

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  

---

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS**  
**COLEGIO DE PSICOLOGIA**

**IMPLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

**Tesis**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN PSICOLOGIA  
PRESENTA EL SEÑOR**

*Jesús      Figueroa      Nazuno*

**MEXICO, D. F.,**

**1970**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	I
CAPITULO I.- Introducción al tema: Actitudes al problema de simulación.	5
CAPITULO II.- Origen de las máquinas lógicas.	12
CAPITULO III.- Máquinas que aprenden y ejecutan conductas "humanas".	25
CAPITULO IV.- Fundamentos teóricos o formales de las máquinas que realizan conducta humana.	32
CAPITULO V.- Simulación de pensamiento e inteligencia artificial.	59
CAPITULO VI.- Simulación y programas de ajedrez.	101
CAPITULO VII.- Máquinas abstractas.	109
CAPITULO VIII.- Modelo de simulación de personalidad.	115
CAPITULO FINAL.-	124
APENDICE I	133
APENDICE 2	136
APENDICE 3	137
APENDICE 4	138
BIBLIOGRAFIA	

L. Ps. 00535

## INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

Esta tesis tiene por objeto señalar algunas relaciones dentro de la psicología y la conexión de ésta, con otros campos del conocimiento que se consideran muy importantes para el futuro trabajo e investigación, así como para la formalización o estructuración de la psicología.

Varias veces se ha señalado el peligro de las formalizaciones prematuras que se han tratado de realizar en psicología; clásico es el ejemplo de C.L.Hull. Pero mientras se siga haciendo del estudio del hombre una simple herramienta para "controlar" y "manipular" la conducta, es difícil que se logren integrar estos conocimientos, al marco de las otras ciencias como un "todo armónico" y es probable que la psicología se quede en una TECNICA y no dé al conocimiento de la NATURALEZA (cabe recordar que el hombre es parte de ella) la parte que le correspondería.

Esta posición y el deseo de hacer de la psicología una simple herramienta de poder sobre los hombres se debe a varios fenómenos:

I- A lo brillantes e inteligentes que fueron los fundadores de nuestra ciencia (Freud, Pavlov, Watson) que al trabajar en psicología lo hicieron de tal forma, bien para su época, que -

2

sus discípulos no vieron la necesidad de buscar nuevos caminos,-- sino que se limitaron a buscar y acumular datos sin llegar a integrarlos en nuevas teorías, o en el peor de los casos simplemente a modificar conductas sin querer hacer ciencia.

2- Otro grave defecto que ha tenido la investigación ha sido el que B. Russell (1963) señaló a los filósofos cuando dijo: "Son demasiado perezosos para iniciar el estudio de la matemática y demasiado tontos para comprenderla". Con algunas raras excepciones esta afirmación parece ser cierta, no tanto porque la matemática sea la solución a todos los problemas del psicólogo, (la solución está en él), sino más bien porque se está perdiendo de la mejor herramienta que tiene por el momento la ciencia.

El paso de medir los fenómenos ya fue dado (a pesar de los psicólogos), pero falta todo el andamiaje de representación y manipulación de fenómenos, que es posible realizar con buenas matemáticas.

3- Desde los remotos orígenes de la psicología científica (1860) se vio el terrible miedo que parece ser constante en los investigadores, el de "REDUCIRSE" a otras ciencias por lo que tienen un pavor constante a utilizar conocimientos de ciencias como la fisiología y la química, para sólo mencionar dos.

Cualquier científico que se precie de serlo sabe perfectamente lo de los niveles de explicación y que siempre ha sido válido, explicar lo desconocido por medio de lo conocido, o sea el reduccionismo teórico y no metodológico.

4- Al "NEGRO" origen en la psicología. Por ser una de las últimas ramas en separarse de la filosofía, ha provocado una desastrosa ignorancia de los fundamentos de la ciencia y el cono

cimiento, que el psicólogo por no querer confundirse con su historia, se niega a ver o a estudiar en la filosofía de la ciencia y ha tenido que recurrir a una pseudo-filosofía de la ciencia para fundamentar una u otra posición de investigación o teorización.

5- Es falso que se necesite acumular gran cantidad de datos para poder formular teorías de amplio alcance. El psicólogo se ha dedicado en forma obsesiva a buscar datos y más datos - (fraccionales por desgracia), sin interesarse en otras formas de hacer ciencia, como lo hacen otras disciplinas que sin muchos datos y aun sin experimentación han logrado modelos o teorías de alta confiabilidad; por ejemplo, la economía que sin hacer grandes controles de variables ha logrado construir teorías y sistemas que son ejemplos de teorización y predicción.

Los psicólogos, parece ser (no todos por suerte) van a hacer, teoría y modelos por inducción y con esto va a ser la primera ciencia inductiva (observación de todos los casos) que se logre realizar.

Claro que todas estas afirmaciones NO funcionan si sólo queremos CONTROLAR la conducta humana; no quiero negar con esto lo que se puede llamar "psicología aplicada", sólo quiero señalar que no nos podemos quedar en la solución de las fobias, el incremento en la velocidad de lectura, la eliminación de los tics o la medición de las actitudes hacia 'X' sistema de gobierno. Es necesario explicar y determinar el papel que juega la conducta humana en la naturaleza y ver el por qué de esa situación específica de los humanos en el desarrollo y cambio de la naturaleza y ciertos sistemas de vida, así como ver cómo la variable -

inteligencia es una constante de cambio en el universo, por lo cual es necesario ver la inteligencia como una variable universal (si es posible), analizarla, estudiarla y ver cómo se comporta en condiciones diferentes a las que conocemos en la actualidad. Al analizar de esta forma la inteligencia, la estamos desligando bastante del uso y formas que se hacen corrientemente a través de las famosas pruebas psicológicas.

El análisis que voy a realizar aquí está más de acuerdo con los modelos de la física, o sea estudiar los fenómenos y formular afirmaciones de ellos en condiciones que son desconocidas o hipotéticas y determinar cómo se comportarían esos fenómenos en esas condiciones específicas.

Básicamente, analizaré y formularé ciertos aspectos de la teoría de la inteligencia artificial tomando muy en cuenta los aspectos de simulación de pensamiento, así como sus bases metodológicas, técnicas y científicas en general, luego presentaré la teoría y estudios de inteligencia artificial como una forma de teoría pura muy relacionada con las TEORIAS PURAS de la física, la matemática y la biología. Al final veré en un pequeño apéndice la variable inteligencia como variable universal fuera del contexto humano (espero).

## C A P Í T U L O I

### INTRODUCCION AL TEMA:

#### ACTITUDES AL PROBLEMA DE LA SIMULACION

El filósofo chino Laotzé, cuya fecha tradicional es aproximadamente el año 600 a. de C., se opuso a las carreteras y puentes y barcos por "innaturales", y en su disgusto contra tales artificios mecánicos, partió de China y se fue a vivir entre los bárbaros de Occidente. Todo progreso de la civilización ha sido denunciado como innatural mientras era reciente.

B. Russell, (1952).

## C A P I T U L O I

### INTRODUCCION AL TEMA

#### ACTITUDES AL PROBLEMA DE SIMULACION

En el campo de la simulación por medio de computadoras o en el de los modelos físicos o conceptuales, al respecto del pensamiento y la conducta humana, las opiniones se dividen en una forma extraordinariamente tajante, por un lado los que afirman que es posible simular mucha o toda la conducta humana (incluyendo el pensamiento), George, 1968 y Maron, 1963, para citar algunos, y los que niegan drásticamente esa posibilidad. Taube - 1961 y Papert, 1968, por otro. Personalmente me inclino por los primeros y con esto advierto que mis opiniones y los ejemplos que voy a dar serán afirmando mi posición.

Hace muy poco tiempo, (Simon) (1969) publicó un libro que ha impresionado mucho a la opinión occidental en este campo (HHR 1969). El libro habla en general de los que se llama la ciencia de lo artificial y con esto quiere señalar el citado autor la importancia que tiene el CONCEPTO DE LO ARTIFICIAL, y con esto referirse a todos los objetos y construcciones que ha hecho el hombre para superarse a sí mismo y alterar la naturaleza. Señala que lo que hace el hombre son objetos que sustituyen y mejoran sus propias posibilidades físicas, un martillo mejora a una mano un cuchillo a los dientes, un coche o carruaje a las piernas, -

un plato a sus dos manos, las ropas y las casas a su propia piel etc. Dice además, que en la época actual se pueden construir "MÁQUINAS" que calculen mejor y más rápidamente que el hombre y que es posible construir sistemas que superen al pensamiento. Para lograr esto es importante conocer cuáles son los procesos que tiene que realizar esa máquina para pensar mejor que sus constructores; y ante todo ver el resultado de la máquina en términos de lo que hace, o sea, si el resultado es mejor o igual que el de un hombre haciendo lo mismo sin importar qué se entienda por PENSAR, lo que importa es reproducir. El paso siguiente es que lo que hace la máquina, lo haga en la misma forma que lo hace el hombre; con esto ya estamos en camino de conocer qué es el pensamiento. Recordemos lo que escribió Leonardo da Vinci (en Feigenbaum, 1963), "Cuando el hombre comprenda las leyes que gobiernan el vuelo de los pájaros, el hombre podrá construir una máquina voladora". Tanto la posición de Simon como la de da Vinci, tienen un aspecto muy importante, esto es, el hombre puede construir APARATOS que vuelen y lo hagan mejor y más rápido que las aves. No se está utilizando el mismo sistema o método que el de las aves, sin embargo al mismo tiempo si se conocen las leyes (como sistema explicativo creado por el hombre) que gobiernan lo que se llama volar. Esto es importante porque nos lleva a: 1) la reproducción simple del proceso, y 2) a lograr una explicación del proceso a pesar de que no lo reproducimos exactamente.

Cuando hablamos de simulación artificial nos estamos dirigiendo específicamente a la explicación del proceso, no sólo a reproducirlo. A los científicos de la inteligencia artificial no les interesa hacer máquinas que "piensen" mejor que el hombre, -

sino explicar el pensamiento. De lo anterior podemos llegar a una de las críticas más importantes que se hacen a la simulación de pensamiento, y es: qué se entiende por pensar. Si nos referimos a la psicología general, la definición está en función del campo de estudio de esta ciencia, es decir, la conducta humana y en algunos casos la conducta animal y dice que el pensar se relaciona con una actividad característicamente humana, aunque no siempre, y hay ocasiones en que se puede encontrar esa característica en animales.

Esta aproximación no nos dice nada a cerca del pensamiento artificial o del pensamiento como función de ciertos sistemas u organizaciones como lo hace la cibernética, la teoría de la información o la teoría de los autómatas. Con esto podemos ver que si logramos que eso que se llama pensar lo hagan o lo puedan hacer otros sistemas que no sean los llamados "humanos" o "vivos", veremos que no es una característica exclusiva y por lo tanto es un fenómeno que probablemente sea más universal; es decir, no restringido a la dimensión HOMBRE o VIDA, de diferente orden al relacionado con los sistemas vivos y probablemente también sea un fenómeno de tipo más "FISICO". El problema entonces, se plantea a un nivel de mayor abstracción, tenemos que recurrir entonces a la cibernética, a la teoría de la información o a otro esquema conceptual y ver al pensamiento como un proceso de manipulación de información. Ya, si se ha especificado<sup>(1)</sup> en esta

(i)

Esta no es una definición es un esquema para manipular esta palabra; sólo un esquema.

forma del pensamiento, entonces sí podemos utilizar criterios de otro nivel, conjugarlos con los de tipo abstracto, y entonces utilizar un esquema característicamente psicológico, o sea el conductual como lo recomienda Turing (1950) (personaje muy importante en la lógica y en la computación), y ver si logramos que no sea posible distinguir si fue una máquina o un hombre el que manipuló la información.

Otro paso adelante, para comprender un poco el fenómeno pensar, es ver donde se realiza (hasta el momento) o sea, en el sistema nervioso de los hombres y en algunos momentos en el de los animales, así podemos ver varias cosas, a pesar de que no comprendamos mucho del funcionamiento de los cerebros, y esto es que es un proceso de manipulación de información que se realiza por métodos:

- 1- Físicos
- 2- Químicos
- 3- Eléctricos
- 4- Combinación de los anteriores

Lo cual nos lleva a la afirmación del pensamiento como fenómeno básicamente FÍSICO.

Una mayor penetración en la explicación del fenómeno pensar, es el que la información que se manipula no es exactamente a tiempos reales o sólo es en el presente, sino que se utiliza en información pasada que está almacenada en algún lugar 'X' (memoria) y que ha sido adquirida del medio, en un momento 'Y' (aprendizaje), que esa información está controlada o modelada por ciertos eventos o sistemas de control (motivación y control cognoscitivo), que la información que entra al sistema no es una

representación real del mundo físico sino que está alterada (sensación y percepción) y además que la entrada de información, su tipo y sus características dependen de un ambiente físico característico y muchas veces de variables complejas (medio social).

Con esto llegamos a una conclusión parcial: El pensamiento puede ser analizado desde un punto de vista más abstracto utilizando claro, todo el conocimiento que nos da la psicología para así verlo con más claridad y por qué no, en una forma más amplia y con grandes posibilidades de investigación al no restringirlo a una dimensión exclusiva; aparte de las ventajas que tiene la formalización, estructuración e interacción con otros campos del conocimiento.

Lo importante como se puede ver: no es hacer cerebros que piensen como el hombre, sino sistemas teóricos que expliquen el proceso de manipulación de información.

Otra crítica constante es que el hombre nunca podrá hacer una máquina tan infinitamente compleja como es el cerebro humano. Se afirma que las dimensiones de ese cerebro artificial serían enormes y con gastos de energía antieconómicos. El tipo de afirmación como el anterior es demasiado peligroso y no está tomando en cuenta las increíbles capacidades de los humanos para hacer cosas imposibles a la vista de otros; no se quiere mencionar lo avanzado que están las técnicas de miniaturización electrónica, por ejemplo toda la física del estado sólido, lo que está logrando en componentes electrónicos, o las técnicas de evaporación para lograr otro tipo de componentes, o los estudios de electrónica molecular que se realizan; ya que el argumento del tamaño y la energía para hacer un cerebro humano, se viene abajo

cuando nos informamos que nadie intenta reproducir un cerebro humano, (Culberstone, 1956) sino ciertas funciones específicas. Al hablar de funciones específicas se está recurriendo al viejo y fructífero método en ciencia de fraccionar el fenómeno en sus partes para analizarlas individualmente y después sumar el conocimiento para explicar todo el fenómeno. Esto es lo que se está haciendo y es el programa de trabajo de los estudios en inteligencia artificial, (ver Minsky, 1961).

Otro viejo argumento contra la simulación con computadoras, es que la máquina sólo puede hacer un trabajo al mismo tiempo. (En la actualidad, las computadoras tienen lo que se llama multiprocesamiento o procesamiento paralelo gracias al cual, la máquina hace varias cosas al mismo tiempo.)

Un argumento más en contra de la simulación, es el más clásico, "la máquina sólo hace lo que se le dice", (Armer, 1963), a este argumento contestaremos en forma precisa en un capítulo posterior, pero sí es necesario decir que: 1) Las computadoras son muy jóvenes (y a pesar de eso), 2) todo depende de lo que veamos de la computadora. Existe un campo muy amplio dentro de lo que se llama ciencias de la computación, dedicado a la programación heurística y a la auto-programación, donde se han hecho avances gigantescos en este tema de "la esclavitud de la máquina al hombre".

Otro tipo de argumentos me parecen demasiado simplistas y no significativos para la simulación, como son que jamás una computadora se avergonzará (Miller, 1969), que las computadoras no lloran o que las computadoras no se "suicidan" (Cohen, 1969) (que bueno que no son tontas).

Es importante señalar que de las críticas que se hacían y se hacen a la simulación, hay algunas importantes como es que (antiguamente), las máquinas no se planteaban metas ellas solas o que las máquinas no sueñan (viendo al sueño como un fenómeno complejo), lo cual es cierto; estos dos fenómenos no se han estudiado mucho (hasta el momento) en las computadoras y así son muy importantes para los objetivos de la simulación e inteligencia artificial. *sólo las máquinas*

El último argumento es tal vez el más importante y ha sido señalado brillantemente por una de las personas que esté totalmente en favor de la inteligencia artificial, G.A. Miller (1969), cuando dijo: "Propongo discutir aquí este tópico en ambos niveles, primero como psicólogo científico cuya preocupación principal es comprender la mente humana, pero que no puede dejar de mirar ocasionalmente sobre su hombro para ver si las máquinas nos están alcanzando,..." Esta es la clásica posición ante las máquinas, una posición de autoestima y totalmente emocional por parte de los hombres y que le van a quitar uno de los últimos reinos y valuartes de su presunción (recordemos como nos destruyeron Kepler, Galileo, Newton o el mismo Freud).

El pensamiento de los ardientes defensores del "INTELECTO HUMANO" es difícil de refutar ya que su posición es más emocional que objetiva, por lo tanto me olvido de ellos.

Considero que en términos generales el problema de la actitud hacia las máquinas es de falta de información o de información restringida a un solo campo y que poco a poco cambiará la situación, (espero).

## C A P I T U L O II

### ORIGEN DE LAS MAQUINAS LOGICAS

Humpty-Dumpty, advertía a Alicia:  
"Cuando utilizo una palabra, esta  
significa precisamente, lo que yo  
quiero significar, ni más ni me--  
nos".

C.Lewis (también lógico) en "Ali-  
cia en el país de las maravillas"

## C A P I T U L O II

### ORIGEN DE LAS MAQUINAS LOGICAS

El antropomorfismo religioso es uno de los primeros ejemplos de darle a objetos o cosas atributos "humanos", ya sea haciendo figuras de dioses en forma semejante al creador de las mismas o dándoles atributos humanos como la envidia, el ocio o el amor. Por ejemplo los griegos y los católicos hablaban del "ocio de Dios".

Otro de los orígenes de los "robots" que se pierde en la leyenda o la historia de los pueblos, es la construcción de animales o estatuas que tenían las habilidades más extrañas. Uno de los ejemplos que parecen ser más ciertos es el del legendario Dédalo, genio mecánico (Cohen, 1969) que construyó estatuas que se movían solas, entre las cuales figuraba una venus que se movía cuando se le echaba mercurio; fue tal la fama de este artesano que algunas estatuillas fueron llamadas Dédalas, cuyo nombre llevaba también un festival en memoria de la reconciliación de Hera y Zeus en la cual éste se había disfrazado con madera para parecer una joven desposada. Se atribuye también a Dédalo la invención de la vela para aprovechar la brisa en el impulso de las embarcaciones. La fama de este personaje se extendió por Italia y Sicilia y muchos escritores griegos le dedicaron varias notas a

su grandeza (Diodoro de Sicilia: "Biblioteca Histórica", libro 4; Ovidio: "Metamorfosis", 8; Virgilio: "Eneida", 6 V).

Dentro de esta historia de leyendas, figuran con frecuencia CABEZAS que hablaban, las cuales generalmente se encontraban en los templos. A través de estas cabezas parlantes los dioses se comunicaban con sus seguidores. En casi toda la literatura de los griegos y egipcios constantemente se encuentran ejemplos de las mismas; uno de los más famosos fue la cabeza parlante de Orfeo, en Lesbos, conocida en Persia y Grecia, a la cual se le atribuyen grandes predicciones. En la Biblia se mencionan varias veces cabezas que tenían inscripciones con encantamientos y que tenían diversas utilidades, (Génesis XXXI, 34 y Ezequiel XXI 21). Estas cabezas estaban relacionadas con ciertas costumbres del medio oriente, de embalsamar los cuerpos de los parientes muertos; después los dioses conversaban con los hombres a través de ellos. Todas estas estatuas de los antiguos, según se dice, contestaban las preguntas que se les hacían por medio de movimientos de los brazos o de la cabeza. Una explicación moderna a esto, es que estas estatuas estaban articuladas y eran manejadas por los sacerdotes por medio de cuerdas. La comunicación con los hombres se realizaba entonces, a través de primitivos "robots".

Se cuenta que el Papa que reinó del 999 al 1003, llamado Silvestre II y conocido como Gerber, (monje Benedictino) inventó una cabeza mecánica que contestaba preguntas. Es muy importante este extraño personaje ya que se tiene noticia de que fue uno de los hombres más sabios de su época y que introdujo a occidente una gran cantidad de conocimientos como son los números arábigos y el ábaco. Muchas veces se ha dicho que fue el único Pa

pa científico y que vivió y se rodeó de los mejores intelectos de su época; se dedicó al estudio del conocimiento de Las sarracenos y lo introdujo a Europa. Parece ser, que eran tan grandes sus conocimientos y actividades que se le acusó de tener un pacto con el diablo, esa fue la única explicación (?) lógica que se dio a su sabiduría (Singer, 1957).

Otro nombre famoso en la historia de los "robots" es el de Alberto Magno a quien se le atribuye la construcción, durante treinta años, de un "robot" móvil que podía contestar preguntas y resolver problemas. En una ocasión él "robot" se atrevió a saludar al extraordinario discípulo de su constructor, el futuro santo Tomás de Aquino quien convencido de que se trataba de algo vinculado con el demonio, lo arrojó al fuego para que lo consumiera. No obstante la reputación de hechicero, Alberto fue canonizado.

Roger Bacon uno de los fundadores de la ciencia y del método científico, se afirma fue el creador de otra cabeza parlante que ha sido muy mencionada y reconocida en la actualidad, como ni lo fue en su época.

Después de estudiar en Oxford y en París, ingresó a la orden de los franciscanos, pero sus compañeros lo difamaron y lo acusaron de indagar en el saber prohibido a tal punto, que sus libros fueron encadenados a los estantes más altos de la Universidad de Oxford. Uno de los biógrafos modernos de Bacon, nos relata en una forma impresionante a este extraordinario genio (Elish, 1964). Muchos de los "descubrimientos" de Bacon fueron vislumbres de su imaginación y predicción como los relatados en su obra: "Descubrimientos de los milagros del arte y la naturaleza".

za". En una parte de su libro relata y descubre una serie de aparatos ingeniosos como son: Un barco gobernado por un solo hombre un carro mecánico que se mueve rápidamente, una campana de buzo y una máquina voladora construida de tal forma que un hombre sentado en su centro podría hacer girar un timón "por medio del -- cual las alas construidas artificialmente batirían el aire de la misma manera que lo hace el ave al volar".

Ramón Lull o Raimundo Lulio (1234-1315).

Sin discusión posible se puede afirmar que los orígenes e intentos de la simulación y formalización de pensamiento, en sus dos formas, por lógica y por máquinas se iniciaron en forma sistemática con los trabajos de Raimundo Lulio.

A pesar de que su historia está llena de aspectos mágicos, no se puede dudar de los trabajos y aportaciones de este personaje que nació en Palma, España. En la actualidad es conocido por su libro "Ars Magna" aunque no fue el único que escribió; algunos afirman que fueron más de cien (Garner, 1968), todos de muy diversa índole como lo indican sus títulos, algunos son: "El libro de las contemplaciones", "El árbol de la ciencia", "El libro de proverbios", "El libro del amor y los amantes", y muchos más. El libro más importante es su obra "Ars Magna" a la cual se han referido o dedicado muchos libros y trabajos entre los que se destacan, "Dissertio de Arte Combinatoria" del genio Leibnitz. Y es notoria la influencia de Lulio en los escritos de lógica y álgebra de Leibnitz. El libro "Ars Magna" es la búsqueda de un lenguaje completo y automático para el razonamiento; se describe en él, un dispositivo que tiene una serie de círculos concéntri-

cos en los cuales están escritas una serie de palabras; estos - círculos se giraban de tal forma que aparecía una secuencia de - palabras que formaban una pregunta y en otra parte de los círculos se podía leer la respuesta.

El método se basaba en el supuesto de que todo saber se encontraba gobernado por un pequeño número de categorías básicas y evidentes por sí mismas; por lo tanto todo el conocimiento podía ser explorado en su totalidad, estableciendo todas las combinaciones posibles de esas categorías.

Tanto la forma de presentación como el contenido de su libro nos presentan técnicas que en la actualidad se manejan, - por ejemplo los diagramas de Venn en lógica simbólica, como la - posibilidad de, por la forma en que se hacen los descubrimientos y sus características, poder predecir las partes o piezas que - faltan; por ejemplo en la tabla periódica de los elementos.

El pensamiento de Lulio ha influido profundamente en - dos áreas de la ciencia moderna:

I- En la lógica y la representación simbólica de ciertos eventos, cómo se manejan abstractamente, cómo se pueden resolver problemas complejos por manipulación de una cantidad limitada de símbolos y hacer afirmaciones al respecto de su verdad o falsedad. (ii)

2- Las máquinas lógicas, ya no tanto como conceptos, si-

(ii)

Estas formas de manipulación abstracta ya se conocían desde la época de los estoicos (Bochinski, 1961) en donde se encuentra el origen de la lógica simbólica moderna; fueron rápidamente olvidadas y sólo aparecen en Lulio en cierta forma, hasta que toman la forma en que se maneja en la actualidad básicamente con los trabajos en el siglo XIX de Boole, que a su vez fueron influenciados por Leibnitz, el cual como ya mencionamos las toma de Lulio.

no como aparatos con posibilidad de ayudar en el pensamiento y con ellas automáticamente ver todas las combinaciones posibles de esos pocos elementos iniciales.]

Con esto se da origen por una parte a la lógica simbólica y por otra a la cibernética, las cuales tienen su origen claro, en este genio español.]

Garner (1968) señala que no sólo el aspecto de manejo de símbolos y aparatos para manipular combinaciones de palabras son de este autor, sino también el germen del DIFERENCIADOR ESTRUCTURAL de Alfred Korzybski para utilizarlo en la semántica general, el ya mencionado método de diagramas de Venn que tanta utilidad ha tenido en la moderna lógica, [el método de análisis de las cosas existentes para que se presenten en forma de diagramas y se vea si faltan algunos elementos como fue el caso ya mencionado de la tabla periódica de los elementos y muchos más.]

El siguiente paso en las máquinas lógicas lo dio Charles Stanhope (1753-1816) quien fue el primero en hacer un aparato que realmente manejaba problemas lógicos como los clásicos - problemas de silogismos. Este aparato resolvía también problemas de silogismos numéricos, como lo hizo en años posteriores el lógico de Morgan, y problemas de probabilidad simple.]

[El aparato que construyó, del cual se conservan fotografías (Gunther, 1922) y diagramas de cómo trabajaba, le llamó "DEMOSTRADOR". No fue conocido hasta que él mismo comenzó a escribir un libro no publicado, llamado "La ciencia del razonamiento claramente explicada con nuevos principios", conocido por un pequeño número de amigos suyos.]

Durante su vida Stanhope construyó varios de sus aparatos

tos, que en su forma más simple era una caja cuadrada con una ventanilla y dos tiras de madera que al deslizarse hacían aparecer ante la ventanilla las afirmaciones deseadas, que eran interpretadas.

El paso siguiente lo dio William Stanley Jevons, economista inglés, (1835, 1882) uno de los fundadores de la economía moderna a la cual aportó muchos conocimientos, pero por desgracia, es más conocido por sus afirmaciones y discusiones sobre los efectos del sol en los ciclos económicos; que por sus trabajos serios tanto en economía como en lógica; en donde también se vio eclipsado por Boole, el otro gran lógico de su época. Otro campo donde fue poco conocido fue en el estudio y análisis del método inductivo y deductivo, fundamenta mucha de la metodología contemporánea; su libro "Principles of Science" (1874), aún tiene mucho valor y utilidad.

[La máquina que construyó Jevons,] fue la primera con la suficiente sofisticación como para resolver problemas que sin ella hubiera sido muy difícil hacerlo. La llamó "Piano Lógico" y la hizo con un "joven constructor de relojes". Básicamente consistía en una caja vertical que tenía veintiún teclas que contenían las letras y sus posibles combinaciones, así como las teclas de cópula (conectivos lógicos). La máquina en forma mecánica cuando se le presionaban las teclas, decía si las premisas (cuatro), eran falsas o verdaderas al terminarlas de escribir. Lo único que se leía eran los cuadrantes que indicaban la falsedad o verdad de las afirmaciones.

Dos puntos son de importancia en las máquinas de Jevons primero que su autor afirmaba que [su máquina no tenía ningún uso

práctico; que sólo era útil para enseñar el análisis lógico en forma moderna a diferencia de la lógica aristotélica, y revelaba todas las ventajas y desventajas de las técnicas de Boole. Y segundo, que con esta máquina se hizo el primer ataque en forma mecánica de ciertos problemas ("lógicos") que se consideraban solubles sólo por el "intelecto" humano. Con esto se vio que era un problema de complejidad más no de imposibilidad, el realizar estas tareas.

La máquina de Jevons trabajaba con cuatro premisas, pero al final de su vida este autor estaba diseñando y construyendo una máquina más compleja que manipulaba diez premisas, pero dejó de construirla cuando vio que ocupaba mucho espacio en su estudio, más no era imposible realizarla.

La siguiente máquina de que se tiene noticia es la -- construída por Allan Marquand (1853-1924). Fue un perfeccionamiento y simplificación de la máquina de Jevons y construída en 1881 en el departamento de matemáticas de la Universidad de Princeton.

Las demostraciones del funcionamiento de esta máquina -- fueron motivo suficiente para que dos psicólogos y filósofos, la mencionaran y hablaran de este problema. El famoso psicólogo y filósofo Charles Peirce en un artículo llamado "Máquinas lógicas" publicado en el American Journal of Psychology, vol I, nov. 1887 Pag 165, hizo un elogio y descripción de este aparato y los anteriores, abriendo a los psicólogos (aunque algunos ya lo olvidaron), este campo de investigación. El otro psicólogo y filósofo que mencionó estos trabajos fue James Mark Baldwin que escribió un artículo llamado "máquinas lógicas" en su "diccionario de la filosofía y psicología" (1902).

Marquand también diseñó un circuito eléctrico para realizar en forma electromecánica los cálculos lógicos. Hace algunos años Wolfe Mays (1953) publicó un artículo reproduciendo ese circuito y señalando que fue el primero de su tipo.

Otra aportación más de Marquand fue un pequeño aparato "para producir variaciones" en silogismos, este fue realizado y descrito y no es más que una sofisticación de las tablas de Lullio.

En 1913 fue concedido por la oficina de patentes de Estados Unidos el número I.079.504 a Charles P.R. Macaulay por una máquina lógica de cuatro términos. Esta máquina está en la misma línea que las anteriores y es un perfeccionamiento y simplificación de las otras.

A principios de este siglo, varias máquinas lógicas se construyeron, una de ellas fue la de Annibale Pastore de Italia, que sólo constaba de tres ruedas conectadas por bandas, con las cuales se podía hacer 256 combinaciones posibles de silogismos. Pastore demostró que son 32 y no 24 los silogismos válidos, demostrando a la vez la gran utilidad y efectividad de estos aparatos.

Tuvieron que pasar varios años de relativa tranquilidad antes de que se lograran avances en este campo, ya que se tuvieron que esperar avances en la electrónica para poder continuar.

En este período de relativa calma en los aparatos lógicos, se realizaron dos grandes avances en el análisis conceptual "La Principia Mathematica" y "La prueba de Gödel". Estos dos trabajos tienen mucho en común a pesar de dirigirse a dos áreas de conocimiento relativamente separadas. El primero fue un denso li

bro que tenía como fin axiomatizar toda la aritmética y la matemática en una forma precisa y rigurosa, como nunca antes se había intentado y como difícilmente se verá en el futuro. El libro fue escrito por dos grandes genios, B. Russell y A.W. Whitehead. Utilizaron unos pocos postulados y corolarios y con ellos derivaron toda la aritmética en forma rigurosa. Es en sí un libro de lógica y de fundamento de la matemática, de una complejidad extraordinaria. Sus orígenes indudablemente se encuentran en la lógica de Leibnitz y le debe en una forma extraordinaria a los trabajos de los lógicos y matemáticos: Peano, Gilbet y Frege.

Desde un punto de vista de la escuela matemática, viene a representar una alternativa a las dos grandes escuelas de la época ( y aún en la actualidad), los constructivistas y los formalistas, representando una posición más que todo de tipo "Logístico" aunque muy relacionada con la formalista.

El segundo trabajo, "La prueba de Gödel", (Davis, 1965) es poco conocido aun entre los especialistas y terriblemente complejo. Sacudió hasta los cimientos a la matemática y a la lógica golpe del cual no se ha logrado recuperar. Este trabajo sacude también en forma terrible a la ciencia; en términos muy generales se puede decir que es una demostración de las limitaciones de la formalización, es una "prueba de imposibilidad", o sea demuestra la imposibilidad de demostrar la validez de cualquier sistema axiomático por simple que sea, con sus propios elementos. Es terrible ya que afecta la base de toda la matemática y no permite la posibilidad de construir el edificio lleno de formalización y certeza que las matemáticas habían soñado. Con la afirmación de imposibilidad que sólo la matemática puede dar, en cual

quier otra ciencia no se pueden encontrar demostraciones de este tipo, ni con esa certeza; en cambio en la matemática sí se tiene esa prueba de imposibilidad.

A pesar de que estos trabajos no están directamente relacionados con el tema central de esta tesis, son aportaciones - cuyo valor es innegable; pueden ser comparados solamente en la - ciencia a la teoría de la relatividad (1905), al modelo de ADN - ARN (1952) y a algunos otros.

Es hasta el año de 1949 cuando en el departamento de - psicología del Roosevelt College de Chicago fue construída por - Benjamín Burack, una máquina reportada por primera vez en Science vol. 109, Junio 17 de 1949, pag. 610, a pesar de que fue cons- truída desde 1936. El aparato fue hecho para probar todos los si- logismos, incluyendo formas hipotéticas o disyuntivas.

Era una máquina sencilla construída en un maletín para poderla transportar fácilmente. Todas las combinaciones de símbo- los estaban escritas en bloques de madera que en la parte de a-- trás tenían las conexiones eléctricas. Los bloques se pegaban en un tablero de forma tal que se viesen escritos los silogismos - que se quisieran probar. El resultado se daba en una serie de fo- cos que se prendían para decir si eran correctos o falsos.

Tuvieron que pasar cerca de cincuenta años antes de que el circuito de máquina lógica propuesto por Marquand se llevara a cabo, (Garner, 1968).

Ninguna de estas máquinas tiene una composición de sus componentes, que corresponda a ninguna forma de estructura de la lógica de clases, moderna; son nada más artificios ingeniosos - que pueden demostrar operaciones clásicas.

Cuando se intentó diseñar alguna máquina para CALCULO - PROPOSICIONAL, o sea la lógica simbólica moderna, fue necesario cambiar el énfasis y el tipo de máquinas.

A pesar de que las máquinas lógicas como ya vimos, tuvieron un largo origen, fue necesario el avance en las teorías - para lograr dar el brinco entre esas máquinas y las modernas máquinas lógicas. (iii)

Los avances en las máquinas lógicas complejas o sea aquellas capaces de resolver problemas de lógica proposicional, se originaron básicamente con las demostraciones que hizo Shannon en 1938 de que los circuitos o switches y los relays pueden ser expresados por ecuaciones, como el cálculo para manipular estas ecuaciones es isomórfico con el cálculo proposicional de la lógica simbólica y como todas las operaciones o conectivas lógicas fundamento de esta disciplina, son semejantes a ciertos circuitos eléctricos.

Pocos años después, Shannon (1937-1949) demostró con McCulloch y Pitts (1943-1947) que así como el cálculo proposicional es isomórfico con circuitos eléctricos, también el sistema nervioso es isomórfico con la lógica proposicional y con ciertas ecuaciones de manipulación de fenómenos eléctricos simples.

A partir de estos trabajos se han construido muchísimas

(iii)

C.L.Hull (1935) publicó un trabajo teórico de una máquina que resolvía problemas de lógica y cálculo proposicional así como representaba su modelo de conducta. Esta máquina fue presentada pocos años después el día de su discurso presidencial como presidente de la A.P.A. y se encuentra en el museo del Instituto Smithsonian. Aunque los que trabajan en lógica o inteligencia artificial no lo mencionan, fue uno de los modelos más originales e importantes de las máquinas lógicas ya que estaba basado en observaciones de comportamiento tanto animal como humano.

máquinas lógicas, la mayoría no reportadas en revistas científicas, ya que atentan contra el "statu quo" de la computación.

La primera que se construyó para cálculo proposicional fue en 1947 por Burkhart y Kalin, reportada por Berkeley en 1949. Estos dos científicos eran en esa época, alumnos de Harvard, del extraordinario lógico Willard V. Quine. Conociendo los trabajos de Shannon decidieron hacer una máquina que hiciera automáticamente sus cálculos, y lo lograron con \$ 150.00 (dólares).

El doctor M. Lehman, constructor y diseñador de las máquinas israelitas SABRA de computación, estuvo trabajando una máquina de gran complejidad del tipo mencionado, en el Centro de Cálculo Electrónico de la U.N.A.M., pero por limitaciones (\$\$) - ajenas a su buena voluntad y conocimientos, no se logró terminar. Sin embargo en diversas partes del mundo sí se han construido muchas más.

En la actualidad este tipo de máquinas se pueden comprar hasta por correo, pero no se les ha querido dar el uso práctico que merecen, Young (1969) y Garner (1968).

### C A P I T U L O   I I I

#### MAQUINAS QUE APRENDEN Y EJECUTAN CONDUCTAS "HUMANAS"

"Es SAPIENS la especie pensante del género HOMO, sagaz, discreto y juicioso, aunque no siempre es té a la altura del nombre que a sí mismo se ha dado".

W.G.Walter.

### C A P I T U L O   I I I

#### MAQUINAS QUE APRENDEN Y EJECUTAN CONDUCTAS "HUMANAS"

La construcción de máquinas lógicas tiene una historia larga y difícil en donde se han unido muchos campos de investigación. En cambio en las máquinas que aprenden no han sido tan sensacionales y "útiles".

Los estudios en lógica sí han afectado, aunque de ninguna manera lo que se podría hacer, la construcción de las computadoras; en cambio los aparatos que aprenden más que todo han sido juguetes del laboratorio y sólo en los últimos años parece ser - que se comienzan a ver vislumbres de utilización de principios - de aprendizaje tanto de la psicología como de la electrónica, o para ser precisos de la TEORIA de los AUTOMATAS, para comprender el fenómeno aprendizaje y si se quiere inteligencia y manipula--ción de información.

Al respecto de estos problemas de las máquinas que rea--lizan conductas de los organismos vivos, es útil señalar como ya lo mencionamos anteriormente, el ejemplo de las aves y otros or--ganismos vivos que tienen como característica el poder VOLAR. - El hombre durante muchos siglos intentó volar o construir aparatos que volaran, y hace un siglo lo logró. En el desarrollo de - estos artefactos voladores, se han desarrollado y estructurado -

ciencias como la AERODINAMICA y otras semejantes que describen - las leyes que gobiernan el vuelo de estos artefactos. También se ha logrado superar, en mucho, el vuelo de los organismos vivos - voladores; por ejemplo, se ha logrado más velocidad, más altura, más precisión y factores como son la comodidad y seguridad de es - tos vuelos; sin embargo los medios de los que se ha valido el - hombre para realizar en forma efectiva esta conducta, distan mu- cho de ser empleados por los organismos. Y un punto más, el hom- bre con las leyes AERODINAMICAS que ha "DESCUBIERTO", realiza - perfectamente esto que llamamos VUELO, sin embargo el abejorro,- un pequeño insecto, vuela con gran efectividad y desde el punto de vista de la aerodinámica contradice muchas de las leyes que - gobiernan el vuelo (pero seguramente ellos no lo saben y siguen volando).

Retornando otra vez al tema de este capítulo recordare- mos que el primer reporte que se tiene de una máquina de este ti- po, fue el de una maquinita eléctrica construída por Thomas Ross en 1938 que aprendía a recorrer una serie de vías de tren para - llegar a una meta. Este tipo de aparatos estuvo inspirado en uno de los más clásicos experimentos de psicología, el de la rata - que aprende a recorrer un laberinto.

Wallace (1952) describió y construyó otra máquina que - controlada por una computadora, aprendía a recorrer un laberinto

Shannon (citado por Young, 1969), autor que relaciona - los circuitos eléctricos y la lógica, además de ser el creador - de la teoría de la información, construyó un ratón eléctrico que sin verse limitado por una vía, aprendía a recorrer un laberinto

De 1952 en adelante se ha construído una serie de má---

quinas que aprenden (tomado de Young, 1969) entre las que se encuentra una máquina construída por Ducrocq, que presentaba conducta de TROPISMO o descargas eléctricas.

Son muy conocidos los aparatos construídos por W.G. Walter como son NERISSA, un modelo de extirpación nerviosa y una analogía de sinapsis inhibitoria; CORA, una analogía de reflejo condicionado y su famoso "ROBOT ELMER" también conocido como "MACHINA-SPECULATRIX" (ver Walter, 1951), una máquina simple, pequeña y que sin embargo presentaba conductas que pueden ser analizadas y calificadas de complejas.

Angran perfeccionó la máquina de Walter y le aumentó un selector de sonido y una pequeña memoria. Posteriormente Angran, Zemanek y Kretz le agregaron un estado de "sueño" y con esto llamaron a la máquina MACHINA-COMBINATRIX.

Huggins en 1960 construyó un pequeño perro de juguete - para demostrar el condicionamiento pavloviano, este pequeño aparato demuestra en forma muy exacta el CONDICIONAMIENTO y hasta puede presentar una forma de extinción y generalización.

Otro de los aparatos que aprenden es el famoso HOMEOSTATO de Ashby (1960) que es más que un aparato que aprende, un sistema de AUTO-REGULACION, el cual en forma automática logra su equilibrio interno. Este famoso homeostato ha sido criticado por Mackay (ver Young 1969) quien señala que el aparato opera totalmente al azar y no en forma que utilice información para dirigir su actividad. Esta crítica es muy válida para el modelos de Ashby y el mismo crítico diseñó una máquina donde habfa una mayor orientación hacia metas específicas sin participación del azar, lo que posteriormente se llamó optimización y que tiene una rela-

ción general con el principio del reforzamiento como un factor - que altera aspectos azarosos y que se puede introducir en un modelo de aprendizaje como veremos después.

Wilkins construyó por 1958 una máquina llamada EMMA que realizaba la función de aprendizaje en forma de reconocimiento de formas que se le presentaban.

Paralelos a estos estudios, están los trabajos en modelos electrónicos que se hicieron en esa época, (Hattaway, 1966 y Crafts, 1963). Muchos otros trabajaron en máquinas para reconocer formas. Todas estas máquinas estaban de una u otra forma relacionadas con los PERCEPTRONES y los trabajos de Roseblatt.

Estos estudios de reconocimiento de formas representan en la actualidad uno de los grandes avances en la teoría de la - inteligencia artificial, por ejemplo el trabajo de Hattaway y asociados (1966) en reconocimiento de formas ha logrado una máquina simple y efectiva en el reconocimiento y aprendizaje de letras escritas a máquina o a mano, o en seleccionar o rechazar formas geométricas. Esto se logró gracias a la combinación de dos grandes herramientas, por un lado lo que se llama LOGICA DE UMBRALES NO LINEAL que ha venido a representar un gran avance - tanto en computación como en lógica moderna y por otro los MICRO CIRCUITOS ELECTRONICOS que han llegado a un grado de perfección tal, no imaginado hace cinco años; por lo cual, estos investigadores de la compañía Bendix han logrado que su máquina "opere a semejanza de como trabaja el cerebro humano". Aun en un análisis independiente de las operaciones lógicas y eléctricas es posible ver que están operando con un tipo de problema y tareas muy semejantes a los estudios originales y pioneros de formación de con-

ceptos de Hull (1920). En el procedimiento se incluyen etapas de aprendizaje y un sistema de FEEDBACK por medio del cual se le indica al sistema si está BIEN o MAL su clasificación. Es bastante impresionante el advertir que las tareas que Johnson (1964-1966) le ponía a sus sujetos o que hacía que una máquina presentara - para tarea de agrupamiento y conceptualización, son extraordinariamente semejantes a las que realiza la máquina.

Otra máquina semejante es la construída por Aleksander y su equipo de la Universidad de Kent en Inglaterra, Aleksander (1968A-1968B), Smith (1969); la cual opera con microcircuitos - semejantes a la máquina anterior, pero con un diseño más sofisticado y flexible; entre otras cosas tiene mayor memoria y no sólo clasifica los estímulos, sino que también puede reproducirlos. - En un análisis que hace el autor, (Aleksander, 1970) de su máquina la compara con ciertos circuitos neuronales como los que tienen los pulpos, (Young, 1966) para manejar y almacenar información. Además la máquina tiene la posibilidad mayor de FEEDBACK - la cual es dada, ya sea por el experimentador que está presentando los estímulos para clasificarse y aprenderse, o la máquina se auto-estimula después de cada presentación para que los estímulos se figen en su memoria. Smith (1969) afirmó que esta máquina es radicalmente diferente a las computadoras convencionales, ya que no necesita programarse para que "aprenda", sólo se le hacen varias presentaciones para que dé los estímulos y con esto es suficiente para que los clasifique y reproduzca a pesar de que los estímulos no sean iguales, (es decir, hace una forma de "generalización"). Como en los cerebros vivientes, la capacidad de memoria está distribuída en todas las células; la máquina está in--

terconectada de tal forma que sus componentes formen una compleja red que trabaja casi simultaneamente. El trabajo que así realiza en pocos segundos, a una máquina como la C.D.C. 6600, le tomará unas dieciseis horas realizar, aparte del problema de programación. En la actualidad se está trabajando con una máquina más compleja que tendrá mil unidades funcionales a diferencia de esta, que sólo tiene ocho.

Dentro de la categoría de máquinas que aprenden y que es una fase intermedia entre las que sólo realizan esa conducta y las computadoras complejas, se encuentra el proyecto y el "ROBOT" que se construyó y se está perfeccionando en el Institute de investigaciones Stanford (S.R.I.) por Raphael (1964;1967;1968) Nilson (1968 - 1969), Coles (1969). Viene a ser el proyecto más ambicioso y más complejo que se esté realizando ya que la cantidad y sofisticación de técnicas involucradas es muy superior a cualquier otro sistema.

El "ROBOT" es físicamente una computadora de interfase con ruedas y motorcitos para gobernar las ruedas y la cámara semejante, a una de televisión. Tiene brazos táctiles y un equipo de radio para comunicarse con la computadora (S.D.S. 940) que es la que realiza los análisis de datos. El proyecto tiene como metas, construir e implementar un lenguaje de máquina de jerarquías diferentes de operación, que acepte informaciones visuales (de la cámara), y otro tipo de sensores (los táctiles y las instrucciones de programación) obtenidos por la máquina; sistemas que dirijan el funcionamiento de la misma para acciones que requieren habilidad para planear hacia adelante ("to plan ahead") y de aprendizaje de experiencias previas.

Como se ve este es uno de los proyectos representativos de los estudios en INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Algunas de las tareas que realiza el "robot" es poder ir de un lugar a otro del laboratorio evitando obstáculos, reconocer su campo visual (lo cual es una tarea extraordinariamente compleja), planear secuencias de conducta, utilizar y conjugar la información que le dan sus receptores y poder seguir y ejecutar órdenes CUASI-VERBALES en inglés.

En el diseño de este "robot" se conjugaron campos de investigación como diseño de lenguajes, reconocimiento de formas o estructuras, lingüística formal, lógica, lógica de predicados, sistemas formalizados de contestar preguntas, percepción, solución de problemas, etc. En este "robot" se integran los dos campos de trabajo que hemos reseñado en los últimos capítulos o sea las máquinas lógicas y los aparatos que aprenden.

Al decir máquinas lógicas y aparatos que aprenden estamos hablando de sistemas específicos que realizan estas tareas. Como veremos adelante, las COMPUTADORAS DE USO GENERAL también pueden y realizan cálculos lógicos y aprendizaje, pero son diferentes ya que básicamente lo que se maneja en ellos son sus programas.

Ya que nuestro interés no es de señalar las máquinas que hacen tal o cual cosa, sino ver el desarrollo de lo que se conoce como inteligencia artificial, en el capítulo siguiente revisaremos algunos aspectos teóricos o metodológicos, las diversas aproximaciones que sustentan los estudios en inteligencia artificial, señalando en forma de ejemplos específicos algunos de esos programas que realizan tareas de gran complejidad de conductas humanas.

C A P I T U L O   I V

FUNDAMENTOS TEORICOS O FORMALES DE LAS MAQUINAS QUE REALIZAN  
CONDUCTA HUMANA

"Este es el fin de las lágrimas  
no más lamentaciones".

Sófocles.

C A P I T U L O   I V  
FUNDAMENTOS TEORICOS O FORMALES DE LAS MAQUINAS  
QUE REALIZAN CONDUCTA HUMANA

En este capítulo revisaremos el origen, métodos y problemas teóricos fundamentales que convergen para la realización del "FENOMENO INTELIGENCIA ARTIFICIAL".

En los dos capítulos anteriores se han presentado dos tipos de aproximación: máquinas lógicas y máquinas que aprenden; en una forma más que todo histórica, y en este capítulo presentaremos varios campos que fundamentan el campo de estudio de este trabajo.

Como podrá ser notorio, no le dedicamos un capítulo específico a las computadoras electrónicas; esto obedece a dos razones principales: primero estas máquinas no tienen ni tuvieron como propósito específico la realización y estudio de la inteligencia artificial, sino más bien su propósito en general para solución de cualquier problema y como una herramienta de trabajo. Segundo, que en los trabajos donde se simula pensamiento o se hacen estudios de inteligencia artificial, en este tipo de máquinas (que son muchísimos, avanzados y complejos), no se está trabajando propiamente con la máquina, sino que se trabaja con los programas de las máquinas. Por lo que las máquinas representan sólo una parte del esfuerzo hacia esta meta. La importancia de

este trabajo está más en las técnicas de programación y en los principios que las rigen, que en las máquinas en sí.

Después de ver rápidamente las máquinas, pasaremos a discutir una serie de fundamentos teóricos (cibernética, teoría de la información, lógica y matemática), y campos específicos de la simulación (auto-organización y auto-reproducción) que dan idea de los principios y problemas de esta aproximación.

#### COMPUTADORAS ELECTRONICAS

Las computadoras electrónicas se clasifican básicamente en dos: Digitales y analógicas. Tienen las dos orígenes y utilidades diferentes aunque pertenecen a la clase de COMPUTADORAS, ya que en las dos su trabajo característico es el CALCULAR y manejar gran cantidad de variables. La diferencia está en cómo calculan, y esto se debe al tipo de datos que manejan. En general las digitales manejan variables discretas y las analógicas, variables continuas.

Para la mayoría de las personas el conocido ancestro más antiguo notorio y efectivo de las computadoras es el ABACO extraordinario artefacto cuya historia se pierde en el nebuloso origen de los chinos y las culturas del oriente medio. <sup>(i)</sup>

(i)

"COMPUTADOR" DE LOS INCAS: Más de 500 años atrás la civilización incaica tenía un sistema extraordinariamente eficiente de llevar registros constantes y un recurso eficiente para la toma de decisiones en una colección de cuerdas llamada "quipu". El término "quipu" significa anudar o hacer nudos, y el registro básico era un nudo en una cuerda. El color, tamaño y lugar respectivo de las cuerdas unidas a un cordón maestro más los nudos hechos en ellas representaban datos estadísticos actuales sobre la población, las necesidades y recursos del imperio de 380.000 millas cuadradas de superficie con 16 millones de habitantes. Se llevan

Otro de los orígenes, ya moderno, es LA CALCULADORA MECANICA del gran Blaise Pascal (1623,1662) que diseñó a los dieciséis años y construyó poco después, (de la cual se conservan algunos de sus modelos). Su máquina realizaba fácilmente sumas y restas.

El siguiente avance lo realizó Leibnitz que al modelo básico de Pascal le agregó un mecanismo para realizar la multiplicación y división en una forma fácil y efectiva. Aproximadamente en 1810 Charles Thomas, en Alsacia, comenzó a fabricar máquinas basado en el modelo de Leibnitz, en forma comercial.

Las máquinas anteriores NO ERAN AUTOMATICAS ya que requerían de la constante acción del operador. Un dato importante es que con este tipo de máquinas, el operador tiene que escribir los datos, luego leer el resultado, transcribirlo a papel, etc, etc y así hasta concluir todas las operaciones; el problema radica en que por más que se incremente la velocidad de realización de operaciones, el operador humano tiene que estar realizando constante trabajo.

La solución del problema radicaba en construir una má-

(1) continuación.

"quipues" locales en cada provincia de todo el imperio. Periódicamente, corredores reales llevaron los mismos a Cuzco, la capital, para la incorporación de sus datos al "quipu maestro", llevado para cada área principal de interés. De este modo, sin un lenguaje escrito, sin dinero, y hasta sin la rueda, el inca pudo gobernar su imperio y enfrentar con éxito cualquier emergencia - a través de su conocimiento sofisticado de cómo organizar y usar la información básica del manejo administrativo. Contaba con tres factores esenciales para un manejo eficiente y de éxito: un hombre de decisión, un aparato mecánico funcional de decisión y un método de ampliar su recurso de toma de decisiones para acomodar cantidades siempre crecientes de información...

quina que pudiera llevar a cabo cálculos extensos, sin intervención humana. La respuesta a este problema la dio Charles Babbage (1792, 1871) quien construyó LA MAQUINA DE DIFERENCIAS, que tenía como objetivo encontrar las diferencias para ecuaciones como esta:

$$Y = 2X^2 + 3X + 4$$

donde para cada valor de X y Y, existen dos valores diferenciales asociados. Esta máquina fue construida y demostró su utilidad. Cuando aún no terminaba esta máquina, Babbage comenzó a perder el interés en ella y concibió la MAQUINA ANALITICA, que es en sí una máquina universal, ya que tiene la posibilidad de resolver cualquier tipo de cálculo, siempre y cuando le sean dados todos los elementos. Esta máquina la proyectó en detalle, pero la tecnología de la época no estaba preparada para el tipo de niveles de precisión que se necesitaban. Fue hasta 1937 que H.H. Aiken quien le propuso a la I.B.M., compañía que tenía ya bastantes años en el negocio de máquinas calculadoras, el construir una máquina totalmente automática, para el cálculo y que utilizaba tarjetas perforadas. La máquina fue presentada en 1944 en la Universidad de Harvard y se le llamó A.S.C.C. El almacenamiento de los datos numéricos se realizaba en una serie de veinticuatro engranajes.

El primer computador electrónico, E.N.I.A.C., fue la primera máquina electrónica real construida en 1944, 1945 por Eckert y Mauchly, de la Universidad de Pensilvania. La máquina no tenía piezas móviles como las anteriores; sus sistemas de trabajo lo realizaban dieciocho mil válvulas. Tanto en su diseño como en las técnicas de operación se vieron asociados a este proyecto

de manejo preponderante, J. von Neumann y N. Wiener. Muchas de las ideas y técnicas para la operación de esta máquina, y de otra que se construyó en secreto en la misma época, la JOHNIAC, que sirvió para realizar los cálculos para la construcción de las bombas atómicas, le deben mucho a estos dos matemáticos.

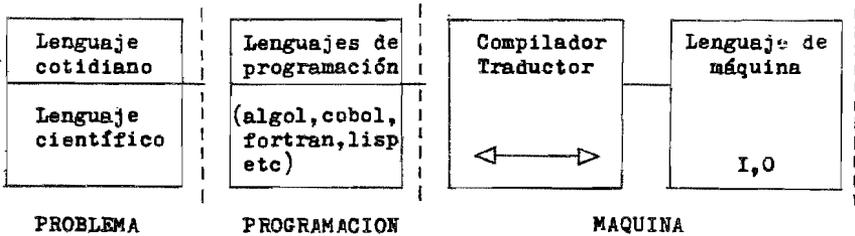
Las computadoras analógicas son aquellas donde las magnitudes de las variables son representadas como una magnitud física por ejemplo, la posición angular de una pieza mecánica, o el voltaje entre dos puntos de un circuito. Este tipo de máquina de las cuales, la primera fue la construída por Bush para resolver ecuaciones diferenciales, tiene un sistema de trabajo mecánico. De 1920 a 1950 se construyeron muchas de esas máquinas y es "gracias" a las grandes compañías de máquinas que no han tenido el desarrollo necesario y esperable.

#### PROBLEMAS Y PRINCIPIOS DE LA PROGRAMACION

El gran desarrollo de las computadoras se debe a la facilidad con que se le pueden dar gran cantidad de datos para que hagan una gran variedad de cálculos. Y esto está en función directa a la forma en que se le puede alimentar a la máquina. Debido a esto es que se han desarrollado una extraordinaria variedad de lenguajes para la programación de las máquinas.

Es importante una nota, las máquinas sólo tienen una forma de representar y manipular datos y esto es como presencia o ausencia (sí/no) de electricidad en un cable, y son combinaciones de sí y no con lo que se representan las cantidades o instrucciones en las máquinas. Viene a la ayuda de esta situación un sistema numérico de base dos (sistema BINARIO), en el cual no

se necesitan más que dos símbolos, I|0 para representar cualquier cantidad y esto es representable, como sí los estímulos eléctricos. Es necesario convertir los números e instrucciones de este código de I|0 para la máquina; para lo cual se sigue este proceso:



Es tal la facilidad de esta forma de alimentación de datos que se tienen lenguajes de gran poder de trabajo. Sus símbolos, reglas e instrucciones (que son muy semejantes o iguales al lenguaje diario) se pueden aprender en pocas horas con lo que ya se tienen posibilidades de introducir problemas a las computadoras sin que este trabajo de "MANEJO" de las máquinas, requiera conocimientos de electrónica o matemáticas complejos, lo cual le da la importancia y gran efectividad de su utilización.

Ya dentro de las posibilidades de programación, en una forma mucho menos compleja, existen ciertas formas o técnicas de gran interés para nuestra reseña.

Turing en 1936 (ver Davis 1955) demostró que en una gran cantidad de problemas matemáticos, existe una forma automática o sea una serie de pasos simples y precisos mediante los cuales se pueden resolver esos problemas. Este fue el trabajo teórico-matemático en el cual se basan todas las computadoras. En general, es conocido como métodos ALGORITMICOS, los de larga his

toria; pero fue este matemático quien demostró la viabilidad de resolver esos complejos problemas en forma automática.

Cuando se habla de programación algorítmica se hace referencia a programación que resuelve problemas, siguiendo paso a paso una secuencia (que puede ser muy larga) de operaciones matemáticas. Esta programación estipula almacenamiento de datos numéricos, órdenes de entrada y salida, operaciones, etc.

A pesar de que sólo han pasado veinticinco años del inicio de la técnica de programación, ya existe una activa parte de la matemática dedicada a la realización y creación de técnicas para resolver una gran cantidad de formas de análisis complejo. Esta área se llama Métodos Numéricos y cada día cobra más impulso.

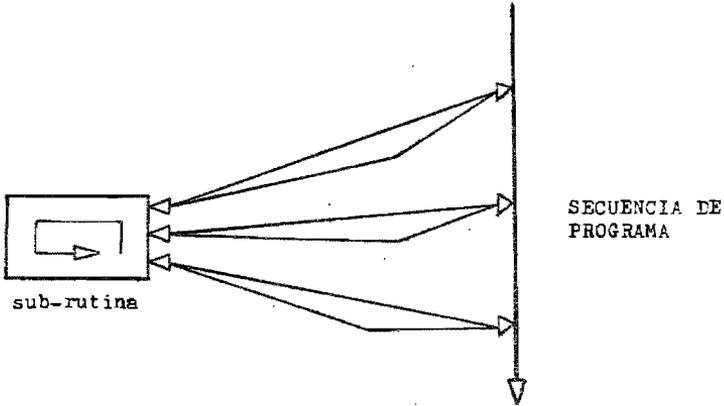
Es importante señalar que la computación y los problemas que trabajan las máquinas, se encuentran bastante alejados de la MATEMATICA.

Como una forma de programación compleja, se tienen los métodos heurísticos o programación dinámica en la cual no es necesario dar todos los pasos para la solución de un problema, sólo se dan los elementos de trabajo, los métodos generales y las metas. El problema es cómo dar esos métodos generales, pero se ha visto que en lugar de dar pasos específicos, se pueden dar las reglas generales (REGLAS DE DEDO) o principios.

Este tipo de programación es el área que más promete en toda la computación. En estos programas están involucrados problemas de aprendizaje y utilización de experiencias pasadas, así como mecanismos de generalización.

En forma MUY GRUESA se pueden comparar las cadenas ARN-





Una forma más general de llamarle a las sub-rutinas es RECURSIVIDAD lo cual es muy importante, como veremos posteriormente.

Neisser (1966) señaló que para los humanos una característica DIFERENCIAL es el manejo de información y se le llamó "PROCESAMIENTO PARALELO" que consiste en el manejo de información al mismo tiempo de diferentes orígenes y diferentes objetivos; esto se conocía y se señalaba como una gran diferencia entre el hombre y las máquinas, en la actualidad las máquinas ya pueden realizar este trabajo, o sea, varios programas al mismo tiempo, o como se realiza en el Centro de Cálculo Electrónico de la U.N.A.M. la máquina atiende programas directos y dieciseis teletipos al mismo tiempo y en el M.I.T. de los Estados Unidos el proyecto M.A.C. trabaja a doscientos teletipos al mismo tiempo.

La posibilidad de trabajar en paralelo se debe a lo que se llama "CONTROL MAESTRO", que permite dar prioridad a secciones de memoria y sistemas de entrada y salida de todos esos-

cálculos, para todos los programas en forma óptima.

Otra característica importante es la variedad de lenguajes que existen (Sammet, 1968) desde los muy generales como el Fortran y el Algol, hasta lenguajes como el "Tensor" que es específico para ingeniería, o el I.P.L.-V que es para tareas de simulación de solución de problemas. Los lenguajes también difieren en sus características internas, por ejemplo el algol que es casi darle órdenes a la máquina en inglés, o sea un lenguaje muy semejante al cotidiano o científico, hasta lenguajes como el I.P.L.-V que es de gran complejidad y casi está hecho en lenguaje de máquina.

Dentro de los lenguajes hay algunos que destacan por sus características y utilidades; para nuestro propósito estos son: el L.I.S.P., el COMIT y el I.P.L.-V, que en general se les llama lenguajes ASOCIATIVOS, ya que permiten más que cálculos numéricos, trabajos, listas o secuencias de órdenes en forma de relación de las palabras e instrucciones, además estas listas pueden estar siendo reacomodadas constantemente y relacionadas como se suponía y parece ser que se relacionan los conceptos aprendidos en los humanos, (Feigenbaum y Feldman, 1963; Minsky, 1969).

Otro campo que tiene grandes posibilidades, el cual primero se vio en la física (óptica) es lo que se llaman memorias OLOGRAFICAS que tienen varias dimensiones (Pribram, 1969), estas memorias pueden ser una forma de explicar muchas de las características del almacenamiento de datos en humanos y que es relativamente sencillo simularlas, y experimentarlas en máquinas, ya que los lenguajes asociativos tienen una forma muy semejante, de almacenamiento.

Luria (1970), hablando desde el punto de vista psicofisiológico y con notoria influencia de la computación, ha dicho - que existen zonas del cerebro dedicadas a la programación y planeamiento de la conducta; es importante ver que Luria es uno de los líderes y más grandes investigadores rusos en psicofisiología.

Sólo utilizando mucho del lenguaje de computación, se logra una visión de las funciones del cerebro en una forma MOLAR y FUNCIONAL la cual ya lo necesita la psicofisiología. Una de las características que Luria señala como característica del cerebro es la planeación y adquisición de metas; lo cual es realmente difícil de lograr, por el momento, en las máquinas.

Como se verá después, las máquinas ya no necesitan analizar todas las posibilidades de un evento 'X' para poder dar una respuesta o hacer algunos cálculos. Anteriormente se tenían que especificar todos los pasos y analizar todas las posibilidades y aun contando con las altas velocidades de las máquinas había tareas en las que era físicamente imposible estudiar todas las posibilidades (por ejemplo en el ajedrez). En la actualidad el PROCESAMIENTO JERARQUICO y las técnicas de MINIMAXIMIZAR que son técnicas de programación o programables; hacen esas tareas - en forma rápida y efectiva.

Un último detalle, como se puede ver las técnicas de programación son hoy en día lo suficientemente efectivas para poder realizar con ellas una gran cantidad de tareas. Y se puede ver que en los Estados Unidos de Norteamérica le han dedicado y dedican muchísimo esfuerzo a este campo de investigación.

## CIBERNETICA

N.Wiener (1948) define a la cibernética como "la rama - de la ciencia encargada de estudiar los sistemas de dirección y comunicación en los organismos vivos y en las máquinas"; posteriormente Ashby (1960) amplía y perfecciona la definición anterior y dice: "La cibernética se ocupa de estudiar los sistemas de cualquier naturaleza capaces de percibir, conservar y transformar información y utilizarla para su dirección y regulación".

Muy pocas disciplinas de origen nuevo, han tenido y tienen, la influencia que esta área de conocimiento ha tenido, tanto en lo teórico como en lo técnico y de pronta aplicación. Entre una de las muchas razones del triunfo y pronto desarrollo de ésta es el que en ella se conjugan campos como las matemáticas, la física, la fisiología, la electrónica, la biología, la psicología y otros, de tal forma que se pueden analizar problemas de esta ciencia con un modelo o premisa fundamentales (como es el manejo de información), de amplia generalidad, en donde se reúnen campos tan remotos como los estudios de los osciladores y la toma de decisiones, sólo por nombrar algunos o como los modelos e cómicos y el aprendizaje de ensayo y error.

En los años de 1936 y 1938 se reunieron N.Wiener y dos físicos mexicanos Arturo Rosebulth y M.S.Vallarta, a discutir una serie de problemas tanto de metodología como de experimentación, ya sea fisiológica, física u otras; siempre tratando de ver las afinidades y diferencias fundamentales, como los métodos de cada una de las variadas disciplinas que convergían en esas reuniones.

Poco después, en los años cuarenta ya sea por el trabajo

de Wiener, como matemático que trabajó en los problemas de construcción de las primeras computadoras electrónicas, o sea por la variedad de personas, todas de una gran preparación y autores originales en sus propias disciplinas, es que se vieron las conexiones y problemas generales de muchas disciplinas, y se encontraron los esquemas y los principios que rigen esos elementos.

Rosebluth, Wiener y Bigelow (1943) (este último un joven matemático) publicaron un artículo fundamental para la cibernética y para la psicología de hoy en día así como el original; ya que planteó un problema, el de TELEOLOGIA, de una manera totalmente "OPERACIONAL", si se quiere, que dista mucho de ese sentido religioso que tenía ese término durante los años anteriores y que por desgracia muchas personas todavía ven así. Además este artículo utilizó el término conducta en forma igual a la de los psicólogos, así como metodológicamente; el artículo es sencillo, pero el problema que se plantea es lo suficientemente abstracto como para que se pueda ver su amplia utilidad en muchas disciplinas.

Este artículo provocó, lenta pero seguramente, investigación de los mecanismos de control en los seres vivos y no vivos hasta culminar con el libro de Wiener (1948), con el cual quedó integrado y definido el campo de la cibernética. En los años intermedios se hizo mucha investigación, tanto en el N.I.T. como en México.

Las características fundamentales de la cibernética son los conceptos de: información, de feedback, de auto-regulación, auto-organización, de propósito, sistemas, sistemas lineales y no lineales y los conceptos y herramientas matemáticas que le

permiten su formalización y precisión.

Concepto de información.-Es fundamental en esta aproximación, la idea y más que todo la utilidad que tiene el usar como constante de trabajo en muy diversos niveles, INFORMACION. La cual puede ser vista como: la cantidad de energía de un sistema que afecta a otro sistema. (Desde un punto de vista de formalización y análisis lógico esta definición se ve afectada por la paradoja: "Del conjunto de todos los conjuntos", de Russell, 1963). N.Wiener (citado por Fuchs, 1969), llega a la conclusión "la información es simplemente información; no es ni materia ni energía"

Por lo que la noción de información es trabajada en una forma exclusivamente matemática, en sus aspectos generales la veremos en la siguiente sección.

Concepto de feedback.-Ya se conocían con mucha anterioridad mecanismos de feedback muchos de los cuales están en relación directa con el concepto clásico en psicología, reforzamiento o del auto-control. Puede ser descrito como una cantidad de información que se regresa para controlar la propia fuente de emisión. Claro que en psicología el concepto de reforzamiento se analiza: a) funcionalmente como lo hace la escuela Skinneriana, b) en forma más abstracta y formal como lo hacen Premack (1959) o con los experimentos pioneros de Olds (1958) o aun con el análisis de Miller (Hilgard y Bower, 1966) o desde un punto de vista de "conocimiento de los resultados" que tiene larga historia en la psicología, (Annett, 1969).

Tanto de la teoría de la información como del feedback se han derivado dos grandes áreas de conocimiento y de experimento

tación:

1- Auto-regulación: La idea general es que los sistemas suficientemente complejos tienen "dentro de sí" los elementos necesarios para su trabajo y estos le permiten variedades amplias de cambio. En psicología, en fisiología y aun en sociología, se han encontrado mecanismos "HOMEOSTATICOS" o de AUTO-REGULACION - muy importantes los cuales pueden verse se rigen por premisas semejantes.

2- Auto-organización: Es una manera compleja de la anterior y nos da formas de regulación NO ADAPTATIVAS ya que permite regulación dinámica, o sea variable, dependiendo de muchas otras condiciones como son las externas al sistema.

Concepto de propósito.- Este se encuentra drásticamente separado del concepto filosofía trascendental que tenía hace pocos años. En la actualidad se puede decir, "ue son sistemas que - tienen dentro de ellos mismos, una serie de metas programadas, - que le dirigen una buena parte de sus acciones.

Concepto de sistema.- Como ya se mencionó, este concepto nos lleva de una u otra forma a una paradoja, a pesar que es dentro de la ciencia moderna, uno de los más útiles y significativos. Para no desviarse de la paradoja se le puede definir, 1) como un agregado de elementos o de otros sistemas, 2) como ejemplo de sistemas como son: un hombre, un ratón, una tribu, una célula, una sociedad, un núcleo atómico, etc. Como se ve un sistema es muy parecido a una CONJUNTO (o SET), teniendo todas sus - ventajas abstractas y sus defectos de formulación.

Dentro de los Sistemas se puede hablar de los LINEALES y NO LINEALES. Los LINEALES son aquellos sistemas en los que un aumento en la entrada de información, va acompañado de aumento -

en la salida del sistema (viéndolos con el método "caja negra" - simple) y los sistemas NO LINEALES son aquellos, en los que el monto de entrada no es igual al monto de salida. En muchos casos se puede encontrar la ecuación (ECUACIONES NO LINEALES) que rige al sistema y a los de su clase.

Hablando con rigor, no existen ejemplos de sistema del primer tipo, sino una graduación de aquellos que se acercan a ésta hasta los que son (sin saber cuándo) de segundo tipo.

Específicamente en psicología y en procesos psicológicos se ha visto después de los intentos primitivos de la escuela S-R que los hombres y los procesos del mismo, son la forma más sofisticada del segundo tipo de sistemas.

Una de las influencias que ha tenido la cibernética para su triunfo tan espectacular, es la amplia utilización de la herramienta matemática para tratar sus problemas, como es la amplia utilización de los modelos estadísticos, las ecuaciones no lineales ya mencionadas, o aún más el álgebra de grupos, que es una de las bases de la teoría de los autómatas abstractos.

El problema o los problemas que estudia la cibernética son iguales tanto en los Estados Unidos como en Europa y Rusia. No así el significado; Arbib (1966) y Michie (1965) describen varias diferencias que existen entre los dos colosos de la investigación, Estados Unidos y la U.R.S.S. diciendo que en Rusia son mucho más los campos que quedan dentro de esta ciencia, campos que en Estados Unidos son autónomos o alejados de esta aproximación. Otro aspecto interesante es el que en Rusia hasta 1955 la cibernética era considerada una "ciencia burguesa y capitalista que sólo servía para explotar al hombre", es apenas en 1957, cuan

do se comenzó a estudiar esta aproximación, y hoy en día el problema en investigación en este campo ha alcanzado un grado extraordinario; y además estas investigaciones tienen prioridad sobre muchos otros estudios. Un punto más acerca de esta programación en la U.R.S.S. varias veces investigadores como Arbib (1966) y Feigenbaum (1961), han comentado las limitaciones en equipo electrónico, ya que las computadoras mejores y más grandes de la U.R.S.S., comparativamente son modelos viejos en U.S.A. Por lo contrario, los avances teóricos de los rusos y su actitud a la cibernética es muy positiva y superior a la de América; (Amarel, 1963).

#### TEORIA DE LA INFORMACION

Creada por Shannon (1949), a quien ya hemos mencionado por otras aportaciones a la ciencia. En base al análisis de los problemas de transmisión de mensajes por medios eléctricos, integró una serie de conocimientos para darles un cuerpo matemático-estadístico de amplia generalidad.

El problema que se planteó fue: medir y tener un sistema para analizar los procesos de comunicación, viendo cuáles son las variables más importantes y cuáles en cierto momento, son cuantificables. Las variables más importantes (Shannon, 1949) son:

- 1) Cantidad de información: que es el monto total de "información" que se va a "comunicar".
- 2) Capacidad de los canales para transmitir las diferentes modalidades de información, a saber, continuas, discretas, y mixtas.
- 3) Mecanismos de codificación y decodificación, que son sistemas para hacer comprensible y utilizable el mensaje.
- 4) Ruido que es el monto de información perdida en to

do el proceso de comunicación. El ruido, ha tenido desde el análisis que se hizo de él, un gran significado, y una de las funciones básicas de la teoría de la información es, desde un punto de vista práctico, analizar y controlar las fuentes de ruido. Además en psicología, se pueden utilizar las técnicas de detección de ruido para muchos problemas, por ejemplo en aprendizaje o en percepción. 5) Significado, que es el marco con el que se correlaciona el mensaje y que depende de entidades físicas o conceptuales. A este nivel de análisis se le llama problema semántico.

Casi todo el aparato matemático que se utilizó y que en la actualidad se maneja es de tipo estadístico y probabilístico.

La teoría de la información, ha venido a clarificar y a dar una forma de análisis de gran utilidad al viejo y problemático campo de la percepción en la psicología, que anteriormente sólo tomaba variables de tipo fisiológico, o esquemas de la física de los estímulos; con la nueva aproximación se integran y se resuelve bastante el problema (por ejemplo ver Haver, 1969).

Tanto la teoría de la información como la cibernética son obra de muy pocos científicos y la teoría de la información le debe muchísimo, como lo reconoce su autor, N. Wiener. En los dos el aparato matemático está complejamente elaborado y con mucho de estadística, lo cual nos hace ver su relación con el tipo de causalidad probabilística, que prevalece en la ciencia contemporánea.

#### LOGICA Y HERRAMIENTAS MATEMATICAS

La lógica matemática y las herramientas matemáticas, son

el lenguaje de las ciencias exactas, (este término en la actualidad casi paradójicamente, es probabilístico). Si la psicología quiere alcanzar niveles de rigurosidad y abstracción teórica, necesariamente va a recurrir como lo intentó fallidamente Hull, (Koch, 1968) a las matemáticas y a las técnicas lógicas.

La utilización de estas herramientas trae consigo una de las exigencias o principios más importantes, el conocido principio de parsimonia, íntimamente relacionado con "la navaja de Ocam". El primero se refiere a que las explicaciones y principios han de ser muy pocos, y el segundo se refiere a NO crear o meter ENTES nuevos en las explicaciones más que los estrictamente necesarios. (ii)

Muchas veces ha sido olvidado el principio de Ocam, pero constantemente vuelve a aparecer.

Cuando nosotros utilizamos la matemática y la lógica, podemos crear operaciones dentro de sistemas en forma tal, que no sean entidades tan constantes como las que metemos como sistemas explicativos, (por ejemplo: hábito, ello, mediación) que sí son necesarios para explicar, pero no como entidades, sino como simples OPERADORES matemáticos carentes de significado propio. Claro está, que esos operadores postulados, pueden en algún momento tener una realidad física (adrenalina, átomo, etc), pero si no se encuentran, perfectamente se puede trabajar con ellos sin hacerlos algo sustantivo. Es en este sentido que las herramientas formales tienen gran utilidad. Otra más, es su capacidad

(iii)

Al respecto de esto A. Einstein dijo: "Dios es complicado pero no malicioso".

para describir eventos, que de una manera "verbal" es muy difícil hacer, por ejemplo: Información. Si la describimos verbalmente nos lleva muchas hojas el revisarlo de una manera que al final va a ser igual que no haberla descrito; en cambio, matemáticamente se define como simples fórmulas casi inequívocas.

Cuando hablamos de LÓGICA nos referimos a lógica matemática o como algunos la llaman, lógica simbólica, NO estamos hablando de la lógica "para el buen pensar", sino a una de las ramas de lo que se llama lógica formal.

La lógica matemática está vinculada a los nombres de los ya mencionados Lulio y Leibnitz, pero sólo cobra forma a mediados del siglo pasado y posteriormente se asocia al movimiento filosófico del círculo de Viena, pero sin confundirse estas dos escuelas.

"Esta nueva lógica, (Moreno, 1967) no es sino la inscripción de signos y fórmulas del orden formal de los conceptos y proposiciones, con independencia de su contenido. Más que una filosofía, constituye una PROPEDEUTICA INSTRUMENTAL".

A la lógica le interesa establecer bajo qué condiciones una sentencia puede ser considerada como una conclusión derivada de otra sentencia, llamada PREMISA. Una sentencia es una expresión lingüística que establece un pensamiento completo y puede ser verdadero o falso.

Básicamente la lógica matemática se divide en dos: Lógica bivalente y lógica modal, la primera se refiere a aquella que maneja sentencias que pueden ser verdaderas o falsas o sea de valores. La segunda se refiere a aquellas en que la verdad o la falsedad se puede situar en un continuo.

La lógica matemática tiene como características:

1- Formalización, es decir, utiliza los símbolos como - si fueran meros signos materiales, sin tener en cuenta la significación. Por lo tanto no toma en cuenta el contenido de las expresiones particulares, sino las relaciones estructurales.

2- Cálculo, las expresiones se transforman mediante la aplicación de reglas de operaciones exactas y explícitas". SE--- CALCULA MECANICAMENTE".

3- Axiomatización, las expresiones son definidas mediante algunas AXIOMAS fundamentales y las sentencias son derivadas según reglas rigurosas.

4- Las expresiones son traducidas mediante signos determinados que son de dos tipos: Variables y constantes, los primeros son símbolos que representan eventos y los segundos son símbolos que relacionan esos eventos. (iii)

Existen distintas notaciones simbólicas, las más difundidas son las de Russell y Whitehead de su Principia Matemática o la de Lukasiewicz.

5- Metalógica, es la disciplina que estudia los símbolos lógicos y se usa en las expresiones lógicas.

La lógica matemática se llama así por la utilización de símbolos semejantes a las matemáticas y ante todo por la utilización del método axiomático de tanta utilidad en esa disciplina y que por cerca de dos mil años se creyó era la forma ideal de trabajo.

(iii)  
J. Piaget (1953) (1968) dirige mucha de su atención a la búsqueda de esas operaciones de relación lógica, de forma isomórfica a los signos lógicos y su utilización, partiendo tanto de los signos lógicos conocidos como de las operaciones lógicas para relacionarlos mutuamente.

Fue con los trabajos de Riemman y otros matemáticos del siglo pasado, que se dieron cuenta de que el modelo más bello - que tenía la geometría tenía serias fallas.

La lógica matemática como se mencionó en un capítulo anterior, tiene algunos de sus orígenes en la filosofía de los estoicos, Lulio y Leibnitz que abarcaron períodos de tiempo muy largos. Fue Boole (1815,1864) el primero que integró, y el precursor y fundador de esta disciplina. Tuvo básicamente un interés clásico en el estudio del pensamiento muy formal. Con su lógica se ve la estrecha relación que tenían ciertos campos del álgebra y la lógica utiliza métodos algebraicos en su trabajo; - (Boole,1854).

De él se derivan muchos otros autores que cada vez más se independizan de los métodos algebraicos, pero crean nuevos métodos. Entre estos se encuentran De Morgan (1806,1871); Jevons - (1835,1882), Pierce y otros, hasta llegar a Frege(1848,1923) que fue el primero que en forma axiomática se independizó del álgebra y ya no utilizó problemas de la vida diaria, sino que se volvió contra la matemática y comenzó a aplicar los métodos lógicos.

El siguiente fue Peano (1858,1932) el primero que a través de la lógica se planteó la formalización y análisis de toda la matemática. Frege al terminar su obra lógico-matemática e iniciar su publicación al final del siglo pasado recibió una carta de un joven filósofo que le planteó una antinomia por la cual toda su obra se vino abajo y dejó de trabajar en ese campo. Ese joven filósofo fue B. Russell (1902) que le planteó el problema de la clase de clases y después del duro golpe que le dio a los sistemas formales, le dio una posible solución, Russell (1908).

Después de este incidente surgió la obra monumental de Whithead y Russell (1910-1913) que ya describimos, la cual intento reducir la matemática a la lógica.

A su vez Gödel demostró que tenía un problema de base - por el cual no se podía probar la consistencia de ese sistema - formal o de cualquier otro. A este problema se le llamó de DECIBILIDAD (Davis, 1965). Esta prueba afecta a todos los sistemas - formales, ya sea en lógica o en matemáticas. Desde un punto de - vista lógico-formal la prueba de Gödel representa una limitación para toda la matemática casi infranqueable, y una advertencia a cualquier ciencia de sus limitaciones y problemas.

Turing (ver Davis 1965) se planteó el problema de saber si existía un método por el cual se pudiese computar (término - que él introdujo) cualquier problema matemático, y demostró que existe un aparato conceptual por el cual se pueden resolver la mayoría de los problemas. A pesar de que los problemas son computables, es decir, existe un algoritmo para la resolución.

Russell es la cumbre más alta de la lógica matemática; Gödel es el obstáculo más grande de la formalización y Turing abre el camino a las soluciones computables de muchos problemas.- El camino de Turing en la actualidad nos da los sistemas heurísticos donde no se utiliza un método axiomático, sino caminos -- "cortos" de trabajo en donde lo importante es la relación de los sistemas y los caminos de solución de esos problemas.

Con los pasos y problemas anteriores llegamos al problema medular de la matemática y la lógica, y con esto, al de todas las ciencias que intentan la formalización.

Si no se puede axiomatizar, sí se puede encontrar cohe-

rencia en los fenómenos y ver que estos pertenecen o pueden ser clasificados en clases y sub-clases. Por ejemplo, cuando se ve que una taza, un anillo, y una llave, desde el punto de vista de la topología pertenecen a la clase de objetos que abstrayendo el material con que están hechos tienen un agujero en común, los podemos clasificar como cuerpos geométricos de clase 'X' y la tapa de un salero o una silla dentro de la clase de objetos de muchos agujeros; con esto estamos creando una ESTRUCTURA o en un ejemplo más simple, cuando vemos que la bandera de México, una manzana y un ladrillo tienen la característica común "color rojo", estamos viendo otra Estructura o en un ejemplo de Estructura clásica; vemos que tenemos cuatro operaciones aritméticas fundamentales: suma, resta, multiplicación y división que pueden ser reducidas a dos operaciones; suma y resta en donde la multiplicación es sólo un caso especial de la suma o sea una suma repetida n número de veces, al igual que la división puede ser considerada una resta repetida n número de veces y es más, podemos considerar a la resta como un caso dentro de la suma donde el proceso es al revés. El encontrar y crear este tipo de ESTRUCTURAS es en la actualidad el campo más dinámico de la matemática, y está influyendo a la psicología, por ejemplo, Piaget (1968).

El ver principios generales y características comunes en los objetos o fenómenos adquiere así un gran significado, sin contradecir y evitando el problema de la formalización hasta hace pocos años clásico. Esta aproximación tiene un gran sentido - la matemática moderna y existe el campo llamado del ANALISIS combinatorio dedicado al estudio de estructuras, su crecimiento

y desarrollo (iii.)

El deseo de toda la matemática fue el de un cuerpo coherente de conocimientos donde todo quedara integrado y si fuese posible derivara de unos pocos axiomas. Este programa no es posible pero se conserva de él la idea de que son relativamente pocos los conceptos fundamentales y que se tienen que integrar en un campo o campos lo cual en cierta forma, ya se realiza. La escuela de Bourbaki en matemáticas, la física con su aproximación de GEOMETRODINAMICA o la biología con MECANICA CUANTICA están llevando a cabo esas estructuras. En psicología existe el trabajo serio y sistemático de Piaget, que ya se están dando cuenta—sobre todo en Estados Unidos de su valor y en cibernética que en sí son los exponentes más eficaces de la búsqueda de estructuras

En el momento dado los trabajos en simulación de pensamiento y simulación artificial están descubriendo una estructura con la cual se pueden estudiar problemas muy difíciles.

Desde el advenimiento de la ciencia han surgido barreras a la investigación que limitan el avance, hasta que no se encuentren formas de superar esos grandes obstáculos. Una de estas

(iii.)

Sólo como un comentario citamos a E.P. Wigner (premio Nobel) en un artículo que escribió llamado "The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences" (La irracional efectividad de la matemática en las ciencias naturales). El milagro de lo apropiado del lenguaje de las matemáticas para la formulación de las leyes de la física, es un don maravilloso que no comprendemos ni merecemos. Debemos estar agradecidos por él y albergar la esperanza de que mantenga su validez en las investigaciones futuras y que se extienda - para mejor o para peor, para nuestro placer aunque también, quizá para nuestro desconcierto—a vastas ramas del saber.

(Communication in pure and applied mathematics, vol 13, Courant Institute of New York University, New York, 1960).

limitaciones fue el estudio de lo muy grande (la tierra, las mareas, las galaxias, etc). que planteó problemas de interpretación y de formas de análisis; otra fue lo muy pequeño (átomos, partículas elementales, taquiones), que en igual forma tuvieron que reorientar la investigación. La barrera en la actualidad es lo muy complejo, ejemplo y problema de lo muy complejo y hasta el momento lo más complejo que conoce el hombre, es el cerebro. Tanto en lo muy grande, como en lo muy pequeño, la solución ha sido encontrar esquemas conceptuales para trabajar esos problemas y es una generalidad, que la solución la ha dado la matemática con gran efectividad, como forma de representar y analizar los problemas. Claro está, que estos avances en los esquemas de la ciencia se han logrado por avance en los esquemas matemáticos y es de esperar estos avances ante el problema que tenemos. Un camino que comienza a dar frutos en la computación y sus técnicas, ya conociendo muchas de las limitaciones de la propia lógica

Algunos de los esquemas matemáticos que tienen, por el momento más porvenir aparte de la herramienta normal y clásica de la investigación, es el cálculo diferencial e integral, que son por ejemplo el estudio de clases inhomogéneas por métodos de clases homogéneas, en donde se hacen muestreos de clase, o sea, estudiar sistemas abiertos en forma de sistemas cerrados seleccionados y con esto aplicarlo a sistemas abiertos. Por ejemplo en psicología social, estudiar pequeños grupos y explicar a los grandes grupos en donde la cantidad de variables aumenta. Estos métodos matemáticos que han mostrado su poder en física que en la actualidad se comenzaron a introducir a la biología (Elsasser 1969) es esperable que sean muy útiles es psicología.

Otro campo que promete es el estudio abstracto de sistemas no reproducibles, como los métodos de los JUEGOS DE GUERRA - (War Games), o de modelos abstractos de guerra en donde no se conocen las variables o las "causas".

Otro campo más, es la utilización de la mecánica para explicar cambios "VOLUNTARIOS" en los fenómenos como son los estados cuánticos de la materia en donde estos cambios ocurren sin ningún "evento externo" que los impacte. Métodos de este tipo ya se usan en química para explicar reacciones de alta velocidad y cambios en las macromoléculas de ciertas sustancias, como cambios cuánticos. Estos métodos a pesar de que son limitados a eventos físicos como marco conceptual o como aparato matemático, tendrán utilidad en las futuras aproximaciones al pensamiento en general, o a estudios del complejo fenómeno memoria.

Otro campo es el de la teoría de los grupos, o álgebra de grupos que ya se utiliza para describir tareas a realizar por sujetos en experimentos de pensamiento (Dienes y Jeeves, 1970) y que desde un punto de vista general es uno de los campos que ofrece más posibilidades.

## C A P I T U L O V

### SIMULACION DE PENSAMIENTO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El hombre es un animal racional -o, por lo menos, - así se me ha dicho. En el transcurso de una larga vida he buscado diligentemente pruebas en favor de esta afirmación, pero hasta ahora no he tenido la buena suerte de toparme con ellas, aunque las busqué en muchos países esparcidos en tres continentes.

B. Russell (1952).

## C A P I T U L O V

### SIMULACION DE PENSAMIENTO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Una buena parte de los problemas de simulación de pensamiento comenzaron de 1945 a 1955 cuando se hablaba de cerebros ELECTRONICOS y no había ningún intento de simular realmente el pensamiento o algo que se le pareciera, en las computadoras. M

Maron (1963) nos dice que en 1945, Bush, uno de los precursores de las computadoras analógicas sugirió la posibilidad de utilizar las máquinas en el proceso de automatización de las bibliotecas, cosa que se está realizando; y es un programa que tiene prioridad en varias partes del mundo. Así mismo se mencionó que W. Weaver en 1948 pudo utilizar estos sistemas para traducir automáticamente de un idioma a otro.

En 1950 apareció un artículo escrito por Turing (1950) que fue la base del modelo de simulación de pensamiento, en el cual aparte de ver de una manera objetiva la simulación, da una serie de "Tests Psicológicos" para poder decir si la máquina está o no simulando esa conducta. Estas pruebas se basan en los llamados JUEGOS de imitación, que consisten en una situación de donde tres sujetos A, B y C tienen una tarea; C tiene que averiguar por medio de preguntas de A y B que se encuentran en otro cuarto separados uno de otro y que se comunican por medio de un

unas máquinas de escribir; cuál de los dos es el hombre y cuál es la máquina. Turing dijo que cuando se puede realizar esta situación y el sujeto C no pueda distinguir cuál es la máquina y cuál es el hombre, se tendrá una máquina que PIENSA independientemente de qué sea pensar; sólo se van a ver las conductas.

Antes de revisar los modelos de simulación podemos aclarar varias cosas, al respecto de esta actividad de investigación es importante distinguir entre simulación de pensamiento e inteligencia artificial; la simulación de pensamiento se refiere a la construcción de máquinas o programas que realicen la conducta de pensar en forma lo más parecida o igual a como se realiza esta conducta en los organismos vivos y específicamente el hombre siguiendo los mismos procesos. En cambio, en los estudios de inteligencia artificial lo que interesa son los resultados, o sea que las máquinas resuelvan problemas, como lo hacen algunos hombres sin importar el proceso; interesa sólo lograr la meta que es la solución de un problema complejo.

Otro aspecto digno de análisis es la diferencia de aproximaciones generales actuales en esta área por países. Podemos ver que en los Estados Unidos predominan los estudios de simulación e inteligencia artificial en forma de programas para computadores generales (de uso comercial la mayoría), en Rusia la tendencia está más marcada hacia la construcción de aparatos específicos (Feigenbaum, 1961; Maron, 1963; Arbib, 1966) y en Inglaterra hay una gran preocupación por modelos pequeños y simples que exhiben conducta compleja, (George, 1961, 1970).

Como ya se mencionó, la actitud hacia estos problemas cambia mucho de país a país, (Maron, 1961) y para marcar aún más

las diferencias se puede ver que en los Estados Unidos la investigación de este tipo está muy relacionada con los centros de investigación de las fuerzas armadas donde se realizaron las primeras investigaciones y donde se siguen haciendo (Pedelty, 1965), - tienen muchos intereses prácticos o militares. Laboratorios o - centros de investigación como el M.I.T., el S.R.I, la RAND o la - Universidad de Carnigie-Mellon en donde están los grupos mejor - preparados y con más facilidades. Feigenbaum (1968) nos da una - lista de los centros de investigación donde más se está trabajan do en estas áreas: el M.I.T. (Minsky, Papert y Greenblat), Carnegie-Mellon (Newell y Simon), la Universidad de Stanford y el -- S.R.I. (MacCarthy, Samuel, Colby y Feigenbaum así como Nilson y Raphael). Reciben la mayoría de su ayuda económica del Advanced Research Proyect Agency (Departamento de defensa) y tienen am-- plias facilidades en computadoras y equipo periférico, así como personal dedicado exclusivamente a trabajar en inteligencia arti ficial (en el M.I.T. son más o menos setenta y cinco personas de tiempo completo).

Otros centros de trabajo menores son: Casa University, Universidad de Wisconsin, R.C.A. Laboratories, Universidad de - Michigan, National Institute of Health y la Universidad de Wash- ington. En el extranjero existe en la Universidad de Edimburgo - un grupo muy grande que tiene publicados más de setenta trabajos de esta área; también la Uppsala University en Suecia y varios - grupos en la Unión Soviética como son: El Instituto de Cibernéti ca de Kiev (Glushkov, Amosov, y otros), el Instituto de Automati zación y Control Remoto de Moscú (Aizerman), el Departamento de Actividad Nerviosa Superior de la Universidad Estatal de Moscú -

(Napalkov y asociados), el Centro de Computación de la Ciudad -- Científica de Novosibirsk (Yershov, Marchuk y asociados) y el - Instituto de Física Teórica y Aplicada de Moscú que ha trabajado en conjunto con la Universidad de Stanford en programación de ajedrez.

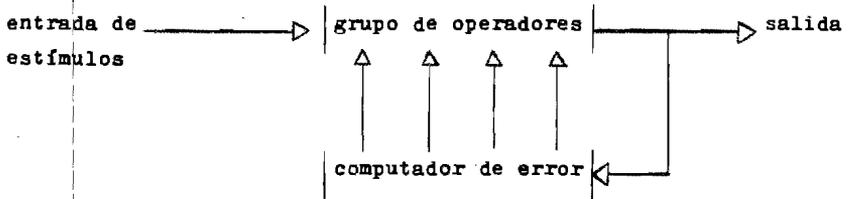
Esta es la lista más importante de centros de investigación donde existen programas de trabajo regulares.

Ahora pasaremos a reseñar los ejemplos más significativos de estudios sobre inteligencia artificial y pensamiento. La distribución de los temas y experimentos la haremos en base a los campos de estudio de la psicología, en un orden diferente al que se hace normalmente en el campo de la simulación, por ejemplo no mencionaremos tanto los PERCEPTRONES y los estudios sobre semántica o traducción de idiomas, los cuales son todos campos - donde se trabaja mucho y pondremos más énfasis a los experimentos de simulación en percepción y aprendizaje y toda el área de simulación de pensamiento. Esta diferencia en las clasificaciones se debe a que los sistemas de divisiones en inteligencia artificial son hechos con más criterios de otras ciencias; pero a nosotros nos interesa verlo desde un marco de referencia "Psicológico" así que conservaremos la forma clásica.

#### ESTUDIOS EN PERCEPCION

En 1947 apareció un trabajo de Pitts y McCulloch que - en poco tiempo se convirtió en clásico ya que su contenido afectó y dio ideas a muchos campos de simulación, aparte de ser uno de los primeros estudios de conjugación de los campos de la cibernética. Presentan una analogía entre las capas de la retina - y un modelo del funcionamiento lógico, en donde los puntos de -

contacto de las redes neuronales realizan el trabajo de activación de circuitos binarios, y donde unos pocos elementos abstractos interconectados pueden reproducir los patrones supuestos, de actividades de la retina. Su trabajo es muy matemático y logran a través de sus análisis, convertir eventos que son variables en parámetros de tipo constante, utilizando como base las estructuras de cambio de estos eventos, en pocas palabras hacen constantes eventos variables; con lo que se logra la primera forma de análisis de grandes masas de datos que se están afectando mutuamente; su esquema más simple de trabajo es el siguiente:



El modelo y todo su artículo destaca la posibilidad lógica respaldada por una gran cantidad de datos histológicos y fisiológicos; de utilizar el concepto de OPERADOR MATEMATICO para:

- 1- Reconocer universales e invariantes de los estímulos
- 2- Trabajar y utilizar como explicación circuitos REVERVERANTES que almacenan la información y realizan la búsqueda de patrones, combinándolo con el principio de intercambiabilidad del tiempo y del espacio. Todo el modelo estuvo dirigido a la percepción visual y auditiva. Como ya dijimos fue muy importante y es el origen teórico de todos los trabajos de simulación posteriores.

Fue hasta los años de 1955 y siguientes en que la idea

de Pitts y McCulloch fue desarrollada en forma más precisa con la construcción de las primeras máquinas que reconocían figuras. A toda esta serie de trabajos se les llamó PERCEPTRONES y en la actualidad ya se conocen muchas formas y variantes de estos aparatos. Son en general sistemas formales que se auto-organizan y tienen como función específica el reconocimiento de formas, tomando como base los datos: neurofisiológicos, psicológicos, herramientas matemáticas y eléctricas, (Block, 1962).

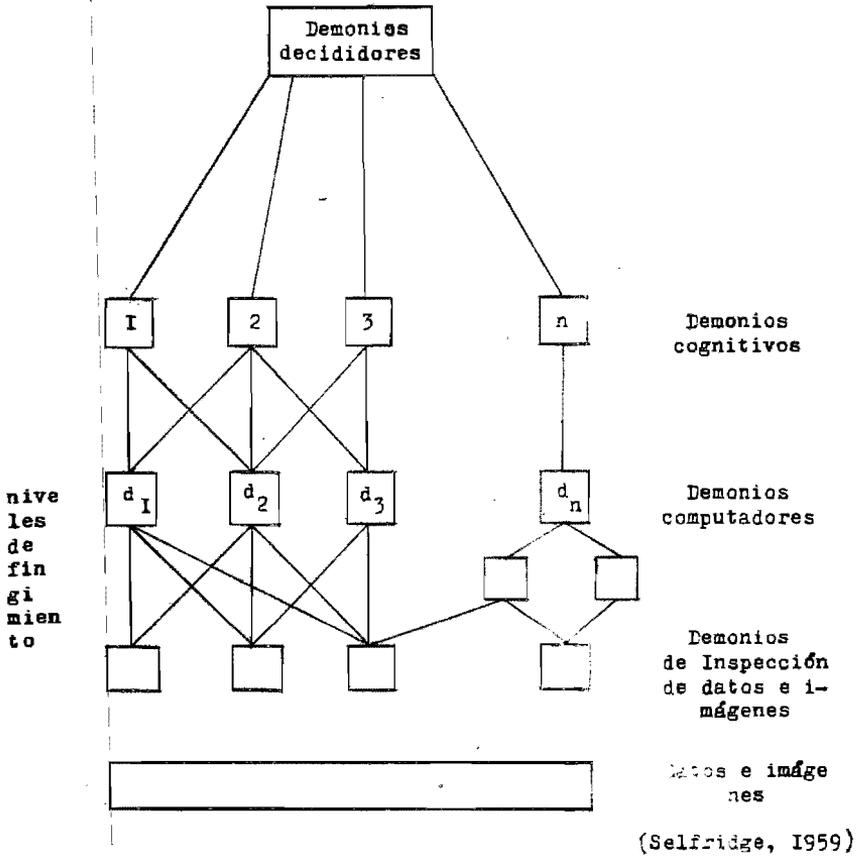
Para 1962 se tenían muchos tipos de máquinas y trabajos teóricos (Roseblatt, 1958, 1962) sobre esto, y en la actualidad existe una sociedad internacional y una revista dedicada a estos problemas.

El modelo construido en 1960 en la Universidad de Cornell por F. Roseblatt y un gran equipo de gentes; veremos que el modelo es simple e interesante. La descripción que utilizaremos es la de Selfridge (1959) que es la base general de todos los perceptrones. Cuando propuso este modelo sólo era un diseño general, que posteriormente implementó; el modelo se llama PANDEMONIUM, tiene como característica general que sus elementos de manejo de información trabajaban en paralelo, es decir, todos a la vez. Además tiene diferentes jerarquías de trabajo que realizan funciones diferentes. Como todos los modelos cibernéticos tiene forma de feedback y auto-organización que están dadas por:

- 1- Constante feedback de parte de la información.
- 2- Interconexiones entre sus componentes.
- 3- Mecanismos de decisión dados por umbrales de trabajo de los componentes.
- 4- Formas de computación de los estímulos, para anali--

zar, los irrelevantes e incrementar el valor de los relevantes.

El modelo general es este:



Se puede ver que el modelo tiene su origen en el de Pitts y McCulloch con un aumento significativo de componentes y más abstracto.

Roseblatt y su equipo de gentes fueron los encargados de construir y resolver gran cantidad de problemas técnicos pero

para 1962 tenía el primer modelo funcional que seguía esta aproximación, siguiendo lineamientos tanto neurofisiológicos como matemáticos, (Block, 1962) a diferencia del creado por el ya mencionado grupo de la Bendix: ( ver capítulo de máquinas que aprenden), que fue de tipo electrónico sin ver muchos de los componentes, como mecanismos neurofisiológicos.

El modelo de Roseblatt es un modelo neurofisiológico - dirigido a crear y simular las funciones que realiza el cerebro de la forma más semejante posible. Lo que los separó del campo de la psicología o la neurofisiología, fue el complejo aparato matemático que utilizó.

El perceptron es definido conceptualmente "como una serie de unidades generadoras de señales (o neuronas) conectadas en forma de red neuronal. Cada una de estas unidades después de recibir una señal de entrada ( ya sea de las redes neuronales o del medio ambiente) responde con la generación de una señal de salida, que puede ser transmitida por interconexión o por un conjunto de unidades receptoras. Las propiedades lógicas de un perceptron son:

- 1- Una organización topológica.
- 2- Un conjunto de funciones de propagación de señales o reglas que gobiernan la transmisión y generación de señales.
- 3- Un conjunto de funciones de memoria, o reglas para la modificación de las propiedades de las redes neuronales como consecuencia de la actividad". Roseblatt (1962).

Los perceptrones no se estudian aislados, sino en conjunto, ya que sólo así pueden ser analizadas sus características íntimamente relacionadas con el experimento, ya que el medio am-

biente y los mecanismos de control son los que aplican las reglas para la "modificación" o "reforzamiento" de los estados de el perceptron". Roseblatt (1962).

El modelo ya operando fue probado varias veces en experimentos de tipo psicológico (Block, 1962) y experimentos generales de percepción, Roseblatt (1962) entre los cuales se encuentran:

1- Discriminación de barras horizontales y verticales - en varias combinaciones en la presentación.

2- Discriminación de cuadrados y triángulos en varias formas de presentación.

3- Organización espontánea de estímulos diferentes que son clasificados en dos categorías.

4- Experimentos de transferencia de estímulos.

5- Experimentos de atención selectiva a ciertas partes específicas de los estímulos.

6- Asociación de percepciones audio-visuales donde los estímulos visuales son asociados con auditivos.

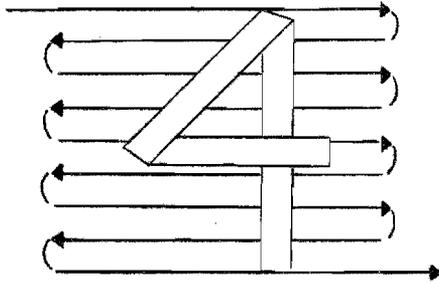
En varios experimentos de discriminación de letras se utilizan formas de entrenamiento con control del estímulo perceptual o reforzamiento. Muchos de estos experimentos siguen los paradigmas de discriminación sucesivos y simultáneos.

En la actualidad se tienen muchas formas de hacer reconocimiento de forma ya sea en paralelo o en forma lineal, a partir de estos estudios básicos y generales; entre los que destacan tenemos:

1- La correlación de matrices ideales o de modelo.

2- El análisis de SCANNING del estímulo.

3- Análisis y transformación del estímulo a un sistema binario de línea.



que queda convertido en código, 0001100000011000111111..... que puede ser fácilmente analizado por computadoras de tipo comercial, y muchos modelos más que hacen este reconocimiento de formas. Desde hace tres o cuatro años ya hay a la venta máquinas por ejemplo, clasificadoras de correo por zonas postales o máquinas de reconocimiento de cantidades numéricas en cheques de banco. También se están utilizando estas técnicas para la detección automática de aviones "enemigos" en las pantallas de radar o detección de partículas atómicas en las cámaras de burbujas de los aceleradores. Todos estos estudios de reconocimientos de formas, son simples y automáticos; dan una señal cuando se presentan dos o más estímulos específicos.

El siguiente paso en la investigación, fue hacer que -- las máquinas utilizaran en forma más compleja la información que les entrara o sea que realmente hicieran REPRESENTACIONES no del tipo numérico donde se le da a la máquina un número para que lo maneje en muy diversas formas, sino que la máquina lograra la -

transformación del estímulo y en forma más simple buscando las constancias perceptuales y utilizando esa información para futuras tareas.

El ejemplo más grande de este tipo de manejo de información perceptual es el Robot del S.R.I. que ya reseñamos. Nada más agregaremos que la forma de representación en este robot no está relacionada directamente con el funcionamiento del cerebro, y que sí puede realizar transformaciones del estímulo, de forma tal, que puede reaccionar a él y dar respuestas más complejas. En cambio el sistema construido por Aleksander (ya reseñado) sí tiene una relación muy grande con los mecanismos cerebrales, pero no puede hacer las transformaciones que hace el del S.R.I.

En todos estos trabajos y en general en toda el área de inteligencia artificial, existe el problema del tipo de memorias generales de computadoras comerciales. Las soluciones son diferentes; por ejemplo Rosenblatt (1962) utilizó análisis matemáticos y probabilísticos, al igual que los científicos soviéticos, Kovalevsky (1968), Aleksander (1968) utilizó las unidades NOR, que son sistemas electrónicos o de lógica de umbrales. Taylor (1968) describe varias de las técnicas de almacenamiento como son la de Crofts que consta de cintas magnéticas unidas donde hay cambios en los valores almacenados o la solución dada por Windrow, en donde los sistemas de almacenamiento de información son unas unidades llamadas MEMISTORES que son unidades que son electro-químicas muy parecidas a las neuronas en su funcionamiento químico. En general las técnicas de almacenamiento de información de tipo electrónico en las que ya se han logrado grandes reducciones de tamaño y no químicas como se supone que son en los

seres vivos.

Dentro de este problema de representación, que es fundamental para la inteligencia artificial, Arbib (1969) ha marcado la diferencia y los niveles de aproximación en los cuales aquellas teorías que no le dan importancia a la representación no pueden explicar muchos fenómenos como son el planear hacia adelante o la memoria en su forma más simple. Por lo que este autor concluye recomendando analizar más estos problemas de la representación desde la aproximación que en psicología se ha llamado COGNITIVA, que tiene mucha relación con las teorías y técnicas de la inteligencia artificial.

#### ESTUDIOS EN APRENDIZAJE

E.P.A.M. que significa Elementary Perceiver and Memorizer y es el nombre de un programa desarrollado por E.A. Feigenbaum (1964) con la ayuda y supervisión de H.A. Simon (1964) y Simon y Feigenbaum (1964), a partir de 1958, cuando los dos trabajaban directamente en la Rand. El programa construido en el lenguaje I.P.L.-V, en el cual los dos autores participaron en su creación; tiene como objeto simular el aprendizaje en una de sus formas más clásicas y efectivas: aprendizaje de sílabas sin sentido en sus dos técnicas, pares asociados y anticipación serial. El programa que al principio fue bastante modesto, después de tres versiones E.P.A.M.-I, II y III se ha incrementado en forma notable hasta convertirse en la actualidad en una teoría del aprendizaje verbal, con muchas explicaciones y generalizaciones probadas. El modelo es descriptivamente un sujeto experimental, el cual tiene que seguir ciertos pasos para lograr la conducta -

que, es aprender unas listas sin sentido. El modelo tiene que describir la estructura y el proceso del aprendizaje, que tiene una contraparte en la programación. La estructura específica, la forma en que se almacenan las asociaciones y la familiarización con los estímulos. Las versiones últimas del modelo no sólo tienen una memoria asociativa sino también asociaciones de contexto y una forma más efectiva de representación interna. El modelo es de TIPO PSICOLOGICO con ciertos elementos cognitivos. Las hipótesis fundamentales son dos:

- 1- La memorización es un proceso serial.
- 2- Cada elemento toma cierto tiempo aprenderlo.

De estas dos hipótesis se derivan muchos teoremas y posibles hechos. Un dato interesante es que estas dos hipótesis del modelo tienen una contraparte que en los últimos años ha sido descubierta en los procesos fisiológicos de memoria; Feigenbaum (1964) indica que los trabajos de Gurowitz (1969) en memoria apoyan la segunda hipótesis.

podemos ver también que los estudios de Norman (1969) apoyan experimentalmente la primera y segunda hipótesis.

De estas hipótesis se deriva la ESTRUCTURA que tiene tres niveles de almacenamiento de información y cada una por sus características propias funciona de diferente manera. Estos son:

- 1- Memoria inmediata
- 2- Memoria de adquisición
- 3- Almacenamiento permanente

El primero es un sistema relacionado directamente con la entrada de estímulos cuasi-perceptual, de muy alta velocidad de trabajo y el que le da toda la entrada de información al segundo; el —

cual es más complejo en el modelo y donde se realizan las tareas fundamentales de dar significado y asociar los estímulos. Por el momento es el nivel mejor estudiado y efectivo. El tercero es altamente asociativo con una gran capacidad para manejar datos; y que es poco conocido.

Es interesante señalar que este modelo de memoria tiene incorporadas características que posteriores a la construcción del mismo han demostrado su realidad empírica. Sólo para señalar a dos niveles de comparación de datos tenemos:

1- Gurowitz (1969) que en una forma psicofisiológica ha demostrado esos niveles de funcionamiento de la memoria indicando que el primer nivel es de muy corto tiempo, casi exclusivamente de funcionamiento eléctrico y muy relacionado con la percepción. Que el segundo en cambio es más complejo, muy relacionado con el aprendizaje y un poco más conocido su funcionamiento - aunque el sustrato fisiológico presenta muchos problemas. Y que el tercero es de gran capacidad, altamente asociativo, relacionado con procesos muy complejos de manipulación de información y - desde un punto de vista fisiológico poco conocido.

2- El modelo de Norman (1969) que con pocos experimentos y con una aproximación de teoría de la información ha logrado una gran cantidad de datos empíricos, donde demuestra muchos de los mecanismos de memoria de interconexión entre sus tres niveles; encontrando los mismos fenómenos de velocidad en el primer nivel, complejidad en el segundo y en el tercero el tamaño - y sus conexiones con pensamiento.

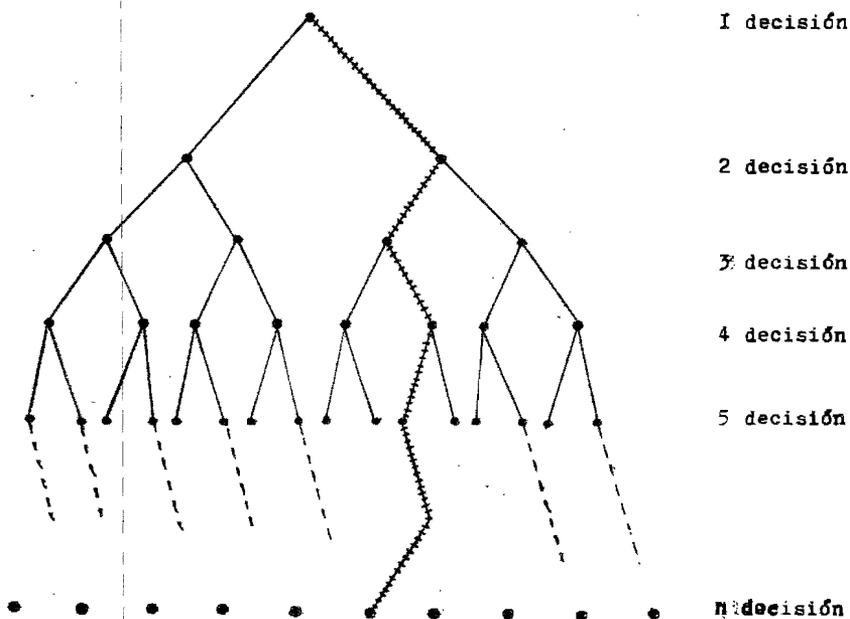
Aparte de la estructura están las áreas del programa - que manejan el PROCESO en el cual se señalan varias característi

cas:

1- Codificación diferente de codificación, lo cual es muy importante en el primer nivel.

2- La representación de los estímulos está controlada por los procesos de atención y selección.

3- La construcción de la imagen está dada al orden de decisiones de un árbol de posibilidades.



En este árbol la "imagen" va a ser dada por la secuencia de decisiones escogidas.

4- El crecimiento de la estructura discriminada es en forma total y sin un orden determinado.

5- El proceso de almacenamiento en el tercer nivel, es en forma de copia.

6- Ya copiada esa representación, existe una estrategia diferente para darle un orden a la memoria tanto para localizaciones como para asociaciones.

El modelo nos da una serie de predicciones en la ejecución del EPAM que nos permite predecir sus rendimientos en donde las variables independientes son diferentes y se ve su efecto en las dependientes, prediciendo las curvas que describen aprendizaje, los efectos de la frecuencia y la influencia del significado de los estímulos o en predicciones más simples, como es la oscilación de respuestas.

Aparte del problema de construcción de este tipo de modelos, está el probarlos empíricamente lo cual se ha hecho muchas veces: Simon y Feigenbaum (1964), Feigenbaum y Simon (1963) Gregg y Simon (1967) y un poco más, los constructores del modelo han comparado sus datos con los de otros autores de reconocido prestigio y capacidades como son Underwood, Underwood y Shultz, Bruce, Chenzoff y otros, encontrando que sus datos se acercan mucho a los resultados obtenidos en los otros experimentos.

Otro tipo de comparación fue hecha por Simon en 1964 y descrita (Newell, 1967) en un simposio de modelos matemáticos e inteligencia artificial donde se encontraban especialistas de estas áreas y de varias otras. Se vio que era difícil en un momento dado poder hacer una selección de cuál de los dos modelos era el más preciso, si el ESTOCASTICO o el de SIMULACION, lo cual es una prueba múltiple de las BONDADES de estos modelos.

Es claro que este modelo no es perfecto (ni intenta serlo) y los autores reconocen que el mayor problema se encuentra en saber o POSTULAR cómo opera la memoria permanente o cómo poder trabajar o simular el problema del olvido y por ejemplo el efecto de la inhibición proactiva en la conducta. Sobre este campo en el Centro de Cálculo Electrónico de la U.N.A.M. se está trabajando con un algoritmo que se puede integrar al EPAM III o IV que puede resolver estos problemas de memoria y olvido; el punto más crítico del modelo. Hintzman, ha extendido el EPAM en los problemas que soluciona y simula, creando un programa llamado S.A.L. (Simple Associative Learner) que se basa en un modelo ESTOCASTICO de selección de los "nudos" de decisión y no en un proceso determinista como es el EPAM. Este programa puede ser considerado como un puente que se tiende entre los modelos de simulación y los modelos matemáticos.

Este no es el único modelo de aprendizaje, están también otros como por ejemplo: el de Reitman (1966) y el de Hunt (1966), pero todos ellos son muy simples o tienen demasiadas complicaciones con otros procesos psicológicos, digo demasiados, porque no hay ningún programa PURO.

Uno de los más bellos aspectos de la simulación es que definitivamente nos ha quitado esa clasificación por áreas (QUE AQUÍ ESTAMOS USANDO) tan clásica, y en algunos momentos totalmente inoperante.

El EPAM es el modelo más bello, sofisticado y demostrativo. Los otros ejemplos de programación del fenómeno general de aprendizaje se encuentran en programas como los de AJEDREZ y JUEGO de DAMAS, o en los de personalidad que reseñaremos más adelante.

te.

## ESTUDIOS EN MOTIVACION

Programas específicos que estudien o simulen motivación son pocos, a excepción del de Lohelin que simula "reacciones emocionales" (que veremos posteriormente) más que todo, los análisis de motivación son vistos como sub-rutinas que especifican las metas a lograr. Por ejemplo en ajedrez, dar MATE; o como sub-rutinas predictoras o de defensa o siguiendo el mismo ejemplo la defensa de la REINA.

Si es importante ver la incorporación de ciertos aspectos a un programa, Neisser (1963) y Simon (1967) señalan que los programas necesitan tener varias metas de trabajo al mismo tiempo, o viéndolo conductualmente el hombre está dirigido por muchas metas (lo que le da ese "halo" de complejidad), las cuales maneja en forma paralela. En los modelos de simulación, las sub-rutinas satisfacen en forma más o menos semejante esa tarea, y guían el programa hasta una o varias metas, o jerárquicamente.

En la conducta humana existen muchos mecanismos interruptores que tienen las propiedades adscritas a las emociones como formas de responder a necesidades situacionales y lograr la meta.

El siguiente programa es un ejemplo simple en extremo de cómo se introducen sub-rutinas que guían y controlan metas y que salvaguardan el sistema.

PROGRAMA<sup>(1)</sup>

- C.      Cómo caminar una cuadra .
- 1- Comience moviendo el pie izquierdo; haga 2.
  - 2- Comience moviendo el pie derecho; haga 3.
  - 3- Si se terminó la cuadra haga 4; si no, haga 1
  - 4- Alto, haga 5.
- C.      Cómo caminar 1431 cuerdas sin que lo atropelle un coche
- 5- Mire si vienen coches; si vienen coches haga 6, si -  
no vienen coches haga 7.
  - 6- Espere treinta segundos y haga 5.
  - 7- Cruce la calle, haga 8.
  - 8- Si ya fueron 1431 haga 9, si no haga 1.
  - 9- Párese.
- C.      Terminó el programa y no lo atropellaron.

Claro está que las situaciones emocionales son reacciones muy -  
complejas, pero su inmensa mayoría están programados en el sistema  
(ORGANISMO) o son totalmente aprendidas y quedan bastante más  
en el área del aprendizaje.

Los organismos tienen muchos de esos mecanismos interruptores  
que están cambiando y controlando la conducta, apareciendo  
nuevos y eliminándose los viejos o sustituyéndose por otros y en  
tonces son vistos como mecanismos de auto-organizacion que son -  
muy trabajados en simulación.

(1)

La forma más simple e inicial de este programa lo hizo J. Cortázar  
en "Historias de Cronopios y de Famas", (1968)

## ESTUDIOS EN APRENDIZAJE DE CONCEPTOS

Ha sido notoria durante toda la presentación de este trabajo la negativa a INVOCAR definiciones y menos en este capítulo donde las definiciones de aprendizaje incluyen, desde algunos que hablan de la plasticidad del sistema nervioso como forma más elemental de aprendizaje (Hernandez-Peón, 1968), hasta las personas que incluyen el pensamiento y la solución de problemas en esta área; por lo que preferimos la afirmación de Minsky (1969) y otras posiciones que se discutirán posteriormente al respecto de la utilización de definiciones.

Hilgard y Bower (1966) han observado que las teorías que están contenidas en los modelos de Newell, Shaw y Simon (1968), son teorías mucho más complejas y cubren mejor las formas complejas de conducta que aquellas que se estudian en los laboratorios de psicología.

La forma en que nosotros veremos el aprendizaje de conceptos está mucho más cerca del estudio del pensamiento y las llamadas "TEORIAS COGNOCITIVAS" que del aprendizaje de laberinto o el condicionamiento en todas sus formas. Estamos más cerca también de los estudios de percepción (por ejemplo, Haver 1969), que de los estudios clásicos de motivación, ya que sin menospreciar esta área se considera que las aproximaciones "aprendizaje complejo" y percepción, son más útiles y funcionales para explicar la conducta compleja.

Los estudios de aprendizaje complejo, han encontrado algunas formas de estas conductas en mamíferos desarrollados en la escala filogenética, aunque en general se les consideraba conducta exclusiva de los humanos.

Problemas como el de la doble alternativa, son clásicos ejemplos de conducta conceptual. A partir de los estudios de -- Hull (1920), los psicólogos han tenido un constante interés en -- el estudio de la conducta conceptual; en 1956 Bruner et al reali- zaron una serie de estudios clásicos en formación de conceptos.

En la actualidad una de las clasificaciones de los estu- dios en formación de conceptos, es la diferencia que se hace en- tre la formación de conceptos y la utilización de conceptos.

Los ejemplos que presentamos son sólo una parte de este trabajo de simulación.

Simon y Kotovsky (1963) realizaron un estudio muy boni- to, en el que todavía no entra la formación de conceptos en for- ma clara, pero lo exponemos al principio por haberse trabajado - en comparación con humanos, y en una tarea que se ha considerado prueba de inteligencia, conocida como: "Serie de Letras a comple- tar, de Thurstone", que consiste en veinticinco series de letras de las cuales diez son de entrenamiento y quince son el problema en sí. Se trata de encontrar cuál es, en la secuencia dada, la - letra que falta; esta es una tarea normal de las pruebas de inte- ligencia y ha demostrado su poder en muchas ocasiones.

El programa fue escrito en I.P.L.-V que como ya mencio- namos es un programa de listas y si se quiere de listas de lis- tas.

Ejemplos de la tarea a realizar:

Número del  
problema

Problema

Respuesta

A

A B A B A B A B



Número del problema	Problema	Respuesta
C	A A B B C C D D	_____
I	M N O M O O M P O M	_____
7	A D V A C V A E V A B V A I V A	_____
9	V R T V S T V T T V	_____
I4	J K Q R K L R S L M S T	_____

Como se puede ver la tarea consiste en poner la letra que falta en la secuencia, para lo que se necesitan tres cosas fundamentales:

- 1- Instrucciones verbales o instrucciones de trabajo.
- 2- Conocer el ABECEDARIO en orden y completo.
- 3- Sistemas para OPERAR con los símbolos.

Por el tipo de tarea y el lenguaje que se utiliza es fácil que se necesita:

- 1- Encontrar la secuencia.
- 2- Ver la longitud de las unidades de solución.
- 3- Encontrar las secuencias sin unidades de solución.

Es posible programar a una máquina para que busque esta secuencia, para lo cual sólo se necesita saber el abecedario y poder subdividir el estímulo en sub-conjuntos cuando sea necesario, o sea conociendo una LISTA ver cuáles son las SUB-LISTAS que los integran y encontrar cuál de las sub-listas es completada en ba-

se a la lista MAESTRA o abecedario.

El programa fue construido en varias versiones (cuatro) que fueron comparadas tanto en tiempo, como en respuestas correctas con sujetos humanos, encontrándose que el rendimiento del modelo fue superior a la media de las contestaciones de los sujetos, también se encontró que el tiempo que utilizaban los sujetos para responder correlacionaron significativamente (análisis estadístico nuestro) con los tiempos del programa y que seguían la misma función matemática. Un dato adicional es que en las versiones del programa fueron incrementando en forma continua el número de problemas resueltos, hasta la versión final que contesta los trece primeros problemas del total de quince.

Otro trabajo que realizaremos con un poco de detalle, es el modelo elaborado por Gregg y Simon (1967) sobre la formación de conceptos, el cual ha sido muy elogiado y comentado en psicología (Reitman, 1966). El modelo creado, además de ser un ejemplo de aprendizaje de identificación de conceptos, representa una de las características básicas de la investigación, ya que se basa, pero supera a un modelo miniatura, al considerarlo y derivarlo de un modelo de la teoría de la información que al ser así aclarado demuestra más poder y fineza tanto en lo teórico como en las predicciones.

El modelo en que se basa es uno presentado, por Bower y Trabasso (1964) de tipo estocástico probado por estos autores varias veces. El modelo original fue diseñado para ser empleado en experimentos de estímulos de  $n$  dimensiones, en donde cada dimensión toma dos posibles valores. Los conceptos son obtenidos de tal forma que cada uno es definido por un valor en una dimensión

En cada ocasión al sujeto se le da una instancia positiva o negativa para que lo clasifique y se le dice si estuvo bien o mal su clasificación. Las hipótesis de Bower y Trabasso fueron:

I- En cada ensayo el sujeto se encuentra en uno de dos estados: si él está en estado  $K$ , él conoce el concepto correcto; si él está en estado  $\bar{K}$ , él no conoce el concepto correcto y dará la respuesta incorrecta con probabilidad  $P$ .

2- Si el sujeto responde correctamente, el sujeto mantendrá su estado previo. Si responde incorrectamente, él cambiará del estado  $K$  al estado  $\bar{K}$  con la probabilidad  $\pi$ .

La teoría original sólo hace predicciones de los fenómenos estacionarios y donde  $P$  es independiente de ensayo a ensayo. El primer comentario que hace Gregg y Simon es que esta teoría puede ser derivada de un modelo de información que a su vez tiene la ventaja de describir en forma heurística los procesos que pudiesen involucrarse en la tarea, cosa que no hace el modelo original. Para esto los autores inician su reformulación definiendo las variables como son "instancia e hipótesis actual" y las constantes como son "correcto" y positivo; que posteriormente describieron en forma explícita la manera en que deberían de generarse al azar las hipótesis, de forma que si el estímulo presentado y la respuesta dada correspondían, (eran buenas o malas) se especificaba cuál era el paso a seguir en forma de un diagrama de flujo y cuándo no había hipótesis, ésta se generaba por azar; si no funcionaba se generaba otra y así se continuaba hasta tener la hipótesis buena. Además de esta especificación de los pasos, hablaron de diferentes tipos de operadores que se pueden utilizar en la solución de cada concepto. Todo el proceso de --

trabajo y la forma en que se realiza cada tarea, fueron escritas en el I.F.L.-V, que también puede ejecutar el cálculo de obtención de hipótesis a mano, con lo que logra hacer comparaciones entre la ejecución a mano o en máquina al observar la tarea. El modelo al realizar las operaciones da como resultado una serie de predicciones acerca del rendimiento, y estas manipulaciones son expresadas en un modelo matemático.

Dos conclusiones son importantes al respecto de este experimento y son:

1- Lo fundamental que es el lograr la simulación de formación de conceptos por medio de un modelo FORMAL, que al mismo tiempo nos indica una aproximación de cómo logran la misma tarea los sujetos.

2- Y derivado de esto, la afirmación de que la conducta psicológica abierta, está mediada por un sistema dinámico y complejo que tiene como características, entre otras, las de recursividad, procesos de comparación, y procesos de obtención y trans formación de información.

Otros experimentos y modelos que han llamado la atención son los que desarrollo E.B.Hunt (1961, 1966); Hunt y Hovland (1961) quien en un principio estuvo trabajando con C.I. Hovland, uno de los más prominentes psicólogos americanos, que desarrolló muchos trabajos en diferentes áreas y al final de su vida se comenzó a interesar en las técnicas de simulación; Hunt obtuvo su doctorado en Yale bajo la dirección del antes mencionado investigador. Señalamos estos datos ya que el modelo de Hunt es uno de los que está más cerca de los estudios de formación de conceptos clásicos (Bourne, 1968); además de estar trabajando en psicología

gía y aprendizaje, pasóa simulación y es uno de los pocos que ha obtenido esta aproximación. En 1960 con su tesis doctoral inicia sus trabajos en simulación; uno de los más importantes es su libro "Experiments in Induction" (1966) en donde presenta una gran cantidad de trabajos en simulación.

Su aproximación está vinculada con todo el campo de la formación de conceptos de tipo conductual (Hunt, 1962) y sus afirmaciones o definiciones de CONCEPTO se relacionan y hablan de las características comunes o relaciones comunes que guardan ciertos fenómenos y que se agrupan en lo que se llama conceptos. Las bases de su aproximación se encuentran más en factores de memoria y creación de patrones de inclusión de los estímulos que en un modelo asociativo. Le da más énfasis al muestreo estadístico de datos.

La clasificación que utiliza es de conceptos DISYUNTIVOS-CONJUNTIVOS y RELACIONALES como las formas básicas de los tipos de conceptos, en donde cada uno es de utilidad diferente y de mayor o menor complejidad en el aprendizaje. Por la gran facilidad en el modelo, se pueden realizar una serie muy grande de variaciones de estudio a estudio; variaciones en la velocidad de presentación y otras, pueden ser utilizadas. El número de dimensiones relevantes e irrelevantes, pueden ser combinados. El programa opera con dos grupos de datos, uno de instrucciones y procesos y otro de datos o conceptos a clasificar. En la mayoría de los experimentos se utilizan series de cinco letras como conceptos en donde la presencia o ausencia de letras, el tipo de letras (A B T D E), el lugar que ocupa, o la relación de una letra con las demás; sirve como concepto. Tiene la gran ventaja de ser

fácilmente administrables a una máquina y de poderse realizar - con sujetos.

Los paradigmas experimentales pueden ser el de SELECCION o el de EXTRACCION. Se inicia el experimento dándole al modelo los datos, dimensiones necesarias de los datos, y el tipo de tarea que tiene que realizar. Estos datos son los controles experimentales y variables que se van a manipular. Luego el programa inicia su trabajo de búsqueda de respuestas pedidas.

La estructura del programa es en forma de ARBORESCENCIAS (ya mencionadas antes) y con constante utilización de subrutinas.

El modelo le prestó gran atención a dos fenómenos:

1- MEMORIA; con lo que se involucra una serie de formas generales de almacenamiento y de pérdida de información. A este respecto se tienen más funciones significativas de memoria que en otros modelos.

2- La INDUCCION que es la forma por la que se construyen las hipótesis del modelo que van a ser consideradas y que utiliza un sistema aleatorio para generarlas. Esta aproximación está muy vinculada con el problema de formalización de la inducción y el modelo sirve para probar hipótesis acerca de este fenómeno general.

En la valoración de los resultados se ha puesto mucha importancia tanto al análisis del protocolo como a las comparaciones de tareas en sujetos, encontrándose afinidad de resultados y sobre todo generando como modelo teórico, gran cantidad de hipótesis de trabajo.

Otro programa importante es el descrito por Uhr y Voss-

ler (1963) que está dirigido a la búsqueda de patrones perceptuales, los cuales agrupa en función de sus características; este programa además tiene la característica de cambiar e incrementar sus rendimientos con lo que se logra un gran avance en la simulación.

Johnson (1964, 1966) desarrolló un modelo de teoría de la información basado en protocolos de sujetos y que es bastante importante, ya que se pueden utilizar hasta animales, para hacer comparaciones con humanos y con un modelo simulado en máquina y por desgracia el modelo no se ha desarrollado más.

#### ESTUDIOS EN SOLUCION DE PROBLEMAS

Este es el tema fundamental de la psicología; junto con los procesos sociales es el área que por excelencia está terriblemente involucrada con la inteligencia y en este sentido se le llama "inteligencia" a la "capacidad o posibilidad" de resolver una cantidad de problemas planteados. Cuando se resuelven ciertos problemas en forma que no es automática se dice que "el organismo o sujeto se comporta en forma inteligente"; con lo que se podría decir que el sujeto "tiene inteligencia" lo cual es causa de muchos malentendidos. Hoy en día, ya que si queremos (y debemos) ser estrictos la inteligencia y sus manifestaciones tanto abiertas como encubiertas son procesos físicos realizados por mecanismos simples.

Al hablar de solución de problemas en humanos, es posible darse cuenta que, algunos no pueden resolver problemas y que otros sí, y que mucha de la solución de problemas está dada por la incorporación de experiencias pasadas del organismo, en donde

se involucran variables tanto perceptuales como motivacionales, que son utilizadas en un momento dado, para dar respuesta a una situación poco conocida o totalmente desconocida.

El interés de hacer máquinas que resuelvan problemas - del tipo que sólo ciertos sujetos pueden realizar (sujetos algunas veces llamados "INTELIGENTES"), ha tropezado con varios obstáculos muy difíciles de superar como son: el poco conocimiento de qué procesos utiliza el organismo para realizar esta conducta (cubierta o encubierta), qué mecanismos fisiológicos son responsables de esta acción, el ver cómo sería posible que cualquier persona realizara conductualmente, cualquier situación de problemas que pueden resolver otras personas o desde un punto de vista de máquinas computadoras, el poco conocimiento de los problemas o con los programas que se necesitan para realizar esas tareas.

Siempre se había pensado que para SIMULAR primero se necesitaba FORMALIZAR, lo cual desde el campo de la teoría de la ciencia tiene el problema de las limitaciones de la formalización y en esta área específica el poco conocimiento (por no decir ninguno) que se tiene del pensar o resolver problemas. Lo extraño es que sin conocer y sin tener siquiera gran cantidad de información en ese tema, se ha logrado que los programas de máquinas resuelvan problemas que en realidad no sabemos cómo resuelven los humanos. Esto nos ha abierto el camino a considerar que el pensamiento puede ser estudiado en forma AXIOMÁTICA, FORMAL o ESTRUCTURAL<sup>(11)</sup> y derivar y comparar resultados con conductas de sujetos.

(11)

AXIOMÁTICO y FORMAL aquí tiene un sentido un poco más amplio - que en matemáticas.

En esta sección, reseñaremos los ejemplos más importantes y que dan más luz a este problema.

El primer problema de los modelos de simulación de pensamiento es: cómo se construye el modelo en sí. Las formas son muy diferentes y varias para cada situación, pero ha llamado la atención a los investigadores la posibilidad que existe de una búsqueda y construcción de modelos teniendo como base la conducta de los sujetos que se encuentran en situaciones de solución de problemas. Laughery y Gregg (1962) realizaron un modelo que más que una aproximación teórica ha sido clasificado como una aportación metodológica; ellos no fueron los primeros en tratar de seguir los pasos que dan los sujetos en la tarea, para la construcción de programas para máquinas, pero la tarea que utilizaron permitió una clara ejemplificación de las técnicas. Los sujetos se sentaron en frente de un tablero en donde tenían una fila de cuatro PALANQUITAS cada una de las cuales tenía dos posiciones: derecha (D) o izquierda (I), encima de las palanquitas estaba un botón que tenía que ser presionado para encender un foco que estaba arriba del botón. La tarea de los sujetos consistía en mover las palancas para presionar el botón y ver si prendió el foquito, lo cual dependía de una combinación específica de las cuatro palancas. Al lado del sujeto se sentaba el experimentador que anotaba las respuestas del sujeto y lo más importante le pedía al sujeto que verbalizase "qué es lo que estaba viendo o pensando", o sea que describiera las estrategias que estaba utilizando para resolver el problema. Ya que el sujeto completó la tarea y resolvió el problema, los experimentadores convierten los pasos dados por el sujeto en un programa ( en I.P.L.-V) para

que la máquina realice la misma conducta del sujeto. Para cada - sujeto se tiene un programa diferente que posteriormente utilizará la máquina. Al tenerse programados los pasos que da el sujeto, los autores afirman que se tiene un modelo formal de la conducta realizada y que este modelo pueda guiar la investigación. La conducta del programa se puede comparar con la de los sujetos viendo cuáles son las estrategias utilizadas, tomándose tres criterios para la valoración de los sujetos y la máquina, y específicamente de las reglas o estrategias utilizadas; son:

- 1- La respuesta es correcta, pero la razón es mala.
- 2- La respuesta es mala, pero la razón es correcta.
- 3- Ambas, la razón y la respuesta son malas.

Los autores no señalan datos específicos de las comparaciones, - pero nosotros podemos ver que es extraordinariamente prometedor tanto el método, como el trabajar y construir este tipo de modelos.

El programa anterior tiene resumidos muchos de los elementos primordiales de los estudios contemporáneos de simulación y es como se dijo uno de los esquemas representativos.

La investigación en programas complejos de solución de problemas se centra en este nivel, en dos grandes grupos de investigación de donde se originan casi todos los programas actuales, y estos son: El M.I.T. bajo la dirección de Minsky y la Universidad de Carnegie-Mellon; los primeros están dirigidos a la solución y construcción de lo que llaman sistemas semánticos como aproximación o solución de problemas, y los segundos están bajo la dirección o influencia de Simon, Newell y Shaw.

Las diferencias en aproximación y métodos de los dos -

grupos son muy grandes y sus programas de trabajo muy extensos - al grado que se les podría ver como dos sistemas teóricos diferentes. En el M.I.T. tienen intereses más restringidos a los lenguajes, a problemas en cierto punto prácticos y más independientes de la psicología; el grupo de La Universidad de Carnegie-Mellon tiene más intereses en la teorización, siguiendo caminos - nuevos y en los problemas complejos tiene una constante relación con la psicología; es más, el lenguaje L.I.S.P. fue desarrollado por el grupo del M.I.T. y el I.P.L.-V por el otro grupo. En una forma u otra los investigadores de todo Estados Unidos están bajo la influencia directa de estos grupos, por ejemplo el grupo - de Stanford y del S.R.I. están con el M.I.T. y el grupo de Hunt con el otro equipo. En el mundo occidental sólo está el grupo de Edimburgo (Michie, 1967, 1959) que es mucho más teórico, a nivel - de estos dos colosos de la investigación. Es importante reseñar qué hacen cada uno de ellos; comenzaremos con el M.I.T. ya que consideramos que los problemas que trabajan son ligeramente más simples y de menor alcance teórico que los otros, no obstante - que sus alcances prácticos son muy considerables. Este grupo se inició con los trabajos en programación heurística y auto-programación en los años de 1958, 1960 dirigiendo su atención a la implementación de técnicas de computación en muchos campos; se le conoce como el proyecto M.A.C. que le da servicios de computación al M.I.T. con la técnica de "tiempo distribuido". Dentro de este programa se comenzó a trabajar en un lenguaje especial (L.I.S.P.) que funcionó y sirvió para muchas áreas de la simulación y se - desarrollaron muchas técnicas matemáticas para la investigación (Minsky, 1967). Dentro del proyecto que es general y no especifi

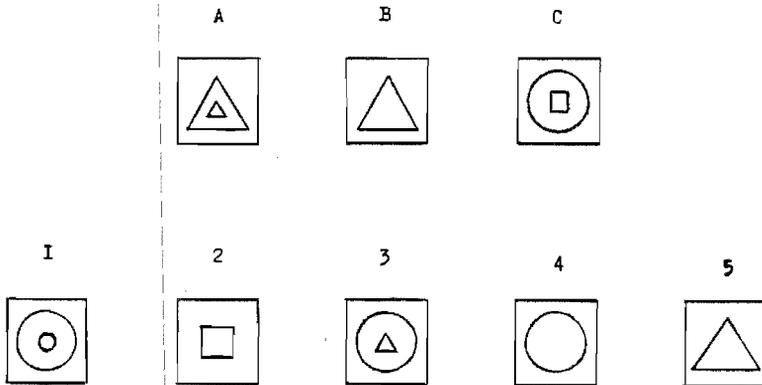
co a una tarea, se han desarrollado desde técnicas para escribir música, hasta programas de ajedrez, (Katok, 1962 y Greeblatt, 1967)- técnicas de solución de problemas en pantallas de rayos caródicos hasta técnicas de rastreo de objetos o partículas en fotografías; pero de la inmensa cantidad de investigación de muy diversos campos, lo que a nosotros nos interesa son los programas específicos de inteligencia artificial, que se encuentran resumidos en Minsky (1968) a excepción de los programas de ajedrez de Katok (1962) y Greenblatt (1967), y los análisis críticos y teóricos de la inteligencia artificial Papert (1968). Este libro es la primera parte de los resultados obtenidos y falta otro por salir. Está dirigido a lo que se llaman programas de procesamiento de información semántica: es una presentación de una serie de trabajos independientes unos de otros, todos para la obtención del grado de DOCTOR -- que presentaron los autores.

El primero de los reportes de este libro es la fase más simple de conversación y almacenamiento de "DATOS" por una computadora; a este programa se le llama S.I.R. (Semantic-Information-Retriever) y fue desarrollada por B. Raphael (actualmete trabajando en el S.R.I. con el robot ya descrito). La idea fundamental -- parte de que los sistemas semánticos formales ya sean como los de R. Carnap, o el más elaborado y complejo como el llamado Lincos desarrollado por Freudenthal (1960), son la base lógica para transformar lenguajes no tan formales como el inglés cotidiano, -- por lo tanto se pueden hacer una gran cantidad de operaciones lógicas manejando semánticas formales, en donde las afirmaciones -- son llenadas con el lenguaje de la vida diaria y posteriormente -- a través de una serie de operaciones el sistema puede ENTENDER o

COMPRENDER afirmaciones, ya que las puede utilizar. En esta primera versión el sistema no lograba "tener" diálogos con personas, - pero en las últimas versiones el sistema puede comprender órdenes como: "TRAJE EL CUBO ROJO Y COLOCALO AL LADO DEL GRIS". Como se ve la instrucción es muy simple, pero necesita de una serie de "CONOCIMIENTOS" para poderse realizar; (Raphael, 1968).

Otro de los modelos de simulación es el realizado por - Thomas G. Evans, al que se le llamó ANALOGY y tiene como función resolver una clase de test de inteligencia de analogías geométricas, en donde las instrucciones generales son:

La figura A es a la figura B como la figura C es a una de las siguientes figuras:



Este tipo de problema es muy importante ya que en él se están involucrando:

I- Un test de inteligencia usado normalmente con sujetos humanos (es un examen de la American Council on Education).

2- Involucra la utilización de representaciones.

3- Del modelo (A y B) se tiene que extraer cuál es la TRANSFORMACION que da el cambio de figura.

4- Se tiene que ver en la TRANSFORMACION (A - B) cuál es la estructura que se tiene que utilizar para lograr la solución, aún en forma verbal es muy difícil describir cuál es la estructura de la transformación, por ejemplo: AUSENCIA DE... ROTACION DE...CONJUGACION DE...

5- Se utiliza un lenguaje de máquina de tipo general - (L.I.S.P).

La descripción verbal de lo que tiene que hacer el programa es lo que se llama analogía, que en este caso sería un sistema completo para describir objetos en función de sus características más simples. Estas comparaciones son para construir, comparar, contrastar y finalmente escoger la mejor analogía. Las relaciones o comparaciones se hacen en base a las descripciones elementales de los objetos, con lo que a un nivel mayor se obtiene un esquema de diferencias y similitudes, y este esquema es el que realiza las operaciones finales de razonamiento analógico.

En la interpretación y comparación del programa de -- Evans, se presentan los resultados obtenidos con la máquina y los resultados de grandes aplicaciones de los problemas a sujetos de diversas edades. Se vió que la máquina resolvió los veinte problemas, en tanto que los sujetos sólo de edades mayores lo lograron.

GRADO	9	:	I7	RESPUESTAS CORRECTAS
"	10	:	18	" " "
"	11	:	19	" " "

GRADO I2 : 20 RESPUESTAS CORRECTAS

El autor del programa comenta que este es el día más grande que se haya escrito es L.I.S.P. Además define el programa como una forma compleja de RECONOCIMIENTO DE FORMAS y lo más importante es que el programa realiza con un grado altísimo de perfección, la tarea de representación y manipulación en forma que el autor ha llamado "INTELIGENTE".

Otro de los programas escritos por este grupo es el llamado STUDENT, desarrollado por Daniel G. Bobrow que tiene como objetivos el poder entender y resolver problemas escritos en inglés, a semejanza del programa S.I.R. ya descrito, con la diferencia que este no sólo entiende las instrucciones en inglés, sino que resuelve problemas de álgebra planteados en forma escrita, no matemática. El autor dice que utilizará la palabra ENTENDER dando esta definición "OPERACIONAL". "Una computadora ENTIENDE un sub-set y contesta las preguntas contenidas en la entrada de información. El sistema STUDENT, entiende inglés en este sentido"

El programa trabaja con inglés y las preguntas se dan y se obtienen en este idioma. Es el programa el encargado de transformar las preguntas a una notación o sistema abstracto para su solución, así por ejemplo, al programa se le da este problema para que lo resuelva, en esta forma:

"JUAN ES EL PAPA DE PEDRO Y RAUL. PEDRO TIENE CINCO AÑOS MAS QUE RAUL Y RAUL TIENE  $1/3$  DE LA EDAD QUE JUAN. EN TOTAL SUMAN SUS EDADES 97 AÑOS; CUANTOS AÑOS TIENE CADA UNO".

Este es el tipo de problemas que resuelve Student. Su solución

se puede dividir en tres partes:

1- Entender las formulaciones o preguntas.

2- Traducir estas formulaciones a un lenguaje que sea fácil de operar, con él, de forma matemática.

3- Ya que se entendió y se logró la traducción, resolver el problema o sea dar la solución pedida.

En este programa como en los anteriores, la base para hacer las operaciones y representaciones, son los árboles de decisiones de gran complejidad.

Dentro de este programa de investigación se ha trabajado en problemas tales como las memorias semánticas de M.R. Quilla, que son un intento de hacer memorias asociativas donde se puede encontrar cuál es la relación entre varias palabras y que las une o relaciona; esto es posible gracias a la creación de listas de conceptos que son interconectados, en donde las relaciones se buscan por los puntos de unión de los conceptos de esos árboles, lo cual tiene mucha relación con algunos supuestos de la memoria humana, que se supone define los nuevos conceptos con la utilización de otros anteriores, y con una serie de operaciones.

Los mencionados programas, sólo son algunos de los hechos en el M.I.T. y no reseñamos los otros ya que en estos se encuentran suficientes ejemplos de procesos complejos como pueden ser: La representación abstracta, la deducción, el pensamiento por analogía de diversos tipos, etc.

El grupo de Carnegie-Mellon como ya mencionamos está integrado por Newel, Simon y Shaw y es uno de los primeros que se inicia en la investigación de la inteligencia artificial. --

Por los años de 1955 comenzaron a trabajar y a publicar una -- gran cantidad de trabajos sobre diferentes aspectos de la inteligencia artificial y la simulación; son muchísimas sus aportaciones al campo para describirlas todas, así que nos conformaremos con anotar sus más importantes logros; (Newell-Ernest, 1965; Ernest y Simon 1969; Feigenbaum y Feldman 1963).

Uno de sus primeros trabajos fue el que llamaron: "Teoría lógica de las máquinas", en el cual lograron probar en forma experimental y rigurosa algunos de los teoremas del libro -- "Principia Mathematica" y no sólo lo probaron sino que descubrieron algunos nuevos.

En 1958 se interesaron y comenzaron un programa para -- jugar ajedrez y analizar la conducta y problemas del mismo. No lo terminaron pero lograron importantes recursos, para su futura realización.

Proponen el término y la técnica llamada BUSQUEDA -- HEURISTICA; que viene a impulsar la programación, ya que con ella no es necesario analizar todas las posibilidades de un problema para lograr su solución.

Implementan y desarrollan la técnica de MINIMAXIMIZAR que es semejante a la anterior, pero con otras finalidades; estas dos técnicas se relacionan con sus trabajos en el juego de ajedrez. El grupo de Carnegie-Mellon participa también en la -- creación e implantación del lenguaje I.P.L.-V y sus versiones -- anteriores, con lo que le da uno de los elementos más importantes a la simulación y a la inteligencia artificial.

Crean el sistema conocido como G.P.S. (General Problem Solver) que es el modelo y en sí su programa de trabajo, con el

que han logrado una gran cantidad de resultados.

A diferencia de otros investigadores, este grupo ha estado vivamente interesado en la creación de un programa UNICO - que resuelva toda clase de problemas, sin importar el tipo de problema. Esta tarea es extraordinariamente difícil, pero se han acercado, más que cualquier otro grupo a esta meta. De todo lo que han publicado se puede extraer cuál es el modelo que tienen y qué debe de cumplir cualquier programa de tipo general.

EL MODELO DEBE TENER:

1- Una MEMORIA capaz de almacenar símbolos y estructuras de símbolos en forma de listas, con amplias interconexiones.

2- Un mecanismo SELECTOR DE SIMBOLOS que se encargue de hacer las representaciones.

3- Procesos elementales de ENTRADA, COPIADO Y SALIDA de símbolos.

4- Un mecanismo INTERPRETADOR, que tiene que INTERPRETAR y realizar los PLANES.

5- Procesos de APRENDIZAJE y AUTO CORRECCION.

Estas son las características de su modelo general.

Cuando plantean un problema para que lo resuelva el G.P.S. (ver Ernest y Newell, 1969) el planteamiento que le hacen al programa, es bastante simple y la máquina lo realiza en forma automática.

El problema lo realizan en una situación que llaman: "Estado de conocimiento", en donde se tiene 1) una situación inicial y 2) una situación deseada o meta que es realizada mediante 3) unos OPERADORES .

Intimamente asociados con el G.P.S., su desarrollo y - sus alcances, se encuentran dos grandes aportaciones de estos au tores:

1- Que el desarrollo del G.P.S. en todas sus formas tie ne como base, en algún momento lo que ya hemos dicho varias ve-- ces, la utilización de protocolos; (Newell, 1966) donde las mis-- mas tareas han sido ejecutadas por diferentes sujetos y de estos protocolos se han construido los programas para la máquina; y es más, se han comparado los protocolos de los sujetos y de la má-- quina, y jueces supuestamente expertos no han logrado distinguir cuáles son las respuestas de los sujetos y las de la máquina.

2- Un paso mucho más importante, drástico y muy inteli-- gente, para clasificarlo de alguna forma, ha sido el considerar los programas hechos para simular pensamiento como TEORIAS DEL-- PENSAMIENTO, lo cual a pesar de ser un poco drástico, cambia mu-- cho la idea que se viene buscando de una teoría del pensamiento y por el momento parece ser una alternativa, sino la mejor, sí - muy buena.

a través del G.P.S. han logrado resolver y trabajar una serie muy grande de problemas entre los que destaca el problema de los "puentes de Königsberg", que es muy viejo en matemáticas, o el complemento de letras, que es una prueba psicológica, o pro-- blemas de lógica y cálculo, así como una serie de problemas de - tipo juego como son "LA TORRE DE HANOI" o el problema de "LOS MI-- SIONEROS y CANIVALES", etc.

Cuando se trata de ver los programas llamados GENERALES como este, las personas se entusiasman y dicen que así son los - los problemas que resuelven los humanos o sea, "suponen" que tra

bajan con un sistema general, lo cual es cierto y por eso se busca la creación de programas GENERALES para comprender este fenómeno. Pero los humanos no son tan generales como se piensa, ya que para problemas específicos necesitan tener información específica; por ejemplo, para los problemas de álgebra, necesitan conocimientos de álgebra, etc.

Algunas ideas adicionales a las posibilidades ya no tanto de simular pensamiento o estudios de inteligencia artificial son los llamados programas creativos, por ejemplo los productos presentados en el Brooklyn Museum of Art por una agrupación conocida como E.A.T. (Experiments in Art and Technology), quienes presentaron 147 ejemplos de productos "ARTISTICOS" (si la palabra se ha extendido para aceptar otros ejemplos conocidos de NUEVA POESIA O ARTE POP), pasando por dibujos o pinturas de máquina hasta piezas melódicas producidas con estos mismos sistemas. Desde hace diez o quince años varios músicos profesionales han estado participando en la elaboración de programas que compongan música, (Sordillo, 1966; Smolier, 1967, y la revista del S.D.C.-vol-12, No 4), en esta última revista se comentan muchos trabajos de esta área.

Una área que es poco paralela al tema general de esta tesis, es la simulación general de cualquier fenómeno, ya sea la resistencia de un puente o los análisis químicos (Feigenbaum, -- 1969) que se realizan constantemente en máquinas. Se comenta que en la actualidad el DIEZ POR CIENTO de los experimentos que se hacen en Estados Unidos son en computadora. Con esto se está llegando a una nueva forma de EXPERIMENTAR en ciencia, ya que se introducen los datos de una máquina y ésta hace las variaciones y

manipulaciones de diversas variables, o los estudios de George - (1968) de conformación y análisis de hipótesis en computadoras, o los estudios de Watanabe (1960) en inferencia INDUCTIVA que - son probados en estas máquinas.

Esto abre toda una nueva forma de investigación y teorización, casi una nueva forma de ciencia.

C A P I T U L O VI

SIMULACION Y PROGRAMAS DEL AJEDREZ

"Dios existe porque la matemática está libre de contradicciones y el diablo existe porque no lo podemos demostrar".

André Weil.

## C A P I T U L O VI

### SIMULACION Y PROGRAMAS DEL AJEDREZ

Durante muchos años ha intrigado a los psicólogos tanto el juego de ajedrez, y los fenómenos que acontecen, como las personas que lo juegan.

Uno de los primeros psicólogos que se dedicó a estudiar los fenómenos y procesos del ajedrez, fue el conocido autor de la primera prueba de inteligencia, A. Binet (Reeves 1965), que durante varios años estuvo publicando y analizando la conducta de los jugadores. Les pedía a MAESTROS DE AJEDREZ que jugaran en su laboratorio, para así poder analizar su conducta y estudiar si existían algunas características que los hiciera diferentes del público en general. Su técnica era muy simple; pedía a sus jugadores que describieran qué es lo que estaban "pensando" y qué factores estaban tomando en cuenta para sus decisiones. A pesar del esfuerzo que puso en esta investigación fue poco lo que obtuvo y es más, no se le reconocen mucho estos trabajos pioneros en el estudio del pensamiento. A partir de este trabajo, muchas personas se han interesado en este campo entre las que se destacan está la figura de De Groot (1965, 1966) que en 1946 publicó su famoso libro traducido al inglés hasta 1965. El tiene muchos años de estudiar a los jugadores de ajedrez, aparte de haber sido re-

presentante en su país de varios torneos de ajedrez. A pesar de que su libro ya es "viejo" y que él negaba la posibilidad de que se pudiera mecanizar este juego, su obra sigue siendo importante y básica para cualquier estudio serio.

Los últimos trabajos y estudios de este juego son los de Simon y Barenfeld (1969) y los de Jongman (1968).

Cuál es el atractivo de este juego?, qué hace que muchas personas se preocupen por él? (ver Good 1968). En sí el juego puede ser definido como FINITO y con una serie muy pequeña de reglas y limitaciones, pero a pesar de que son pocas las piezas y el tablero pequeño, (64 cuadros), hasta el momento no se ha logrado calcular con exactitud cuántas son todas las combinaciones posibles. Good (1969), un gran matemático y jugador de ajedrez - calculó que son más o menos, 1046. Shannon (1950) a quien constantemente hemos mencionado, calculó que son más o menos 1043. A pesar que no se sabe con precisión cuántas son las combinaciones posibles, sí es posible ver la complejidad del juego, en donde lo más importante son las reglas generales rígidas y probablemente las reglas no tan formales para hacer las jugadas.

Esta cantidad casi infinita de posibilidades es lo que más ha ATRAIDO a los especialistas en simulación, ya que por más que se quisiera, o por altas que sean las velocidades de trabajo de la máquina, NO es posible analizar todas las jugadas posibles para saber cuál es la mejor (y si se pudiera sería igual). La única forma de GANAR es involucrando un análisis detallado de las mejores posibilidades, para lo cual ayuda el hecho de que fácilmente se le pueden asignar valores a las piezas y en forma más compleja, asignarle valores a ciertas jugadas, así como a ciertas

tas posiciones, con lo cual el juego se encuentra en la puerta de ser programado en computadora.

La idea de una máquina que juegue ajedrez es bastante vieja. Es conocido el caso de la máquina del varón Wolfgang von Kempelen que se suponía lo hacía y no fue hasta varios años después, que se supo el secreto de esta máquina que asombró al mundo y a grandes personajes.

Los intentos de formalizar el ajedrez desde el punto de vista del juego de las matemáticas son viejos (Good 1964), una de las primeras tareas fue asignarle valores a cada una de las piezas; después otro factor que se cuantificó fue el área que cubre o protege una pieza, lo cual comienza a complicar el juego ya que con cada movimiento las demás piezas alteran los valores. Otro factor que se cuantificó fue la movilidad. Como estos, muchos análisis se pueden ejecutar para esta valoración cuantitativa del juego.

Fue en los años de 1940 cuando en torno de la figura de Turing había un grupo de personas que discutían y estudiaban todos los problemas de la formalización del juego, entre los que se contaba el matemático Good y el doctor Michie, que en la actualidad dirige el grupo de Edimburgo, de estudios de inteligencia artificial. Pero fue Shannon (1950) el primero en dar las reglas y características que debe de tener el programa para que sea funcional. Entre las reglas que destacan están:

a) Las sub-rutinas deben ser diferentes para la apertura, el juego medio y el final.

b) Algunos elementos estadísticos tienen que introducirse para la selección de las mejores jugadas.

c) Las decisiones tienen que ser tomadas, teniendo en cuenta varias jugadas hacia adelante.

d) Algunos cientos de APERTURAS tienen que ser almacenados en la memoria de la máquina.

e) La máquina debe tener una forma de aprendizaje para que incremente su rendimiento.

Estas fueron ALGUNAS de las bases de construcción de los modelos actuales.

A partir del modelo y proposiciones de Shannon, el paso siguiente fue dado por Turing (Newell, Shaw y Simon 1968) que creó un sistema formal para simular a mano las jugadas o sea, construyó una serie de fórmulas para calcular cuál era el mejor movimiento en cada jugada.

Entre los años de 1951 y 1956 parece ser que crearon algunos sistemas de juego en Rusia, pero no se sabe mucho de ellos

Kister y et al (1957), en el laboratorio de Los Alamos, junto con un grupo de físicos y matemáticos hicieron un programa para jugarse en un tablero de 6 x 6, donde se eliminaron los alfiles y que se realizaba en la computadora Maniac I: el programa no tenía sistema de aprendizaje tardaba más o menos veinte minutos en calcular cada movimiento, lo cual hacía muy cansado el juego. En uno de estos experimentos la máquina jugó con el campeón local una partida que al final terminó llamándole "él" (he en lugar de it, en inglés) y la ganó el campeón aunque los autores del programa señalaron que era más justo un empate. Posteriormente el programa jugó con una secretaria del laboratorio que tenía sólo una semana de haber aprendido a jugar y la máquina ganó el juego. En el comentario final del programa, los autores señala--

laban que la máquina jugaba como un novato, con los jugadores de experiencia, pero que en sí el programa prometía bastante.

Poco tiempo después Bernstein (1958,1967), trabajando para la I.B.M construyó uno de los primeros programas completos de juego; su programa es más sofisticado y complejo con sub-rutinas de aprendizaje. Básicamente el análisis de las piezas lo hace tomando en cuenta cuatro funciones que son:

- 1- Material
- 2- Movilidad
- 3- Area de control
- 4- Defensa del rey

Estas son las cuatro funciones que se COMBINAN para dar la elección. El programa analiza dos jugadas hacia adelante al igual que el de Los Alamos. Posteriormente Newell, Shaw y Simon (1968) presentaron una serie de análisis en los cuales se ve cuáles son las características importantes y fundamentales del juego de ajedrez, y lograron resultados muy halagadores y significativos tanto en técnicas de programación, como en eventos psicológicos derivados de estos estudios, Simon y Barenfeld (1969).

Paralelos a estos, en el M.I.T ha habido un constante interés por este problema y Katok (1962) construyó un programa para una máquina I B M 7090; demostró que más o menos tenía el rendimiento de un novato con 100 juegos de experiencia. Lo importante de este programa es que poco tiempo después, fue introducido a una máquina de la Universidad de Stanford para que jugara-- con una máquina del Instituto de Física Aplicada de Moscú, y el programa de la máquina soviética le ganó el juego a la americana lo cual no ha sido muy comentado en Estados Unidos, es más sólo

se conoce una pequeña nota de Raphael (1967) descubriendo el juego.

Este mismo programa fue mejorado y corregido casi totalmente reconstruido por Greenblatt et al (1967) y conocido bajo el nombre de Mac Hack Six y es miembro de la Federación Americana del ajedrez y de la Asociación de Ajedrez de Massachusetts.--- Este programa ya ganó la copa de la categoría D en abril de 1967 en el torneo del estado. La importancia y efectividad de este programa es muy grande, ya que está hecho para que juegue siguiendo las reglas de la Federación Mundial de Ajedrez, con los límites y reglas de los torneos internacionales, habiendo ganado ya varios juegos en torneos.

El programa está diseñado en el lenguaje especial llamado midas, que fue ideado en el M.I.T por Samson (1965). Entre las características que destacan está que trabaja en una máquina P.D.P.6, acepta la notación oficial de ajedrez, nunca ofrece al oponente un empate, y cuando se lo ofrecen tiene un sistema de análisis para "ACEPTAR O RECHAZAR" el empate, y tiene programada una serie de aperturas en su memoria que fueron extractadas de un libro de ajedrez.

El programa se ha jugado más de unos 300 juegos y se desarrolla muy bien en torneos.

Good (1969) describe y cuenta paso a paso un juego entre Mac-Hack-Six en una P.D.P.10 y un programa de J. Scott (1969) en una máquina I.C.L.1900, construida por este autor en Lancaster-University. Este juego no fue completo, ya que las primeras cinco jugadas no fueron de las máquinas, y fue ganado en forma brillante por Mac-Hack-Six, en cinco movimientos finales magníficos.

Estos programas y los juegos realizados por estas máquinas parece que están a punto de cumplir la predicción que sugirió el ex-campeón mundial de ajedrez y gran maestro, Mikhail Botvinnik, quien comentó que en algún momento la Federación Mundial de Ajedrez tendría que tener dos campeonatos, uno para humanos y otro para máquinas.

Sin importar demasiado cómo son las características finales de estos programas, es muy importante ver que un humano no puede hacer que cualquier persona tenga las habilidades suficientes para ganar un torneo de ajedrez, en cambio, sí se puede programar a una máquina para que lo haga y sin que se conozca específicamente cuáles son los pasos que realiza el cerebro de un jugador para ganar un juego; basta con conocer cuáles son las reglas generales del juego y conocer algunas de las ESTRATEGIAS, para programarlas en una máquina, y sí podemos encontrar muchas diferencias en la estructura de los programas.

Parece ser que, a pesar de todos los triunfos obtenidos, los autores que hemos reseñado en este capítulo, al describir sus programas PIDEN a la psicología más datos acerca de la estructura del pensamiento e inteligencia humana, y sin tener muchos de estos conocimientos lo han hecho bastante bien. (Otro comentario, casi ninguno de esos autores son psicólogos).

Siempre se llega a este grado de discusión acerca de lo que hacen las máquinas y específicamente en ajedrez, se dice que las máquinas no son creativas y manifiestan creatividad. Este punto no lo vamos a discutir; sólo relataremos un comentario que hizo Simon (1967) a una pregunta sobre si las máquinas eran creativas, y contestó: "en 1912 dos grandes maestros del ajedrez, Geor-

ge Thomas y Edward Lasker jugaban una partida y en cierto momento del juego Lasker anunció que daría mate en ocho jugadas, y así lo hizo. Precisament hace pocos meses, nosotros nos encontramos con las mismas posiciones en un programa de computadora, y la máquina dio mate con los mismos ocho movimientos". Y sigue comentando Simon que esa jugada ha sido considerada en los libros, como una jugada clásica y creativa, más esto no quiere decir que la máquina NO sea creativa, ya que la jugada NO la conocía o tenía referencia la máquina y logra el mismo resultado y dice que este es un ejemplo de invención independiente y le deja el juicio a sus interrogadores. Yo sólo quiero recordar el principio que tantas veces hemos mencionado, de criterios conductuales de Turing, 1950.

## C A P I T U L O VII

### MAQUINAS ABSTRACTAS

Desde el principio de este trabajo se ha señalado constantemente la existencia de máquinas físicas (por darles un nombre) y máquinas abstractas, marcándose la importancia de estas últimas como modelos conceptuales de gran utilidad; también se han visto en forma somera los trabajos de Turing y su importancia para la ciencia moderna, pero no es posible analizar los problemas de esta tesis si no se señala el campo más importante a donde han conducido estos trabajos, y es el de las máquinas abstractas de diversas funciones. Comenzaremos señalando en forma general y describiendo la máquina de Turing (Davis, 1965), que es una máquina conceptual para la realización de los algoritmos o sea una máquina de solución de algoritmos. La demostración de esta máquina es que todo problema que sea resoluble algorítmicamente lo puede -- realizar una máquina de Turing y que las computadoras digitales son un ejemplo y demostración de estas máquinas.

Esta máquina puede ser representada en esta forma:

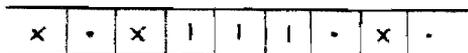
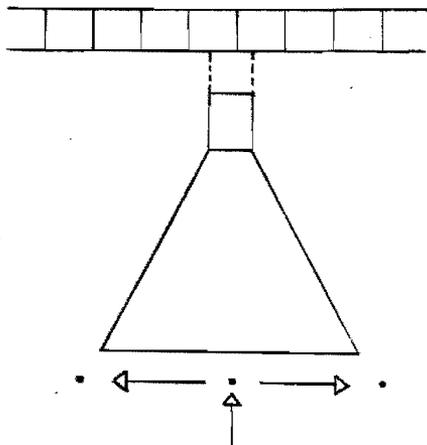
1) una cinta

2) Un cabezal que lee la cinta.

3) Tres movimientos del cabezal al lector.

Alto, derecha, izquierda.

4) Mecanismo que al leer, la cinta puede cambiar el símbolo de la cinta en forma automática.



La máquina, lee cuadros de uno en uno y dependiendo de lo que lea los sustituye por otro símbolo (FINITO) y se mueve unos cuadros hasta finalizar en que se queda detenida.

La máquina está orientada a resolver ALGORITMOS entendiéndolos como las prescripciones exactas del orden determinado en que han de ejecutarse un sistema de operaciones para resolver todos los problemas de un cierto tipo. (Trajtenbrot, 1967). Un algoritmo resuelve todos los problemas de un tipo; si en un momento dado no puede resolver un cierto problema es porque:

- A) El problema no es del mismo tipo.
- B) El problema no tiene solución.

Mucho del trabajo de las matemáticas ha sido encontrar los algoritmos de la serie de problemas, pero se ha visto que muchos problemas (MUY IMPORTANTES) no tienen algoritmo, esto lo demostró Turing con su maquinita y ya se dijo que es conocido como el problema de los INDECIDIBLES.

Talvez más importante que fundar y formalizar casi toda la teoría de la computación, esta máquina fue la base para la gran aportación que inicia J. von Newman (1951, 1958, 1966), también conocidos como TEORIA DE LOS AUTOMATAS, (Arbib, 1969).

Los trabajos específicos de von Newman están dirigidos a lo que se conoce como AUTOREPRODUCCION, característica vinculada por siglos y exclusiva de una clase de sistemas "SERES VIVOS" y que han sido continuados en forma sistemática; (Arbib, 1966).

Es simple y en general se describe como una máquina abstracta que se puede duplicar a sí misma si tiene los elementos necesarios, es más, no sólo se duplica sino también se perfecciona. La afirmación es difícil pero cierta, si un sistema y no sólo los sistemas formales matemáticos, tienen los elementos necesarios se pueden duplicar, sino también formas de diferente índole y complejidad física (objetos), (Penrose 1959 y Ashby 1962).

El análisis en la actualidad se orienta a buscar la simplicidad de esta auto-reproducción que en su forma más simple está asociada a una máquina de Turing compleja.

En sí el planteamiento de auto-reproducción puede ser lógicamente AUTO-CONTRADICTORIO; (Rosen, 1959) ya que los organismos o sistemas vivos NO se auto-reproducen en el sentido de un fenómeno no independiente, sino que necesitan una matriz de reproducción o medio ambiente, o bien necesitan la participación de otros elemen

tos como en la reproducción sexual. Sin embargo las formas más - simples de AUTO-REPRODUCCION FISICA (Penrose, 1959), (para separar la de los modelos conceptuales) se encuentra en los sistemas tan primitivos como son los CRISTALES; es en esta área, la cristalo--graffa, es donde se encuentra la difícil zona que se supone separa ese continuo conocido como lo vivo y lo no vivo; en esta área se tienen muchos ejemplos de AUTO-DUPLICACION en una matriz o medio ambiente. El sólo hecho de conocer por los primeros trabajos de auto-reproducción, que este fenómeno no es tan aislado como se pensaba, es un gran paso que hoy en día está dando grandes aportaciones a la teoría de los autómatas.

En este campo de los autómatas abstractos (Shannon y McCarthy 1956), hay muchos problemas lógicos e instrumentales interesantes, aunque no con la importancia y significado de la auto-reproducción. Uno de los significativos es el de la AUTO-ORGANIZACION, (Yovits, et al 1962; Muses 1962 y Tou y Wilcox 1964) que en sus formas más elementales, se han construido sistemas que lo realizan como son el HOMEOSTATO de Ashby que tiene la tendencia a la estabilidad interna.

Dentro de la teoría de la auto-organización que es una teoría matemática formal, quedan como una sub-parte los problemas de una programación dinámica que se interesan básicamente por la construcción de programas para computadoras auto-correctivas que se plantean en forma automática sus propias metas. También dentro de esta teoría quedan integrados muchos de los problemas de aprendizaje que se estudian en psicología y los problemas del aprendizaje en máquinas, los que ya hemos visto en forma amplia.

La teoría del auto-control o auto-organización, aparte -

de su larga historia y relación con la cibernética es en la actualidad una de las áreas de donde más principios se han extraído y se aplican en muy diversos campos de la vida diaria, Un ejemplo vulgar de esta teoría es el de un coche, y específicamente de su carburador; cuando se quiere que trabaje a mayor velocidad el motor, el carburador y sistemas afines se encargan de regular el flujo de gasolina y el aire controlando también, el mayor paso de corriente eléctrica y muchos eventos más.

Para este capítulo son más interesantes otro tipo de postulaciones postulaciones formales que tienen amplia relación con la teoría de los autómatas, como son las máquinas abstractas que se tienen, específicamente de, y en problemas psicológicos (Roseblatt, 1964; Mesarovic 1964). Uno de ellos que es simplemente indicador de estas posibilidades de análisis es el de Reiss (1965) que hace algunas especulaciones acerca de la utilización de un modelo formal de postulados basado en la discutida teoría de la psicología asociacionista. El modelo más simple tiene cuatro postulados acerca de:

1- Unidades de memoria

2- La relación de fuerza de esas unidades está dada por su coeficiente de unión.

3- Un registrador de atención que tiene una cantidad limitada de unidades de unidades.

4- Hay mecanismos de selección de unidades de memoria que las escoge al azar para que se incorporen al registrador de atención.

La máquina con estos postulados puede realizar una serie de procesos de tipo asociacionista como por ejemplo grupo de

asociaciones, representaciones y algunas formas de deducción. El autor amplía la cantidad de postulados hasta tener nueve, y con ellos comienza a sugerir una serie de afirmaciones sobre cómo puede manejarse el modelo y cómo puede tener conductas más complejas.

El modelo está basado en una teoría muy discutida, pero que sirve como ensayo general para modelos más complejos o con otra aproximación.

A pesar de todas sus limitaciones, el modelo y los modelos de este tipo pueden jugar un papel muy importante en las futuras aproximaciones a los fenómenos de complejidad involucrados en la inteligencia y el pensamiento en TODAS SUS FORMAS.

## C A P I T U L O VIII

### MODELO DE SIMULACION DE PERSONALIDAD

Una anécdota de Michael Faraday descubridor de la inducción electro-magnética.

Una señora que lo visitaba, cuando le mostró cómo se producía - una mínima corriente al introducir un imán en un carrete de alambre, le preguntó a Faraday para qué servía aquello. "Señora, -replicó- para qué sirve un recién nacida?".

## C A P I T U L O VIII

### MODELO DE SIMULACION DE PERSONALIDAD

Estos modelos no forman parte del tema de esta tesis, pero representan para la psicología un campo bastante interesante de trabajo. Esos modelos tienen el mismo problema que el de las teorías de la personalidad, que esta situación crea demasiados problemas y muchas personas serias en la investigación prefieren eliminar esta área por lo infructuosa y caótica que resulta, sin embargo, es interesante a la simulación para probar algunas hipótesis o esquemas de la personalidad.

Tomkins y Messick (1963) reunieron en la Universidad de Princeton uno de los primeros seminarios sobre modelos de simulación, el cual se caracteriza por dos cosas:

1- Una serie de modelos de personalidad más o menos dirigidos a este campo que resultaban bastante OPERANTES y NOVEDOSOS.

2- Una casi total ignorancia por parte de los psicólogos a quienes les tocó comentar los modelos al respecto de sus características, problemas o defectos, que resulta significativo mencionar.

En este seminario se presentaron modelos de personalidad de diversos tipos desde los que son generales como el llama-

do ALDUS hasta modelos específicos como el de ABELSON que no es precisamente de personalidad.

A la fecha se han construido varios modelos que describiremos rápidamente. El primero de Loehlin (1966), que es el más simple y sin embargo el más general y novedoso, está escrito originalmente en el lenguaje de máquina, pero en las últimas versiones se ha escrito en Fortran que es un lenguaje simple y fácil de aprender. El programa se llama ALDUS y es un modelo de personalidad que reacciona a su medio ambiente con un repertorio de respuestas. Sus características generales son:

1- Reconocimiento, como una forma de ponerse en contacto con el medio ambiente. Esto se realiza por medio de una serie de dígitos en los que se codifica el medio ambiente.

2- Reacciones emocionales de dos tipos:

- A) Positivas - atracción.
- B) Negativas - miedo y enojo.

3- Acciones preparatorias

- A) Ataca
- B) Se retira

4- Memorias, que son dos:

A) De experiencias antiguas y reacciones almacenadas.

B) De operaciones y análisis del medio ambiente.

5- Capacidad de hacer introspección de sí mismo y contestar preguntas que son un reporte de sus "SENTIMIENTOS" (i)

(i)

Todas estas son operaciones que realiza el programa.

6- Un medio ambiente externo que puede ser cambiante.

Al modelo se le han dado diferentes "personalidades" cada una de estas ligadas a ciertas respuestas como son:

Abstracto - concreto  
 decisivo - emocional  
 radical - conservador.

Al modelo NO se le programan las respuestas sino que este hace una serie de operaciones que determinan sus respuestas, por ejemplo en el primer par de modelos ABSTRACTO-CONCRETO son dos modelos, en uno, toda respuesta que da está en función de sus experiencias pasadas y generaliza fácilmente situaciones conocidas o desconocidas (medios ambientes conocidos o desconocidos) en cambio el segundo sólo hace operaciones concretas y cuando se encuentra un estímulo novedoso o no da respuesta o da una al AZAR, y en esta forma cada tipo de modelo se relaciona con situaciones concretas.

Los primeros modelos reaccionaban a medios ambientes que se les presentaban y NO se podía saber como iba a cambiar el modelo, por lo que estos modelos funcionan muy bien para probar hipótesis.

En una segunda serie de modelos, estos no interactuaban con el medio ambiente, sino que son dos modelos que se meten a la máquina e interactúan uno con el otro. En estos experimentos cada uno tiene tres continuos de situación propia: "LESIONADO", "SATISFECHO", "FRUSTRADO". Estas acciones son dadas por las acciones del modelo contrario. Si se ponen dos modelos a interactuar los cuales son "agresivos" los modelos rápidamente llegan a la situación de ambos altamente "lesionados" y se detiene el experi

mento; si por el contrario los dos modelos son muy "complacientes" no pasa lo mismo. Cuando los modelos son diferentes, las interacciones son muy complejas y no se puede predecir el resultado.

De estos experimentos se han hecho varios y con resultados muy interesantes Loehlin (1965, 1968).

El modelo tiene dos defectos básicos: 1) No planea; 2) tiene limitaciones perceptuales; estas dos limitaciones se podrían resolver complicando el modelo, pero la relación entre la simple cantidad de respuestas y la complicación del modelo es exponencial, por lo que no se puede hacer esto a menos de que se cambiara toda la estructura del modelo y dejara de ser ALDUS.

En la actualidad se está haciendo que interactúen más de dos modelos lo cual es muy interesante; (Loehlin, 1969).

Otro modelo mucho más complejo, pero más específico es el de los esposos Gullahorn (1962) llamado HOMUNCULUS que fue construido específicamente para probar una serie de afirmaciones e hipótesis de conducta social elemental postuladas por G. Homans a las que incorpora una serie de postulados de la economía clásica, del análisis experimental de la conducta y de la psicología del Dr. F. B. Skinner. El modelo opera en forma de listas que se modifican y está escrito I.P.L.-V. Se le describe como un modelo de relaciones sociales cara-a-cara que son función de las respuestas mutuas que se dan los sujetos. La conducta depende de la cantidad de premios y castigos que se reciben por la misma y acciones elicítadas o involucradas.

El modelo reconoce y compara los estímulos, los almacena y luego los contrasta con situaciones y respuestas; asocia -

respuestas con los reforzamientos y en base a sus experiencias - previas predice las consecuencias de cada respuesta que da.

Las respuestas que da son una función del medio ambiente y de las personas y llega a conocer y predecir a cada sujeto. El modelo tiene una serie de características generales-que durante las pruebas se incrementa en formas de listas jerárquicas dependiendo de sus experiencias (las cuales las recombina); para sus interacciones utiliza las categorías de Bales. El modelo ha permitido una gran cantidad de análisis y experimentos.

Otro modelo muy interesante es el elaborado por Kenneth Mark Colby que es un psiquiatra orientado psicoanalíticamente - (ortodoxo) que ha hecho aportaciones a la teoría psicoanalítica, a la psiquiatría y a su vez es un hábil programador, creador de modelos de computadora; todos son extraídos de su práctica diaria como psicoanalista, y fundándose en el modelo psicoanalítico a construido un modelo interesante del PROCESO NEUROTICO escrito en I.P.L.-V originalmente y en la actualidad en ALGOL. tiene cinco características y elementos fundamentales que son:

- 1- Matriz de creencias
- 2- Diccionario del lenguaje
- 3- Matriz de sustitución
- 4- Matriz de razones
- 5- Operadores o transformaciones

El modelo opera en dos formas, una AUTO-ACTIVADA y otra ACTIVADA POR ESTIMULOS EXTERNOS. La primera es expresión de sus estados - internos modulados por mecanismos como proyección o racionalización psicoanalítica (mecanismos de defensa); la segunda es por - señales externas que analiza e interpreta y donde se manifiestan

estados personales (semejantes a la asociación libre en el couch)

El modelo está basado y dedicado a la teoría psicoanalítica y es bastante interesante a pesar de sus limitaciones teóricas; es más que todo ilustrativa de las posibilidades para simular CUALQUIER COSA.

Hay otros modelos que no vamos a relatar por fuera de contexto, como son el de Abelson o el de Reitman descrito en Tomkins y Messick (1962).

Por último veremos, como ciertos modelos muy específicos que se encuentran en esta área son significativos para una teoría de la inteligencia artificial. Me refiero a los trabajos de Weizenbaum (1966, 1967) quien recientemente se hizo la siguiente pregunta: "Cómo se puede demostrar que se es inteligente siendo artificial?", y la respuesta que se dio fue PRETENDIENDO que se es PSICOTERAPISTA y lo que hizo fue el modelo conocido en un principio como ELISA el cual es muy interesante como demostración de los "juegos de imitación" de Turing (1950).

El programa se elaboró con el fin de representar la relación DIADICA que se establece con un PSICOTERAPISTA o sea, que un paciente 'Z' llega a un consultorio y le platica o se entrevista con un psiquiatra; específicamente tiene una conversación con otro sujeto que tiene una cierta técnica para "ayudar" al sujeto 'Z'. Esta relación se realiza con una máquina y un sujeto teniendo como medio de comunicación un teletipo. El diálogo entre la máquina y un sujeto teniendo como medio de comunicación un teletipo. El diálogo entre la máquina y el sujeto es como el siguiente, reportado por Weizenbaum (1966):-

- Necesito alguna ayuda, ayuda verdadera.

- Qué podría significar para tí, si consigues ayuda? L
- Quizá podría aprender a estar junto con mi madre.
- Dime más acerca de tu familia. L
- Mi madre cuida de mí.
- Quién más cuida de tí en tu familia? L
- Mi padre.
- Tu padre? L
- Qué semejanza ves? L
- Tú no eres muy agresivo pero creo que no quieres que lo note.
- Qué te hace pensar que no soy muy agresivo? L
- Todos los hombres son iguales.
- En qué sentido? L
- Ellos están siempre molestándonos sobre una u otra cosa.
- Puedes pensar en un ejemplo específico? L
- Bueno, mi novio me hizo venir aquí.
- Tu novio te hizo venir aquí? L
- El dice que estoy deprimida la mayor parte del tiempo.
- Siento oír que estás deprimida. L
- Es verdad, soy infeliz.
- Piensas que viniendo aquí se te podrá ayudar a no ser infeliz?L
- Tú no discutes conmigo.
- Por qué crees que yo no discuto contigo? L
- Estás temeroso de mí.
- No podrías tú creerme por favor que no estoy temeroso de tí? L
- Mi padre está temeroso de todos.
- Qué cosa se te viene a la mente cuando piensas en tu padre? L
- Peleones.
- Eso no tiene nada que ver con el hecho de que tu novio te haga venir aquí. L (ii)

(ii)

L = contestaciones o preguntas de la máquina.

Como se puede ver este programa tuvo una plática que -- puede ser llamada "INTELIGENTE". En general lo que hace el programa es:

- 1- Descubrir cuáles son las palabras claves.
- 2- Descubrir el contexto.
- 3- Escoger la transformación apropiada.
- 4- Generación de respuestas en ausencia de palabras claves.
- 5- Dar respuestas congruentes.

Básicamente el programa toma la palabra clave que emitió el sujeto y se la contesta en forma de pregunta o sea, sustituye una serie de palabras en una serie de preguntas generales. Este es el ejemplo más simple, en otros casos la máquina emite preguntas en base al contexto general cosa que permite mantener un diálogo bastante bueno con la máquina. La máquina está programada para que se comporte en forma general como una terapia de tipo Rogeriano. El programa ha sido perfeccionado y tiene algunas variantes con respecto del ELISA. Una versión más compleja es la llamada COUCH y la última versión y la más efectiva que se tiene al momento, es una que se llama DOCTOR. Reporta Michie (1966, 1968) que cuando este programa fue presentado a este sujeto para que le hiciera una entrevista por medio de teletipos, el sesenta por ciento de los sujetos se negaron totalmente a creer que habían sido entrevistados por una máquina y algunos comentaron: "no es posible que una computadora me pueda entender".

Ante la pregunta que cualquier persona puede hacer de, si la máquina comprende lo que le dice el paciente, la respuesta en el sentido habitual que le damos a "ENTENDER", es NO. Sin em-

bargo funciona, y el diálogo puede ser más o menos congruente o más bien, un sujeto no puede saber si es una máquina u otro sujeto quien le está hablando. Este simple ejemplo nos aclara mucho lo que es la COMPRESION y los DIALOGOS en ciertas situaciones.

Este capítulo como ya se dijo, es general de ciertas formas de simulación y ciertos tipos de trabajos que hacen ver a una máquina con algunas de las características más generales de la conducta humana.

## CAPITULO FINAL

Este es un viejo adagio chino -  
que acabo de inventar: "Todos -  
los errores de esta Tesis son mi  
os y no de la psicología o de la  
ciencia."

## C A P I T U L O F I N A L

Nosotros podemos separar los sistemas que exhiben o manifiestan conductas INTELIGENTES, en SISTEMAS VIVOS<sup>(i)</sup> y en SISTEMAS NO VIVOS. Este trabajo se ha dirigido a la presentación y análisis de sistemas NO VIVOS (específicamente computadoras), relacionándolos con algunos criterios técnicos, o modelos de los utilizados en sistemas VIVOS, (específicamente la clase de sistemas llamados HOMBRES). Para esto se ha partido de un análisis histórico de las primeras formas o especulaciones de máquinas - que manifiestan conducta como la de los hombres. Al principio de este trabajo se hizo un análisis de tipo histórico con el propósito de ver lo antiguo o lo reciente, que es esta aproximación de considerar el fenómeno general INTELIGENCIA como un fenómeno que no está tan exclusivamente ligado o que es característico - del HOMBRE.

Al hablar de inteligencia se intenta de una u otra forma verla como un fenómeno general, en el que se pueden comportar cierto tipo de sistemas extraordinariamente complejos, pero no - lo suficiente para que se deje de analizarlos o se les tenga MIE

(i)

SISTEMAS VIVOS lo entendemos como aquellos que tienen la característica VIDA desde un punto de vista biológico.

DO, y sobre todo tratando de utilizar TODAS las herramientas que se tengan sin importar que vengan de la física, de la química, - etc, importando sólo la exigencia de su probada capacidad y utilidad en la ciencia. Con esto se llega al punto en que es definitivamente posible y necesaria la utilización de TEORIZACION, como tan fructíferamente se hace en otras ciencias, viéndola como una forma de AGRUPAR, RELACIONAR, ESTRUCTURAR, etc, eventos de muy diversa índole o área. Muchas veces tanto en psicología como en otras áreas de conocimiento, se ha tenido miedo (muchas veces justificado) de hacer esto, pero cuando se hace con todo el rigor, viendo sus características y limitaciones, ha sido muy útil. Una de las funciones más importantes de la teorización es el extender y poder predecir qué pasaría con ciertos eventos en situaciones totalmente diferentes a las del experimento, como se hace por ejemplo en física donde se ha postulado la existencia de muchos eventos antes de poder experimentarlos o de tener las técnicas para estudiarlos (un ejemplo específico son los neutrinos y más recientemente los quarks). Esto es posible por las amplias posibilidades de "JUGAR" con los eventos en situaciones muy diversas, Miller (1969) lo ha descrito, analizado y recomendado a la psicología.

Cuando vemos y relacionamos los sistemas vivos y no-vivos desde el punto de vista de la inteligencia, consideramos que es posible encontrar relaciones recíprocas en estas dos áreas - tan terriblemente unidas que permitirán o permiten una teoría de la INTELIGENCIA con los suficientes elementos como para abarcar estas dos áreas (y probablemente otras). Para esto es posible - utilizar muchas aproximaciones diferentes, técnicas o conocimien

tos básicos de muchas disciplinas y llegar así a una ESTRUCTURACION TEORICA.

Claro es, que el problema de la inteligencia tiene características peculiares (por complejidad e ignorancia de sus fundamentos), como también las tienen las FORMALIZACIONES, como lo mencionamos anteriormente, pero este es, sino el único camino, sí uno de los mejores para analizar variables de tal complejidad.

En este trabajo se han reseñado aproximaciones técnicas y trabajos, que pueden servir para este tipo de estructuración teórica; viendo como características primordiales del problema, que es básicamente FISICO y que lo es tanto que lo podemos reproducir en esta forma, y que sus elementos separados pueden, casi todos, reproducirse en máquinas.

Otro aspecto es el RECONOCER y darle su lugar a una gran cantidad de datos psicológicos que nos aclaran tanto el fenómeno, como nos dan herramientas que se utilizan en el trabajo de simulación, así como eliminar o más bien encontrarle una verificación o rechazar una serie de afirmaciones que funcionan muy bien en psicología. Dentro de estas afirmaciones se encuentran aspectos generales que nos permitirán elaborar una teoría de la inteligencia que a continuación describiremos.

Los estudios en reconocimiento de formas han aclarado y dado énfasis a los aspectos de interconexiones que a nivel fisiológico cuesta tanto analizar y sobre todo han considerado y visto todas las funciones que realizan las redes neuronales, cómo éstas permiten realizar las tareas perceptuales fundamentales y cómo estas redes con las técnicas modernas, lógica matemática

o lógica de umbrales ya sea lineal o no lineal, pueden analizar y describir sus funciones generales.

El problema de reconocimiento de formas está íntimamente ligado a procesos de decisión y definitivamente es difícil - distinguir el fenómeno de la percepción en forma pura. El ver la dificultad del estudio de fenómenos aislados ha sido otra de las grandes ayudas del fenómeno de la simulación.

Dentro de este campo también ha sido señalada la importancia del procesamiento paralelo de información en los sistemas complejos. Los modelos de aprendizaje han demostrado la posibilidad de ser realizados en máquinas de gran simplicidad, claro que las formas más generales del aprendizaje; sin embargo el aprendizaje de conceptos ya tiene una contraparte en ciertas formas de manipulación de información como son las listas de los programas semánticos. El problema del aprendizaje de conceptos es extraordinariamente difícil en las ciencias de la conducta y ha sido - trabajado en simulación como una parte de la formalización matemática de la inducción y ha tenido dos soluciones generales: Una es la utilización de esquemas estadísticos (muestreo de clases) y otra ha sido la búsqueda de estructuras en los eventos por analizar. Dentro de la misma clase de soluciones se pueden encontrar ciertas formas de programación heurística que son formas de evitar caminos largos en el análisis y solución de problemas. Estos campos tan terriblemente relacionados con la LOGICA, que viene a ser el tema central y el lugar donde se encuentran una gran cantidad de soluciones y problemas en el estudio de la inteligencia artificial.

Uno de los conceptos centrales que ha dado la lógica y

que resuelve buena parte de los problemas de esta área es el de OPERADORES LOGICOS, que fue el tema que determinó casi toda la lógica matemática. Con el avance de la investigación se ha visto su utilidad en la solución de problemas y se han visto como formas de manejar, comparar, disminuir, aumentar, incluir, alterar, etc la información, cosa que ha dado resultados muy buenos; esto fácilmente se ve al analizar los programas que se utilizan en la simulación.

Estos operadores (que son) matemáticos, tienen una contrapartida de acciones físicas tanto en el hombre como en las máquinas. En muchas ocasiones se ha señalado su importancia en conducta humana, el ejemplo más clásico es el de J.Piaget.

Estos operadores cuando son artificiales (en sistemas no-vivos) pueden ser mecanismos eléctricos, que en su forma más simple son suiches que funcionan como sí/no y que a partir de ellos se pueden crear todas las operaciones lógicas como son:

$\neg$	$\sim$	= negación; no.
$\in$		= miembro de.
$\supset$		= implicación.
$\equiv$		= sí y sólo sí.
$\supset$		= mayor que.
$\subset$		= menor que.
$=$		= igual.

Estas son sólo un ejemplo de operadores simples (de tipo lógico) pero existen muchas otras de mayor complejidad y que tienen una relación directa con el proceso que permiten manejo económico de información y con gran efectividad.

Un ejemplo de la utilización de estos operadores es la

toma de decisiones, que puede ser vista como un proceso psicofísico (de la psicofísica clásica) de comparación de información, donde la decisión se toma por agrupación de informaciones en clases las cuales son agrupadas, y derivadas de esta información, se da o presenta la decisión. Todo el proceso de decisión puede ser resuelto con una serie de operaciones como son:

OPERACION	SIMBOLO LOGICO DE OPERACION
y	$\wedge$
mayor que	$>$
menor que	$<$
igual	$=$
casi igual	$\approx$
desigual	$\neq$

El paso siguiente ya que se tienen los operadores de información, es tener la información, para lo cual el elemento básico es la percepción y la representación; el primero ya lo vimos y el segundo es tanto en psicología, como en simulación un problema importante. Ya sabemos que la forma en que manejan información los sistemas vivos es por medio de un fenómeno electroquímico aunque no sabemos en qué forma exacta se realiza esta operación en estos sistemas vivos, sí sabemos que la operación de representación de información puede ser en forma de un esquema reducido de impulsos eléctricos (en la forma más simple), en la cual intervienen fenómenos como la filtración de información y paso o rechazo de ciertas informaciones.

El problema es de gran dificultad y se ha tenido que recurrir a explicaciones y métodos como la HOLOGRAFIA para tener -

una idea general de la forma de representación.

En simulación se ha logrado, no por el mismo camino, realizar algunas formas de representación, y la representación casi siempre es considerada abstracta, en lo cual las teorías matemáticas y lógicas tienen mucho que decir. En este mismo campo de la representación abstracta está el de memoria, que es el proceso de almacenamiento de representaciones que se están auto-organizando constantemente; se mencionó que se han logrado grandes avances en almacenamiento y recuperación de informaciones, pero el problema grande es que los sistemas vivos tienen almacenada una cantidad gigantesca de representaciones y que las utiliza a gran velocidad. En la actualidad tanto en las computadoras "comerciales" (\$\$\$) como en las de investigación, se está tratando y avanzando muchísimo con el almacenamiento y memorias rápidas.

Esto ha dado como consecuencia que se abandonen explicaciones simplistas como son por ejemplo los esquemas S-R extrictos que (cosa extraña) no asumen la ocurrencia del fenómeno memoria Arbib (1969), así también se ha visto la necesidad (tanto a los psicólogos como los no psicólogos) de ver la posibilidad de sistemas con planes o propósitos que determinen su funcionamiento; aclarando que esta intencionalidad es aprendida o programada en muy diversas formas y de ninguna manera con el sentido filosófico o religioso que en algún momento tuvo y que algunas personas confunden frecuentemente; en una palabra, la INTENCIONALIDAD y el PLANEAR son fenómenos FISICOS y pueden reproducidos y explicados con leyes físicas o matemáticas como lo hace la cibernética o algunos psicólogos como Miller, Galanter y Pribram (1960).

Resumiendo: el problema de la inteligencia artificial -

puede ser visto como REPRESENTACIONES que pueden ser de varias - formas, las cuales son manejadas con esquemas LOGICOS y específicamente OPERADORES y PLANES que son totalmente físicos. Con comentarios adicionales, todos estos fenómenos son de manejo de información la cual es también física, estos eventos operan a altísimas velocidades en los sistemas vivos y son de gran complejidad en su operación, pero no en sus formas y en un momento dado se puede considerar que son fenómenos eléctricos casi de todo o nada, a pesar de las evidencias que se tienen en la actualidad - de la existencia de eventos de tipo decreciente (lo cual facilita futuras explicaciones).

Se podría pensar que esta es una simplificación externa de la inteligencia, lo cual es falso ya que lo único que se hace es complicar el problema para una mayor comprensión del fenómeno haciéndolo más universal e introduciendo una serie de técnicas, herramientas y formas de analizar el problema, de otras ciencias ya que el fenómeno es más complejo, pero más general de lo que se había pensado.

Al introducir estos nuevos esquemas, una de las cosas - más importantes es que no "METEMOS NUEVOS FANTASMAS", todo lo - contrario, eliminamos falsas apreciaciones. Puede ser y es un hechi, que nos falta muchísimo por explicar, pero ya tenemos una - serie de hipótesis, técnicas o eventos con los cuales se pueden integrar estos conocimientos.

Se ha puesto mucho énfasis en los modelos de simulación en computadora ya que nos han proporcionado grandes guías que -- han aclarado términos de la psicología como el de JERARQUIA y - conductas JERARQUICAS que han tenido en computación una contra -

parte que son las sub-rutinas, que a su vez nos dan una forma más clara de cómo operan estas jerarquías para dirigir conducta humana. Aquí se pueden ver las relaciones recíprocas que se tienen y que son tan útiles. Otro concepto que han aclarado es el de RECURSIVIDAD que es tan manejado en computación y que encuentra su contraparte en la inteligencia. Así como estos, se tienen muchos ejemplos de relaciones recíprocas las cuales han dado una serie de resultados empíricos y ante todo elementos para una teoría o un esquema general de explicación.

Durante esta presentación de problemas no se ha aclarado en forma definitiva la separación y el problema real que representa la división de inteligencia artificial y simulación de pensamiento, ya que es bastante difícil poder asignar los trabajos aquí presentados o cualquier otro, a estas dos categorías.

Estos son algunos elementos para una próxima estructuración de este fenómeno.

A P E N D I C E S

"Dejad toda esperanza los que  
entreis".

Dante.

A P E N D I C E I  
SOBRE LAS DEFINICIONES

Cuando se logra definir un concepto se logra una manipulación y su función de comunicar, la cual es fundamental en la ciencia y es preocupación constante de los científicos utilizar términos EXACTOS. Sin embargo, el problema de la definición en ciencia ha preocupado durante muchos años a los filósofos, a los filósofos de la ciencia y a los propios científicos, que utilizan los conceptos. Y es a fines del siglo pasado y principios de este, en que a la preocupación de los conceptos se le dio preponderancia en la filosofía y como aportación de esta, á la clarificación de ciertos problemas de la ciencia sobre todo a la física y es por influencia de la física y de la filosofía con orientación lingüística, por ejemplo Wittgenstein (1922, 1953), en que surgió como reacción a la filosofía clásica, con énfasis especulativo; el positivismo lógico y otras escuelas que centraron los problemas de la filosofía y específicamente de la epistemología en el análisis del lenguaje y cómo lo utilizan los científicos y también con los grandes avances de la lógica se consideró que el análisis lingüístico y lógico, son los elementos primordiales de la filosofía de la ciencia. Como resultado de estas interconexiones de aproximaciones surgen doctrinas como el operacionalis-

mo, el fisicalismo y muchas más que se les relacionó o se encontraban dentro de la escuela filosófica conocida como el "CIRCULO DE VIENA", las cuales marcaron el énfasis en la DEFINICION como la base del conocimiento y discurso científico. NO se puede negar el terrible empuje que ha dado a la ciencia y sobre todo a las "nuevas ciencias" esta aproximación. Sin embargo, después de pasado el furor original de estas escuelas, es posible ver que se tienen serios problemas con muchas de sus posiciones originales, sobre todo el problema central de sus tesis filosóficas que NO dicen o resuelven problemas como son el de la VERIFICABILIDAD y otros de igual importancia, y es posible ver que de los filósofos que quedan de estas escuelas ya no tienen la posición y "alegría" original al respecto de sus soluciones; (ver Ferrater, 1969 y Quine, 1967).

Este problema es más difícil en el OPERACIONALISMO y su fundador Bridgman que, en los años en que creó su escuela, le dio y le sigue dando una gran solidez a la ciencia, sin embargo sus afirmaciones no tienen la fuerza que él les quiso dar, probablemente por los orígenes y problemas que él trataba en esa época (física de las altas presiones), por lo que el operacionalismo ha tenido que ser analizado y comentado con mucho mayor cuidado (ver Benjamín 1955); el propio Bridgman (1952) escribió un artículo que se considera su RETRACTACION.

Es más, el problema del lenguaje no tiene su solución sólo en la exactitud de las definiciones, hay toda una escuela filosófica que utiliza y hace análisis del lenguaje tomando como elementos el "lenguaje común", pero tampoco se logró una claridad suficiente en ese campo.

Wittgenstein fue uno de los filósofos iniciadores de todos estos movimientos y también fue al final uno de los creadores de las posiciones contrarias; sus obras a pesar de su complejidad, siguen dando tantas aportaciones como críticas a este campo del lenguaje.

Este problema no quiere decir que el operacionalismo no se deba ya utilizar, sino que indica las dificultades de base - tiene, por lo que en este trabajo nos hemos abstenido de mencionar definiciones operacionales, y es posible ver que todos los términos de base de este trabajo pueden, de hecho, estar definidos operacionalmente, sin embargo nosotros preferimos la posición de uno de los mejores investigadores de la inteligencia artificial, el cual hemos mencionado varias veces, Minsky (1968) quien prefiere comenzar el estudio y los trabajos en este campo con el lenguaje de uso común, y con esto no le quita calidad a sus aportaciones y se evita el problema ( que por el momento es muy difícil), de la definición.

## A P E N D I C E 2

Durante el transcurso de esta tesis, que intenta revisar el panorama general de este campo, se ha mencionado poco el trabajo que se hace en la U.R.S.S, no porque no se esté realizando trabajo de gran calidad, sino más bien porque lo que llega a nuestro país de estas investigaciones es poco, tanto en originales de trabajos como en comentarios. Ya se mencionó la descripción que hacen Feigenbaum (1961) y Arbib (1966), pero por extrañas razones son muy diferentes; de las que hacen los científicos no americanos, por ejemplo las de Michie (1964) que reseña grandes avances en la U.R.S.S, y hasta parece que vio otras cosas u otro país, que el que vieron los americanos.

Hay muchos trabajos de la U.R.S.S que tienen una gran calidad y que son poco conocidos en este lado del mundo, el ejemplo más importante es el de Amasov (1967), pero hay muchos más.

## A P E N D I C E 3

El doctor Donald Michie (1967) que dirige el grupo de - EDINBURGH, que ya se mencionó, que es uno de los tres grandes - equipos de investigación en esta área, propuso un premio de --- £10.000 (libras esterlinas) para 1972 a la máquina que manifesta ra ser más "inteligente" como una forma de incrementar el inte- rés y la investigación en esta área; el concurso sería a través de teletipos y con varias categorías de programas o máquinas.

#### A P E N D I C E 4

El fenómeno inteligencia hasta hace poco tiempo, se relacionaba estrechamente a una forma de sistemas que tienen una serie de características muy complejas y que son los hombres o humanos; que desde un punto de vista restringido a dimensiones espaciales y temporales parecen tener características privilegiadas ya que es la única especie que tiene una serie de atributos que en suma, son lo que se llamaban inteligencia.

Por el momento no se conoce o tiene un esquema o teoría específica de la inteligencia, la única explicación es la dada por la teoría de la evolución biológica, que es un esquema de gran generalidad y en cierta forma limitado; por lo que algunos científicos como Blum (biólogo) y Simpson (paleontólogo) dudan que la inteligencia sea un fruto inevitable de la evolución.

A pesar de estas críticas, la evolución es la única teoría que se tiene para explicar la inteligencia; y a pesar de esta teoría y una de sus afirmaciones fundamentales que es la sobrevivencia del más apto; parece ser que la clase de humano que nosotros conocemos (y al cual pertenecemos) no es la más "evolucionada" y que en un momento dado de la historia existió una Roma de los antropoides que parece ser, tenía características más sig

nificativas que la Roma que triunfó.

A pesar de esta discontinuidad sí tenemos pruebas evidentes de que la vida o lo que nosotros conocemos así, fue el resultado de una conjugación azarosa de factores que de los miles de millones de combinaciones que se dieron; ésta trajo como consecuencia una organización de componentes químicos que dieron como resultado las primeras formas de VIDA.

En varios trabajos se describen todos estos eventos que nos hacen pensar sobre el origen de los sistemas vivos; existen trabajos como los de Shklovskii y Sagan (1966), Young (1966) y - muchos otros en los que se describe como se han logrado reproducir pequeños pasos de proceso generador del proceso de vida.

Al respecto de lo que se ha llamado inteligencia, personas como el doctor Lilly (1967) han mencionado que los delfines presentan una serie de conductas de tal complejidad que él ha llamado "otras formas de inteligencia", claro que es difícil la comparación, pero la inteligencia humana es muy superior en PRODUCTOS que cualquier otro tipo de sistema, mas esto no quiere decir que sea la única, ni tampoco que no lo sea, pero se ha llegado a dudar de esta afirmación de la superioridad de la inteligencia; un bonito comentario se encuentra en Sullivan (1965) que a pesar de que no es técnico, describe entre otras muchas cosas - una conferencia patrocinada por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, en la que a la puerta del director de la conferencia le pusieron el letrero:

Hay vida inteligente en la tierra?

Este comentario tiene mucho significado ya que se basa en los grandes efectos que ha tenido la variable inteligencia en el mu

do, muchos de los cuales han cambiado definitivamente al planeta y hasta ciertos equilibrios biológicos.

Entre los científicos que destacan por la formalidad y fineza de sus análisis está el doctor Lee Szilard (1929) que fue de los primeros en señalar seriamente las potencialidades de alterar leyes físicas, por medio de la participación de la inteligencia; este trabajo en una u otra forma ha enfatizado esa posibilidad de la inteligencia como variable física y cada día se extiende más este intento de relacionar los orígenes de los sistemas vivos con la variable inteligencia y con dimensiones más universales como son la del planteamiento científico y serio de la vida fuera del planeta en que vivimos y analizamos esta posibilidad.

Hay muchos países en la tierra, personas dedicadas a estos trabajos, respaldadas por las organizaciones más serias y rigurosas del mundo, y para nadie es novedad la influencia que tienen los estudios de la EXOBIOLOGÍA en la investigación espacial y astronómica; (ver por ejemplo los análisis serios que hacen Shklovskii y Sagan, 1966, y los trabajos sobre formas de probar y RESTREAR esta posibilidad, von Horner, 1961 y Cocconi y Morrison, 1959).

Hacia allá está dirigida esta tesis y es al mismo tiempo la tesis fundamental.

## BIBLIOGRAFIA

"La matemática es una ciencia inútil, entendiéndolo por ello que no puede servir directamente para la explotación de nuestros semejantes, ni para su exterminación."

G. H. Hardy.

## B I B L I O G R A F I A

- Aleksander, I. y Albrow, R.C.: "Microcircuit Learning Nets: Some tests with handwritten numerals." *Electronic Letters*, 20th sep. 1968, 4, 19.
- Aleksander, I. y Mandami, E.H.: "Microcircuit Learning Nets: Improved recognition by means of pattern feedback." *Electronics Letters*, 4th oct. 1968, 4, 20.
- Aleksander, I.: Comunicación personal. 1970.
- Amarel, S.: (citado por:) Yovits, M. et al: "Self organizing Systems". New York: Spartan, 1962.
- Amarel, S.: "An approach to automatic theory formation". Informe mimeografiado, 1963.
- Amosov, N.M.: "Modeling of thinking and mind". New York: Spartan 1967, (traducción del ruso).
- Annett, J.: "Feedback and Human Behaviour". England: Penguins - book, 1969.
- Arbib, M.A.: "Brains Machines and Mathematics". New York: McGraw Hill, 1964.
- Arbib, M.A.: "A partial survey of cybernetics in eastern Europe and the Soviet Union." *Behavioral Science*. 1966, II, 3.
- Arbib, M.A.: "Simple self reproducing universal automata". *Inf. and Control*. 1966, 9.
- Arbib, M.A.: "Memory limitations of stimulus response models." - *Psychol. Rev.* 1969, 76, 5.
- Arbib, M.A.: "Theories of Abstract Automata." U.S.A.: Prentice-Hall. 1969.
- Armer, P.: (citado por:) Feigenbaum, E.A. y Feldman, J.: "Computers and thought". U.S.A.: McGraw Hill, 1963.
- Ashby, W.R.: "Introducción a la Cibernética." Argentina: Nueva Visión, 1960. (traducción del original, 1956).
- Ashby, W.R.: "Principles of the self organizing system". Symposium on Self organization. U.S.A., Illinois: University of Illinois. 1962.
- Baylor, G.W. y Simon, H.A. "A chessmating combinations program". *Proceedings, Spring Joint Compt. Conf.* 1966.
- Bell, D.A.: "Intelligent Machines." New York: Blaisdell, 1962.

- Benjamin, A.C.: "Operationism" Illinois: Spring Field. 1955.
- Bernstein, A. y Roberts, M.: "Computers vs. Chess Prayer." Scientific American. Jun. 1958.
- Bernstein, A.: "Informe anual de Actividades". I.B.M. 1967.
- Beth, E.W. y Piaget, J.: "Epistemologie Mathematique et Psychologie". Francia: Presses Universiteres de France. 1961.
- Blish, J.: "Doctor Mirabilis". Londres: Faber. 1964.
- Bocheński, I.M.: "A history of formal logic". U.S.A.: University of Notre Dame Press, 1961.
- Block, H.D.: "The Perceptron: a model for brain functionig." I y II, Rev. of Modern Physics, 1962, 34, I.
- Boole, G.: "The laws of Thought". Dover, U.K. 1854. (edición de 1958)
- Bourne.: "Human Conceptual Behaviour". New York: Alley Baycon, - 1968.
- Bower, G.H. y Trabasso, T.R.: "Concept Identification". En Studies of Mathematical Psychology. U.S.A.: Stanford University Press, 1964.
- Bridgman, P.W.: "The Nature of Some of our Physical Concepts". - The British Journal for the Philosophy of Sciences. 1952, I, 257.
- Bruner, J.S. et al: "A study of thinking", New York: Wiley, 1956
- Carne, E.B.: "Artificial Intelligence Techniques". New York: Spartran. 1965.
- Caccioni, G. y Morrison, P.: "Searching for Interstellar Communications." Nature, Sept. 19<sup>th</sup>, 1959, 184.
- Cohen, J.: "Los robots en el Mito y la Ciencia". Mexico: Diana, - 1969. (traducción del inglés).
- Colby, K.M. y Gilbert, J.P.: "Programing a Computer Model of Neurosis". Journal of Mathematical Psych. 1964, 2.
- Coles, L.S.: "Talking with a robot in English." S.R.I. March, - 1969.
- Crafts, H.S.: "Components that learn". Electronics. March, 22- 1963.
- Culberstone, J. (citado por:) Shannon, C.E. y McCarthy, J.: "Automata Studies". New Jersey: Princeton University Press. 1956.
- Davis, M.: "The Undecidable". New York: Raven Press. 1965.

- De Groot, A.D.: "Thought and Choice in Chess". U.S.A.: The Hague Mouton, 1965.
- De Groot, A.D.: "Preception and memory vs. thought". En "Problem Solving" ed. Kleinmuntz, B. New York: Wiley. 1966.
- Dienes, Z.P. y Jeeves, M.A.: "The effects of structural relations on transfer". 1970, II. (De la serie "Thinking in Structure" de los mismos autores, en prensa).
- Elsasser, W.M.: "Atomo y organismo". México: Siglo Veintiuno. - 1969. (traducción del inglés).
- Ernest, G. y Newel, A.: "G.P.S. a case study in generality end - problem solving". London: Academic Press. 1969.
- Feigenbaum, E.A.: "Soviet Cybernetican Computer Sciences". Comm. of the A.C.M. 1961.
- Feigenbaum, E.A. y Feldman, J.: "Computers and Thought" U.S.A.: McGraw Hill. 1963.
- Feigenbaum, E.A. y Simon, H.A.: "Perfomace of Reading task by - E.P.A.M." Behavioral Sciences. Jan. 1963, 8, I.
- Feigenbaum, E.A.: "Elements of an information processing theory of memory." A.P.A. Meeting. 1964.
- Feigenbaum, E.A.: "Artificial Intelligence: the mesin the second decade". Stanford University, 1968.
- Feigenbaum, E.A.: "Artificial Intelligence themes in second deca de." Stanford University, 1969.
- Ferrater, J.: "La filosoffa Actual". Madrid: Ed. Alianza. 1969.
- Freudenthal, H.: "Lincos Desing of Language Cosmic Inter Course" Amsterdam: North Hciland. 1960.
- Gardner, M.: "Logic Machines, diagrams and Boolean Algebra". New York: Dover. 1968.
- Greenblatt, R.D. et al: "The Greenblatt Chess Program". Fall Join Compt. Conf. 1967.
- Green, C.: "Aplication of Theorem Probing to Problem Solving". S R. Ith March, 1969.
- Gregg, L.W. y Simon, H.A.: "Process models and stochastic theo-ries of simple concept formation". Journal of Mathematical Psych 1967, N<sup>o</sup>2, 4.
- George, F.H.: "The development of Semantic Machines". Cibernética 3, 1967.

- Hull, C.L.: "The mechanism of the assembly of behaviour segments in novel combinations suitable for problem solution". Psych. Rev Mayo 1935, 42.
- Hull, C.L.: "Quantitative aspects of evolution of concepts". - Psych. Monograph 1920, 123.
- Hunt, E.B. y Hovland, C.I.: "Programming model of human concept - formulation". W.J.C.C. 1961.
- Hunt, E.B.: "Concept Learning." New York: Wiley. 1962.
- Hunt, E.B. et al.: "Experiments in Induction." New York: Academic Press, 1966.
- Johnson, E.S.: "An information processing model of one kind of - problem solving." Psych. monogr. N°581, 1964.
- Johnson, E.S.: "Outline of an information processing model for - simulation on kind of problem solving." Yale University: dep. of Psych., Technical report, 10, 1956.
- Jongman, R.W.: "Het OOB van de Meester". Amsterdam:van Gorcum - 1968.
- Kac, M. y Ullman, S.M.: "Matemáticas y lógica". Venezuela: Monte Avila. 1969. (traducción del inglés).
- Katok.: "A chess playing program" M.I.T. 1962. (tesis de bachiller).
- Kister, J. et al.: "Experiments in chess". J.of Assoc. for Copt. Machinery, 1957, 4, N°2.
- Koch, S.: "Clark hull and Psychology's age of theory" Symposium on "The hullian impact on Psychology" at the 77<sup>th</sup> annual convention of the A.P.A. 1969.
- Kovalevsky, V.A.: "Character readers and pattern recognition". - New York: Spartan. 1968. (traducción del ruso).
- Laughery, K.R. y Gregg, L.W.: "Simulation of human problem solving behavior". Psychometrika, 1962, 27, N° 3.
- Leibovic, K.N.: "Information processing in the nervous system" - Science, 25 abril 1969, vol. 164.
- Lilly, J.C.: "The mind of the dolphin". New York: Avon. 1967.
- Loehlin, J.C.: "Interpersonal experiments with a computer model of personality". J.of Personality and Social Psych. 1965, 2, 580 584.
- Loehlin, J.C.: "Machines with personality". Science J. oct. 1968

- Loehlin, J.C.: "Computer models of personality". New York: Random House, 1968.
- Loehlin, J.C.: "How to be Intelligent if Artificial". S.W.I.E.E C.D. Meeting, 1968.
- Loehlin, J.C.: "A model of ideation." Draft, University of Texas 1969.
- Luria, A.R.: "The functional organization of the brain." Scientific American, 1970, vol.222, Nº 3.
- Maron, M.E.: "Artificial intelligence and brain mechanisms." Memorandum. R.M. 3522-P.R. Rand Corp. 1963.
- Mays, W.: "First circuit for an electrical logic machine." Science, Sept. 4th 1956, IIB, 281.
- McCulloch, W.S. y Pitts, W.H.: "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity." Bull. of math. biophysics. 1943, 5, IIS, 133.
- Mechanization of thought processes. Vol.2. National physical laboratory symposium, Nº IO. London, 1959.
- Mesarovic, M.D.: "A unified theory of learning and information." en Fou, J.T. y Wilcox, R.H.: "Computer and information sciences" Washington: Spartan books, 1964.
- Michie, D.: "On a visit to U.R.S.S." Royal Society, 1964, IO.
- Michie, D.: "Development of machine with intelligence". Computer Weekly, Sept. 2I-1967.
- Michie, D.: "Machine intelligence". Elsevier, 1969, 4 volúmenes.
- Michie, D.: "Machines that play and plan". Science J. act. 1968.
- Minsky, M.L.: "Steps toward artificial intelligence". I.R.E. Jan 196I.
- Minsky, M.L.: "Artificial intelligence." Scientific American, - Sept. 1966.
- Minsky, M.L.: "Computation finite and infinite machines." New Jersey: Prentice Hall, 1967.
- Minsky, M.L.: "Semantic information processing." U.S.A.: M.I.T. Press, 1968.
- Miller, G.A.; Gallanter, E. y Pribram, K.H.: "Plans and the structure of behavior". New York: Holt, 1960.
- Miller, G.A.: "Psicología de la comunicación." Buenos Aires: Paidós, 1969. (traducción del inglés).

- Miller, N.E.: (citado por:) Hilgard, E.R. y Bower, G.H.: "Theories of learning." U.S.A.: Appleton Century Crofts, 3era ed. 1966
- Moreno, R.: "Qué es la lógica". Buenos Aires: Columba, 1967.
- Muses, C.A.: "Aspects of the theory of artificial intelligence." New York: Plenum. 1962.
- Nagel, E. y Newman, J.R.: "La prueba de Gödel." México: U.N.A.M. 1959. (traducción del original, 1958).
- Neisser, U.: "The imitation of man by machine." Science, 1963, - 139, 193-197.
- Neisser, U.: "Cognitive psychology." New York: Appleton Century Crofts, 1966.
- Newel, A. y Ernest, G.: "The search for generality." Proceedings of I.F.I.P. 1965.
- Newel, A.: "On the analysis of human problem solving protocols." Carnegie Institute of Technology, 1966.
- Newel, A.; Shaw, J.C. y Simon, H.A.: "Chess playing program and the problem of complexity." I.B.M. Journal, 1968.
- Newel, A.: "Studies in G.P.S." Mimeografiado. Carnegie Mellon - University. 1967.
- Nilsson, N.J. et al.: "Application of intelligent automata to recognition." Reporte final S.I.R. dic. 1968.
- Nilsson, N.J.: "A mobile automaton: an application of artificial intelligence techniques". S.R.I. March, 1968.
- Norman, D.A.: "Memory and attention". New York: Wiley, 1969.
- Olds, J.: "Self stimulation of the brain." Science, 1958, 127, - 315-323.
- Papert, S.: "The artificial intelligence of Hubert, l. Dreyfus: a budget of fallacies, M.IT./M.A.C. 1968.
- Pedelty, D.J.: "An approach to machine intelligence." New York: Spartan, 1963.
- Pedelty, M.J.: "A review of the field of artificial intelligence." N.A.S.A. 1965.
- Pedler, K.: "The eye as a computer", Science J. Feb. 1970.
- Penrose, L.S.: "Self reproducing machines." Scientific American Junio, 1959.

Piaget, J.: "Logic and Psychology". Manchester University Press, U.K. 1953.

Piaget, J.: "El estructuralismo." Buenos Aires: Proteo. 1968 ( - (traducción del francés).

Pitts, W. y McCulloch, W.S.: "How we know universals, the perception of auditory and visual forms." Bull. of math. biophysics. - 1947, vol.9.

Premack, D.: "Toward empirical behavior laws, a positive reinforcement." Psych. Rev. 1959, vol.66.

Pribram, K.: "Studies in psychophysiology of memory." Scientific American, 1969.

Quine, W.V.O.: "Desde el punto de vista lógico." Barcelona: Ariel 1967. (traducción del inglés).

Quinlan, J.R. y Hunt, E.B.: "The Fortran deductive System." University of Washington, 1968.

Raphael, B.: "A computer program which 'understands'." Dep. de matemáticas. M.I.T., 1964. (tesis doctoral).

Raphael, B.: "Programing a robot." S.I.R. Nov. 1967.

Raphael, B.: "A.C.M. Sicart Bulletin" Jun. 1967.

Raphael, B. et al: "A brief survey of computer languages for symbolic and algebraic manipulation" en "Symbol manipulation languages, techniques." North Holland, 1968.

Reeves, J.W.: "Thinking about thinking." New York: Delta, 1965.

Reiss, R.F.: "An abstract machine based on classical association psychology." W.J.C.C. 1965.

Reitman, W.: "Information procesing models, computer simulation and the psychology of thinking." University of Michigan, 1966. - (working paper).

Rosenblatt, F.: "The perceptrons." Psych. Rev. 1958, vol.65.

Rosenblatt, F.: "Principles of Neurodynamics." Washington: Spartan. 1962.

Rosembueth, A.; Wiener, N. y Bigelow, J.: "Behavior purpose - and teleology." Philosophy of Science, 1943, 10, 18-24.

Rosen, C.: "Machines that act intelligently." Science J. oct. - 1968.

Rosen, C.: "On logical paradox implicit in notion of self reproducing automaton." Bull. of Math Biophysics. vol. 22, 1959.

- Russell, B.: "On finite and infinite cardinal numbers." Amer. J. of Math. 1902, 24, 378-383.
- Russell, B.: "Mathematical logic as based on the theory of types" Amer. J. of Math. 1908, 30, 222-262.
- Russell, B.: "La evolución de mi pensamiento filosófico." México Aguilar, 1963. (traducción del inglés).
- Sammet, J.E.: "Programming languages: history and fundamentals." U.S.A.: Prentice Hall, 1968.
- Samson, P.: "Midas." M.I.T./M.A.C. 1965.
- S.C.D. Magazine, 1969, vol. 12 N<sup>o</sup> 4.
- Scott, J.: 1969 (citado por:) Michie, D.: "Machine Intelligence". Elsevier, 1969.
- Selfridge, O.G.: "Pandemonium: a paradigm for learning." en Mechanization of thought processes..1959.
- Selfridge, O.G. y Niesser, V.: "Pattern recognition by machine." Scientific American, Agosto, 1960.
- Shannon, C.: "A symbolic analysis of relay and switching circuits". Transactions of A.I.E.E. 1937, 57, 713.
- Shannon, C. y Weaver, W: "The mathematical theory of communication." U.S.A.: Illinois Books, 1949.
- Shannon, C.: "A chess playing machine." Scientific American, 1950
- Shannon, C. y McCarthy, J.: "Automata Studies." New Jersey; Princeton University Press, 1966.
- Shklovskii, I.S. y Sagan, C.: "Intelligent life in the Universe." San Francisco: Golden-day, 1966.
- Singer, C. et al: "A history of technology." Oxford: The Clarendon Press, 1957.
- Simon, H.A. y Kotovsky, K.: "Human acquisition of concepts for sequential patterns." Psychol. Rev. 1963, vol.70, N<sup>o</sup> 6.
- Simon, H.A. y Feigenbaum, E.A.: "An information processing theory of some effects of similarity familiaritaton and meaningfulness in verbal learning." J. of verbal learning and verbal behavior. vol. 3, N<sup>o</sup> 5, 1964.
- Simon, H.A. y Newel, A.: "Information processing in computer and man." American Scientist, 1964, 52.
- Simon, H.A.: "Mathematical models and artificial intelligence." en Brain function, vol. IV. Cal: U.C.L.A. 1967.

- Simon, H.A.: "Motivational and emotional controls of cognition." Psych. Rev. 1967, vol. 74. Nº 1.
- Simon, H.A.: "The sciences of the artificial." Cambridge: M.I.T. Press, 1969.
- Simon, H.A. y Berenfeld, M.: "Information processing analysis of perceptual processes in problem solving." Psych. Rev. 1969. vol. 76, Nº 5.
- Smith, K.: "A computer that learns like the brain." New Scientist Sept. 4-1969.
- Smolier. (citado por;) La revista del S.D.C.; 1967, vol.I2, Nº 4
- Sullivan, W.: "We are not alone." New York, 1965.
- Sutherland, N.S.: "Machines like men." Science J. oct. 1968.
- Sokol, R.R.: "Numerical Taxonomy." Scientific American, Dec.1966
- Sordillo, D.: "Music playing on the P.D.P.-6 M.I.T./M.A.C. 1966.
- Szilard, Leo.: "On decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings." Behavioral Sciences, (Traducción del original en alemán, publicado en Zeitschrift Für Physik, 1929).
- Taube, M.: "Computers and Common Sense." New York: McGraw Hill, 1961.
- Taylor, W.K.: "Machines that Learn." Science J. oct. 1968.
- Tomkins, S.S. y Messick, S.: "Computer simulation of personality" New York: John Wiley, 1963.
- Tou, J.T. y Wilcox, R.H.: "Computer and information Sciences." - Washington: Spartan books, 1964.
- Trajtenbrot, B.A.: "Introducción a la teoría matemática de las computadoras y la programación." México: Siglo veintiuno, 1967. (traducción del ruso).
- Turing, A.M.: "Computing Machinery and Intelligence", Mind, oct. 1950.
- Uhr, L. y Vossler, C.: (citado por:) Feigenbaum y Feldman, J.: - "Computers and Thought". U.S.A.: McGraw Hill, 1963.
- Uhr, L.: "Pattern Recognition." New York: John Wiley, 1966.
- Ulam, S.M.: "Computers." Scientific American, Sept. 1964.

- von Horner, S.: "The Search for Signals from other Civilizations" Science, Dec. 8-1961, 134, 1839-1843.
- von Neumann, J.: "The General and Logical Theory of Automata". En "Cerebral Mechanisms in Behavior". U.S.A.: Nixon Foundation, 1951
- von Neumann, J.: "The Computer and the Brain." U.S.A.: Yale, 1958
- von Neumann, J.: "Theory of Self-Reproducing Automata." Urbana: University Illinois Press, 1966.
- Wallace, R.A.: "The maze-solving computer." Proc. A.C.M. 1952, - II9.
- Walter, W.G.: "A machine that Learns." Scientific American. Agosto, 1951.
- Walter, W.G.: "El Cerebro Viviente." México: F.C.E. 1961 (Traducción de la edición inglesa de 1953 hecha por A. Fernández Guardiola).
- Watanabe, S.: "Information Theoretical Aspects of Inductive and - Deductive Inference." I.B.M. Journal, Abril, 1960.
- Watanabe, S.: "A mathematical explication of inductive inference" Budapest: The fundation of mathematics, 1962.
- Weaver, J.A.: "Machines that Read." Science Journal, oct. 1968.
- Weizenbaum, J.: "Elisa." Communication at the A.C.M. 1966, vol.9, Nº 1.
- Weizenbaum, J.: "Contextual understanding by computers." Comm.at the A.C.M. 1967, vol. 10, Nº 8.
- Whithead, N.A. y Russell, B.: "Principia Mathematica." vol.3. New York: Cambridge University Press, 1910-1913.
- Wiener, N.: "Cybernetics." U.S.A.: M.I.T. Press. 1era ed:1948 y 2da ed: 1961.
- Wittgenstein, L.: "Tractatus Logico-Philosophicus." London: Routledge, 1922.
- Wittgenstein, L.: "Philosophical Investigations." Oxford: Blackwell, 1953.
- Yovits, M.: et al: "Self organizing Systems." New York: Spartan, 1960.
- Young, J.Z.: "The memory system of the brain." U.S.A.: University of California Press, 1966.
- Young, J.F.: "Cybernetics." London: I.L.F.P.E. Books Ltd. 1969.
- Young, R.S.: "Extraterrestrial Biology." New York: Holt, 1966.