos de la vida cotidiana, es decir, la forma específica en que los individuos interpretan y comprenden las formas simbólicas.¹ En el caso particular de este estudio corresponde a esta etapa un acercamiento a las actividades y prácticas cotidianas de los sujetos que interactúan con los sistemas de representación computacionales como parte de su quehacer profesional. Para esto se ha realizado, en el lapso de un año, un conjunto de observaciones directas a la interacción con los sistemas, así como una serie de entrevistas a profundidad, con dos científicos cuya práctica corresponde a su vez a dos disciplinas profesionales vinculadas al quehacer científico: la geomática y la meteorología. La primera sección de este capítulo se refiere al método seleccionado para llevar a cabo este acercamiento. En la segunda sección se describe lo correspondiente al trabajo realizado con el Biólogo y Maestro en Diseño Ambiental Luis Casas de la Peña, su desempeño como profesional especialista en geomática y su relación con los src. En la tercera sección se realizará una descripción equivalente respecto al Doctor en Ciencias Meteorológicas Omar García Concepción y su

¹ La propuesta particular de Thompson en lo que respecta a la hermenéutica profunda como marco metodológico de análisis y sus discrepancias respecto a los planteamientos de Ricoeur en este sentido se encuentran en el texto “Ideología y Cultura Moderna” (Thompson, 1993), que a su vez constituye la referencia metodológica principal de este trabajo.

labor cotidiana en la elaboración del pronóstico del clima con el uso de estos sistemas. Finalmente se planteará la forma en que este *momento etnográfico*, como lo denomina Thompson, proporciona las bases y cimientos para la elaboración del análisis de los sistemas de representación computacional como formas simbólicas en contexto.

La *metodología sensible* como forma de aproximación

La primera decisión metodológica para abordar la problemática de la observación de la práctica cotidiana de los científicos ha sido la forma específica de realizar el acercamiento a su espacio y tiempo de interacción con los src. Siendo que la problemática está inmersa en un estudio de carácter cualitativo y cuyo objeto principal de análisis atiende más al “cómo” se construye el significado que al “porqué” se realizan ciertas prácticas, se ha recurrido al enfoque propuesto por la investigadora social Karin Knorr-Cetina en el libro “La manufactura del conocimiento”, (1981) mismo que ella denomina “metodología sensible” y cuya parte medular está constituida, más que por un conjunto de actividades o normas a seguir, por una actitud ante las prácticas y actividades científicas que serán estudiadas.

Las características principales de la metodología sensible se refieren a tres aspectos esenciales relativos a la actitud del investigador social ante la práctica científica: en primer lugar, la autora propone la intersubjetividad metodológica, planteando con ésta un acercamiento al trabajo cotidiano que permita establecer un contacto cercano con el científico en el lugar mismo donde se produce el conocimiento; el segundo aspecto se refiere a la necesidad de dar voz al sujeto que está siendo observado, trasladando hacia éste el control de la información obtenida; finalmente, el tercer aspecto centra la atención del estudio en las prácticas e interacciones de los sujetos en cuestión, considerando que la construcción del conocimiento es producto tanto del contexto como de las propias interacciones.²

² Para una descripción más amplia de las características de esta metodología sensible, ver el capítulo 1, sección 9 de “La manufactura del conocimiento”, (Knorr-Cetina, 1981). Es importante puntualizar que la selección de esta forma de abordar el acercamiento a la práctica científica responde al convencimiento de su pertinencia en tanto que ha sido aplicada precisamente a estudios en los que los sujetos principales son

Considerando lo anterior, el trabajo con los científicos antes mencionados se realizó en los lugares donde cada uno de ellos realiza cotidianamente su labor profesional, con observaciones directas a la interacción con los src. Solamente una entrevista se realizó en la casa de uno de los sujetos, ya que correspondía a aspectos generales y complementarios relativos a su historia personal y a su relación con la ciencia y la tecnología en general. Asimismo, se mantuvo una retroalimentación permanente con los científicos con el objeto de validar y enriquecer las interpretaciones realizadas a partir de las observaciones y entrevistas.

La geomática: una disciplina articuladora de sistemas de representación.

Los sistemas de representación computacionales producto de la geomática son un ejemplo particular de los src abordados en el capítulo anterior de este trabajo, mismos que han sido ya caracterizados como formas simbólicas estructuradas.

La geomática es una disciplina científico-tecnológica que resulta particularmente interesante por la estrecha vinculación que establece entre desarrollo científico y tecnológico. En efecto, los productos resultantes en esta disciplina son sistemas computacionales complejos de representación de áreas geográficas, abarcando en esta representación tanto características estrictamente físicas, como aquellas que son producto de la actividad humana y su organización social. Para su producción se combina el trabajo científico y el uso de tecnología altamente sofisticada y especializada. Esta ciencia-tecnología combina el uso de sistemas de información geográfica (sig), cartografía, sistemas de posicionamiento global (gps) y sistemas de percepción remota (imágenes satelitales) con el objetivo de crear representaciones computacionales del mundo físico.

científicos. Sin embargo, esto no implica una coincidencia con la autora en lo que respecta a la concepción de la ciencia y la práctica científica en general.

Los sistemas de geomática contienen información relativa a una determinada área geográfica, organizada en bases de datos que se integran y manipulan de tal forma que pueden representar visualmente en la computadora las características del área en dos y tres dimensiones, en este caso los elementos que la constituyen pueden ser observados desde diversos ángulos y puntos de observación, de tal forma que se produce una sensación de *inmersión* en el espacio representado. La representación visual está asociada a su vez a los datos que corresponden a la configuración de cada uno de los elementos del área representada. Estos sistemas de representación computacional combinan entonces datos numéricos, textuales y sobre todo relaciones entre los diversos elementos que conforman el área. Así, por ejemplo, puede recolectarse la información relativa a los recursos naturales de una cierta zona geográfica, tales como cuerpos de agua, tipos de vegetación, bosques, fauna, etc., organizar esta información y representarla de tal forma que pueda ser visualizada, analizada e interpretada con fines de conservación, planeación y diseño ambiental.

Los usos y aplicaciones de los sistemas de geomática corresponden a muy diversos ámbitos que van desde la investigación y planeación ambiental, planeación y diseño urbano, investigación geológica, desarrollo de infraestructura para telecomunicaciones, monitoreo de medios de transporte, hasta modelación de procesos naturales y sociales, así como exploraciones y desarrollos que retroalimentan a los misma disciplina. Las características de estos sistemas y los intereses profesionales del biólogo Luis Casas, así como el trabajo específico que desarrolla con los src en el área de geomática llevó a la decisión de seleccionar:

- tecnologías intelectuales = src de geomática
 - aparato cognitivo humano interactuante = Luis Casas
 - contexto amplio = Guadalajara
- contexto particular de investigación y trabajo profesional = ITESO,
contexto específico de aplicación = diseño ambiental y planeación urbana

para así constituir, con este conjunto de elementos, un ejemplo de instancia compleja de la ecología cognitiva mencionada en el capítulo anterior.

En particular, para la investigación y planeación en impacto y diseño ambiental, estos sistemas son un elemento sumamente relevante, que forma parte constitutiva de los procesos y tareas que cotidianamente realiza el investigador y profesional en esta ciencia. El interés principal del biólogo Luis Miguel Casas de la Peña en su vida profesional es precisamente el diseño ambiental y “mediante la integración del conocimiento y la experiencia en el área ambiental con el desarrollo urbano, busca el desarrollo de teorías, políticas y prácticas que permitan entender y rediseñar las ciudades dentro de un ámbito regional y ambiental, con la idea de volverlas menos vulnerables a las crisis naturales y hacerlas más vivibles y benignas con el ambiente y sus moradores.”³

Para lograr los objetivos profesionales que se ha propuesto ha estudiado una maestría en diseño ambiental en la Universidad de Calgary, Canadá y el trabajo de investigación para obtener el grado en esta maestría fue sobre las Políticas Ambientales del Banco Mundial. Ha trabajado y colaborado en diversos proyectos que involucran la aplicación de sistemas de geomática para fines de evaluación, diagnóstico, inventario de recursos naturales y planeación ambiental, estos proyectos a su vez se han llevado a cabo en diversos países de América del Sur, África, Canadá y México.

En particular en la zona de Jalisco y la zona metropolitana de Guadalajara ha participado en los siguientes proyectos, la mayoría de ellos en colaboración con el ITESO:

- la evaluación de las condiciones geográficas del lago de Chapala en el período de 1973 a 2000 mediante la comparación de imágenes de satélite, con lo que se detectó una pérdida aproximada de 300 km cuadrados de superficie en el lago;
- el diagnóstico de la distribución y evolución de las áreas verdes de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG), en este caso mediante un estudio espectral de imágenes de satélite se determinó la abundancia relativa de áreas verdes para esta

³ Las referencias textuales al quehacer y particularidades del trabajo de Casas son producto de las observaciones y entrevistas realizadas directamente con él, así como de la información contenida en su currículo. Esta información está relacionada en el cuadro 1 de este capítulo.

zona, estableciendo zonas de distinta densidad vegetal y su evolución a partir de 1973 y hasta 1999;

- el diagnóstico de la situación de las áreas verdes de la zmg, realizado a través del uso de sistemas de información geográfica, apoyados en imágenes de satélite, fotografía aérea y levantamientos de campo, y en el cual se llevó a cabo un diagnóstico preliminar de la cantidad de áreas verdes en la zmg en función de parámetros establecidos internacionalmente;
- la determinación geográfica del área protegida y refugio de fauna en el Bosque La Primavera, donde se estableció el área del decreto del bosque sobre una imagen de satélite del año 2000, a fin de servir de instrumento educativo y de difusión de los límites del bosque para propiciar su conservación;
- evaluación de las condiciones ambientales generales para el desarrollo de comunidades Huicholas en el norte del Estado de Jalisco, en este caso se está llevando a cabo un estudio interpretativo y un inventario general de recursos naturales, mediante la interpretación de imágenes de satélite, para evaluar el potencial de desarrollo sostenible de proyectos generados por las comunidades huicholas del norte del estado de Jalisco.

El trabajo que se realizó con Casas para los fines específicos de esta investigación consistió en la revisión de documentos relativos a estos proyectos, así como en una entrevista introductoria; 6 observaciones directas a la interacción con los src que utiliza para el desarrollo de sus proyectos, en particular los de áreas verdes de la zmg y el inicio de un proyecto para determinar la evolución del crecimiento de la zmg como punto de partida para una modelación general de la ciudad en un plazo de dos o tres años; y finalmente una entrevista en torno a los conceptos de ciencia y tecnología y su vinculación con la historia personal y el quehacer profesional de Casas. Al inicio del trabajo de observación, el investigador se encontraba desarrollando estos proyectos en el ITESO y trabajaba simultáneamente en la dependencia gubernamental Coplaur. En

el mes de junio de 2001 el apoyo a su investigación se ve restringido y decide trabajar solamente los proyectos de Coplaur y continuar impartiendo clases en el ITESO. Esta situación motiva la suspensión del trabajo conjunto que veníamos desarrollando, mismo que no puede concluirse hasta donde se había previsto, ya que se pretendía abarcar la primera fase del proyecto de crecimiento de la zmg. Sin embargo, una revisión posterior de la información obtenida en las entrevistas e interacciones muestra su relevancia para los fines de análisis de la interacción con los src, de tal manera que se incluye como la primera parte del trabajo de campo de esta investigación.

Se determina, asimismo, la necesidad de contar con mayor cantidad de observaciones que permitan profundizar en el conocimiento de los procesos de interacción que se establecen con los src en la práctica profesional. La búsqueda de otro ejemplo pertinente concluye al establecer contacto con el Dr. Omar García Concepción en el Instituto de Meteorología de la Universidad de Guadalajara. La descripción de este ejemplo corresponde a la siguiente sección de este capítulo.

En el cuadro 4.1 se describen las fechas, lugares y contenidos generales de las entrevistas y observaciones realizadas con Casas. Los contenidos particulares han servido como insumo para el proceso de interpretación que constituye los capítulos posteriores de este trabajo.

Acción	Fecha	Contenido	Duración	Lugar
Entrevista	14 marzo 2001	Introducción a la geomática	2 hs.	ITESO
Observación	19 marzo	Imágenes satelitales, tecnología de obtención y manipulación	2 hs.	ITESO
Observación	27 marzo	Manipulación de imágenes satelitales	2 hs.	ITESO
Observación	28 marzo	Mosaico de imágenes. Fotografía aérea y plano electrónico	3.5 hs.	ITESO
Observación	4 mayo	Descripción de Imagen: desierto, costa, océano.	2 hs.	ITESO
Observación	4 mayo	Descripción de Imagen: bosque, ciudad.	2 hs.	ITESO
Observación	14 junio	Imagen de la zmg para determinación de los límites de la ciudad	2.5 hs.	ITESO
Entrevista	19 julio	Ciencia, tecnología, src, desarrollo profesional	3 hs.	Casa de L.C.
Revisión de currículum	Mayo 2001	Datos profesionales		

Cuadro 4.1 Luis Casas. Observaciones, entrevistas y currículum

La meteorología: ciencia del espacio interior y su representación

La meteorología es una ciencia con mayor presencia en el imaginario social que la geomática, debido, por una parte, a que su trayectoria histórica es más amplia y, por otro lado, a que sus resultados y productos se incorporan a la vida cotidiana a través de diversos medios de comunicación. Desde fines del siglo XIX y durante todo el s. XX la capacidad de predicción de la ocurrencia de ciertos fenómenos naturales, como lluvias, huracanes y tormentas, y del clima asociado a éstos ha sido atributo de las ciencias meteorológicas, pero también lo ha sido, en gran medida, la divulgación de los resultados de estas predicciones. El comportamiento del espacio interior –la atmósfera– en que el ser humano desarrolla todos los procesos e interacciones que conforman su presencia en el planeta, es el objeto de estudio de esta ciencia. Así, su peculiaridad es la permanente vinculación que mantiene con el público lego en meteorología pero interesado por diversas razones en el *estado del tiempo*.

Las investigaciones desarrolladas por los científicos de esta área se orientan a la explicación y comprensión del comportamiento de los fenómenos atmosféricos que constituyen lo que comúnmente denominamos *clima*. Los resultados de estas investigaciones tienen una variedad muy amplia de destinatarios, pero fundamentalmente son utilizados por el meteorólogo que tiene como tarea cotidiana la elaboración del pronóstico diario del clima. Esta tarea es, a su vez, una investigación contra reloj, en la que el meteorólogo utiliza gran cantidad de elementos científicos y tecnológicos para construir una representación confiable de lo que será el estado del tiempo en un futuro inmediato. Los resultados de este trabajo cumplen una función social de gran importancia para diversos públicos: controladores aéreos y marítimos, sistemas de protección civil y seguridad social, hospitales, industrias, empresas constructoras, artistas, viajeros y turistas; además de aquellos cuyo interés cotidiano

obedece solamente a la necesidad de un conocimiento del espacio próximo que los rodea y contiene.

Los usos e incorporaciones de la tecnología en esta ciencia han sufrido grandes transformaciones que, concurrentemente, han transformado a la ciencia misma y a los objetivos que ésta se plantea. El meteorólogo ya no puede restringir su pronóstico a la presencia o no de cierto fenómeno atmosférico –lluvia, por ejemplo- como lo hacía hace algunas décadas; actualmente se ve obligado a precisar las dimensiones del fenómeno, su ubicación precisa en tiempo y espacio, así como sus posibles consecuencias para la población en general y para ciertos sectores sociales en particular. Puede afirmarse, por una parte, que esto se debe principalmente a que se han producido avances científicos en diversas ciencias -como la física y la electrónica- y se ha desarrollado la tecnología necesaria para responder a esta precisión buscada; pero igualmente válido es afirmar la contraparte, es decir, que la necesidad de una mayor exactitud en los pronósticos ha motivado el desarrollo científico y tecnológico que la sustente.

Los sistemas de representación computacional han sido parte del apoyo tecnológico de esta ciencia desde que éstos surgen en la década de los cincuenta. La modelación y simulación del comportamiento de la atmósfera se realiza actualmente con modelos físicos y sistemas de ecuaciones que, debido a su complejidad y al requerimiento de resolución en tiempos muy cortos, solamente pueden ser resueltos en sistemas computacionales. La vinculación de programas para la solución de estos modelos a los vertiginosos avances de los sistemas de gráficas computacionales en las últimas dos décadas, permite a los meteorólogos contar ahora con sistemas de visualización de los fenómenos atmosféricos, que, como se mostrará en capítulos posteriores, han modificado cualitativamente la práctica de esta ciencia.

La participación irrenunciable de los src en la meteorología y las características profesionales del Dr. Omar García permitieron continuar los trabajos de observación directa y entrevistas que se habían visto interrumpidos al dejar de contarse con la

presencia de Casas. Así, el trabajo de investigación se enriqueció con la incorporación de otro ejemplo de instancia compleja de la ecología cognitiva ya mencionada, en la que las tecnologías intelectuales son los src utilizados para modelar y visualizar el comportamiento atmosférico, el interactuante es García, y el contexto amplio sigue siendo la ciudad de Guadalajara, con variación en el contexto institucional que en este caso es el Instituto de Meteorología de la Universidad de Guadalajara, el contexto específico de aplicación lo constituye la meteorología aplicada a la elaboración del pronóstico climático.

El uso de diversos sistemas de representación computacionales, tales como las imágenes satelitales proporcionadas por los satélites meteorológicos y los mapas que permiten visualizar los resultados de simulaciones y modelaciones matemáticas de entornos físicos, es parte constitutiva de la práctica científica cotidiana de elaboración del pronóstico meteorológico que realiza García. El interés primordial de su labor profesional es “la función social que cumple la predicción de fenómenos meteorológicos, en tanto facilitadora de labores tanto de prevención de desastres como de planeación de actividades agrícolas, marítimas, industriales y de esparcimiento, por otra”.⁴

García vincula permanentemente sus labores de investigación –encaminadas fundamentalmente a la creación de métodos de pronóstico- con la aplicación práctica inmediata. Su formación profesional como doctor en ciencias meteorológicas la obtuvo en la República de Cuba, de donde es originario, y su objeto principal de estudio han sido los ciclones tropicales. Ha participado en labores de apoyo para la predicción de huracanes en Cuba, principalmente cuando han existido huracanes con peligro potencial de afectación al territorio de este país.

Su experiencia profesional se ha enriquecido con la participación en expediciones aéreas en vuelos de reconocimiento de huracanes en el Atlántico y en un experimento

⁴ Las referencias al trabajo de García son resultado de las observaciones y entrevistas realizadas con él, así como de la información contenida en su currículo. Esta información está relacionada en el cuadro 2 de este capítulo.

multinacional marítimo denominado “Tifón-90” realizado en el Pacífico Occidental dedicado al estudio de la estructura y energética de los ciclones tropicales, así como también en el experimento CREES a bordo de un buque de investigación ruso en 1991.

Actualmente colabora con el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara en la elaboración cotidiana del pronóstico meteorológico para prensa escrita y electrónica, radio y una estación local de televisión. Como ya se ha comentado, esta actividad lo mantiene en interacción constante con imágenes satelitales y modelos de simulación meteorológica, a los que accede diariamente a través de Internet.

El trabajo realizado con García en esta investigación ha consistido en la revisión de su tesis doctoral, la lectura de algunas de sus publicaciones en revistas especializadas; una entrevista introductoria; cuatro observaciones directas a la interacción con las imágenes satelitales y los modelos meteorológicos; una observación de la elaboración completa de un pronóstico meteorológico para la prensa en el momento mismo de ser realizado; una entrevista para la descripción de un modelo desarrollado por él mismo para pronosticar la sobre elevación del mar cuando se aproxima un ciclón; finalmente una entrevista complementaria relativa a su ámbito laboral y algunas precisiones respecto a su relación con la ciencia y la tecnología en su trayectoria profesional. Se ha mantenido un vínculo permanente con García a lo largo de esta investigación, lo que ha permitido retroalimentar el trabajo de observaciones y entrevistas mediante la lectura de los documentos de transcripción e interpretación que se han producido como resultado de las mismas.

En el cuadro 4.2 se relacionan las entrevistas y observaciones realizadas con García. De manera equivalente a lo que se ha comentado respecto al trabajo con Casas, el contenido de estas actividades ha alimentado el proceso de interpretación posterior.

Acción	Fecha	Contenido	Duración	Lugar
Entrevista y observación	1 oct 2001	Introducción a la meteorología y uso de los modelos computacionales en la misma	3 hs.	IAM
Observación	8 oct	Uso de modelos	2 hs.	IAM
Observación y entrevista	29 oct	Uso de modelos Trayectoria personal	3 hs.	IAM
Observación	5 feb 2002	Elaboración del pronóstico meteorológico para la prensa	4 hs.	IAM
Observación	29 jun	Uso de modelos	2 hs.	IAM
Entrevista	29 jul	Contexto profesional y laboral	2 hs.	IAM
Revisión de currículum	Nov 2001	Datos profesionales		
Tesis doctoral	Mar 2002	Reporte de investigación		

Cuadro 4.2 Omar García. Observaciones, entrevistas y currículum

Como se ha planteado al inicio de este trabajo, los ejes principales de análisis son el cognitivo y el comunicacional, de tal manera que a partir de éstos ejes y de las características correspondientes a las formas simbólicas, desarrolladas en el capítulo anterior, se desprenderán las categorías de análisis que, partiendo de la información obtenida en el trabajo de observación y entrevista reportado en este capítulo, servirán de apoyo para el proceso interpretativo.

Los siguientes capítulos corresponden a este proceso que para fines metodológicos ha sido dividido en dos fases: el análisis del contexto socio histórico en que se realiza la práctica profesional de los científicos observados y el análisis estructural de los src correspondientes tanto a la geomática como a la meteorología. A partir de ambas facetas analíticas se intentará comprender los procesos de construcción de significado y de elaboración de representaciones cognitivas que participan en la gestación del conocimiento correspondiente a las disciplinas en cuestión; más particularmente, se buscará comprender los procesos mediante los cuales los src, en tanto formas simbólicas, adquieren especificidad referencial como resultado tanto del contexto de interacción como de las características estructurales de los sistemas. Desde la perspectiva teórica, y en articulación con el proceso de análisis, cada uno de los ejemplos desarrollados en este capítulo será considerado como una instancia compleja de la ecología cognitiva, y se intentará mostrar cómo se conforma en cada caso el aparato cognitivo complejo que construye el significado y gesta el conocimiento específico.

5. Prácticas profesionales social e históricamente situadas

*La ciencia puede cambiarse a sí misma
y puede incorporar una crítica de su autoconcepción histórica
que recupere práctica y teóricamente el espíritu de la Ilustración*
Ulrich Beck

Este capítulo estará dedicado a la fase correspondiente al análisis de los contextos sociales e históricos en que se llevan a cabo los procesos de interacción con los src. Este análisis, o contextualización social, consiste fundamentalmente en reconstruir las condiciones sociales e históricas de la producción, la circulación y la recepción de las formas simbólicas. En este caso de estudio específico atenderemos prioritariamente al proceso de recepción, que es un proceso situado en contextos socio históricos definidos, en los que el usuario emplea diversos tipos de recursos, reglas y convenciones para comprender y poder apropiarse del conocimiento contenido en los sistemas computacionales de representación que, como se ha mostrado en el tercer capítulo, pueden considerarse formas simbólicas.

Para llevar a cabo esta tarea han sido considerados los niveles de análisis propuestos por Thompson en lo que concierne a la metodología de la hermenéutica profunda (1993). Los alcances y objetivos esenciales de esta investigación atienden en primera instancia a las categorías de análisis que se desprenden del eje cognitivo en articulación con el eje comunicacional, como se ha hecho explícito en secciones anteriores de este trabajo; así, será el análisis estructural, desarrollado en el próximo capítulo, el que conlleve un conjunto más amplio de niveles de análisis, así como una mayor profundidad en cada uno de ellos. Sin embargo, tanto el marco teórico proporcionado por la ecología cognitiva como el marco metodológico sustentado en la hermenéutica profunda requieren la concurrencia de las estructuras cognitivas humanas y técnicas con los contextos específicos culturales y sociales que sustentan las prácticas cotidianas.

Primer nivel. Contexto amplio: la sociedad del riesgo.

Al ser los src utilizados para la visualización de procesos que incorporan conocimiento científico el objeto de estudio de este trabajo, es necesario hacer referencia al papel actual de la ciencia y sus incidencia social, tanto a nivel global como en el ámbito nacional. Para ello se alude a la propuesta elaborada por Ulrich Beck en *La sociedad del riesgo* (1998), obra en la que realiza un profundo análisis de la transformación de la concepción de la ciencia y la tecnología en tanto elementos activos en el proceso de construcción de certezas y referentes que sustentan la realidad social.

El planteamiento principal de Beck afirma que “el desarrollo científico-técnico se hace contradictorio [en el momento histórico actual] por el intercambio de riesgos, por él mismo coproducidos y codefinidos, y su crítica pública y social” (1998; p.203).¹ Lo peculiar de esta crítica es que si bien surge a partir de las consecuencias y efectos secundarios dañinos no previstos por la ciencia, busca sus argumentos y fundamentación en el mismo conocimiento científico; es decir, pide reflexión y responsabilidad a la ciencia reconociendo la capacidad de ésta para remontar las consecuencias negativas de su propio desarrollo.

Ciertamente los avances científicos –y los consiguientes desarrollos tecnológicos- que se han llevado a cabo sin consideración de los efectos secundarios y de las posibles consecuencias a mediano plazo han derivado en una modificación de la concepción y percepción social de la ciencia: las verdades incuestionables y la racionalidad que sustenta el conocimiento científico han sido objeto de crítica por parte de diversos sectores sociales. Sin embargo, tal como plantea Ulrich Beck en el análisis de la situación actual de lo que él denomina *la sociedad del riesgo*, las soluciones a las catástrofes y situaciones de alta inseguridad deberán provenir precisamente de una modificación interna en la concepción de la práctica científica, que permita proponer alternativas racionales y basadas en el conocimiento científico.

Si bien es cierto que gran parte del quehacer científico y tecnológico se ha trasladado al ámbito industrial y se ha puesto al servicio de los objetivos de éste, es necesario atender también a los grupos de científicos que se ubican a sí mismos en una posición crítica de su propia práctica y que buscan plantear alternativas a la incidencia de su labor profesional en la esfera social.

Diversas organizaciones de científicos provenientes de diferentes partes del mundo tienen ya una trayectoria de participación en la posible solución *desde la ciencia* a los problemas de carácter ambiental. Algunas de estas organizaciones surgieron o cobraron relevancia a partir de la cumbre de Rio de Janeiro en 1992, y estuvieron presentes en la reciente reunión de Johannesburgo. Partiendo del convencimiento del papel irrenunciable de la ciencia en la solución de los graves problemas que la falta de prevención en el desarrollo de proyectos emanados de ella misma, organizaciones tales como la ICSU (*International Council for Science*) en París, la ISTS en Harvard (*Initiative of Science and Technology for Sustainability*) o el Laboratorio Para la Energía Apropriada y Renovable en Berkeley destacan la función preponderante de los sistemas de representación computacionales –tales como los sistemas de información geográfica, los sistemas de posicionamiento global, las imágenes satelitales, entre otros- en la construcción de proyectos globales de prevención de riesgos (Clarke, 2002). Estos sistemas proporcionan la posibilidad de estudiar de forma científica y en articulación con la realidad social fenómenos tales como los cambios climatológicos, la creciente desaparición de recursos naturales, las diferentes formas y fuentes de contaminación, así como la relación de todos estos factores con la salud, el deterioro de los sistemas ambientales y la consecuente brecha que se establece en la calidad de vida de diferentes sectores de la población. Sin embargo, se hace evidente la falta de vinculación entre los potenciales resultados de estos sistemas y las variables y factores que los poderes económico y político toman en consideración para la toma de decisiones.

La planeación urbana debería ser una asignatura de alta prioridad en los programas gubernamentales, que podría contribuir, en cierta medida, a la prevención de los efectos

¹ Es importante revisar la propuesta completa de este autor, ya que realiza una amplia argumentación que sostiene esta afirmación basada en un análisis sociológico del desarrollo de la ciencia y la tecnología en el siglo XX.

secundarios y altos riesgos involucrados en gran cantidad de propuestas y desarrollos urbanos. La construcción de un modelo computacional de la ciudad que incorporase factores ambientales, fenómenos naturales y, sobretodo, procesos de intervención humana en el entorno, constituiría una herramienta invaluable de planeación y prevención de riesgos. Poder construir escenarios y situaciones, a partir de datos y relaciones entre éstos, que permitan visualizar las consecuencias y efectos de las transformaciones del entorno generados por la construcción o crecimiento de una ciudad redundaría en la posibilidad de tomar decisiones conscientes y cimentadas en procesos de análisis que atendieran efectivamente a la búsqueda del bienestar social. Desafortunadamente, los objetivos que conducen la evolución de nuestras ciudades, no corresponden a los beneficios que la planeación urbana podría redituar. Estos factores contextuales quedan insertos en los proyectos de simulación y modelación urbana que los investigadores y profesionistas de este país consiguen finalmente realizar.

La incorporación de la voz de la ciencia en la elaboración de proyectos de planeación y prevención de riesgos está inmersa en una problemática altamente compleja. No depende de la voluntad particular de los científicos, ni siquiera del convencimiento por parte de grandes sectores académicos de la importancia de su intervención activa, ya que la situación adquiere dimensiones globales e implica elementos estructurales que atañen fundamentalmente a los poderes económico y político. ¿Quién detiene el desarrollo de los grandes complejos industriales, aún cuando se haga evidente el consiguiente deterioro ambiental que conllevan? ¿Quién antepone la conservación de los niveles de oxígeno deseables en la atmósfera a los beneficios económicos de la industria automotriz? ¿Cuántas organizaciones internacionales se requieren para evitar la construcción de un complejo turístico en una zona de reserva ecológica?

Así, el apoyo financiero a la elaboración de proyectos científico tecnológicos como los que atañen a esta investigación –es decir, aquellos que involucran el uso de src para planeación urbana y pronóstico meteorológico- se ve condicionado, en un sentido amplio, por factores económicos y políticos globales, y en un nivel más inmediato, por las condiciones en las que se lleva a cabo la investigación científica en las instituciones educativas de este país.

Segundo nivel. Contexto específico.

Nada nuevo se aporta al mencionar la falta de visión de las autoridades educativas nacionales para incorporar los elementos anteriores en la planeación del desarrollo nacional o el escaso interés por parte de los consejos de investigación en elaborar –y llevar a cabo– una propuesta efectivamente multidisciplinaria que modifique la incidencia real de la práctica científica en la vida social. Pero es indispensable destacar estos aspectos del contexto en que se establece la vida académica nacional para avanzar en la comprensión de los obstáculos que enfrenta cotidianamente el investigador, particularmente en un área profesional en la que el desarrollo de proyectos requiere de un gran apoyo financiero debido a los altos costos de los sistemas computacionales de soporte, así como del complejo equipo humano de trabajo que requiere la elaboración de los src.

Por otra parte, también es ampliamente conocida la problemática que genera la desvinculación de los proyectos científico tecnológicos a los procesos de planeación –si los hay– de desarrollo del país. En lo que corresponde a los casos particulares de planeación urbana, prevención de riesgos y cambios climáticos como consecuencia de desequilibrio ecológico, se sufren ya las consecuencias de la desaparición de lagos, el deterioro del entorno próximo a las ciudades, los altos índices de contaminación de diversa índole y las anuales catástrofes que ocasionan las lluvias en la vida de los habitantes de una ciudad que –irónicamente– continúa sin considerar este fenómeno ancestral en la planeación de su crecimiento. Es evidente la magnitud del beneficio social que un proyecto amplio de planeación y prevención podría aportar a mediano plazo. Asimismo, la incorporación en el mismo de los avances científicos y tecnológicos que vincula, por ejemplo, la geomática, podría proporcionar elementos altamente eficientes y confiables para la toma de decisiones en un proyecto de esta naturaleza.

Es en este contexto de evidentes necesidades y carencias que se insertan las instituciones educativas y de investigación mexicanas en general y tapatías en particular. Los planes y

programas de estudio de licenciaturas y post grados se elaboran con una escasa participación de los actores sociales a los que irá dirigida la práctica profesional de los egresados. Por otra parte, el apoyo a proyectos de investigación atiende a intereses puntuales de ciertos sectores tales como empresas o industrias, cuyos objetivos se relacionan escasamente con el beneficio social, en tanto que los efectos secundarios de la implantación de los resultados de las investigaciones generalmente atraviesa a una porción considerable de la población.

La selección intencionada en esta investigación de profesionistas que llevan a cabo su práctica desde el convencimiento de la importancia de aportar elementos que contribuyan efectivamente a enriquecer la calidad de vida de la mayoría de la población, ha facilitado la emergencia de las evidencias antes expuestas. En efecto, es este el tipo de profesionista que enfrenta cotidianamente los obstáculos que le imponen las condiciones específicas en que se lleva a cabo la investigación científica y la práctica profesional en el país.

Tercer nivel. Contexto tecnológico: medios técnicos de inscripción y transmisión.

Para los casos específicos de análisis del contexto de interacción con los src resultan fundamentales los medios técnicos ya que éstos incorporan características que confieren peculiaridades a esta interacción². En primer lugar, el hecho de que el soporte técnico sea precisamente un sistema computacional confiere a las representaciones simbólicas grados de representatividad cualitativamente distintos a los proporcionados por cualquier otro medio: emulación tridimensional, interacción con variables asociadas al objeto representado, y sobretodo simulación y visualización de procesos simultáneos; en segundo lugar, y derivado de la característica anterior, la posibilidad de manipular y modificar las representaciones con que interactúa sitúa al usuario en condiciones de erigirse en constructor intencionado de los sistemas representados; finalmente, la posibilidad de intercambio voluntario de estas representaciones a través de redes que comunican a los

² Este nivel plantea una perspectiva de investigación hacia la historia de la incorporación de las tecnologías computacionales en general y de los src en particular en la práctica científica.

usuarios-interactuantes contribuye a la expansión del contexto de recepción y producción de los src en tanto formas simbólicas³.

El equipo de cómputo utilizado en el ITESO por Luis Casas para el desarrollo de sus proyectos fue una plataforma Intel con procesador Pentium II XEON a 550 Mhz y con capacidad para procesamiento en paralelo con dos procesadores; disco duro de 20 Gigas a 7200 revoluciones, monitor a color de 19” y un graficador (*plotter*) HP 1050 de inyección de tinta con disco duro y 96 Mega bytes de memoria. La velocidad de procesamiento no era muy alta, considerando que las computadoras personales actuales tienen una velocidad de 1.4 Ghz –casi tres veces mayor-, por lo tanto el procesamiento de las imágenes no tenía una apariencia de modificación instantánea, teniendo que esperar algunos segundos para que se restablecieran las representaciones cuando se realizaban cambios en los parámetros asociados.

El sistema de software que procesa las imágenes –satelitales o fotografías aéreas- es ER Mapper, una de cuyas características es que guarda las modificaciones realizadas por el interactuante como algoritmos a aplicar, es decir, no modifica los datos numéricos, sino que aplica los procesos de modificación en cada caso. Así, estos algoritmos pueden aplicarse posteriormente a diferentes imágenes. El sistema permite realizar diversas manipulaciones en éstas, con diferentes grados de complejidad: en el nivel más simple, acercar o alejar porciones, “prender” o “apagar” niveles de representación, modificar la relación entre las bandas de registro de energía en las imágenes satelitales, modificar la resolución con que se pueden visualizar; en un grado mayor de complejidad pueden realizarse clasificaciones por grupos de acuerdo a parámetros gráficos, para encontrar zonas equivalentes, por ejemplo de vegetación, agua, construcciones, etc.

La adquisición de las imágenes de satélite se realiza a través de la red Internet, mediante solicitudes en línea a empresas de distribución, mismas que operan bajo el control de la agencia de prospección de Estados Unidos. La disponibilidad de las imágenes depende

³ Para enriquecer este aspecto asociado a los src sería no sólo deseable sino necesario plantear la necesidad de incorporar los estudios relativos a la comunicación mediada por computadora. Esta es una de las muchas perspectivas que el presente estudio dejará planteadas.

entonces de este control. El hecho de que los satélites a través de los cuales se obtienen las imágenes sean norteamericanos, así como las agencias de distribución y control de las mismas, incorpora restricciones anticipadas al proceso de interacción con los src, de tal manera que las porciones de la tierra que se capten y distribuyan no siempre corresponderán a los intereses de investigación de proyectos de profesionistas mexicanos.

Para el proyecto de determinación de áreas verdes en la zona metropolitana de Guadalajara se requería la conformación de un conjunto de imágenes de la ciudad captadas en un período de 1973 a 2000 en las mismas áreas, con el objetivo de realizar un estudio comparativo de evolución y crecimiento de la ciudad. Sin embargo, no fue posible encontrar disponibles en las agencias de distribución todas las imágenes en períodos de al menos diez años de diferencia. Al no contar con otra fuente de este tipo de imágenes –otros satélites, de otros países- fue necesario recurrir tanto a cartografía de la época como a fotografía aérea. Estas, a su vez, responden en su elaboración y captación a intereses económicos y políticos de quienes controlan estos procesos. En efecto, la cartografía puede estar orientada a fines catastrales, turísticos o de reglamentación vial, por ejemplo. Las fotografías aéreas disponibles, asimismo, deben su origen a intereses equivalentes, tal vez de urbanizadoras privadas o empresas constructoras. Así, la planeación urbana es un rubro poco atendido por quienes cuentan con los recursos económicos para elaborar representaciones de diversas clases que apoyen proyectos en este sentido. El investigador, entonces, tiene que “armar” las representaciones que requieren sus objetivos a partir de las existentes, mismas que no siempre cuentan con los elementos de representación que le son útiles.

En el caso del trabajo cotidiano realizado por Omar García, el equipo computacional que utiliza en el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara es una computadora personal MacIntosh con acceso a Internet. El meteorólogo realiza el pronóstico climatológico cotidiano a partir de la revisión de la información meteorológica de diversos sitios: en primer lugar consulta los modelos disponibles públicamente a través del *Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center* (FNMOC, 2002), mismos que proporcionan la interpretación visual de la resolución de diferentes sistemas de ecuaciones,

con lo que se elaboran modelos de pronóstico correspondientes a una misma área geográfica en períodos de tiempo equivalentes. Es tarea del meteorólogo sintetizar la información de los modelos revisados y articularla con su propio conocimiento del estado pasado y actual del clima. Para ello revisa los reportes que emiten las estaciones meteorológicas de los principales aeropuertos del país así como el estado del clima del día inmediato anterior. Todo ello se complementa con la revisión de las imágenes satelitales disponibles en el sitio del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos (NOAA, 2002).

La tarea anterior –cuya duración aproximada es de 4 o 5 horas- incorpora simultáneamente y de forma implícita la experiencia de García adquirida a través de años de observación y estudio de las condiciones climatológicas, tanto en forma directa como a través de diversas representaciones simbólicas tales como modelos computacionales, imágenes de satélite, histogramas y gráficas bidimensionales. Estas representaciones simbólicas son producidas y transmitidas en Estados Unidos principalmente, de tal forma que los modelos que representan regiones y fenómenos correspondientes a regiones mexicanas no siempre incorporan las características de éstas de manera adecuada. La superficie y orografía de México no han sido estudiadas profundamente por los científicos norteamericanos, asimismo, existen en el Océano Pacífico fenómenos tropicales, tales como los huracanes, propios de esta latitud, que al no afectar directamente al territorio norteamericano, no son estudiados a profundidad. Todo ello conlleva una representación parcial y recortada de la realidad climatológica mexicana en los modelos; sin embargo, constituyen la información más confiable en este sentido, ya que los elaborados en México no están actualizados con la periodicidad requerida y no tienen el rigor necesario incorporado a su realización.

El contexto de recepción e interacción con los src se ha revisado, en cada caso, en un sentido amplio, es decir, desde el nivel en que se inserta la investigación científica y la práctica profesional en el país a través de las instituciones educativas y los consejos de investigación, hasta los medios técnicos específicos a través de los cuales el profesionalista accede a los src en su trabajo cotidiano, incorporando, por supuesto, el contexto profesional

en que su práctica se desarrolla. Esta ubicación social y temporal del objeto de análisis dará pie para enriquecer la comprensión del posterior análisis estructural, en que se abordan los aspectos cognitivos y comunicacionales de la interacción con los src; aspectos que, articulados en este contexto social e histórico, se constituyen en una instancia específica de la ecología cognitiva propuesta y dan lugar, como se verá, a procesos de significación y posterior gestación de conocimiento.

Ante el recuento de innegables riesgos que realiza Ulrich Beck en su propuesta, deberíamos plantearnos seriamente la necesidad de construir esa *otra* ciencia que contribuya efectivamente a contrarrestar los riesgos y a preservar la vida en el planeta. Una ciencia reflexiva y autocrítica, que no cierre los ojos ante la “tierra des-ocultada” que ella misma ha erosionado, que recupere sus vínculos con la realidad y asuma finalmente el papel de interfaz liberadora que le propuso alguna vez el espíritu de la Ilustración.

6. Cogniciones, códigos e interfaces

*Las ciencias cognitivas y la teoría de la complejidad
nos trajeron la constatación fundamental de que pensamos, en realidad,
con todas las formas perceptivas y con todos los códigos significantes*

Arlindo Machado

Este capítulo corresponde a la fase del proceso analítico que atañe a las características estructurales de los src, y constituye, a su vez, una parte de la explicación interpretativa encaminada a la comprensión de los procesos de construcción de significado y de conformación de los esquemas de apropiación del mundo por parte de los profesionistas que interactúan con estos sistemas.

La primera sección acude al ejemplo de la meteorología y los modelos de simulación involucrados en la elaboración del pronóstico meteorológico, con el fin de conceptualizar a los src en general y a los modelos de simulación visualizables en particular como redes de interfaces. Esta conceptualización se realiza dentro del marco teórico que proporciona la ecología cognitiva antes referida. La segunda sección reporta el análisis detallado de las interacciones observadas entre el biólogo Casas y los sistemas de representación correspondientes a la geomática. Este análisis parte de la conceptualización realizada en la primera sección y articula las categorías analíticas proporcionadas por la caracterización de los src en tanto formas simbólicas con tres niveles propuestos para el análisis de las interacciones en cuestión. Ambas secciones conforman la porción más relevante del proceso interpretativo de esta investigación.

La meteorología y su vinculación con los sistemas de representación computacionales.

De acuerdo a Lévy (1993), la incorporación de las tecnologías intelectuales a la máquina social, las convierte en parte del equipamiento cognitivo que la cultura proporciona a los

individuos. En el caso particular de la práctica científica, estas tecnologías se incorporan a ella, pasando a formar parte del conocimiento científico que la sustenta.

Esta aseveración adquiere sentido al reconstruir la observación, que hubiera podido realizarse hace algunos años, de una interacción con un sistema computacional de modelación meteorológica en el que el resultado se mostraba a través de una serie de datos organizados en tablas cuyas entradas correspondían a alguna variable. Una tabla podría corresponder a una hora determinada del día en que el clima presentaba ciertas condiciones. El científico que hubiera recibido el entrenamiento correspondiente para interpretar la tabla, habría hecho uso de los resultados para elaborar un pronóstico. El tiempo que tendría que invertir en esta interpretación sería del orden de horas y apenas habría considerado una variable.

La observación anterior se convierte, años después y en un sistema equivalente, en la interacción con un mapa con color y texturas, en que se visualizan líneas de diferentes colores y grosores representando cada una de las variables. En el mapa están contenidos ahora diversos códigos visuales, que el científico entrenado podrá interpretar para la elaboración del pronóstico. Este científico consulta otros tantos mapas correspondientes a otras variables. Posteriormente interactúa con otros modelos que complementan su conocimiento del momento actual. ¿Qué cambia en este caso?

Ciertamente, cambia en la velocidad de acceso y la cantidad de información a la que puede acceder en un tiempo determinado. Pero más allá de lo evidente, está el cambio en **la forma de acceder al conocimiento**, en **la relación que se establece entre el hombre y los sistemas**, y fundamentalmente, en la **representación cognitiva** que se construye a partir de la percepción en la pantalla de las **representaciones simbólicas** de uno y otro de los sistemas en cuestión.

Es necesario conocer las características estructurales de la tecnología computacional, particularmente de los sistemas de representación y los modelos de simulación, para acercarnos a la comprensión del papel que éstos juegan en los cambios cualitativos

observables en la ciencia y su relación con las tecnologías intelectuales. El concepto clave que está asociado a estos cambios cualitativos en las relaciones hombre-máquina-conocimiento, es el concepto de interfaz.

El tránsito de una representación simbólica a otra es operado a través de las interfaces. Es decir, la transición de un conjunto de símbolos a otro se realiza a través de procesos denominados interfaces, cuya función consiste en traducir representaciones. (Lévy, 1993). El concepto de representación se alude desde diversos ángulos en el texto de Pierre Lévy, sin hacer una distinción clara de la acepción que se da al mismo en cada alusión. En este trabajo consideramos tres acepciones fundamentales: las representaciones simbólicas, las representaciones cognitivas y las representaciones sociales.

El concepto de representación social que Stuart Hall propone en “The work of representation” (1997) se ha desarrollado ya en el capítulo 3 de este trabajo, así como lo referente a representaciones simbólicas planteado por Gabriel Salomon (1997) y lo relativo a representaciones cognitivas desde la perspectiva del grupo de trabajo de Douglas Hofstadter (1995). Para efectos del análisis estructural de los src será preciso retomar estos conceptos, ya que la emergencia del significado como resultado de la concurrencia de estos tres procesos de representación es fundamental para esta fase interpretativa.

La propuesta de Hall, en síntesis, consiste en establecer que una representación es el proceso a través del cual los miembros de una cultura usan el lenguaje (definido éste como cualquier sistema de signos) para producir significado. Una representación involucra la construcción de significado a partir de la construcción de enlaces entre tres diferentes ámbitos: el mundo de las cosas, personas y experiencias; el mundo conceptual; y el mundo de los signos organizados en lenguajes. Si bien no lo menciona explícitamente, esta referencia a los enlaces entre ámbitos diferentes nos remite también al concepto de interfaz.

Gavriel Salomon aborda el tema de la construcción de significado desde las representaciones a través de formas simbólicas. Propone que las formas simbólicas de representación afectan el aprendizaje y el pensamiento; asimismo, plantea que éstas tienen

influencia en los significados que se construyen, en las capacidades mentales que entran en juego y en las formas que vemos el mundo. Diferentes formas de representación apuntan a diferentes aspectos del mundo que nos rodea, dándonos así la oportunidad de aprender de cada forma de representación algo diferente acerca del mundo. Respecto al significado que cada quien construye a partir de las representaciones de las formas simbólicas, Salomon plantea que éste se ve afectado tanto por las representaciones en sí mismas, como por las estructuras de conocimiento previas que cada persona tiene.

La representación cognitiva se construye, recordando los planteamientos de Douglas Hofstadter y su grupo de trabajo, gradualmente como resultado de las diversas presiones evocadas por un contexto dado. El proceso de construcción consiste en una interacción continua entre procesos de percepción y procesos de elaboración de analogías. El proceso perceptual es definido como la configuración de situaciones en representaciones apropiadas para un contexto dado. De esta forma, la percepción produce una estructura particular para la representación de una situación y el proceso de elaboración de analogías hace énfasis en ciertos aspectos de esta estructura.

Se ha destacado ya, en el mismo capítulo 3, que las acepciones que aquí se han considerado válidas para el concepto de representación, si bien provienen de corrientes diferentes, son compatibles en dos aspectos fundamentales: la dependencia contextual de las representaciones y la concepción del significado como resultado de procesos constructivos.

Parte del conocimiento científico está contenido en el modelo computacional, que es a la vez representación simbólica y representación cognitiva. En la representación simbólica puede distinguirse el grado de abstracción que se requiere para su interpretación. Como observamos en el ejemplo anterior, una representación simbólica construida a partir de caracteres alfanuméricos y símbolos matemáticos requiere un grado mayor de abstracción que una imagen, elaborada con líneas, contornos, colores y texturas. Estas características asociadas a la imagen hacen al modelo **visualmente significativo**.

En las representaciones simbólicas que requieren mayor abstracción, la elaboración de la representación cognitiva corre a cargo del interactuante en mayor medida, ya que tiene que imaginar y construir la representación visual correspondiente al conjunto numérico que le presenta la pantalla. Esta representación puede ser sólo un bosquejo aproximado del fenómeno natural que se esté modelando. En el segundo caso, la representación simbólica ha colaborado en mayor medida a la construcción de la representación cognitiva, en cierto modo, ha “avanzado” esta última. Esto permite al interactuante la construcción de analogías, en concurrencia con el proceso de percepción, para la elaboración de representaciones cognitivas más complejas.

En los modelos computacionales el nivel más alto de abstracción corresponde a la representación efectuada a través de las ecuaciones matemáticas que les dan origen. Estas ecuaciones modelan un fenómeno natural: en el caso de la meteorología, un huracán, por ejemplo. Son una primera interfaz entre la naturaleza y nuestra comprensión de ella. A partir de estas ecuaciones, la construcción de los modelos se realiza mediante una compleja red de interfaces en las que están involucrados una gran cantidad de códigos. Por una parte se encuentran los lenguajes computacionales en diversos niveles: desde el lenguaje de programación de alto nivel que utiliza el programador, hasta el lenguaje de dígitos binarios que opera la computadora. Por otra parte, el resultado de la modelación atraviesa otros tantos procesos: el huracán puede representarse como grandes conjuntos numéricos que corresponden a las variables que lo describen, o como conjuntos de símbolos organizados en ciertos patrones visuales, y de ahí hasta el mapa de una región específica del planeta, con la representación visual del huracán y sus variables: posición, trayectoria, velocidad, dimensiones, etc.

La última interfaz corresponde a la disciplina que se denomina “visualización científica”, dedicada a la construcción de interfaces computacionales que hacen visualmente significativos los resultados de los procesos de modelación y simulación. Una característica notable y paradójica de estas imágenes es que proporcionan información visual de procesos y datos que no son visibles en los fenómenos que están modelándose, es decir, que sólo existen visualmente en la pantalla. “Ahora se representa lo que se sabe del objeto y no lo

que se ve” (Machado, 2000). En el caso de la meteorología, las imágenes satelitales permiten visualizar variables tales como la temperatura o la humedad; así, la interpretación de estas imágenes puede revelar la presencia de ciertos objetos o fenómenos “a través” de superficies opacas. Los modelos, asimismo, revelan, por ejemplo, el comportamiento climático del planeta a través de imágenes que sólo pueden construirse a partir de la solución de las ecuaciones de modelado.

Son las imágenes que Machado describe “como objetos de manipulación, como estrategias de acción” (Machado, 2000). La manipulación de estas imágenes en la interacción con los modelos de simulación, convierte a los sistemas computacionales en un “laboratorio simbólico” donde el científico no solamente se apropia del conocimiento, sino que a su vez experimenta con los elementos que el sistema le proporciona, y de esta forma enriquece y retroalimenta a las teorías que sustentan a los modelos. Así, el meteorólogo que realiza diariamente el pronóstico del tiempo, informa del comportamiento de los modelos al teórico que los desarrolla. Al mismo tiempo, se mantiene informado de las modificaciones y mejoras que constantemente se hacen a los modelos, en respuesta a la experimentación cotidiana que con ellos se realiza.

Los sistemas de representación computacionales en general, y los modelos de simulación visualizables son, entonces, una red de interfaces, y podemos acceder a ellos desde cualquiera de los nodos que la constituyen, o bien desde varios de ellos a la vez. Asimismo, el interactuante con el sistema se constituye en un nodo más de esta red: ya que a través del conjunto de procesos que le permiten integrar a su aparato cognitivo el conocimiento científico contenido en el modelo, el interactuante mismo deviene interfaz.

A decir de los científicos que interactúan con estos sistemas a través de las interfaces visuales, “la visualización es una herramienta crucial para el investigador... sin el desarrollo de las supercomputadoras mucho de este nuevo conocimiento no habría sido descubierto” (Wicker, 1999). Esta afirmación nos remite, tal vez, a aquel des-ocultamiento al que hacía alusión Heidegger en la pregunta por la esencia de la técnica (1997): estamos conociendo

un universo al que no tendríamos acceso sólo a través de los sentidos, estamos ante un universo que se desoculta en las imágenes satelitales y los modelos de simulación.

El papel constitutivo e irrenunciable de la tecnología en la ciencia, es planteado también por García, quien, sin embargo, hace particular énfasis en la importancia decisiva que tiene el proceso de interpretación y síntesis por parte del científico. Las tecnologías intelectuales constituidas por los modelos son objetos de modificación permanente, en los que se incorpora una y otra vez el resultado de su aplicación práctica.

En efecto, no hay un solo modelo que contenga toda la información relativa a un fenómeno; más aún, los resultados arrojados por modelos diferentes en un mismo tiempo y espacio, serán distintos en la mayor parte de las ocasiones. Es el científico quien, con el conocimiento adquirido e incorporado socialmente, a través de la interacción con otras tecnologías intelectuales tales como los libros, así como en la experiencia acumulada a través de los años de práctica científica, es capaz de realizar el diagnóstico y el pronóstico adecuados en un momento específico.

El científico percibe a su propia ciencia como algo inacabado, en proceso de construcción y en constante desarrollo. Así, el avance en la meteorología debe responder, de acuerdo a García, a una pregunta crucial: “¿Se está interrogando a la atmósfera en los lugares adecuados y en el tiempo adecuado?” Es decir, la modelación y simulación de los fenómenos atmosféricos será más precisa y enriquecedora, en tanto el origen de la información y los procesos involucrados sea localizado con mayor precisión.

Ciertamente, la práctica científica depende, sobretodo, del correcto planteamiento de los problemas. Sin embargo, la posibilidad de responder afirmativamente a esta pregunta se vincula necesariamente con el contexto socio-histórico en que se desarrolla esta práctica.

Desde la perspectiva del científico, tecnología y ciencia se funden en la construcción del conocimiento, “pero es siempre el hombre el que tiene la última palabra”. Esta postura no muestra, entonces, una adhesión al determinismo tecnológico, sino, más bien, un deseo de

“ser con” la tecnología desde el convencimiento de que la ciencia podría ser, en esta sociedad de riesgos, la que proporcionara las alternativas viables para contrarrestarlos. De esta manera, el científico comparte tácitamente el planteamiento de Ulrich Beck, en cuanto a que estos riesgos “sólo se establecen en el saber de ellos, y en el saber pueden ser transformados” (1998, p. 28).

La geomática/Luis Casas/El diseño ambiental: una instancia de la ecología cognitiva

Como se ha comentado anteriormente, la geomática es una disciplina en la que convergen diversos desarrollos tecnológicos correspondientes a la generación y manipulación de imágenes satelitales, la configuración de mapas electrónicos y los sistemas de información geográfica, así como el sustento teórico de ciencias como la geografía, la electrónica, las ciencias computacionales. Es particularmente notable la imbricación entre ciencia y tecnología y la dificultad para delimitar las fronteras entre una y otra en la descripción de los componentes de los sistemas que constituyen tanto los productos como los insumos de la geomática. Asimismo, la posición particular de Casas en la práctica de esta disciplina es especialmente interesante ya que incorpora su formación original de biólogo con su inclinación hacia el desarrollo ambiental y la planeación urbana; además, su sólida formación en la incorporación de las tecnologías computacionales a la práctica profesional, lo constituye como un interactuante idóneo para el análisis de la conformación del aparato cognitivo amplio.

El proceso de observación y entrevistas con el biólogo Casas reportados en el capítulo anterior se realizó en tres niveles de análisis, conducidos por los ejes principales ya mencionados, y elaborados a partir de los elementos proporcionados por la caracterización previa de los sistemas de representación computacionales como formas simbólicas estructuradas. En esta sección se describirá cómo en cada uno de estos niveles se distinguen los aspectos de configuración de las formas simbólicas en los procesos de construcción de significado y gestación de conocimiento, aspectos que han sido desarrollados en el capítulo

tercero de este trabajo. La segunda parte del proceso interpretativo, que se reporta en esta sección, parte de los resultados de interpretación de la primera sección de este capítulo, en la que los src han sido conceptualizados como redes de interfaces.

Evidentemente, los tres niveles que serán considerados en el análisis no se presentan de forma lineal en el proceso de interacción con los src, sin embargo, para fines analíticos ha sido conveniente organizarlos de esta manera. Asimismo, los aspectos de las formas simbólicas –intencional, convencional, estructural y referencial- no se presentan en distintos momentos o situaciones de interacción, más bien conforman un entramado estructural difícil de ser dissociado. El proceso interpretativo que se muestra como resultado del análisis busca mostrar la manera particular en que se constituye este entramado en la instancia específica de la ecología cognitiva seleccionada como ejemplo en esta investigación.

Primer nivel. Visualización interactiva

En un primer nivel de análisis se persiguió fundamentalmente el objetivo de inducir al interactuante a verbalizar la construcción de significado a partir de la visualización computacional¹ de imágenes satelitales, considerando que esta construcción se realiza en un nivel de percepción visual que a su vez recurre a la elaboración de analogías a partir de representaciones cognitivas previas.

En la interacción con las imágenes satelitales a través de un sistema computacional se manifiestan en primer lugar las restricciones que impone el origen de las imágenes mismas. Es decir, el satélite a través del cual se ha hecho la detección, la hora en que esta se realiza, la región geográfica específica que se ha seleccionado y la disponibilidad de la imagen a través de un medio técnico específico. Por otra parte, al corresponder estas imágenes, en la

¹ Es importante destacar que la visualización es a través de la computadora, ya que esto proporciona, como se ha mencionado antes, la posibilidad de manipular las imágenes que están siendo visualizadas, es decir, es una visualización con participación del “visualizador” que se convierte, por lo tanto, en “interactuante”.

mayoría de los casos, a un satélite norteamericano no se tienen disponibles en todos los casos las regiones que el científico o profesionalista mexicano requiere consultar para algún estudio específico.

Todo ello corresponde al aspecto intencional de estas formas simbólicas. El medio técnico adquiere una importancia crucial para el acceso a este tipo de representaciones, ya que la existencia de la red Internet hace posible contar con las imágenes directamente a través de los sitios destinados para ello, que a su vez imponen restricciones de carácter económico – las imágenes tienen un costo- y en algunos casos institucional o de pertenencia a un grupo profesional determinado, o bien, pueden consistir simplemente en la membresía a la organización que el sitio representa –y ésta, por supuesto, también tiene un costo-.

Las imágenes adquiridas de esta forma son susceptibles de ser manipuladas, para ello es necesario contar con el software especializado en la computadora en que se realizará la manipulación². Además, es posible definir algunas características de la imagen desde su petición a través de la red, tales como el formato en que se organizan los datos, la resolución, etc. El proceso de selección de las imágenes y de sus características actualmente es a través de la red con una interfaz eficiente y fácil de manipular para el usuario entrenado. Anteriormente, la selección se hacía a través de complicados códigos de clasificación, de hecho se requería realizar consultas a un manual especializado para poder hacer la petición de la imagen por correo a través de algún proveedor, éste a su vez enviaba un resumen de las imágenes disponibles con características semejantes a las solicitadas y en caso de corresponder a los requerimientos, se hacía el pedido que era enviado en algún medio interpretable por la computadora (cinta magnética, *zip*, cd, etc.)

Así, todos estos factores relativos al aspecto intencional contribuyen a la conformación de la representación simbólica particular con la que se realizará la interacción. Sin embargo, como se ha apuntado en el tercer capítulo, este aspecto no determina la constitución

² Las imágenes que se comentarán en esta sección corresponden al satélite Landsat, a diferencia de las utilizadas en el pronóstico meteorológico, que corresponden a los satélites meteorológicos GOES.

significativa de la forma simbólica, solamente aporta ciertas restricciones que deben considerarse en el proceso de análisis.

El profesionalista conoce de antemano las restricciones a las que se enfrenta en la interacción, y las incorpora para la elaboración de los resultados de la misma, junto con las restricciones técnicas que imponen la producción, transmisión y recepción de la imagen. Es decir, en la visualización inicial de ésta se encuentra presente de forma implícita y permanente el margen de error que debe ser tomado en cuenta para la construcción de una interpretación de la representación simbólica con respecto al referente original: la tierra.

En este primer nivel se presenta ya un gran conjunto de interfaces perteneciente a la red antes conceptualizada. Simplificando: la tecnología satelital de recepción y transmisión de las señales correspondientes a un lapso espacio-temporal determinado –que a su vez consta de gran cantidad de interfaces y los correspondientes códigos asociados a éstas-; los sistemas receptores y decodificadores que almacenan y recodifican las señales recibidas; los sistemas de procesamiento que organizan los datos de acuerdo a los atributos que deberán ser visualizables; los sistemas que transmiten los datos a través de la red Internet; el sistema computacional (hw-sw) que los recibe; el sistema de hardware-software que los almacena, organiza e interpreta y a su vez los hace visualmente significativos y permite su manipulación y modificación.

En un extremo de la red de interfaces se encuentra el interactuante, cuyo aparato cognitivo en concurrencia con su equipamiento cognitivo cultural, interpreta e incorpora el significado visual de las imágenes. Proceso en el que el profesionalista considera, como se comentó antes, el conjunto de restricciones impuestas por el aspecto intencional presente en el src. Asimismo, en la descripción anterior se hace evidente la presencia de gran cantidad de convenciones y códigos que intervienen en la construcción de estos sistemas de representación que son secuencialmente traducidos por las interfaces.

Para la interpretación y significación de estas representaciones se establecen procesos de percepción y analogía semejantes a los que se realizan en la visualización de un mapa impreso. Sin embargo, aún en el nivel más bajo de interacción, es posible manipular la imagen para acercar o alejar ciertas regiones y desplazarse sobre éstas, con un grado de modificación en la representación visual que no es posible obtener en el caso del mapa impreso. En la construcción de significado se establece una combinación de: percepción visual, acceso a la manipulación de la imagen a través de los periféricos *mouse* y teclado, procesos de reconocimiento de patrones que a su vez entrelazan competencias profesionales con competencias tecnológicas, y elaboración de analogías que son resultado de estos procesos articulados con la historia personal del interactuante.

En el siguiente ejemplo Casas explica las razones por las que afirma que una región seleccionada de la imagen es precisamente una zona de relieve. En la explicación pueden distinguirse la convergencia de competencias asociadas a su formación profesional y de sus capacidades personales para el reconocimiento de patrones, desarrolladas como consecuencia de su interés en concebir al mundo de forma estructural y sistémica:

“...estas formaciones están hablando de que hay relieve, como si lo pudiéramos ver en tercera dimensión. Aquí es mucho más claro que está levantado, las sombras están indicando muy claramente que tienes elevaciones

-Aunque, bueno, sin tener el entrenamiento para verlo, podría pensar que esto es alguna pendiente, es decir, ¿cómo configuras tú la vista de esta imagen para interpretar el plano, y que la tercera dimensión es, digamos, hacia arriba?

-Hay dos razones por las cuales creo que es así, en primer lugar en esta zona tendrías que tener cañones muy profundos, tallados que no obedecen a este tipo de formaciones, normalmente cuando tienes cañones están tallados por ríos. Tendrías una forma dendrítica, que es la que tienes acá arriba, como de ramas o bifurcaciones, acá no tienes nada de eso, aquí es una especie de columna vertebral, y de un lado tienes sombras y del otro tienes luces. Efectivamente, si lo estuvieras viendo, si lo imaginaras tú como una depresión lo

invertiría el cerebro y entonces estarías viendo una profundidad. El problema aquí es que lo que está asociado a una profundidad no tiene sentido porque no hay ningún patrón geológico que te pueda dar esas formas, esas son montañas, es decir, son elevaciones, es decir, no hay un patrón de formación geológica que te pueda generar eso...”

La forma en que están configuradas estas representaciones vinculan ciertamente diversos aspectos de las formas simbólicas que pueden apreciarse en este nivel: la recepción anticipada es un factor que se manifiesta en el proceso de interpretación de la imagen, ya que el interactuante debe conocer, por ejemplo, los códigos de representación y la hora del día en que se produce la recepción –las sombras son elementos importantes a considerar-. Por otra parte, diversos conjuntos de convenciones y códigos se articulan para configurar la representación simbólica de una región de la tierra. Asimismo, los elementos estructurales, tanto del sistema de hardware y software usado para la representación como del sistema representado, presuponen el entrenamiento previo del interactuante y su conocimiento de las conformaciones de ambos niveles estructurales.

Segundo nivel. Manipulación de las imágenes y articulación de tecnologías

El segundo nivel se enriquece con la incorporación de las posibilidades de manipulación computacional de las imágenes a través de procesos que las transforman y re-construyen, así como la vinculación con otras tecnologías computacionales y sistemas de representación, tales como la fotografía aérea y los planos electrónicos que complejizan las representaciones simbólicas y por lo tanto contribuyen a la elaboración de representaciones cognitivas más complejas. En este nivel se hace evidente y cobra sentido el concepto de aparato cognitivo amplio, ya que la participación de los src en tanto tecnologías intelectuales es indispensable para la constitución significativa de los mismos –en tanto formas simbólicas- por parte del interactuante. Asimismo, se hace evidente la configuración del aparato cognitivo como un red compleja de interfaces, en la que el interactuante se constituye en la interfaz consciente que conduce la interacción.

Una de las transformaciones que el interactuante realiza sistemáticamente para tener acceso a otras formas de representar los componentes de una misma región, consiste en mover los registros de energía que normalmente no son visibles y que están en la banda infrarroja, a la banda visible. De esta forma los elementos vegetales se verán en diferentes tonalidades de rojo y además será posible percibir elementos que no son visualizables a simple vista, y por lo tanto no aparecen en la banda “visible”. El software que permite la visualización y manipulación de las imágenes proporciona también la posibilidad de aplicar diversos métodos matemáticos que calculan relaciones entre los elementos de la imagen.

El objetivo de este trabajo no es destacar los detalles técnicos de esta interacción en particular, sin embargo, es importante, para efectos de la conformación de las representaciones cognitivas y de la construcción de significado, saber que estas formas de representación y su peculiar modo de interacción tienen las siguientes características:

- Puede modificarse la forma de visualizar los elementos
- Pueden hacerse visibles elementos que no percibe directamente el ojo humano
- Pueden realizarse cálculos matemáticos para establecer proporciones entre diferentes elementos (vegetación, agua, población, etc.)
- | -Pueden realizarse operaciones que clasifiquen los elementos de la imagen
- Pueden seleccionarse las formas de realizar los cálculos, ya sea con supervisión del interactuante o de forma totalmente automatizada
- El interactuante tiene acceso a los parámetros que modifican la visualización de la imagen en cuanto a áreas a visualizar, cercanía, resolución, colores, elementos visualizables.
- El interactuante tiene acceso a atributos de los elementos de la imagen tales como superficie, volumen, extensión, posición geográfica.

Así, los procesos de interacción que se establecen entre el aparato cognitivo del interactuante y esta forma particular de tecnologías intelectuales da lugar a la conformación de representaciones cognitivas diferenciables de las que se establecen con otros sistemas de

representación. El interactuante asocia las representaciones visuales, los datos numéricos, las gráficas de proporciones y los patrones que adquiere la información representada para construir conceptos, establecer relaciones y realizar inferencias.

El siguiente ejemplo ilustra la forma en que la manipulación de la imagen contribuye a la configuración de una representación cognitiva:

“...tenemos aquí una ciudad más grande, de hecho puedes ver que tiene hasta un aeropuerto. Eso es fácil de saber porque en el aeropuerto tienes una pista pavimentada de gran longitud rodeada de una zona plana, no tiene que haber nada para que puedan entrar y salir los aviones, entonces normalmente tienes un patrón, tienes un rectángulo de vegetación generalmente muy poco vigorosa y dentro de ella tienes una pista, orientada de acuerdo a los vientos, entonces esto es muy fácil de identificar como un aeropuerto. Está cerca de una zona urbana, más bien adentro de una zona urbana prácticamente. Si nos acercamos un poquito más puedes ver que es una pista única, no es un aeropuerto muy grande, tienes dos accesos una rampa de entrada y otra de salida. No se aquí donde estamos...podría ser Morelia.. o Uruapan, más bien. Vamos a afinar un poquito la imagen, para darle mayor resolución: le voy a agregar una capa de intensidad que tiene la banda pancromática de 15 metros. Ups, hay que ir a buscarla... Mejora ¿verdad?, aquí ya no cabe duda de que es un aeropuerto, aquí se ven las marcas de aproximación a la pista, aquí están los edificios, de la terminal, aquí no tiene pierde: ¡eso es un aeropuerto!...”

El otro componente de este segundo nivel está constituido por la articulación de tecnologías de representación. Las imágenes satelitales manipuladas se comparan, mediante procesos computacionales, con mosaicos de fotografías aéreas y mapas electrónicos que se elaboran a través de procedimientos topográficos, el objetivo de esta comparación es construir una representación de una cierta región de la tierra que incorpore mayor cantidad de información y se aproxime con mayor fidelidad al referente físico representado.

El conjunto de tecnologías intelectuales que la geomática vincula de forma sistemática da lugar a representaciones computacionales complejas que articulan las imágenes con los

atributos asociados a los objetos representados. Así, por ejemplo, los sistemas de información geográfica permiten diferentes niveles de interacción que van desde la mera visualización computacional descrita anteriormente, hasta la interacción con las características del objeto visualizado.

Sean estas características, por ejemplo, la superficie de un lago, su profundidad, sus coordenadas geográficas, incluyendo asimismo la visualización de éste en tres dimensiones. La interacción con estos elementos permite construir una representación cognitiva que incorpora los datos numéricos –profundidad, superficie- con la imagen de los mismos –el lago visto en corte transversal o en extensión relativa a la región que lo contiene-; y es el conocimiento previo que el interactuante tiene del objeto representado – obtenido mediante el equipamiento cognitivo que le proporciona la cultura- lo que da lugar a la constitución significativa del sistema de representación computacional. Esto proporciona al interactuante la impresión de una “inmersión intelectual”, ya que está accediendo de forma integral al conocimiento de un objeto mediante la interacción con el src, en un conjunto de procesos que se llevan a cabo en la red de nodos cognoscentes y que articulan los tres tipos de representación antes mencionados.

En el proyecto de determinación de la transformación de la ciudad de Guadalajara en los últimos treinta años, una de las primeras tareas a realizar consistía en la definición de *la ciudad* desde el punto de vista espacial, es decir, había que responder a la pregunta: ¿qué es Guadalajara?, para ello fue necesario construir una definición operativa de la misma. Para la consecución de este objetivo se recurrió a imágenes satelitales de la zona conurbada desde 1973 hasta 2000, posteriormente éstas se combinaron con mosaicos de fotografías aéreas y con cartografía de cada período.

“¿Cuál es la superficie que tiene Guadalajara? ¿cuál es la zona conurbada? La cosa es que nadie lo sabe, por dos razones, primero porque no hay una definición operativa de lo que constituye una zona conurbada, es decir te pueden decir que es la zona que está cubierta de pavimento, pero tiene zonas en medio que están si urbanizar, zonas semi rústicas, son las que constituyen reservas y que no se han tocado porque están en proceso de desarrollo...

entonces no hay una definición clara ¿qué es Guadalajara?, ¿lo que está dentro del periférico? ¿lo que está pavimentado?”

El proceso de elaboración de los mosaicos es sumamente laborioso e implica un trabajo casi artesanal en el que se busca la coincidencia de puntos entre fotografías digitalizadas de zonas contiguas. Para llevar a cabo este proceso se utiliza la guía de un mapa electrónico que a su vez es producto de la digitalización de levantamientos topográficos.

Una vez que estos sistemas de representación se han combinado través de medios computacionales dando origen a una nueva representación simbólica de la región –en este caso la zona conurbada de Guadalajara-, ésta se superpone a la imagen satelital correspondiente al mismo período histórico. Esta construcción de la representación computacional ha sido, entonces, producto de la confluencia de múltiples representaciones cognitivas asociadas a cada etapa de la elaboración. Asimismo, el conocimiento previo de la imagen aérea de la ciudad así como la identificación de ciertos puntos clave –hitos- por parte del interactuante han conferido a esta representación una especificidad referencial. Esta característica supone un concepto de ciudad implícito así como un conjunto de procesos interpretativos que atraviesan la construcción del producto obtenido.

“...me voy a acercar un poquito más al polígono...pueden verse los trazos de algunas avenidas, y algunas cosas ya son visibles en esta imagen, pero es muy difícil saber realmente dónde termina, sobretodo en esta parte de la ciudad, en la parte oriente, hay una mancha blanca, un área blanca que rodea la zona metropolitana, que no sé si son terrenos cultivados, si son áreas yermas, si son zonas urbanas, entonces todo eso es la primera dificultad. Probablemente la imagen de satélite no me permita definir claramente esto, y voy a tener que recurrir a la cartografía de la época, para ver qué había hasta aquel entonces, que desde luego la cartografía va a ser también incompleta, y voy a tener que tomar una tercera fuente para poder corroborar las dos, para calibrarlo, que es la fotografía aérea, entonces con eso las zonas que no puedo alcanzar a distinguir, pues voy a echar mano de otra cosa, y tratar de ir viendo hasta donde llegaba la ciudad. Hay ciertas marcas

que son muy evidentes, que me pueden ayudar en esto, puedes ver cómo el parque González Gallo quedaba prácticamente en la periferia de la ciudad...”

Así, mediante procedimientos rigurosamente controlados, con la colaboración de sistemas computacionales que actúan como interfaz de complejos procesos y cálculos matemáticos, el aparato cognitivo amplio construye la historia espacial de una ciudad.

Tercer nivel. Sistemas de representación complejos y modelación

El tercer nivel corresponde a la gestación de conocimiento que podrá ser compartido con la comunidad perteneciente a las disciplinas involucradas en el diseño y planeación ambiental que, en este caso, constituye el contexto específico en que se lleva a cabo la práctica profesional analizada. Es en este nivel donde el profesional incorpora sus conocimientos previos de múltiples ámbitos, relaciona a su vez factores sociales e históricos así como los resultados del nivel anterior, para avanzar en la construcción de los elementos que podrán constituir modelos complejos de representación –de la ciudad, por ejemplo- para ser utilizados en futuros procesos de investigación y planeación.

El nivel más alto de representación computacional logrado hasta el momento está constituido por los sistemas de visualización de modelaciones y simulación de procesos concurrentes que ningún aparato construido por el hombre hasta el momento había permitido observar simultáneamente. Esto, como se comentó anteriormente, se aplica tanto a fenómenos subatómicos como a procesos del ámbito astronómico, abarcando asimismo un sinnúmero de objetos de estudio científico que ocurren a otras escalas.

La construcción de un modelo de la ciudad de Guadalajara es una de las perspectivas del proyecto comentado antes. La complejidad de esta tarea implica la necesidad de incorporar el trabajo de profesionistas de diversas disciplinas que aporten la información y conocimiento requeridos para construir un sistema que permita visualizar en dos y tres

dimensiones el entorno de la zona metropolitana de Guadalajara: sus calles, edificios, parques, casas; así como fenómenos naturales que ocurren dentro de este entorno: lluvias, inundaciones, sequías, contaminación. Además de lo visible en la superficie el sistema podría incorporar elementos tales como la red hidráulica de la ciudad, las cañerías y ductos subterráneos, el entramado eléctrico, cableados telefónicos, redes viales entre otros muchos elementos. No es difícil imaginar el papel preponderante que un modelo de esta naturaleza debería jugar en el diseño y planeación del crecimiento de una ciudad.

Los productos como el anteriormente descritos son, a su vez, susceptibles de manipulación a diversos niveles, tanto para la visualización simple como para la construcción de escenarios posibles a partir de la modificación de las variables que constituyen el sistema. Proporcionan entonces la posibilidad de imaginar “qué pasaría si...”, de tal forma que este proceso de imaginación del aparato cognitivo humano se vinculará a las representaciones proporcionadas por el src y se apoyará en éstas para construir una forma de conocer el futuro del referente representado. Es aquí donde el término “representado” adquiere su acepción en sentido amplio, ya que se manifiesta de manera evidente la concurrencia de los tres tipos de representación anteriormente planteados: la representación simbólica, la representación cognitiva y la representación social.

El estudio de la tecnología computacional correspondiente a los sistemas de representación permite entender a la inteligencia y a la cognición como resultantes de redes complejas donde interactúan elementos sociales, biológicos y técnicos, dotando así de sentido al concepto de ecología cognitiva propuesto por Lévy.

Los sistemas de representación computacionales dan acceso a la construcción de realidades que nunca antes habían traspasado los umbrales de la imaginación. Se constituyen en una red de interfaces que incorpora al aparato cognitivo del interactuante como un nodo fundamental de esta red: la interfaz consciente que conduce la interacción y vincula el conocimiento científico contenido en el modelo, con la práctica cotidiana que habrá de incidir en la vida social.

En este capítulo se realizó una primera aproximación a las posibles vinculaciones existentes entre las representaciones simbólicas, cognitivas y sociales, en la construcción de significado a partir de la interacción con sistemas de representación computacionales. Conceptualizar a estos sistemas como redes de interfaces ha resultado pertinente para avanzar en la comprensión del proceso concurrente de elaboración de estas representaciones.

7. Conclusiones. La trenza dorada de las representaciones.

*La persona que ha vivido intensamente el conocimiento, aprovechando íntegramente ese maravilloso atributo de la racionalidad, debe morir si no más tranquilo, si más en paz consigo mismo
jcm (enredando.com)*

En este capítulo, a manera de conclusión, se elabora una recapitulación de los diversos aspectos abordados en el transcurso del trabajo de investigación, tanto desde el punto de vista teórico-metodológico, como en su articulación con los referentes empíricos, buscando compartir los resultados de los procesos analíticos realizados. La primera sección de las conclusiones se ha organizado en torno a tres aspectos: el análisis cultural, la ecología cognitiva y el concepto nuclear que vincula los ejes de análisis -cognitivo y comunicacional- en la investigación: la representación. Es la forma específica que ha adquirido este concepto en el transcurso del análisis lo que da lugar a una de las posibles perspectivas y líneas de investigación más ricas en facetas y dimensiones de análisis: la constitución significativa de las formas simbólicas como resultado de la concurrencia de los procesos de tres clases de representación: cognitiva, simbólica y social.

Se hace referencia asimismo, en la segunda sección, a la forma en que la pregunta de investigación condujo el proceso de análisis y se destacan los puntos específicos en los que se ha avanzado en la comprensión de los elementos planteados en la misma, así como las nuevas preguntas que han surgido a partir de la búsqueda de respuestas. Para ello se revisará cómo la articulación de los elementos de los src en tanto formas simbólicas por una parte, y en tanto elementos constitutivos de la red de nodos cognoscentes por otra, enriquece la comprensión de la emergencia de la especificidad referencial de las representaciones computacionales.

En la tercera sección se da cuenta de las certezas personales amenazadas y los procesos de re estabilización de la propia red de nodos cognoscentes, es decir, la que involucra mi propio aparato cognitivo. Asimismo, se comparten las posibles estructuras que podrían

sustentar a esos puentes sugeridos entre los diversos saberes y modelos de explicación del mundo, intentando ubicar en ellas a los sistemas de representación computacionales.

La trenza dorada de las representaciones

La caracterización de los src en tanto formas simbólicas realizada en el capítulo 3 de este trabajo y la articulación de la misma con los elementos proporcionados por el marco teórico de la ecología cognitiva ha permitido la construcción del objeto de investigación desde una perspectiva comunicacional. De ahí ha derivado, por una parte, la pertinencia del marco metodológico proporcionado por la hermenéutica profunda para el análisis de los src . En efecto, situar los procesos de construcción de significado en el foco de análisis ha proporcionado las categorías analíticas que vinculan comunicación y cognición en los procesos de interacción que se establecen con los src. Esta caracterización consistió, entonces, en la construcción de una plataforma conceptual que sirvió de punto de partida para realizar el proceso de análisis cultural. Por otra parte, ha sido posible articular en este proceso los conceptos asociados al aparato cognitivo amplio, ya que los src se han mostrado como una red de interfaces tendida en el espacio de la ecología cognitiva, de tal manera que la constitución significativa de los src en tanto formas simbólicas se realiza en este espacio a partir de una instancia específica del mismo.

En efecto, la **referencia específica** al objeto representado es, entonces, la representación resultante de la configuración de una instancia determinada del aparato cognitivo amplio en la ecología cognitiva propuesta. Asimismo, esta configuración supone el desarrollo permanente de procesos de construcción de significado y apropiación de conocimiento que a su vez darán lugar a la gestación de nuevo conocimiento que podrá ser difundido en comunidades que apelen a sistemas de representación compartidos.

Se ha observado como el término “representado” adquiere su acepción en sentido amplio, ya que se manifiesta de manera evidente la concurrencia de los tres tipos de representación anteriormente planteados: la representación simbólica, la representación cognitiva y la

representación social. Ha sido a lo largo del desarrollo de esta investigación que ha emergido esta “trenza dorada de las representaciones”¹ como gestadora del proceso de construcción de significado. Cada uno de los tipos de representación considerados se trenza armónicamente con los otros dos para enriquecer el universo simbólico de la interfaz consciente de la red cognoscente: el interactuante.

Así, se vinculan los conceptos proporcionados por la ecología cognitiva con los tipos de representación propuesta: las tecnologías intelectuales como generadoras de las representaciones simbólicas, el aparato cognitivo humano como constructor de las representaciones cognitivas y la cultura como espacio de representaciones compartidas. Se plantea la interesante tarea de indagar las diversas formas en que se vincula esta trenza dorada de las representaciones con otras redes de interfaces tendidas en el espacio de la ecología cognitiva.

Las afirmaciones anteriores podrían servir de punto de partida para alguna otra investigación en torno a la interacción con otras formas simbólicas, o bien, para continuar el análisis de los src de esta perspectiva. El concepto de representación es central para la comprensión de la constitución significativa de las formas simbólicas, y por ello resulta de gran relevancia en los estudios de comunicación. Es por ello que se espera que, junto con el ejercicio analítico de caracterización de los src como formas simbólicas, la propuesta para abordar este concepto desde la perspectiva de procesos concurrentes y entrelazados pueda ser de utilidad para otras investigaciones.

La pregunta de investigación y... más preguntas

La búsqueda de un acercamiento a las interrogantes planteadas en esta investigación ha girado en torno a un concepto clave: el proyecto simbólico del “yo” (*self*) construido a

¹ La metáfora de la trenza dorada es propuesta por Hofstadter en su primer libro: “Gödel, Escher y Bach: una eterna trenza dorada” (1979), donde comparte su visión de estas tres propuestas como proyecciones en tres planos diferentes de una misma esencia sólida central. Es así que surge la idea de establecer un isomorfismo mental para ubicar a las tres acepciones de la representación en un conjunto equivalente al de Hofstadter, cada representación proyectada en un plano, donde el centro es ocupado por la emergencia de significado.

partir de los materiales simbólicos que los sujetos tienen a su disposición y con los cuales construyen una narrativa de su propia identidad (Thompson, 1995).

En efecto, el material simbólico constituido por los sistemas de representación computacionales, en tanto formas simbólicas, se incorpora al universo simbólico del interactuante como resultante del proceso de significación que emerge en la trenza de representaciones propuesta. Este universo simbólico se transforma cualitativamente en la interacción con los src, ya que éstos proporcionan representaciones simbólicas cuya peculiaridad consiste, como se ha descrito a lo largo de este trabajo, en proporcionar acceso visual e interactivo a procesos naturales en una dimensión espacio-temporal nunca antes realizada por algún instrumento de invención humana. Así, el interactuante, en su práctica profesional, incorpora estas representaciones de la naturaleza -con el grado de confiabilidad que les otorga el conocimiento científico que las sustenta- y hace uso de ellas en tanto material simbólico para construir la narración de su propia identidad como profesionalista.

En este ejercicio analítico cuyo protagonista indiscutible ha resultado ser la representación surge también, con una relevancia equivalente y complementaria, el concepto de interfaz. En el transcurso de la investigación fue haciéndose evidente la transformación sucesiva de las representaciones simbólicas entre diferentes grados de abstracción y con diversos elementos correspondientes a otros tantos sistemas de convenciones y códigos. Así, una simulación puede representarse como un conjunto de ecuaciones y la solución del mismo en símbolos matemáticos o bien como un conjunto de imágenes cuya interpretación requiere de un grado menor de abstracción pero que implica, asimismo, un conocimiento de los códigos visuales implícitos. En todos estos procesos se manifiestan “traductores de representaciones” (Lévy, 1993) o interfaces que articulan códigos y participan en la construcción de las representaciones cognitivas por parte de los interactuantes. Se ha visto como los src pueden concebirse como redes de interfaces que colaboran en la apropiación y significación de los fenómenos representados.

En la articulación de estos dos conceptos destacados –representación e interfaz- cobra sentido el aspecto referencial de estas formas simbólicas, los src. Como se ha comentado en

el tercer capítulo de este trabajo, en una instancia específica de la ecología cognitiva el interactuante asocia la representación simbólica a un referente socialmente compartido, y es así que el significado emergente es relativo a una referencia específica, dependiente del contexto de interacción y de las características de los componentes de la instancia particular de la ecología cognitiva.

A partir de este acercamiento a un conocimiento más profundo de la elaboración del *self* en tanto proyecto simbólico del interactuante, han surgido nuevas preguntas que apuntan hacia otras vertientes y facetas del objeto de estudio. Así, se perfila la necesidad de trabajar la contextualización social de la interacción con los src incorporando diversas profesiones y disciplinas científicas que accedan a éstos, buscando una mayor precisión tanto en la conceptualización como en los referentes empíricos relativos a la representación social de los conceptos científicos inmersos y de los sistemas computacionales en cuestión.

Una línea de investigación que resulta indispensable promover y que podría articularse con diversos aspectos relativos a los sistemas de representación computacionales corresponde a la comunicación mediada por computadora en general y al caso de Internet en particular. La vinculación de la riqueza de elementos aglutinados en estos peculiares medios de comunicación con las reflexiones en torno a los src daría lugar a la elaboración de preguntas estratégicas para la comprensión de los fenómenos comunicativos que actualmente forman parte de la gestación de nuevas formas de conocimiento.

Por otra parte, será importante indagar con mayor precisión en el papel que estos sistemas juegan en los procesos de aprendizaje en ámbitos formales e informales. Ciertamente la utilización de los src en procesos educativos no es una práctica común en México, sin embargo, algunas disciplinas científicas sí los incorporan en la currícula de licenciatura y post-grado. Existen también algunas propuestas para su inclusión en ámbitos informales, ejemplo de esto son los centros interactivos de divulgación científica que proponen la construcción de laboratorios virtuales y centros de acceso a visualizaciones científicas.² Es

² Actualmente un grupo de estudiantes y egresados de la Maestría en Comunicación que es destinataria de esta investigación colaboramos en la asesoría del Proyecto Educativo, conceptualización y propuesta de realización del Centro Interactivo “El Trompo Mágico” que se inaugurará próximamente en esta ciudad. La

precisamente en estos ambientes donde podrá constatarse –o no- la validez de estos elementos para lograr una mayor eficiencia en el acercamiento de la ciencia al público que no cuenta con una formación científica previa, mostrando así la posibilidad de la construcción efectiva de puentes entre universos aún distantes.

Situarse en la intersección de estos universos –o en una de tantas posibles intersecciones- obliga a destacar la importancia fundamental de la elaboración de interfaces eficientes que contribuyan a una construcción significativa de los conceptos asociados a la ciencia y la tecnología en los destinatarios –que no siempre beneficiarios- de sus consecuencias y efectos secundarios. Los riesgos derivados de las transformaciones que ciencia y tecnología incorporan al entorno planetario, apuntados por Beck en la propuesta comentada en el capítulo V, se magnifican dramáticamente en nuestro contexto latinoamericano, situándonos como uno de los eslabones más débiles en la cadena de aportaciones y beneficios, así como uno de los más vulnerables en la secuencia de recepción de efectos secundarios indeseables.

Sólo el conocimiento de los procesos intrínsecos asociados a la práctica científica en sus múltiples facetas y de las transformaciones continuas vinculadas a la interacción irrenunciable con la tecnología proporcionarán al menos la posibilidad de incidir de forma racional y argumentada en las instancias sociales de toma de decisión y elaboración de estrategias, relativas no sólo a los productos resultantes de ciencia y tecnología, sino a los procesos mismos que los originan.

La difusión de los procesos inmersos en ciencia y tecnología y de las consecuencias de éstos al incorporarse a la práctica social adquiere de esta forma una dimensión política indisociable de la dimensión meramente cognitiva que tradicionalmente se le asigna en los procesos educativos, y la sitúa más bien como parte de un proyecto educativo amplio que debería trascender los marcos de la concepción instrumental de la tecnología y de la ubicación de la ciencia como elemento ajeno al tejido cultural.

propuesta incluye, entre otros elementos, la inclusión de visualizaciones científicas y laboratorios virtuales para la divulgación de conceptos relativos a diversas áreas de las ciencias exactas y naturales.

Es así que la metáfora de la construcción de puentes tantas veces aludida deberá tal vez transformarse y enriquecerse derivando en el concepto más abarcador de un tejido estructural de interfaces –verdaderas traductoras de representaciones- que faciliten los procesos de construcción de significado y de gestación efectiva de conocimiento social. Para ello resulta evidente el papel estratégico que debería desempeñar en esta tarea la aproximación a esta problemática *desde* la comunicación, en la perspectiva a la que esta investigación se adhiere y que se ha hecho explícita en el segundo capítulo de este reporte. Las líneas de investigación que se derivan de asumir este compromiso apuntan precisamente a ese proyecto educativo amplio que incorpora necesariamente a la difusión de la ciencia y la tecnología.

Certezas amenazadas y re estructuración de redes

El proceso ha resultado personalmente enriquecedor ya que me ha permitido estudiar un objeto que siempre ha despertado especial interés en mí desde perspectivas previamente desconocidas. Las certezas amenazadas no son en tanto la validez de un método o modelo de explicación del mundo, sino más bien, en lo que se refiere a la conciliación de facetas y ángulos que aparentemente no tenían posibilidad de intersección en su aproximación al estudio y conocimiento de las diversas formas de *ser con* la tecnología. Si la tecnología computacional ha sido objeto de fascinación personal desde la perspectiva de las ciencias exactas, esta fascinación y asombro han crecido al descubrir la riqueza de elementos que se incorporan cuando aparecen en el escenario de estudio aspectos relativos a los procesos cognitivos y comunicacionales que intervienen en la relación humano-máquina. Creo que es un privilegio tener acceso a ambas orillas del puente –o más bien, a diversos nodos de la red- y creo también que es un compromiso contribuir a que otros –provenientes de cualquiera de los ámbitos en cuestión- lo tengan también.

Es necesario puntualizar también que en esta re estructuración del sistema cognitivo personal, ha emergido inconscientemente el método de aproximación al conocimiento que

interioricé en mi formación profesional temprana. De ello caí en la cuenta hasta la revisión final del reporte de investigación.

Me resultó indispensable –ahora lo veo- precisar y definir conceptos, realizar demostraciones, anclar en ambos mis argumentaciones e inferencias, para poder elaborar consecuentemente una estructura consistente de conceptos y relaciones –una red- que me resultara personalmente convincente. No quiero decir con esto que se han buscado generalizaciones ni demostraciones universales, tampoco considero válida la extrapolación gratuita de teorías a ámbitos ajenos a su esfera de aplicación, solamente hago referencia a mis propios esquemas de interpretación del mundo, a mi propio proyecto simbólico y a la forma particular en que he conseguido construir una estructura personalmente significativa, misma que me ha permitido vincular –en alguna medida- universos aparentemente ajenos.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

Ainsworth, S.E., P.A. Bibby and D.J. Wood (1997). "Information technology and multiple representations: new oportunities-new problems." Journal of Information Technology for Teacher education, 6(1), 93-104.

Al Hunaiyyan, Ahmed, Jill Hewitt, y Sara Jones (1999). Multimedia Interface design in relation to a learner's culture, University of Hertfordshire, UK, Collis y Oliver, 1187-92.

Annotated Scientific Visualization Web Site Bibliography. Consultado a través de Explorer, marzo 2002. Dirección: www.nas.nasa.gov/Groups/Vistec/Visweblet.htm

Arbelaez, Martha (2000), "La cognición: perspectivas teóricas", Ciencias Humanas, No. 22, Colombia. Consultado a través de Explorer el 4 de marzo de 2002. Dirección: www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev22/arbelaez.htm

Aronowitz, Stanley et al. (1998). Tecnociencia y cibercultura. La interrelación entre cultura, tecnología y ciencia. Paidós Multimedia, Barcelona, España.

Barret, E. and M. Redmond (Ed.) (1997). Contextual Media, Massachusets: MIT Press.

Beck, Ulrich (1998). La sociedad del riesgo, Paidos, Barcelona.

Bell, Jeffrey (1999). WWW Based Simulations for teaching Biology, California State University, Collis y Oliver, 1134-39.

Benedickt, Michael (1993). Ciberespacio. Los Primeros pasos, Conacyt, México.

Berland, Jody, (1998). “Cartografiar el espacio: las tecnologías de formación de imágenes y el cuerpo planetario”, Tecnociencia y cibercultura. La interrelación entre cultura, tecnología y ciencia. Ed. Stanley Aronowitz. Barcelona: Paidós Multimedia.

Berter, Peter L. and Luckmann Thomas, (1967). The social construction of reality, Doubleday Anchor books, New York.

Biocca, F. (1993). “Communication research for the design of communication interfaces and systems.” Journal of Communication 43(3).

Bliss, J. and J. Ogborn (1989). “Tools for exploratory learning.” Journal of Computer Assisted Learning, 5(1), 37-50.

Bromley, Hank, y Michael W. Apple, (1998). Education/Technology/Power. New York: State University of New York.

Brown, J.S., A. Collins and P. Duguid (1989). “Situated cognition and the culture of learning.” Educational Researcher, 18(1), 32-42.

Carey, James W. (1989), Communication as Culture, Essays on media and society, Routledge, New York.

Castells, Manuel (1999). La Era de la Información. Economía, sociedad y cultura. Alianza Editorial, México.

Casti, John, (1989). Alternate realities. Mathematical models of nature and man. John Wiley and sons, New York.

Casti, John, (1997). Would be world. How simulation is changing the frontiers of science. John Wiley and Sons, New York.

Castro y Lluriá, Rafael (1995). Discurso e introducción de la informática en la educación, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México.

Cerruti, Mario (1994). “El mito de la omnisciencia y el ojo del observador”, en Watzlawick, El Ojo del Observador, Gedisa, Barcelona.

Clarke, Tom (2002), “Wanted: scientists for sustainability”, Nature, Agosto 2002. Consultado a través de Explorer el 16 de septiembre de 2002. Dirección: www.nature.com/nsu/nsu_pf/020819/020819-7.html

Collis, Betty y Ron Oliver, eds. (1999), Ed-Media 1999. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Proceedings, Seattle, Washington, AACE, June 1999.

Computer Visualization of the Marine Environment. Consultado a través de Explorer, enero 2002. Dirección: www.ecovis.org/VirtualEcosystems.htm

Cosmovisión. Animaciones Tridimensionales del Universo. Consultado a través de Explorer durante 2002. Dirección: alex.iam.udg.mx/cosmovision.html

Cunningham, D., T.M. Duffy and R. Knuth (1993). “Textbook of the future”, en C. Knight (Ed.), Hypertext: A psychological perspective, London, Ellis Horwood Publications.

De Kerckhove, Derrick, (1995). The Skin of the culture, Kogan Page, London.

Deutsch, David, (1997). La Estructura de la realidad, Anagrama, Barcelona.

Di Paolo, Terry (1999). Learning Strategies: A Framework for Understanding Students learning with computers. Great Britain, Collis y Oliver, 1038-43.

Dowling, C. (2000). "Simulations: New "Worlds" for Learning?", Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 6(3/4), 321-337.

Egan, Kieran (1997). The educated mind. How cognitive tools shape our understanding. The University of Chicago Press, Chicago.

Emmeche, Claus (1994). Vida simulada en el ordenador, la nueva ciencia de la inteligencia artificial, Gedisa, Barcelona.

En.red.ando. Consultado a través de Netscape y Explorer durante 2000, 2001 y 2002. Dirección: enredando.com.es

Ess, Charles (1996). Philosophical perspectives on computer-mediated communication, Ed. Charles Ess. New York: State University of New York Press, 27-40.

Ferrés, Joan (1996). Televisión Subliminal. Socialización mediante comunicaciones inadvertidas. Barcelona, Paidós.

Ferrés, Joan (2000). Educación en una cultura del espectáculo, Barcelona, Paidós.

Fleet Numerical Meteorology and Oceanographic Center. Consultado a través de Netscape y Explorer durante 2001 y 2002. Dirección: 152.80.49.204/PUBLIC/

FNMOC Satellite Data Tropical Cyclone. Consultado a través de Netscape y Explorer durante 2001 y 2002. Dirección: 152.80.49.216/tc-bin/tc-home.cgi

Fuentes Navarro, Raúl, (2000). Educación y Telemática. Buenos Aires. Norma.

Gardner, Howard, (1988). La nueva ciencia de la mente: Historia de la revolución cognitiva. Paidós.

Geertz, Clifford, (1973). The Interpretation of Cultures, Basic Books, Nueva York.

Giddens, Anthony, El contexto ortodoxo y la síntesis emergente. En Rethinking communication, Vol 1., Sage, California.

Giménez, Gilberto, (1999). “La importancia estratégica de los estudios culturales en las ciencias sociales”, En Pensar las ciencias sociales hoy, ITESO, Guadalajara, México.

Goldman-Segall, R., (1997). “Deconstructing the Humpty Dumpty Myth: Putting It Together to Create Cultural Meaning”, in E. Barret and M. Redmond. (Ed.) Contextual Media, Massachusetts: MIT Press.

Grabinger, R.S., J.C. Dunlap and J.A. Duffield (1997). “Rich environments for active learning in action: Problem-based learning”, Association for Learning Technology Journal, 5(2), 5-17.

Graubard, Stephen R., (1993). El nuevo debate sobre la inteligencia artificial, Gedisa, Barcelona.

Gredler, M.I. (1996). “Educational games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm” en D.H. Jonassen, (Ed.) Handbook of research on educational communications and technology. New York: Simon & Shuster Macmillan, pp. 521-540.

Grim, Patrick, Mar, Gary y St. Denis Paul, The Philosophical Computer, Exploratory essays in philosophical computer modeling, MIT Press, Boston, Mass.

Hall, Stuart (1997). Representation. Cultural Representations and Signifying Practices, Sage, London.

Harper, B. D. Squires and A. McDougall (2000). “Constructivist Simulations: A New Design Paradigm”, en Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 9(2), 115-130.

Haugeland J. (1988). La inteligencia artificial, Siglo XXI editores.

Heidegger, M. (1997). “La pregunta por la técnica”, en Filosofía, ciencia y técnica, Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Helsel, S. (1991). Virtual Reality, Theory, Practice and Promise, Westport, E.U.A., Meckler.

Herrera, María (coord.), (1998). Teorías de la interpretación. Ensayos sobre filosofía, arte y literatura. Fac. de filosofía y letras, U.N.A.M., México.

Herrington, J. and R. Oliver (1999). “Using Situated Learning and Multimedia to Investigate Higher-Order Thinking”, Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 8(4), 401-421.

Hofstadter, Douglas (1995), Fluid Concepts and Creative Analogies, Penguin Books, London.

Interactive Tropical Cyclone Track. Consultado a través de Explorer en mayo de 2002. Dirección: www.prh.noaa.gov/hnl/cphc/tclets/s_EP0402

Jackson, Randolph L. et. al. (1999). Peer collaboration and Virtual Environments: a preliminary investigation of multi-participant virtual reality applied in science education. Univ of Washington. Collis y Oliver, 1050-55.

Jonassen, D.H. (1994). “Thinking Technology : Toward a constructivist design model”. En Educational Technology, 34(3), 34-37.

Journal of Computer Mediated Communication. Consultado a través de Explorer durante 2002. Dirección: www.ascusc.org/jcmc/

Kashihara et al., (2000). “A cognitive load reduction approach to exploratory learning and its application to an interactive simulation-based learning system”, Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 9(3), 253-276.

Kay, A. (1984). Computer software, Scientific American 251(3), p.52-59.

Keegan, M. (1995). Scenario, Educational Software: design and development of discovery learning. Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.

Kneebone, R.L., (1999). “Twelve tips on teaching basic surgical skills using simulation and multimedia”, Medical Teacher, Nov 99, Vol. 21, Issue 6, p. 571. Obtenido a través de la base electrónica EBSCO el 17 de febrero de 2001.

Krauss, Oliver, et.al. (1999). Innovative tools for Interactive Learning, Univ of Erlangen Nurember, Germany. Collis y Oliver, 905-10.

Krippendorff, K (1993). “The past of Communication’s hoped-for future, The Future of the Field”, Journal of Communication, 43 (3).

Lamo de Espinosa, E., González García, J. y Torres Albero, C. (1994). La sociología del conocimiento y de la ciencia, Alianza Editorial, Madrid.

Lehmann, Harold P., Christoph U. Lehmann, y Joan A. Freedman (1997). “The use of simulations in computer-aided learning over the World Wide Web”. JAMA, The Journal of the American Medical Association, (Dec 3, 1997). Obtenido en la base de datos electrónica InfoTrac Web: Expanded Academic ASAP Int’l Ed.

Lévy, Pierre, (1993). As Tecnologias da Inteligencia, Editora34, Sao Paulo.

Lomnitz Larissa, (1999), “Políticas científicas y ciencias sociales”. En Pensar las ciencias sociales hoy, ITESO, Guadalajara, México.

Machado, A. (2000). El paisaje mediático. Sobre el desafío de las poéticas tecnológicas, Universidad de Buenos Aires/Libros de Rojas, Buenos Aires.

Mahoney, Diana (1995). "Unlocking the mysteries of science", Computer graphics world, Jul 95, Vol. 18, Issue 7, p. 22. Obtenido a través de la base electrónica EBSCO el 17 de febrero de 2001.

Mahoney, Diana (1999). "Scientific visualization gets star treatment", Computer Graphics World, May 1999, Vol. 22, Issue 5, p. 15. Obtenido a través de la base electrónica EBSCO el 9 de mayo de 2001.

Maldonado, Tomás (1994), Lo real y lo virtual, Gedisa, Barcelona.

Maldonado, Tomás (1998). Crítica de la razón informática, Barcelona, Paidós.

Manninen, T., Niemi, E., y Paaso, J. (1999). Integrated and Remotely Accesible Laboratory Environment, Raahe Lab of Oulu University, Finland, Collis y Oliver, 893-98.

Martín Barbero, Jesús (1997). "Heredando el futuro", Nómadas No. 5, Santa Fe de Bogotá, Universidad Central.

Martin, Dick, (1995). Virtual surgery becomes a reality. EDN, (Oct 20, 1995) v40 n21A p14(1). Obtenido de la base de datos electrónica InfoTrac Web: Expanded Academic ASAP Int'l Ed.

Martínez, Sergio F. (1997). La autoridad del conocimiento y la cooperación en la educación, mimeo, Instituto de Investigaciones Filosóficas, U.N.A.M., México.

Massachusetts Institute of Technology (1999), MITECS, Enciclopedia de las ciencias cognitivas de MIT, Boston, Mass.:MIT Press. Dirección electrónica: [//mit.mitecs.edu](http://mit.mitecs.edu).

Mc Haney, R. (1991). Computer Simulation: a practical perspective. San Diego, E.U.A., Academic Press, 1991

McLaren, P. (1997). Pedagogía crítica y cultura depredadora. Políticas de oposición en la era posmoderna. Barcelona: Paidós.

Menzel, Paul, Purdom James (1994). Introducing GOES-I: The First of a New Generation of Geostationary Operational Environmental Satellites, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 75, No. 5. En ams bulletin goes8, consultado a través de Explorer en julio de 2002. Dirección: rsd.gsfc.nasa.gov/goes/ams/ams.html

Minsky, Marvin (1990). La sociedad de la mente, Galápagos, Buenos Aires.

Model Science Software, Mc Master University. Dirección electrónica: [//modelscience.com](http://modelscience.com)

Morfín-Otero, F. (1999). Computer Literacy in the Information Age, ITESO, México, Collis y Oliver, 1266-67.

National Hurrican Center. Consultado a través de Explorer y Netscape durante 2001 y 2002. Dirección: www.nhc.noaa.gov/

Negroponte, Nicholas (1996), Ser Digital, Editorial Océano, México.

Nicolo, Enrico, y Bartolomeo Sapio (1999). A Hypermedia and Multitechnology Networked Lab for Advanced Education, Fondazione Ugo Bordoni, Italia, Collis y Oliver, 1251-52.

Norman, Donald (1997). "Melding Mind and Machine", en Technology Review, Abril 97, vol 100, Issue 3, p. 29. Obtenido a través de la base electrónica EBSCO el día 17 de mayo de 2001.

Orozco Gómez, Guillermo (1997). "Educación, medios de difusión y generación de conocimiento. Hacia una pedagogía crítica de la representación", Nómadas No. 5, Santa Fe de Bogotá, Universidad Central.

Pagels, Heinz R., (1998). Los sueños de la razón. El ordenador y los nuevos horizontes de las ciencias de la complejidad. Gedisa, Barcelona.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers and powerful ideas. Brighton, Sussex: The Harvester Press.

Papert, S. (1993). The children's machine: Rethinking school in the age of the computer. New York: Basic Books.

Papert, S. (1995). Technology in schools. Remarks by Seymour Papert for a House of Representatives Panel on Technology and Education on October 12, 1995. Obtenido a través de Netscape el 18 de noviembre de 2000. Dirección: //www.papert.com

Papert, S. (1996). "Computers in the classroom. Agents of Change". The Washington Post Education Review Sunday, 27 de octubre 1996. Obtenido a través de Netscape el 18 de noviembre de 2000. Dirección: //www.papert.com

Papert, S. (1999). Ghost in the Machine: Seymour Papert on How Computers Fundamentally Change the Way Kids Learn . Interview of Seymour Papert by Dan Schwartz (1999). Obtenido a través de Netscape el 18 de noviembre de 2000. Dirección: //www.papert.com

Pérez Tornero, José Manuel (ed) (2000). Comunicación y educación en la sociedad de la información. Barcelona: Paidós.

Piscitelli, Alejandro (1995). Ciberculturas en la era de las máquinas inteligentes, Paidós, Barcelona.

Piscitelli, Alejandro (1998). Post/Televisión, Paidós Contextos, Buenos Aires.

Potter, Jonathan, (1998). La representación de la realidad, Discurso, retórica y construcción social, Paidós, Barcelona.

Pylyshyn, Zenon (1998). Computación y conocimiento, Debate, Madrid, España.

Quéau, Philippe, (1995). Lo virtual: virtudes y vértigos. Paidós, Barcelona.

Reguillo, Rossana, (1999). “La memoria a debate. El grupo de discusión y mitos urbanos”. En Secuencia, nueva época, núm. 43, enero-abril 1999.

Reguillo, Rossana, (1999), Las culturas emergentes en las ciencias sociales. En “Pensar las ciencias sociales hoy”, ITESO, Guadalajara, México.

Resnick Mitchel (1994). Turtles, termites and traffic jams. The MIT Press, Boston, Mass., U.S.A.

Rheingold Howard (1994). Realidad Virtual: los mundos artificiales generados por ordenador que modificarán nuestras vidas. Barcelona: Gedisa.

Rieber, L.P. (1992). “Computer-based microworlds: A bridge between constructivism and direct instruction”, Educational Technology Research and Development, 40(1), 93-106.

Riera, Jaime, Giménez, Marcos, Vidaurre, Ana y Salinas Isabel (2002). La simulación digital como apoyo para la visualización de procesos ondulatorios?. Consultado a través de Explorer en marzo de 2002. Dirección: tecnologiaedu.us.es/edutec/paginas/59.html

Roberts, N. (1983). Introduction to Computer Simulation, U.S.A., Addison Wesley.

Robin, Harry (1992). The Scientific Image, from Cave to Computer. New York, Abrams.

Roqueplo, Phillippe (1983). El Reparto del saber. Gedisa.

Salgado, Robert C. (1997). Technology and Education, consultado a través de Explorer en marzo de 2002. Dirección: www.owmet.rice.edu/~univ302/StudentWork/S9/

Salomon, Gavriel (1997). "Of Mind and Media". Phi Delta Kappan , Obtenido a través del buscador de la Enciclopedia Británica el 19 de noviembre de 2000. Dirección: [//www.pdkintl.org/kappan/kappan.htm](http://www.pdkintl.org/kappan/kappan.htm)

Sánchez Mora, Ana María, (1998). La divulgación de la ciencia como literatura, Dir. Gral. de divulgación de la ciencia, U.N.A.M., México.

Sánchez, Antulio, (1996). Territorios Virtuales, Taurus.

Satellite Services Division. Consultado a través de Explorer y Netscape durante 2001 y 2002. Dirección: www.ssd.noaa.gov

SCS, Society for Computer Simulation, Consultado a través de Explorer y Netscape durante 2000, 2001, 2002. Dirección: www.scs.com

Shank, Gary y Cunningham, Donald, (1996). "Mediated Phosphor Dots: Toward a Post-cartesian Model of Computer-Mediated Communication via the Semiotic

Superhighway”. En Ess, Charles (ed.), Philosophical perspectives on computer-mediated communication, State University of New York Press, New York.

SimScience, Consultado a través de Netscape. Dirección: //www.SimScience.com

Slator, B.M., et. al. (1999). Virtual Environments for Educations at NDSU, North Dakota State University, Collis y Oliver, 875-80.

Smith, Brian J., y Reza R. Adhami, “Modeling and simulation of computerized tomography systems”, Simulation 74:6, SCS, U.S.A., 324-31.

Soares, Ismar de Oliveira (1999). “Comunicação/Educação: a emergência de um novo campo e o perfil de seus profissionais”, Contato No 2, Brasília, pp.19-74.

Sullivan, Ann (1998), “Urban Simulations”, Architecture May 98, Vol. 87, Issue 5, p. 212.

Thompson, John B. (1995), The Media and Modernity. A social theory of the media. Stanford University Press, Stanford.

Thompson, John, B. (1993), Ideología y cultura moderna. Teoría crítica social en la era de la comunicación de masas. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.

Toledo, E. y Comba, S. (2001), Del cálculo a la comunicación. Tecnologías digitales: usos sociales y modos de conocer. Tesis presentada en la Universidad Diego Portales, Santiago de Chile, enero 2001. Consultada a través de Explorer en el sitio en.medi@+enredandos, enero 2002.

twister.sbs.ohio-state.edu/

Van den Berg, Ellen (1999). Multimedia Cases in teacher education: towards a constructivist learning environment. University of Twente, The Netherlands, Collis y Oliver, 1280-81.

Varela F. y Thompson E. (1992). De cuerpo presente: las ciencias cognitivas y la experiencia humana, Gedisa, Barcelona.

Varela, Francisco (1988). Conocer, Gedisa, Barcelona.

Vygotsky Lev S. (1977). Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Buenos Aires, La Pléyade.

Watzlawick, Paul, (1994). El Ojo del Observador. Contribución al constructivismo, Gedisa, Barcelona.

Wicker, Louis J. (1999), Simulating Severe Weather, en Dr. Dobb's Journal, Marzo, 1999.

Widman, Lawrence (1989). A.I., Simulation and Modeling. New York: John Wiley and Sons, 1989.

Winograd, Terry y Flores Fernando, (1986). Understanding computers and cognition. A new foundation for design. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.

Wooley, Benjamin, (1992). Virtual Worlds, Blackwell publishers, Oxford-Cambridge.

