

Análisis de la teoría de la mente humana basada en el reconocimiento de patrones

P.C. Eduard Gilberto, A.C. José Lisandro y P.G. Boris Reiniero

Abstract— En este trabajo se analiza la teoría de la mente humana basada en el reconocimiento de patrones (PRTM) para modelar computacionalmente la dinámica topológica neuronal intrínseca en las diversas funciones de alto nivel cerebral (aprendizaje, conciencia, qualía, entre otros). Se estudia el algoritmo de aprendizaje jerárquico y la ley de rendimientos acelerados subyacentes en la teoría, además de avances tecnológicos en esta dirección.

Keywords— Patrones, Teoría de la Mente, Tecnología de la Información, Inteligencia Artificial Fuerte.

I. INTRODUCCIÓN

La ciencia del cerebro tiene como objetivo general conocer y comprender cómo los procesos cerebrales determinan las funciones cognitivas (percepción, memoria, inteligencia, aprendizaje, subjetividad, qualía, razonamiento, resolución de problemas, lenguaje, comunicación, emoción, entre otras) que posibilitan a los seres vivos, dotados con este órgano, la capacidad de adaptarse al medio ambiente y transformarlo con su actuación, ya sea para su supervivencia individual o de la especie.

En la última década, el desarrollo de herramientas para el mapeo de conexiones neuronales [1], el aumento de resolución de las tecnologías de imágenes, la secuenciación del genoma humano, los avances en nanotecnología, entre otras tecnologías [2], se han venido conjugando para describir los mecanismos detrás del cerebro humano.

Actualmente, entender cómo funciona el cerebro es uno de los fenómenos y retos de mayor interés a escala mundial, como bien lo demuestra el proyecto americano BRAIN [3], denominado “iniciativa cerebro”, cuyo objetivo es mapear o cartografiar el cerebro humano; y el proyecto europeo “The Human Brain Project: HBP”, cuyo objetivo es simular un cerebro humano completo dentro de una supercomputadora [4].

Hoy por hoy, existen diversas teorías que intentan explicar el funcionamiento del cerebro, la emergencia de la mente, entre otras cosas, como por ejemplo la teoría de la mente basada en el reconocimiento de patrones de Ray Kurzweil [5], donde se describe un algoritmo estándar del neocórtex del cerebro, y se explica cómo este algoritmo es llevado a cabo en módulos neuronales compuestos por cientos de neuronas (al estilo de unidades lego), los cuales, posteriormente se organizan de forma jerárquica en columnas y subcolumnas corticales, que reflejan la organización jerárquica del cerebro.

En general, existe bastante literatura con propuestas que se aproximan a develar el funcionamiento del cerebro, y en particular, sobre el modelado matemático del mismo. Eso ha dado origen a un área de investigación computacional denominada Redes Neuronales Artificiales, y algunos de los modelos matemáticos que intentan describir, normalmente de forma parcial, el comportamiento del cerebro son: Las redes de retropropagación, el perceptrón, el modelo de Hopfield, el modelo de Kohonen, entre otros.

Por otra parte, se ha demostrado que las mediciones en el campo de la tecnología de la información siguen trayectorias predecibles y exponenciales en la relación entre rendimiento y precio, el cual se ha mantenido durante 110 años [5,8] y una vez que una tecnología se convierte en tecnología de la información, esta pasa a estar sujeta a este comportamiento. Esto se ve reflejado en áreas como la bio-medicina. Ahora se posee la capacidad para diseñar intervenciones biomédicas sobre computadores y probarlas en simuladores biológicos. Las tecnologías para el escaneo del cerebro (ej. la imagen por resonancia magnética IRM) están mejorando su resolución, tanto espacial como temporal, a un ritmo exponencial.

Este artículo se organiza de la siguiente manera, en la sección II se sintetiza la propuesta de modelo de la mente basada en el reconocimiento de patrones. En la sección III la ley de rendimiento acelerado sobre el crecimiento exponencial de las tecnologías de la información aplicada al cerebro. La sección IV describe los resultados y predicciones en el logro del modelado del cerebro/mente de esos proyectos. La sección V presenta un Análisis de esos resultados.

II. MODELO DE LA MENTE BASADO EN EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Ray Krusweil, propone la teoría de la mente basada en el reconocimiento de patrones [5], como una teoría general del cerebro que busca unificar las diferentes aproximaciones de los principios del funcionamiento del cerebro (específicamente la zona neocórtex). Sugiere que nuestras memorias son secuenciales y ordenadas, y pueden ser recuperadas en el orden en que fueron aprendidas. También que no hay imágenes, ni videos ni sonidos almacenados en nuestro cerebro, que las memorias son almacenadas esparcidamente como secuencias de patrones, y los patrones que no son refrescados desaparecen con el tiempo. Dicha habilidad de reconocimiento es aparentemente capaz de detectar propiedades invariantes de un patrón (características que se mantiene a pesar de las perturbaciones del mundo-real). Bajo estos mismos supuestos, se afirma que la experiencia consciente de las percepciones cambia de acuerdo con

nuestras interpretaciones, y que el cerebro constantemente está prediciendo el futuro y realizando hipótesis. Un último aspecto de notar con respecto al manejo de patrones del cerebro, es que nuestros procedimientos, tales como nuestras actividades diarias, no son almacenados como una lista de pasos, mas que eso, estos procedimientos son recordados como jerarquías de actividades anidadas.

Así, basado en los anteriores supuestos, propone un modelo para el reconocimiento de patrones como se muestra en la figura 1.

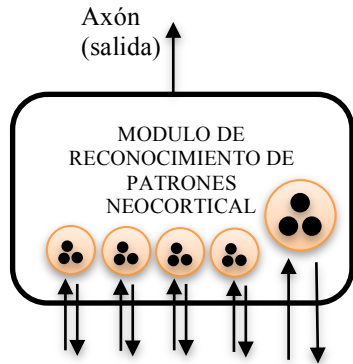


Figura 1. Módulo de reconocimiento de patrones neocortical.

En este modelo, un patrón es reconocido por un grupo de neuronas (100 aproximadamente), inhibiendo o estimulando otros grupos de neuronas en el proceso de reconocimiento de patrones. El módulo de reconocimiento de patrones, a través de las dendritas, determina dos procesos que corresponden con el reconocimiento del patrón: una salida a través del Axón a un patrón de más alto nivel, o la petición de un patrón esperado de más bajo nivel. Cada punto negro en el modelo representa diferentes propiedades: parámetros como el tamaño (dimensión, tal como tiempo o distancia) para el patrón de bajo nivel, peso (importancia) del patrón de bajo nivel, variabilidad esperada del patrón de bajo nivel, etc. [5]. Como se observa, esa mecánica se realiza de manera jerárquica o taxonómica, la figura 2, muestra este hecho. Los niveles de patrones viene determinado por la jerarquía de patrones vista desde distintos formas de asociación entre Top-Middle-Bottom. Estos niveles se corresponden en la figura 2 así: Top (APPLE, PEAR), Bottom (Líneas Fundamentales /, \, -,), middle (/-, /∩).

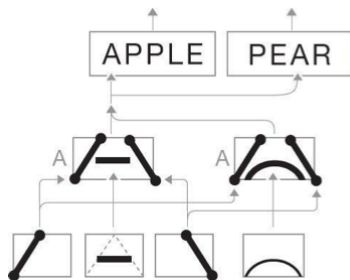


Figura 2. Jerarquía de patrones.

Un patrón se compone de tres partes:

1. Input: Patrones de nivel mas bajo que componen el patrón principal.

2. La segunda parte es su nombre. En el ámbito del lenguaje, este patrón de nivel mas alto es simplemente la palabra "manzana"
3. Conjunto de patrones de más alto nivel del que a su vez él forma parte. Para la letra "A", esto significa todas las palabras que incluyen la "A".

El cerebro humano, puede reconocer un patrón aún si sólo parte de este es percibido (vista, oída, sentida) y aún teniendo alteraciones. Nuestra habilidad de reconocimiento es aparentemente capaz de detectar propiedades invariantes de un patrón-característica que soporta variaciones del mundo-real. Este aspecto se puede apreciar en la siguiente figura 3.

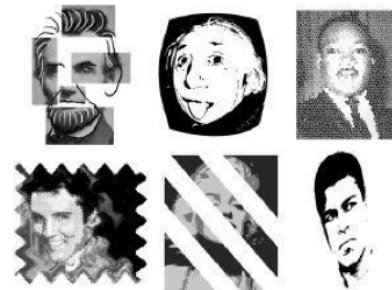


Figura 3. Patrones de personajes mundiales con alteraciones.

A. MACROALGORITMO MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES

INICIO

1. INPUT SECUENCIA DE SEÑALES UNIDIMENSIONALES.
2. CALCULAR PROBABILIDAD_GRAL_PRESENCIA DE PATRÓN (PARAMETROS_DEL_PATRON, PERCEPCIONES)
3. IF TODAS LAS SEÑALES DE LAS DENTRITAS SE HAN ACTIVADO THEN RECONOCER PATRON
4. ELSE BUSQUEDA_PATRON (PATRON_ESPERADO, RECONOCEDOR_PATRON_ESPERADO) .
5. INHIBIR_PATRON_BOTTOM(SEÑAL INHIBITORIA)
6. INHIBIR_PATRON_TOP (SEÑAL INHIBITORIA)

FIN

Descripción, el *Input*, consiste en la percepción de la información del patrón procedente de las dendritas, esta señal transmite información también sobre la magnitud, de manera que los reconocedores de patrones en el nivel conceptual inmediatamente superior pueden tomarlo en consideración. A cada input le corresponde parámetros almacenados relativos a la importancia, el tamaño esperado y la variabilidad esperada en cuanto al tamaño. *calcular* recibe parámetros como valor de importancia, valor tamaño, variabilidad esperada, peso patrón, parámetro de decisión; secuencia correcta, umbral, el umbral puede ser alcanzado aunque no todos los input hayan señalizados, si se tiene una señal positiva de petición por un patrón esperado esta señal hace que aumente el umbral del

reconocedor de dicho patrón. Las percepciones son las señales que se están produciendo que indiquen qué inputs están presentes y cuáles son sus magnitudes. La línea 3, es una línea de parada, el modulo envía respuesta de reconocimiento del patrón a través del axón del mismo a la red de dendritas que se conectas a este de los distintos módulos de reconocimiento de nivel superior inmediato que lanzaron la petición una vez completada la secuencia. La línea 4 se activa, cuando se recibe una señal positiva procedente de todos o casi todos los patrones que lo conforman excepto de aquel representado por el reconocedor de patrones en si, entonces este reconocedor de patrones de más alto nivel envía una señal hacia abajo hasta este reconocedor indicando que se esta a la expectativa de este patrón. La línea 5 trata con señales que provienen de más abajo y hace que sea más difícil que este reconocedor de patrones reconozca su patrón. Este Proceso permite descartar un patrón directamente en función de información que contrasta con la secuencia del patrón esperado. Señales provenientes de más arriba hace que sea más difícil que este reconocedor de patrones reconozca su patrón. Esto puede ser el resultado de un contexto de nivel más alto que no sea congruente con el patrón asociado con este reconocedor.

Para el tratamiento de las Figura 3, el macro algoritmo operaria como sigue: Recibe como entrada un conjunto de secuencia de señales de todas las imágenes, la cuales invocan particularmente un conjunto de patrones esperados en función de sus señales bien marcadas o positivas en cada uno de los personales que aumentan la probabilidad de reconocimiento aumentando el umbral de reconocimiento para cada uno de ellos, como es el caso de las patillas de Elvis Presley, la barba del presidente Abraham Lincoln, la lengua de Albert Einstein entre otros parámetros clave. Esto hace que aún cuando no se muestran como un todo unificado de vela en función de estas señales el patrón esperado.

Otro importante aspecto es que la experiencia consciente de las percepciones cambia de acuerdo con nuestras interpretaciones. Esto se puede ver en la figura 4, donde se puede ver una cuña oscura o una pared clara proyectando una sombra.

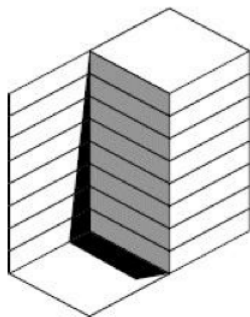


Figura 4. Imagen Ambigua.

Por otra parte. Considérese el siguiente experimento: “Vemos lo que queremos __, __, __” si ya su cerebro ha completado la frase, quiere esto decir que el cerebro constantemente está prediciendo el futuro y realizando hipótesis.

Un último aspecto de notar con respecto al manejo de patrones del cerebro, es que nuestros procedimientos tal como actividades diarias (como lavarse los dientes) no son almacenadas como una lista de pasos, mas que eso, estos procedimientos son recordados como jerarquía elaborada de actividades anidadas.

la mayor parte de los pensamientos (indirectos, directos) viene representados por estos patrones neocorticales. Nuestra experiencia mental real es compleja y caótica, y esta compuesta de estas relampagueantes tormentas de patrones disparados, los cuales cambian más o menos cien veces por segundo [5].

III. LA LEY DE RENDIMIENTO ACELERADOS (LOAR) Y SINGULARIDAD TECNOLÓGICA

La ley de rendimientos acelerados [2] se vincula con la teoría PRTM en la medida que describe la cualidad de predicción de las tecnologías de la información y cómo la capacidad de los productos nacidos de estos procesos crece exponencialmente. Esto quiere decir que el ritmo de cambio del paradigma (la innovación tecnológica) se acelera y se dobla cada década [7]. En este sentido es viable LOAR en la medida que se esta sobre la base de una lógica de comportamiento tecnológico para la simulación del cerebro. Esto se apoya parcialmente en las figuras 6 y 7.

El crecimiento acelerado de las tecnologías de la información se evidencia en la capacidad de los supercomputadoras; las cuales se estima que para el 2020, tendrían la misma capacidad de procesamiento cerebral necesaria, que es del orden de los 10^{19} Flops (operaciones de punto flotante por segundo, el aumento del número de transistores por chip, el almacenamiento magnético de datos, entre otras), el aumento de la resolución tanto espacial como temporal a un nivel exponencial de las imágenes por resonancia magnética. Actualmente, es posible escanear una neurona y su traza sináptica con técnicas no invasivas [5]. La Fig.5, muestra el crecimiento exponencial de las imágenes por resonancia magnética o **MRI** (Magnetic Resonance Imaging).

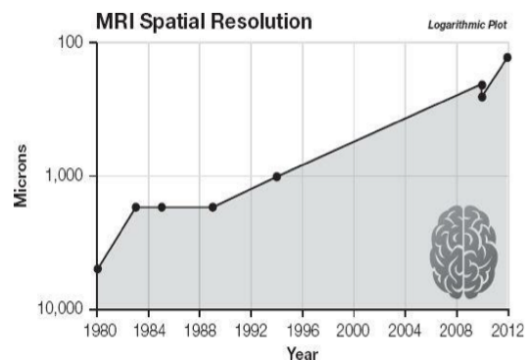


Figura 5. Resolución espacial por MRI. Microns (Micrones), Year (Años), MRI Spatial Resolution (Resolución espacial por imágenes de resonancia magnética).

Una vez que una tecnología se convierte en una tecnología de la información, esta pasa a estar sujeta a la ley de los rendimientos acelerados.

La nueva área de la biomedicina se está convirtiendo en el ejemplo más importante de una tecnología, y una industria que están siendo transformadas de esta manera. Esto en parte al abaratamiento exponencial del costo por Genoma humano. Para el año 2003 tenía un costo de 1.000.000.000 de dólares y duró trece (13) años su secuenciación. Para el año 2007 pasó a tener un costo de 100.000.000 de dólares y se redujo a cuatro (4) años su secuenciación. En el 2008 costaba 1.000.000 de dólares en 2 meses, y en 2010 pasó a costar 10.000 dólares en cuatro (4) semanas. Para el 2015 se espera un costo de solo 1.000 dólares en 5 días [7].

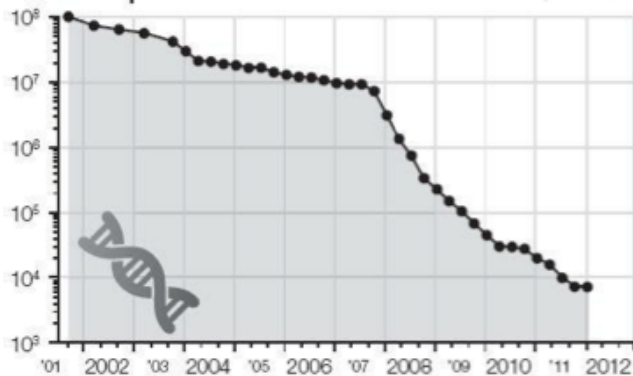


Figura 6. Costo por genoma humano

Este mismo comportamiento de crecimiento exponencial se puede observar en el Crecimiento de Bancos de Genes: datos sobre la secuenciación del ADN.

Actualmente se tiene la capacidad (computacional, datos información, conocimiento) para diseñar intervenciones biomédicas sobre computadores y probarlas en simuladores biológicos. A continuación se muestra un diseño básico de un modo de operación de un BCI (interface cerebro-computador) donde se conjugan algunas de las mencionadas tecnologías.

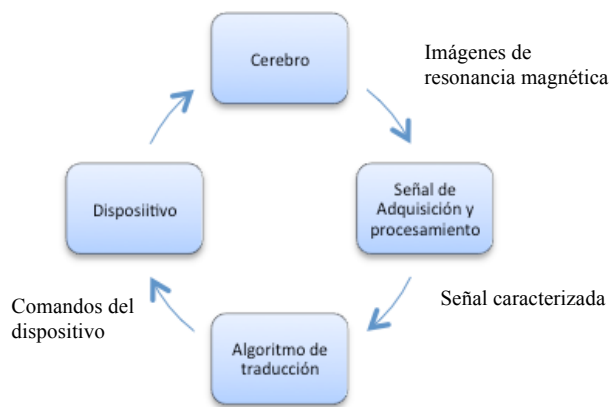


Figura 7. Diseño básico de un sistema BCI.

Las señales del cerebro son adquiridas por electrodos sobre la cabeza y procesadas para extraer señales específicas que reflejan la intención del usuario. Estas señales son traducidas en comandos que operar un dispositivo.

Otras tecnologías de la información cuyo comportamiento, son del tipo LOAR son:

- Tráfico Global de datos en internet (Gigabits por segundo/año)
- El ancho de banda troncal de internet (Bits por segundo/año)
- Crecimiento exponencial de la computación durante los últimos 110 años (Cálculos por segundo por \$/año)
- Crecimiento en la capacidad de los superordenadores (Flops/año)
- Transistores por chip (número/año)
- Memoria RAM dinámica (Bits por \$/año)
- Precio promedio por transistor (\$/año)
- Número total de bits RAM enviados (bits/año)

Estas y otras emergentes y crecientes tecnologías de la información, tal como la nanotecnología, la bio-genética, la inteligencia artificial, entre otras, son la base para la simulación de la mente, y con ello, el desarrollo de una inteligencia no biológica superior [7].

IV. PROYECTOS SOBRE SIMULACIÓN DEL CEREBRO

A continuación se relacionan otros proyectos cercanos al de la sección 2, que aportaran hacia esa singularidad tecnológica trabajos relevantes sobre la simulación parcial o total del cerebro.

Como se mencionó arriba, Ray Krusweil propone una teoría general del cerebro que busca unificar las diferentes aproximaciones de los principios del funcionamiento del cerebro (específicamente para la zona del neocórtex). Dicha habilidad de reconocimiento es aparentemente capaz de detectar propiedades invariantes de un patrón, características que se mantienen a pesar de las perturbaciones del mundo-real. Bajo estos mismos supuestos se afirma que la experiencia consciente de las percepciones cambia de acuerdo con nuestras interpretaciones, y que el cerebro constantemente está prediciendo el futuro y realizando hipótesis.

Otro trabajo relacionado con el anterior es la teoría de la mente propuesta por Antonio R. Damasio, cuyo objetivo es estudiar las emociones desde el punto de vista de las neurociencias. La teoría de la mente de Antonio R. Damasio se enmarca en la perspectiva neurológica de redes neuronales, entendidas como causa ontológica productora de la experiencia psíquica y de la dimensión fenomenológica de los qualia. La aportación específica de Damasio a este paradigma consiste en construir una teoría de redes neuronales que produce en paralelo la progresiva emergencia de una red de sistemas sentiscentes¹, sensaciones, con estados emocionales derivados [8].

También se tiene el trabajo del neurocientífico suizo Henry Markram, con el proyecto *Blue Brain Project*², el cual tiene como objetivo estudiar la estructura del cerebro de mamíferos creando una simulación de todo el cerebro a nivel molecular. El proyecto se ha dividido en dos fases: una primera fase es simular la columna cortical, que puede considerarse la menor unidad funcional del neocórtex (la parte del cerebro responsable de las funciones superiores como el pensamiento

¹ estructuras o estados de sensaciones

² <http://bluebrain.epfl.ch/>

consciente). Esta columna contiene unas 60.000 neuronas en humanos. La simulación se centra en la columna neocortical de las ratas, que tienen una estructura muy similar pero que contienen únicamente 10.000 neuronas y 10^8 conexiones sinápticas. Durante los últimos 10 años, el profesor Markram ha estudiado los tipos de neuronas y sus conexiones en esta columna para generar un modelo de su funcionamiento.

Tras obtener el modelo de funcionamiento, su siguiente paso ha sido realizar y validar simulaciones basadas en dicho modelo. En esta fase se ha trabajado en la construcción de la simulación a nivel molecular, cuyo interés reside en estudiar los efectos de los genes para simplificar la simulación de la columna para permitir la simulación paralela de un gran número de columnas interconectadas, con el objetivo final de simular un neocórtex completo (que en el caso de los humanos consiste en un millón de columnas, aproximadamente).

En esta misma dirección se encuentra el trabajo del norteamericano Dharmendra Modha, el cual ha creado una simulación célula-a-célula de una parte del neocórtex visual de una persona que contiene 1,6 miles de millones de neuronas virtuales y 9 billones de sinapsis, equivalente al neocórtex de un gato. Esto fue realizado en un supercomputador IBM BlueGene/P, que consta de una 147.456 procesadores, funcionando 100 veces más despacio que el cerebro.

Otro trabajo importante proviene del proyecto de Doctorado de David Dalrymple de Harvard, el cual planea simular el cerebro de un nematodo (ascáride). Este nematodo posee un sistema nervioso sencillo, el cual consta de una 300 neuronas. Se propone simularlo a nivel molecular de forma exhaustiva. También se creará una simulación computacional del cuerpo del animal, así como de su entorno, de manera que el nematodo virtual pueda cazar comida (virtual) y realizar el resto de cosas que los nematodos suelen hacer.

Otros proyecto: SpiNNaker es una arquitectura computacional para el procesamiento paralelo masivo, inspirada en la estructura funcional del cerebro humano, compuesto por billones de sencillos elementos de computación, los cuales se comunican usando "unreliable spikes"³. Los objetivos del proyecto son dos: proporcionar una plataforma de alto rendimiento de procesamiento paralelo masivo, adecuado para la simulación de redes neuronales a gran escala en tiempo real, como una herramienta de investigación para los neurocientíficos, computistas y especialistas en robótica, y segundo, como ayuda en la investigación de nuevas arquitecturas de computación, buscando nuevos principios fundamentales para la computación en paralelo altamente eficiente. Proponen para su desarrollo el uso del chip SpiNNaker⁴[9].

El proyecto Presencia es un proyecto de la EU, financiado bajo el programa "IST5 Fifth Framework Programme-Future

Emerging Technologies-Presence Research"⁶. Presencia estudia la relación de la actividad perceptiva y el compromiso total del cuerpo a la respuesta a los estímulos virtuales o reales. Para ello proponen una caracterización fisiológica y neuronal de la "presencia o el estar allí"⁷, estudios neurofisiológicos y del comportamiento, métodos de interacción neurofisiológica, técnicas para medir la presencia, y una teoría de la misma. En ese proyecto se define el concepto de Presencia, haciendo una similitud con la actividad de percepción de todo el cuerpo y su respuesta a estímulos reales o virtuales [10]. Algunos resultados obtenidos son: capacidad de generar las respuestas (oscilaciones en electroencefalogramas: EEG) del pensamiento (intención de mover las extremidades), capacidad de modelar la navegación en un entorno virtual a través de una señal de salida obtenida de un electroencefalograma desde una interface cerebro-computador (BCI por sus siglas en inglés).

Otro trabajo relevante es la propuesta de Anders Sandberg, de la Universidad de Oxford, denominada "whole Brain Emulation: A Roadmap", que detalla los requisitos para simular el cerebro humano (y otros tipos de cerebro) a diferentes niveles de especificidad, desde modelos funcionales de alto nivel hasta la simulación de moléculas [11]. A continuación se muestra en una imagen el resumen de las capacidades tecnológicas necesarias para una emulación cerebral completa, según ese trabajo.

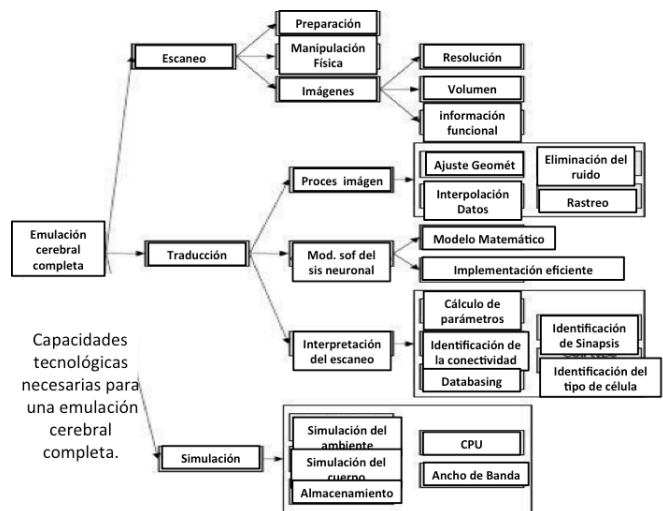


Figura 8. Mapa de ruta para el desarrollo de modelos funcionales del cerebro. Resumen de las capacidades tecnológicas necesarias para una emulación cerebral completa [6].

Este mapa ofrece tres ventadas de acercamiento para una simulación cerebral completa: escaneo, traducción y simulación, cada una de las cuales especifica diversos procesos necesarios para tal fin.

Para terminar, existen además dos sendos proyectos a nivel mundial que involucran a gran parte de la comunidad

³ Picos inestables. En la mayor parte del sistema nervioso central, las neuronas se comunican exclusivamente mediante el envío de potenciales de acción, conocidas coloquialmente como "picos". Por lo tanto, se cree que toda la información de una neurona sensorial codifica sobre el mundo exterior se puede inferir por el patrón de sus picos.

⁴ <http://apt.cs.manchester.ac.uk/projects/SpiNNaker/SpiNNchip/>

⁵ Tecnologías de la sociedad de la información (IST), <http://cordis.europa.eu/ist/fet/pr-5fp.htm>

6

<http://www0.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Presencia/aims.html>

⁷ Presencia, la sensación de "estar ahí", es la experiencia de la proyección de la mente a otros lugares, personas y entornos diseñados. Tecnologías de presencia apropiadas se combinan para crear una ilusión de la "no-mediación", la mayor aproximación posible a una sensación de presencia física.

científica dedicada al estudio del cerebro, estos dos proyectos son:

El proyecto “BRAIN” propuesto por Estados Unidos. Inspirado por el neurocientífico de la Columbia University Rafael Yuste, el proyecto BRAIN (Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies: Investigación Sobre el cerebro a través del avance de neurotecnologías Innovativas) pretende medir la actividad de todas las neuronas del cerebro a la vez, para crear un mapa de la actividad cerebral. Entender cómo la actividad cerebral conduce a la percepción, toma de decisiones y acción, cómo la información es almacenada y procesada en las redes neuronales, comprender el comportamiento de circuitos neuronales, son algunas de las cosas a estudiar. Sobre este proyecto, Ralph Greenspan manifiesta que “entre otras cosas, esperamos comprender cómo actúa el cerebro de manera normal y en cada enfermedad, no solo para buscar terapias contra estas, también para adquirir las bases que permitan desarrollar estructuras artificiales similares al mismo cerebro por fuera del cuerpo. Es apenas entendible la dimensión de este proyecto: en el cerebro converge la evolución biológica, la social, del conocimiento, la tecnológica, la económica y la política. Fundamentalmente, busca desarrollar nuevas técnicas para que, de la misma manera que ahora se puede secuenciar un genoma humano completo por mil dólares, dentro de 15, 20 o 30 años sea factible mapear la actividad de circuitos neuronales completos a un costo asequible.

El proyecto “HBP” europeo⁸. El objetivo del Proyecto Cerebro Humano - The Human Brain Project (HBP) es construir simulaciones detalladas desde el punto de vista biológico del cerebro humano completo, así como la creación de tecnologías de supercomputación, modelización e informáticas necesarias para llevarlo a cabo. Las simulaciones creadas por el proyecto servirán como base para nuevas herramientas de diagnóstico y tratamientos para enfermedades del cerebro, nuevas tecnologías en prótesis para personas con discapacidad, una nueva clase de tecnologías de la información de baja energía con una inteligencia similar a la del cerebro, y una nueva generación de robots inteligentes. Para alcanzar HBP se han trazado varias metas o subproyectos:

- Strategic Mouse Brain Data⁹, cuyo objetivo es generar información estratégica para complementar y completar datos existentes sobre la estructura del cerebro del ratón, y facilitar una comparación con el cerebro humano.
- Strategic Human Brain Data¹⁰ tiene como objetivo generar información estratégica multi-nivel del cerebro humano, paralela a la información previa generada del estudio del cerebro del ratón, para predecir información del cerebro humano.
- Cognitive Architectures¹¹, se refiere a la caracterización de las regiones, conexiones probables de circuitos entre

regiones, principios de procesamiento de información dentro y entre las regiones, para resolver tareas cognitivas parcialmente estudiadas desde la neurociencia cognitiva (percepción, motivación, decisión y retribución; aprendizaje; desde el procesamiento sensorial a la percepción multimodal; capacidades características del cerebro humano).

- Mathematical and Theoretical Foundations of Brain Research¹², este subproyecto busca proveer modelos y técnicas matemáticas para los diferentes componentes cerebrales, como por ejemplo los de las señales del cerebro a diferentes escalas (desde la celular a gran escala), los de la plasticidad sináptica, los de las diversas funciones cognitivas (tales como la percepción-acción, atención, memoria de trabajo), así como los de los estados cerebrales (tales como la vigilia y el sueño, entre otros).
- Neuroinformatics¹³ busca organizar y acceder a masivos volumen de información heterogénea, producidas por la comunidad neurocientífica, para la construcción de atlas multi-nivel del cerebro.
- Brain Simulation¹⁴ tiene el objetivo de entregar una plataforma colaborativa accesible desde internet para la reconstrucción predictiva de datos-controlados y simulación de modelos del cerebro.
- High Performance Computing¹⁵ tiene como objetivo ofrecer la capacidad de computación de alto rendimiento en la nube, así como servicios de Big data, de sistemas de software, middleware, computación interactiva y soporte necesario para crear y simular modelos del cerebro.
- Otros sub-proyectos son Medical Informatics¹⁶, Neuromorphic Computing¹⁷, Neurorobotics¹⁸, Applications¹⁹, Ethics and Society²⁰, y Management²¹ para aspectos específicos vinculados al uso de los modelos cerebrales.

El Proyecto HBP utilizará la investigación neurocientífica para cubrir todos los niveles de la organización del cerebro, desde la genética hasta la anatomía del cerebro a gran escala.

⁸ <https://www.humanbrainproject.eu/>

⁹ <https://www.humanbrainproject.eu/strategic-mouse-brain-data>

¹⁰ <https://www.humanbrainproject.eu/strategic-human-brain-data>

¹¹ <https://www.humanbrainproject.eu/cognitive-architectures>

¹² <https://www.humanbrainproject.eu/mathematical-and-theoretical-foundations-of-brain-research>

¹³ <https://www.humanbrainproject.eu/neuroinformatics-platform>

¹⁴ <https://www.humanbrainproject.eu/brain-simulation-platform>

¹⁵ <https://www.humanbrainproject.eu/high-performance-computing-platform>

¹⁶ <https://www.humanbrainproject.eu/medical-informatics-platform>

¹⁷ <https://www.humanbrainproject.eu/neuromorphic-computing-platform>

¹⁸ <https://www.humanbrainproject.eu/neurorobotics-platform>

¹⁹ <https://www.humanbrainproject.eu/applications>

²⁰ <https://www.humanbrainproject.eu/ethics-and-society>

²¹ <https://www.humanbrainproject.eu/management>

TABLA I. PRINCIPALES APORTES DE CADA PROYECTO

PROYECTO	APORTE
PRTM	Bases onto-espistemológicas del funcionamiento del cerebro
LOAR	Evidencia del crecimiento acelerado de la tecnología de la información
La teoría de la mente de Antonio R. Damasio	Bases onto-espistemológicas del funcionamiento del cerebro como red de sistemas sentiscientes ²² , sensaciones, con estados emocionales derivados.
<i>Blue Brain Project</i>	Bases para la simulación del cerebro a nivel molecular.
Proyecto de Dharmendra Modha	Simulación parcial de una parte del neocórtex visual de una persona.
Proyecto de David Dalrymple	Simulación completa de un cerebro simple.
SpiNNaker	plataforma de alto rendimiento de procesamiento paralelo masivo, adecuado para la simulación de redes neuronales a gran escala en tiempo real.
Proyecto presencia	Caracterización fisiológica y neuronal de la “presencia o el estar allí”
“whole Brain Emulation: A Roadmap”	Presenta los requisitos para simular un cerebro completo
El proyecto “BRAIN”	Cartografiar el cerebro humano
El proyecto “HBP”	Simular en una computadora el cerebro humano

V. CONCLUSIONES

De lo expuesto se concluye que bajo el supuesto de una topología de la mente basada en el reconocimiento de patrones y la evolución exponencial de las tecnologías de la información, es viable el modelado de las diversas facultades cognitivas del cerebro. En específico, las actuales tecnologías se transforman en tecnologías de la información, por lo que son capaces de y a ser parte de LOAR. Por otro lado, ya se cuentan con modelos/simulaciones de importantes zonas del cerebro.

El aporte de las tecnologías de la información con respecto a LOAR es que la información contenida en patrones neuronales biológicos podrán ser diseñados basados en Hardware y Software, por lo cual, los métodos de la biología cerebral se integrarán en la base tecnológica humana. Actualmente las tecnologías de la información están mejorando el escaseo del cerebro, el desarrollo de hardware necesario para emular la inteligencia humana con supercomputadoras entre otros hechos evidencian estas proyecciones.

Se muestra cómo la tecnología de la información se está convirtiendo en la base de las nuevas generaciones hombre-maquina una era que se ha denominado la singularidad tecnológica, la cual tendrá lugar a mediados del 2045. La inteligencia no biológica creada en ese año será con creces más potente que la inteligencia humana de hoy en día [7].

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en el marco del seminario “Cerebro” realizado por los Doctores, José Aguilar, Junior Altamiranda, y Eduard Puerto.

REFERENCIAS

- [1] Human Connectome Project. Junio 2014. Sitio Web de Laboratory of Neuro Imaging, Martinos Center, Massachusetts General Hospital, Universidad de Washintong, Universidad de Minnessota: [en línea]. Disponible <http://www.humanconnectomeproject.org/>.
- [2] Ray Kurzweil, “Como crear una mente” (Berlin: lolabooks, 2013). Capitulo 10.
- [3] The NIH BRAIN Initiative. Thomas R. Insel, Story C. Landis, Francis S. Collins. Science 10 May 2013: Vol. 340 no. 6133 pp. 687-688 DOI: 10.1126/science.1239276.
- [4] Commision, E. “Human Brain Project”. Abril 2014, Sitio Web de European Commision: [Online]. Disponible: <https://www.humanbrainproject.eu/>
- [5] KURZWEIL, R. (2013). How to Create a Mind. New York, New York, United States of America: Penguin Books.
- [6] LL. Rodolfo. *I of the vortex: from neurons to self*. United States of America: The MIT press, 2005.
- [7] Kurzweil, Ray (2005). The Singularity is Near. New York: Viking Books. ISBN 978-0-670-03384-3
- [8] D. Antonio. *Self comens to mind*: Constructing the Conscious Braun. New York: Panthon Books, 2010.
- [9] Sitio Web de la Universidad de Manchester: “APT Advanced processor Technologies Research Group”, Abril 2014 [Online]. Disponible: <http://apt.cs.manchester.ac.uk/projects/SpiNNaker/>
- [10] Sitio Web de ISF, “presence: research Encompassing Sensory Enhancement Neuroscience and Cognition, with Interactive Applications”. Abril 2014, [Online]. Disponible www0.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Presencia/index.html
- [11] S, Carl, “Whole Brain Emulation and the Evolution of Superorganism”, in MIRI Machine intelligenceresearch institute, The Singularity Institute, San Francisco, CA, 2010.



Eduard Gilberto Puerto Cuadros. Ingeniero de Sistemas y Magister en Ciencias de la Computación. Profesor Tiempo Completo del Departamento de Sistemas e Informática Universidad Francisco de Paula Santander. Investigador del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS). Director del Semillero de Investigación en Inteligencia Artificial.



Boris Rainiero Pérez Gutiérrez. Ingeniero de Sistemas y Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación. Profesor Tiempo Completo del Departamento de Sistemas e Informática Universidad Francisco de Paula Santander. Investigador del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS).

²² estructuras o estados de sensaciones