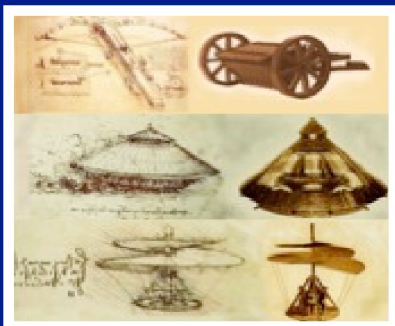
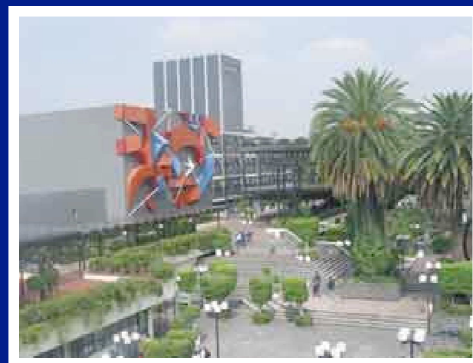
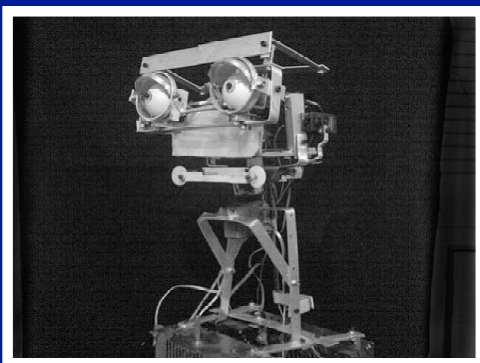


Revista del Centro de Investigación

UNIVERSIDAD LA SALLE



- La cibernética: una hiperciencia
- Animatronic controlado con lógica difusa
- Maestría en Ciencias (Cibernética)
- Síntesis del 4,6-dimetil-1, 3-ditiano deuterado
- Transitividad de la desigualdad y Escuela Secundaria
- Competitividad de la Agroindustria de Michoacán



*Revista
del Centro de
Investigación*

UNIVERSIDAD LA SALLE



*ISSN 1405-6690
(publicación electrónica)*

Nuestros autores

- **Alejandro Flores Méndez**

*M. en C. Ingeniería Eléctrica. Especialidad Computación.
Candidato al Doctorado en Ciencias. Matemáticas.
(CINVESTAV-IPN)*

- **Eduardo Gómez-Ramírez**

*Dr. en Ciencias. Ingeniería Eléctrica. Especialidad Control Automático. (CINVESTAV-IPN)
Miembro del SNI desde 1999*

- **Yurián Zerón Gutiérrez**

Pasante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Electrónicos. (Universidad La Salle)

- **Karla Elizabeth Ramírez Gualito**

*Engresada.
Escuela de Ciencias Químicas*

- **Delia Quintana Zavala**

Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (IPN)

- **Gabriel Eduardo Cuevas González**

*Licenciatura en la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad La Salle. Doctorado en el CINVESTAV.
Investigador de tiempo completo del Instituto de Química (UNAM)*

- **María Concepción Terríquez Paz**

*Doctorado en Educación.
(Universidad La Salle de Guadalajara)*

- **María Guadalupe Moreno Bayardo**

Universidad La Salle de Guadalajara

- **Javier Chávez Ferreiro**

Dr. en Ciencias Administrativas (IPN).

- **Luis Arturo Rivas Tovar**

*Dr. en Ciencias Administrativas (IPN) y Doctor en Estudios Europeos (Instituto Ortega y Gasset).
Miembro del SNI.*

REVISTA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN
VOL.6. NÚM. 24

Distribución y publicación Dirección de Posgrado e Investigación de la Universidad La Salle

Dirección: Esther Vargas Medina

Consejo Editorial: José Antonio Dacal, Mtra. Esther Vargas, Dr. Eduardo Gómez, Q. Irene Montalvo

Corrección de Estilo y Cuidado Editorial: Mario J. Salgado Ruelas

Diseño y Elaboración: Saracelly Gómez Ballesteros
Correspondencia: Revista del Centro de Investigación. Posgrado e Investigación.

Benjamín Franklin Núm. 47, Col. Hipódromo Condesa, México, D.F. 06140 Tel. 5278 95 00 Ext. 2386, 2388 Fax. 5515 7631

E-Mail: revista@ci.ulsal.mx
<http://www.ci.ulsal.mx/revista>

Publicación Electrónica, impresión de 30 ejemplares para Resguardo Bibliográfico.

Reservado todos los derechos Posgrado e Investigación de la Universidad La Salle. Reserva para el uso exclusivo del título Núm. 04-2002-052810271000-102, ante la Dirección General de Derechos de Autor, certificado de solicitud de título Núm. 7960 y certificado de contenido Núm. 5638. ISSN 1405-6690.

Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de los autores.

El logotipo y la denominación de la Universidad La Salle son marcas registradas.

Publicación indizada en:

CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades), de la DGB-UNAM. Para consultas: <http://132.248.9.8:4500/ALEPH/spa/CLA/CLA/CLA/FIND-ACC/0102077>

IRESIE (Índice de revistas de Educación Superior e Investigación Educativa). Para consultas: <http://www.unam.mx/cesu/iresie1.htm>

LATINDEX (Directorio de Publicaciones Científicas seriadas de América Latina, el Caribe, España y Portugal). Para consultas: <http://www.latindex.unam.mx/directo.htm>

CAMEX (Catálogo comentado de Revistas Mexicanas sobre Educación Superior e Investigación Educativa) Prox. Edición en CD y vía internet. Para consultas: <http://www.latindex.unam.mx/directo.htm>

Red ALyC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal). Para consultas: <http://www.redalyc.com>



REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD LA SALLE
Vol. 6, Núm. 24, Año 2005
ÍNDICE DE CONTENIDO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN
Temática: Cibernética

La cibernética: Gestación de una hiper-ciencia	5-37	<i>Alejandro Flores Méndez</i>
Animatrónica Controlada con Lógica Difusa	39-53	<i>Yurián Zerón Gutiérrez</i>
Maestría en Ciencias en el Área de Cibernética. Un Logro del Trabajo en Colaboración.	55-60	<i>Eduardo Gómez Ramírez</i>
Temas Libres		
Síntesis y caracterización del Cis-4, 6-Dimetil-4, 6-Dideutero-1, 3- Ditiano, R-2-Benzoil-Trans-4,6-Dimetil- Cis-4, 6-Dideutero-1, 3-Ditiano y R-2- Difenilfosfinoil-Trans-4, 6-Dimetil-Cis-4, 6- Dideutero-1,3-Ditiano	61-71	<i>Karla Elizabeth Ramírez Gualito Delia Quintana Zavala</i>
La Construcción de la transitividad de la desigualdad con números enteros negativos en la Escuela Secundaria	73-91	<i>María Concepción Terríquez Paz</i>
Competitividad de la Agroindustria del Estado de Michoacán-México	93-107	<i>Javier Chávez Ferreiro Luis Arturo Rivas Tovar</i>
Directorio	109	
Criterios para autores	111	

Editorial **Cibernética en la ULSA**

La parte final del siglo XX, sin duda alguna será reconocida como la época en la cual se gestó y desarrolló lo que hoy conocemos como la era digital.

Si bien el transistor bipolar de juntura se desarrolló en los laboratorios Bell en la década de los 50's, este dispositivo consolida su reputación como eje sobre el cual gira el desarrollo de la electrónica a partir de los años 60's.

Para la siguiente década ya con una tecnología de semiconductores más o menos madura, viene el despegue de los circuitos integrados de mediana escala de integración (MSI) y finalmente los de gran escala de integración (VLSI).

Dentro de los primeros sistemas VLSI, sin duda alguna uno de los más importantes es el microprocesador de 4 bits desarrollado por Intel, denominado 4004 y que hoy en día es reconocido como el primer microprocesador desarrollado en un solo chip. Esta pequeña maravilla detonará toda una explosión de aplicaciones cuya onda de choque aún sacude nuestros días.

El 4004 hace su debut en público el 15 de noviembre de 1971 sorprendiendo por los 2,300 transistores que lo componían.

Un año después hace su aparición el primer microprocesador de 8 bits etiquetado como 8008 desarrollado por la misma Intel que hoy domina el mercado mundial de microprocesadores.

Sin embargo el más celebre de estos bichos iniciales es el 8080 liberado en abril de 1974, el cual es considerado por los historiadores como el primer microprocesador confiable desarrollado para el uso general.

1974 sin duda representará un año de muchas coincidencias afortunadas, al mismo tiempo que Paul Allen y Bill Gates jugaban con una Altair 8800 el Ingeniero Jaime Palacios Castañón y el Dr. Ohannes Bulbulian Garabedian en la Escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle, maduraban la idea de ofrecer a la sociedad mexicana un programa en Ingeniería Cibernética.

Sí bien el término de cibernética proviene del griego κυβερνητική y significa "El arte de pilotar un navío, o la ciencia del timonel" es más familiar a las disciplinas de la Ingeniería eléctrica y el control, tanto el Dr. Bulbulian como el Ingeniero Palacios imaginaron en su momento que la computadora digital se encontraría presente en todos los ámbitos y jugaría un papel protagónico como dispositivo central de control de una innumerable cantidad de sistemas.

Con su idea general desarrollada en blanco y negro, se presentan en la oficina del Sr. Rector de aquel entonces Dr. Francisco Leonel de Cervantes y la ponen sobre la mesa, encontrando terreno fértil en la ágil e inquieta inteligencia del Rector.

Así las cosas, en agosto de 1975 con sólo 14 alumnos, inicia actividades el programa de Ingeniería Cibernética en la Universidad La Salle, primero que contó con reconocimiento oficial de estudios dado que siendo la ULSA una institución incorporada a la UNAM nuestra máxima casa de estudios no contaba con un programa de tal naturaleza.

A partir de 1975 y como consecuencia de la actividad desarrollada en el ámbito de los sistemas de cómputo, hacen su aparición importantes departamentos de apoyo a la institución tales como el centro de matemáticas, computación y sistemas en su tiempo conocido como el CEMACOSI, y el laboratorio de lógica digital donde se desarrollan las primeras investigaciones formales de corte científico reconocidas en la Universidad La Salle.

A principios de la década de los 80's hacen su aparición las computadoras personales confirmando lo que el Dr. Bulbulian y el Ing. Palacios anticiparon, el CEMACOSI evolucionó y se convirtió en dos diferentes departamentos; el centro de cómputo educacional o "CECOED" y el centro de procesamiento de datos "CEPRODA" el cual estaba dedicado a labores administrativas, a su vez el laboratorio de lógica digital se convierte en el laboratorio de investigación y desarrollo de sistemas conocido como "LIDMAS".

Todos los departamentos anteriormente mencionados desarrollan su labor a nivel institucional, por lo que la Dirección de la Escuela de Ingeniería en aquel entonces a cargo del Ingeniero Claudio López Fernández logra la adquisición de una computadora digital PDP 11/24, con su llegada nace el laboratorio de cómputo de Ingeniería "LCI" convirtiéndose en un verdadero semillero de talentos de alto nivel que han enriquecido los departamentos de Ingeniería de las más importantes empresas internacionales de sistemas de cómputo presentes en nuestro país.

El desarrollo y la evolución nunca se detienen y en estas disciplinas aún menos; para la última década del siglo XX, la investigación en la Universidad La Salle se consolida, en 1993 el LIDMAS se transforma en el actual el Laboratorio de Investigación y Tecnología Avanzada (LIDTEA) y nace la Dirección de Comunicación y Sistemas para apoyar a la Universidad en todo lo relativo a los servicios de cómputo.

Quien podía pensar que aquella que parecía una loca idea de intercomunicar computadoras entre si, sería lo de lo mas normal, basta acordarse de "OCTOPUS" aquella primera red implantada en la ULSA por los entonces jóvenes integrantes del laboratorio de lógica digital.

A 30 años de distancia de aquellos románticos días en los que soñar era la constante, la Escuela de Ingeniería tiene un reconocido programa en Ingeniería Cibernética acreditado por el CACEI en el cual se ha formado a más de 2,200 ingenieros en esta importante disciplina constituyéndose así como un referente a nivel nacional en temáticas relacionadas a la cibernética, el control y las ciencias de la computación; y en enero de este año, inicia el primer grupo de estudiantes de la Maestría en Ciencias Área Cibernética.

Ing. José Antonio Torres Hernández
Director Escuela de Ingeniería

La Cibernética: Gestación de una Hiper-ciencia

Alejandro Flores Méndez
Jefe del Área de Ingeniería y Tecnología
Investigador. Dirección de Posgrado e Investigación.
LIDETEA - ULSA
aflores@ci.ulsamx

Recibido: Septiembre del 2004. Aceptado: Abril de; 2005

“Un ave es un instrumento de vuelo que obedece
leyes matemáticas que el hombre tiene la capacidad
de comprender y dominar”

Leonardo da Vinci

RESUMEN

El hombre, al narrar los eventos que han ocurrido a través de su historia, ha cubierto de misticismo algunos de ellos, debido a que en ocasiones no cuenta con los conocimientos necesarios para explicarlos. Este texto recopila algunos datos referentes a la Odisea asociada a la comunicación entre los seres vivos y/o entre las máquinas, así como los mecanismos de control que influyen en sus relaciones; en otras palabras, hablaré aquí de la considerada nueva hiper-ciencia llamada **Cibernética**. Para tal fin, en primer término incluyo dos historias; una primera apoyada en la ficción, seguida por una segunda que en forma somera comenta la vida de los hombres y los eventos históricos que están ligados a la gestación de la Cibernética.

Palabras Clave: Cibernética, Hiper-ciencia y Prueba de Turing.

ABSTRACT

When man tells the events that happened through his history he has covered with mysticism some of them, as he hasn't the proper knowledge to explain them. This text summarizes some of these data related to the Odyssey associated to communication among live beings and/or machines, as well as the influential control mechanisms in its relationships; in other words, I'll talk about the hyper science named Cybernetics. I'm including two stories; the first one is supported by fiction, followed by a second one that briefly tells men's lives and historical events linked to the cybernetic gestation.

Key Words: Cybernetics, Hyper science, Turing Test.

UNA HISTORIA ALTERNATIVA

Nunca ha sido fácil entender a los dioses y menos aún hacerles justicia al relatar sus actos. Dado que lo que ha llegado hasta mis oídos, y que a continuación compartiré con ustedes pudo ser resultado de la intervención de algún dios con oscuros propósitos; ofrezco libaciones y 7 corderos para aliviar la ira que podría provocar mi historia, la cual narra el surgimiento del hombre y su fútil lucha por imitar a los dioses en recrear a los seres vivos.

El hombre como lo conocemos hoy día, es consecuencia del deseo del titán **Prometeo**, uno de los gobernadores de nuestro planeta en aquella era, de crear un ser semejante a él en su figura a partir de la tierra y el agua. Nunca será posible adivinar si Prometeo hizo esto por su necesidad de compañía o por la de servidumbre; lo único que podemos decir con certeza es que no sólo fue nuestro creador, sino nuestro más grande benefactor. Durante la tarea de nuestra creación, Prometeo realizó varios modelos en barro antes de quedar satisfecho con su figura, hasta que finalmente quedó conforme con su creación; una vez que comprobó la perfección de su modelo pidió el auxilio de Atenea, pues sólo ella podía infundir un alma en su figura. Al ver cómo su figura cobró vida tras ser infundida un alma en ella, Prometeo quedó satisfecho; sin embargo, tras un período de tranquilidad se sobrevino la lucha que enfrentó a los titanes y los dioses, siendo los primeros los derrotados. Zeus, quien ahora fungía como el nuevo gobernante supremo repartió los privilegios entre los inmortales, haciendo a un lado a los mortales creados por Prometeo, e incluso llegó a albergar en su corazón el deseo de destruirnos para crear una nueva raza. Sin embargo, Prometeo, quien no había intervenido en la guerra entre los dioses y los titanes al darse cuenta que no obtendría la victoria el bruto sino el astuto, vivió momentos de zozobra, al saber de los planes de Zeus por exterminarnos. Fue por eso que nuestro creador, en un acto deliberado en contra de la voluntad de Zeus, decidió entregarnos el fuego, que robó del mismo Zeus mientras este descansaba junto a Ganímedes. Además del fuego, Prometeo también nos colmó con todas las artes y habilidades que con su uso podían ser aprendidas y finalmente sembró en nuestros corazones ciegas esperanzas consiguiendo de esta forma que no pudiéramos prever nuestro fatal destino.





Fue así como Prometeo, con esta valiente acción, se erigió en nuestro salvador y protector, aún cuando él sabía el ocre destino que implicarían sus acciones. Zeus, observó cómo los hombres mortales no eran ya las bestias estúpidas a las que pensaba eliminar, y rápidamente supo que Prometeo se había interpuesto en su camino. La ira llenó los pensamientos de Zeus, pero éste sabía que siendo Prometeo inmortal, no podría cesar con su existencia, además de que la muerte por sí sola no resultaba en un castigo suficiente. Fue así que Zeus ordenó a Hefesto que lo clavara en el Cáucaso, con la ayuda de Cratos (el Poder) y Bía (la Fuerza), donde habría de permanecer aprisionado por toda la eternidad. No conforme con esto, Zeus además ordenó a un águila que todos los días volara hasta donde se encontraba Prometeo, para lanzarse sobre él y devorarle el hígado, el cual por la noche se regeneraba en la misma medida en que había sido devorado. Este inimaginable sufrimiento continuó hasta que uno de nosotros, Heracles, pasó por el Cáucaso matando al águila con una flecha y finalmente liberando a Prometeo, con lo cual la humanidad pudo devolver aunque fuera en una ínfima parte algo de lo mucho que nuestro creador y protector nos brindó.

Muchos años más pasaron, a pesar de lo cual los hombres en su conjunto, no importando la cultura a la que pertenecían, seguían albergando en su mente y su corazón la historia de su génesis. Un documento que guarda fe de tal hecho es el *Sefer Yetzirah*, libro escrito por el patriarca Abraham y que contiene los secretos mediante los cuales se creó el universo.



Aunque guardado con recelo por obvias razones, unos cuantos privilegiados tuvieron acceso a esta obra, uno de ellos el Maharal de Praga, el Rabí Loew, quien con

la ayuda de su yerno R. Isaac ha-Kohen y su discípulo Ya'a Sazón ha-Levi crearon un **golem** a partir de una figura de barro, a la cual infundieron vida tras una serie de ritos, los cuales concluyeron al escribir en su frente la palabra hebrea *emet* (verdad). El *golem* tenía la intención original de salvar a los judíos de Praga de las libaciones de sangre, lo cual consiguió; sin embargo, terminada su tarea, la figura empezó a cobrar una cuota de sangre sobre aquellos a quienes debía defender. El Rabí Loew, cada vez más apesumbrado por los numerosos testimonios del atroz comportamiento del otrora guardián de su comunidad, comprendió que no había más remedio que terminar con la existencia de su creación. En un valiente acto, el Rabí se presentó ante el *golem*, el cual lo respetó al reconocerlo como su *padre*; y así, acercándose lentamente, Loew colocó su mano sobre la frente de su *hijo*, la acarició, y súbitamente el *golem* cayó muerto a sus pies. Sólo unos cuantos, más tarde, sabrían que el Rabí había borrado la primera letra de la frente del *golem*, dejando así la palabra hebrea *met* (muerte).

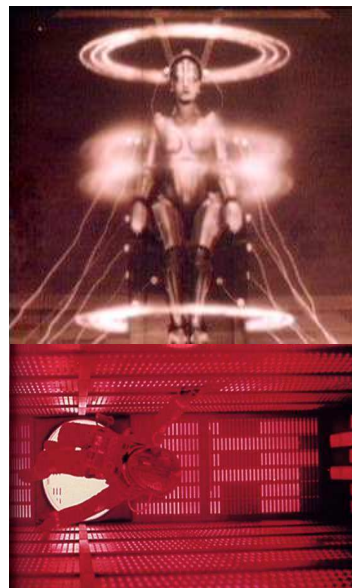


Ni prometeo ni el *golem* fueron olvidados, y años más tarde, tal vez con la intención de fortalecer la lección tristemente aprendida por los judíos de Praga, los dioses inspiraron a Mary Shelley, para que nos narrara en "**Frankenstein** —el prometeo moderno—", la búsqueda del Dr. Frankenstein sobre los orígenes de la vida misma. El Dr. Frankenstein era un gran científico, el cual tras una serie de intentos fallidos, consiguió desentrañar una porción del misterio que acompaña a la vida. Su observación fue simple, descubrió que parte de nosotros no es más que una máquina que, como cualquier otra, requiere de energía para funcionar. El Dr. estaba dispuesto a demostrar que lo que pensaba era correcto, así que tras agrupar las partes indispensables para su 'invento' (brazos, ojos, piernas, etc.) añadió una gran cantidad de energía con la ayuda de un relámpago capturado durante una tormenta. Fue lamentable que el Dr. Frankenstein no concibiera



que su máquina no sólo necesitaba energía para moverse, sino que además para ser completa requería lo que la mismísima Atenea impuso en la figura de barro de Prometeo, el soplo divino, un alma. Los costos por la necesidad del Dr. Frankenstein fueron muy altos, y se tuvo que pagar una nueva cuota de sangre.

Muchas más historias, tal vez sueños premonitores sobre un futuro próximo, o advertencias de los dioses para que no invadamos su terreno, muestran la batalla que podríamos librar con nuestras propias creaciones. Algunos de estos célebres sueños han sido registrados como libros o inclusive en películas como *Metrópolis*, *Yo Robot*, *2001: Odisea del espacio* o *Terminator*. No es difícil imaginar que cuando irrumpimos en los territorios reservados para los dioses, como es el caso de la creación de seres inteligentes, éstos vuelquen su ira en contra nuestra; o bien, que la propia ignorancia de la condición humana, como lo narra Mary Shelley, provoque que nuestros engendros terminen agrediéndonos, aún sin la intervención divina. Oremos, pues, para que en lo sucesivo, seamos cuidadosos y entendamos que estamos entrando en un territorio oscuro, oculto a los ojos de la mayoría; y que en caso de poseer alguno de estos preciados conocimientos deberán ser siempre empleados con suma cautela.



LOS DISTINTOS NOMBRES DE PROMETEO

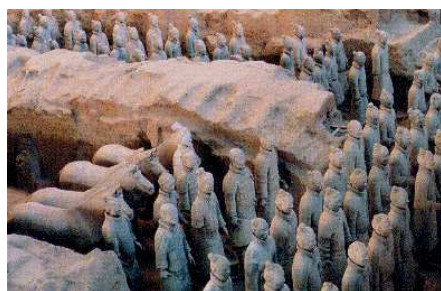
La cibernética, en su concepción moderna¹, se define como la hiperciencia de los mecanismos de control y comunicaciones entre los seres vivos y/o las máquinas. En general, la cibernética se considera como algo de reciente creación; sin embargo, la realidad es muy distinta, ya que si consideramos la definición anterior como válida, podemos observar que su historia se extiende a lo largo de varios siglos; llevándonos inclusive hasta las civilizaciones Griega, China y Egipcia. En esta sección procuraré

¹La palabra cibernética tiene su origen en el vocablo griego *cubernhthz* que significa timonel. Esta misma palabra ya había sido utilizada antes por Platón en el S. V a. C. para referirse a dirigir (mandar o gobernar) un barco, y posteriormente fue empleado por Ampère (S. XIX) para aludir la dirección de un gobierno, y es finalmente utilizada por Wiener, quien le otorga su última acepción.

hacer una exposición sobre algunos de los hombres más importantes en el desarrollo de la cibernética, siempre presentando algún hecho que nos permita descubrirlos no como titanes a la par de Prometeo, sino como hombres, extraordinarios, pero al fin y al cabo hombres.

Para iniciar este recorrido histórico, es importante tratar de desenmascarar la razón que llevó al hombre a desarrollar esta hiper-ciencia. Una posible explicación puede encontrarse en la necesidad del hombre por determinar y comprender las reglas que gobiernan a la naturaleza, y en particular a los seres vivos, para posteriormente dominarlas y así emplearlas en su servicio. Estos intentos por 'simular' la vida, fueron aprovechados en un principio ya fuera para crear juguetes para los personajes predominantes de las sociedades, o bien, para explotar la ignorancia del pueblo, y así legitimar la existencia de algunos de sus dioses y la divinidad de los propios reyes y emperadores debido a su proximidad con éstos.

Un ejemplo de los 'juguetes', creados para satisfacer las demandas de reyes y emperadores, lo encontramos en el imponente tesoro del emperador Chin, del año 206 a. C. Entre los múltiples elementos que lo conformaban se encontró una orquesta mecánica; aunque se debe reconocer que lo más impresionante del tesoro, aunque con poca o ninguna relación con la cibernética, es el ejército de terracota que guardaba la tumba del emperador.

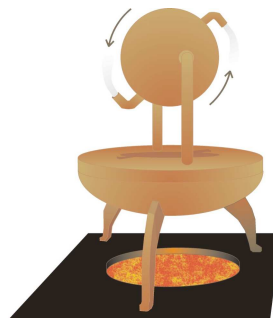


Otra de las primeras 'aplicaciones' de la cibernética se encuentra en Egipto, ya que son numerosos los casos en que los guardianes de entradas a templos y tumbas contaban con mecanismos que hacían que estos emitieran ruidos, atemorizando así a los incautos adoradores, o a los ladrones que profanaban el templo o tumba. Uno de los primeros artefactos realizados en este sentido es una cabeza de madera con forma de un chacal anterior al S. V a. C.; ésta pertenecía a una estatua que 'hablaba' gracias a un mecanismo consistente



en un tubo oculto que descendía desde su boca. El truco cobraba aún más dramatismo al considerar que la estatua representaba al dios egipcio de la muerte, *Anubis*.

El éxito de este tipo de mecanismo siguió siendo explotado, pero pocos consiguieron hacerlo con tanta fortuna como *Hero de Alejandría*. Hero, nacido alrededor del 62 a. C., fue un gran científico griego que se especializaba en matemáticas y física. Entre sus obras se encuentran cursos de matemáticas, física, mecánica y neumática que enseñaba en el museo de Alejandría. Sus dos libros más destacados son su tratado de neumática, donde describe en detalle su máquina de vapor llamada eolípilo², que es una de las primeras máquinas de vapor de que se tenga conocimiento; y en segundo término, su tratado de autómatas, el cual traspasó la barrera del tiempo, sirviendo incluso de inspiración al ingeniero francés del S. XVII Salomón de Caus.



Hero era bien conocido no sólo por sus cátedras, sino por algunos juguetes creados por él tales como aves que cantaban, instrumentos musicales que parecían tocarse solos, y títeres que hablaban. Fue su éxito con éstos últimos lo que convenció al emperador egipcio de que fuera el encargado de construir y diseñar un templo dedicado al dios egipcio del sol, *Ra*. Los egipcios consideraban a *Ra* como el creador de la luz; y creían que el Sol era su cuerpo. Para demostrar su devoción, el emperador ascendía los escalones del templo para agradecer al dios sol por levantarse al amanecer de cada nuevo día.



Ahora bien, Hero, además de científico, tenía algo de embaucador. Con su conocimiento de las máquinas de vapor, elaboró un engaño para toda la nación egipcia, y tuvo bastante éxito. La 'magia' consistió en una serie de cables, poleas y ruedas, que se conectaban a una máquina oculta de vapor. Cuando el templo fue concluido, el *día de la dedicación* fue elegido y una gran multitud se congregó para adorar a su dios, *Ra*. Desconocido incluso por el emperador quien ascendió la escalera esa mañana, la puerta del templo fue diseñada para abrir justo cuando el sol apareciera en el horizonte. Entonces, un ídolo impulsado por una máquina

² El eolípilo consistía en una esfera con puntos de ventilación colocados en extremos opuestos de ésta. El vapor era bombeado dentro de la esfera provocando que girara rápidamente.

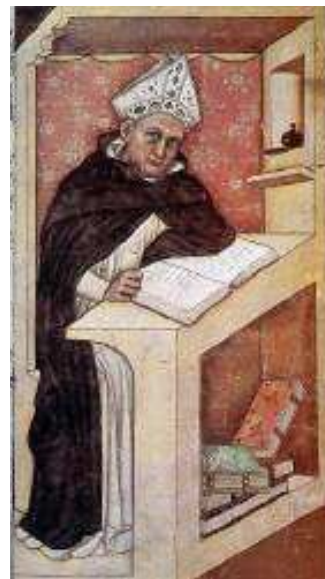
de vapor, se levantaba de su asiento para ver al emperador y su audiencia. En otras palabras, Hero ingeniosamente escenificó un 'milagro'. Cómo reaccionó el emperador a este espectáculo la primera mañana, o por cuanto tiempo Hero fue capaz de engañar a la población antes de que se descubriera el timo, aparentemente se ha perdido en la antigüedad; pero parece ser que fue por mucho tiempo.

A Hero también se le da el crédito por los colosos parlantes que guardaban la entrada al templo de Memnon, hoy en día lo único que se puede observar de este antiguo templo son los colosos. Estos trabajos y muchos otros inspiraron a distintos artesanos y científicos aunque pasaron muchos siglos antes de que algún trabajo fuera digno de compararse con aquellos desarrollados por Hero.



Tal vez el siguiente hombre que impactó fuertemente la historia con sus estudios es **San Alberto Magno**, considerado por la iglesia católica como el patrono de los científicos, fue sin duda el hombre más sabio del siglo XIII. Nace en 1193, siendo el hijo mayor del Conde de Bollstadt, en Swabia, provincia al sur de Alemania; y muere el 15 de noviembre de 1280 en Colonia.

A la edad de 16 años, mientras estudiaba en la Universidad de Padua, se impresionó mucho al conocer un grupo que se hacía llamar 'los hermanos'. Este grupo era liderado por el padre Dominic; pronto el grupo sería conocido como los dominicos, orden a la que más tarde ingresaría. Además de sus estudios en Padua, San Alberto se cultivó en física, filosofía, matemáticas, medicina y teología.



Tras haber completado su educación enseñó en varias universidades; entre ellas la Sorbona de París, donde se veía obligado a dar su cátedra al aire libre, en la que luego se llamaría plaza Maubert (contracción de Magister Albert), porque no había aula en la que cupiesen todos los alumnos que acudían a sus clases. Fue también ahí, donde tendrá como discípulo predilecto a Santo Tomás de Aquino.

Tras este período, fue predicador de la corte pontificia, y más tarde consagrado obispo de Ratisbona. Pero Alberto era un hombre modesto, y prefirió el estudio y la paz de su convento de Colonia, para seguir trabajando en su obra enciclopédica. Ya en su época se le llamó *Doctor universalis*. Se decía de él que era *Magnus in magia, maior in philosophia, máximus in theologia* (grande en la magia, mayor en la filosofía y máximo en la teología).

A él se le atribuye el descubrimiento del arsénico y la construcción de un autómatas humano que hacía las veces de un sirviente, capaz de andar y de hablar, hecho con metal, madera, piel, cera y vidrio; aunque éstos no son sino un par de ejemplos de su vasta creatividad.

Resulta sin embargo curioso que, a pesar de ser un hombre tan culto, fuera capaz de cometer un traspie tan singular como el de considerar que durante la menstruación las mujeres exhalaban por los ojos un vapor nocivo que puede llegar a ocasionar la muerte (conclusión a la que sin duda llegó debido a su ínfima experiencia con las mujeres). Dos siglos más tarde, con el advenimiento del renacimiento, una nueva generación de artistas, genios y científicos fortaleció e incrementó los conocimientos de aquella época. Sin embargo, de entre estos hombres, pocos a la altura de **Leonardo da Vinci**. Hombre de inmensurable creatividad, no sólo como artista, sino también como ingeniero y científico, nació el 15 de abril de 1452 en Vinci, un pequeño pueblo cerca de Florencia y murió el 2 de mayo de 1519 en el Château de Cloux, en Francia.

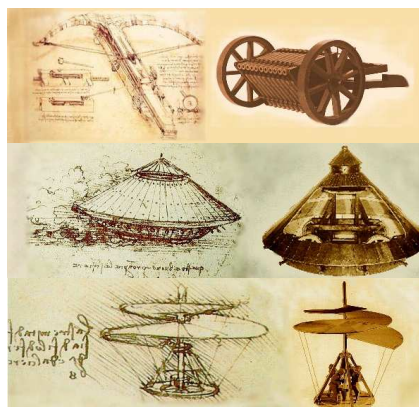


Para mediados de 1460, cuando Leonardo contaba con sólo 12 años, su familia se mudó a Florencia, centro artístico e intelectual de Italia, donde recibió la mejor educación posible. De 1466 a 1472, Leonardo fue pupilo de Verrochio, considerado el mejor pintor y escultor de Florencia en aquella época, después de lo cual continuó su formación en el gremio de pintores de Florencia hasta convertirse en 1478 en un maestro independiente.

Cuatro años más tarde, en 1482, Leonardo entró al servicio del duque de Milán, Ludovico Sforza, como su ingeniero principal en sus numerosas campañas militares; puesto que consiguió tras escribirle una asombrosa carta donde afirmaba que podía construir puentes portátiles, y que conocía las técnicas para construir cañones vehículos

armados, catapultas y otras máquinas de guerra; además de que era capaz de esculpir en mármol, bronce y arcilla. Ya en Milán, lugar donde permaneció al servicio de la familia Sforza hasta diciembre de 1499, Leonardo realizó distintos diseños de máquinas voladoras que le permitirían al hombre viajar por el aire. Pero ni el genio de Leonardo pudo evitar la derrota de los Sforza a manos de las fuerzas francesas con lo que Leonardo se vio obligado a huir de Milán.

Durante los siguientes 16 años, Leonardo viajó por Italia, pasando la mayor parte de su tiempo en Florencia y Roma. Fue justamente a Florencia donde regresó tras salir de Milán, y fue ahí donde Leonardo continuó desarrollando planes sobre máquinas voladoras que tomaban en cuenta las observaciones que había realizado el propio Leonardo sobre el vuelo de las aves. Años más tarde (entre 1514 y 1516) estableció su residencia en Roma al conseguir el patronato del príncipe Giuliano el Magnífico, hermano del Papa León X.



En ese período Leonardo desarrolló diversos juguetes mecánicos para el príncipe Giuliano. Pero también en ese período Leonardo realizó sus asombrosos estudios sobre la anatomía humana; lo que le permitió ser uno de los primeros en comprender el funcionamiento del sistema circulatorio. Lamentablemente, en aquella época no se veía con buenos ojos el que incluso un hombre como Leonardo disectara cadáveres humanos, por lo que el Papa le prohibió continuar con esa actividad. Este hecho, junto con la posibilidad de que Leonardo fuera homosexual estuvo a punto de enfrentarlo a la Inquisición, aunque finalmente evadió el juicio gracias a la intervención de sus protectores.

Al verse imposibilitado a emplear cadáveres humanos, Leonardo prosiguió sus estudios en los órganos de animales que observaba en las carnicerías. Los estudios en anatomía de Leonardo llaman aún más la atención debido a que Leonardo da Vinci era estrictamente vegetariano, al grado de llamar a los omnívoros “devoradores de cadáveres”.

Ya para el S. XVII, un nuevo Prometeo apareció en escena. **René Descartes**, creador de la corriente filosófica llamada cartesianismo (por su nombre en latín *Renatus Cartesius*) y considerado el padre de la



filosofía moderna realizó además contribuciones significativas como científico y matemático. Nació en La Haye, Touraine, Francia el 31 de marzo de 1596 y murió a los 53 años, el 11 de febrero de 1650, después de que un resfriado se le complicara hasta convertirse en neumonía durante su estancia de un año en Estocolmo; lugar al que se había mudado para ser el instructor de la Reina Cristina de Suecia.

Formado en una iglesia jesuita y católico a lo largo de su vida fue un pensador incansable que empleaba la duda como su principal herramienta. Generalmente reconocido por su famosa conclusión "pienso, luego existo" ("*cogito, ergo sum*"), Descartes defendió la idea de que la mente y el cuerpo eran dos entidades separadas (dualismo); donde el cuerpo no era sino una máquina muy elaborada, mientras que la mente es esencialmente algo inmaterial, idea todavía defendida por algunos de los representantes más importantes de la Inteligencia Artificial en nuestros días y que claramente recuerda lo expuesto por los griegos el mito de Prometeo. Lo anterior se puede apreciar de la lectura de los siguientes argumentos:

"Yo digo (decía Descartes), que estas funciones imitan perfectamente las del hombre real y que son consecuencia natural en esta máquina de la disposición de los órganos; como son provocados los movimientos de un reloj u otro autómata, por el arreglo de sus contrapesos y engranes. Por lo tanto no es necesario, concebir cualquier alma sensitiva o vegetativa o cualquier otro principio de movimiento y vida además de su sangre y sus espíritus, agitados por el calor del fuego que arde continuamente en su corazón y el cual no tiene otra naturaleza distinta a la de todos aquellos fuegos que ocurren en los cuerpos inanimados".

Todo esto en referencia al cuerpo, donde Descartes no hacía distinción entre el hombre, un animal o una máquina; sin embargo, respecto a la mente (la cual sólo concedía a los hombres) decía que:

"Tales personas mirarán este cuerpo como una máquina hecha por las manos de Dios, la cual está incomparablemente bien ordenada, y se adecua a los movimientos mejor que cualquier máquina de invención humana. Cuando tales máquinas fueran réplicas exactas en órganos y apariencia exterior a un mono o cualquier otro animal irracional, no tendríamos medios para saber que son diferentes en algún aspecto a los animales, pero si estas máquinas imitaran la imagen de nuestros cuerpos

y nuestras acciones hasta donde es moralmente posible, aún quedarían dos pruebas decisivas para saber si realmente es un hombre. De éstas la primera es que éstos nunca podrían usar palabras u otros signos en la manera ordenada que nosotros las empleamos para declarar nuestros conocimientos a otros³. La segunda prueba es, que aunque tales máquinas podrían realizar muchas cosas con igual o tal vez incluso mayor perfección que nosotros, éstas, sin duda alguna, fallarían en algunas otras de las que se descubriría que no actuaron a raíz de un conocimiento, sino exclusivamente a partir de la disposición de sus órganos. De nuevo, a través de estas dos pruebas podemos distinguir la diferencia entre los hombres y los brutos”

Empero, resulta curioso observar como un hombre con una mente tan ágil y aparentemente incansable, no era capaz de levantarse de su cama antes del mediodía, con lo que se ganó la reputación de perezoso.

No obstante, Descartes consiguió como muy pocos el reconocimiento de su gente en vida; para ejemplificar esto basta con señalar que 12 años después de su muerte en Estocolmo, su cuerpo fue exhumado para ser llevado de vuelta a París. Sin embargo, al llegar el cuerpo se observó que no contaba con el dedo índice; aparentemente la ‘reliquia’ la conservó el embajador de Francia en Estocolmo para sí, alegando la admiración que sentía por el filósofo y diciendo que quería tener el dedo que había escrito las palabras *cogito, ergo sum*. Pero según parece, a los restos de Descartes les faltaba algo más que el dedo índice pues durante el viaje, un capitán de la guardia sueca encargada de custodiar los restos de Descartes cambió el cráneo del genial filósofo por otro. Así, se ha sabido después que el cráneo del filósofo René Descartes fue de coleccionista en coleccionista hasta que cayó en manos del zoólogo francés Georges Cuvier (Montbéliard, 1769-París, 1832), a quien se lo había ofrecido el químico sueco Jöns Jacob Berzelius (Värfversunda Sörgård, 1779-Estocolmo, 1848).

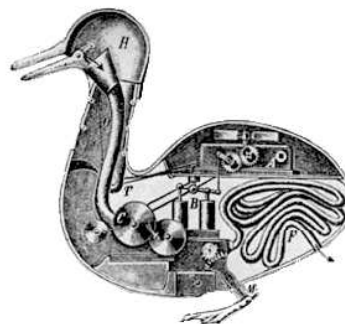
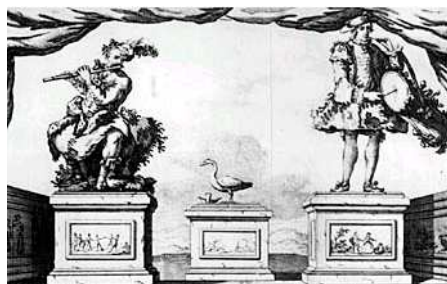
Impulsados por las ideas de Descartes, otros hombres se dieron a la tarea de imitar los “elementos mecánicos” que permitían al hombre y a los animales vivir. Probablemente el que tuvo mayor éxito fue **Jaques de Vaucanson**, quien nace en Grenoble, Francia, el 24 de febrero de 1709 y con casi 74 años muere en Paris, el 21 de noviembre de 1782. Vaucanson se formó en la Universidad Jesuita de Grenoble, lugar al

³ Esta idea básicamente es la misma que presentó Turing 3 siglos más tarde y que será expuesta un poco más adelante en esta sección.

que ingresó en 1725; fue ahí donde además inició su formación como religioso. Vaucanson fue uno de esos hombres que son capaces de combinar una gran variedad de talentos e intereses. Se dice que mientras estaba en el seminario, Vaucanson construyó una serie de ángeles mecánicos en un taller improvisado. Después de que el líder de la orden cerró su taller, Vaucanson abandonó sus votos y se dirigió primero a Lyon y después a París. Fue ahí donde comenzó su entrenamiento médico, así como sus estudios en mecánica y música. Como resultado de sus estudios Vaucanson comenzó a trabajar en una “anatomía móvil” del cuerpo humano; dispositivo concebido para brindar ayuda en el entrenamiento y la investigación médica. Voltaire describió el plan de Vaucanson para:

“...crear una figura automática cuyos movimientos fueran una imitación de todas las operaciones de un animal, tales como la circulación de la sangre, respiración, digestión, el movimiento de los músculos, tendones, los nervios entre otros. Él argumenta que usando este autómatas seremos capaces de llevar a cabo experimentos en las funciones animales, y llegar a conclusiones a partir de las cuales seremos capaces de reconocer los diferentes estados de la salud humana, y así remediar sus enfermedades. Esta ingeniosa invención, de representar un cuerpo humano, será usada eventualmente para propósitos de demostración en cursos de anatomía.”

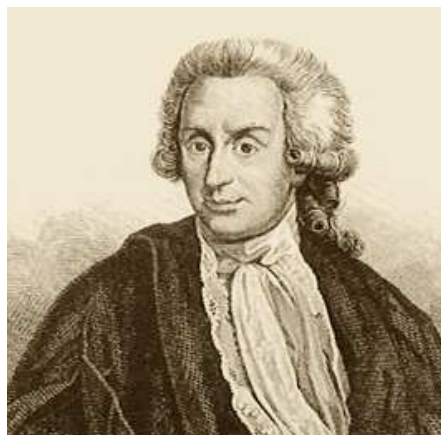
Su proyecto, como es lógico, nunca se concluyó, pero Vaucanson construyó 3 autómatas que gozaron de enorme popularidad y cuya exhibición le resultó bastante lucrativa. En 1738 construyó “el flautista”, un autómatas mecánico capaz de interpretar diferentes melodías y el cual movía los dedos en forma realista sobre los agujeros de la flauta mientras parecía que soplabla a través de la boquilla. Un año más tarde construyó “el tamborilero”. El tamborilero interpretaba varias melodías tocando un pequeño tambor con una mano mientras tocaba la flauta con la otra. Sin embargo, su autómatas más famoso fue “el pato”. Considerado por algunos el autómatas más famoso en la historia, el pato no sólo era capaz de imitar los movimientos



de un pato, sino que además podía beber, comer e incluso “digerir”.

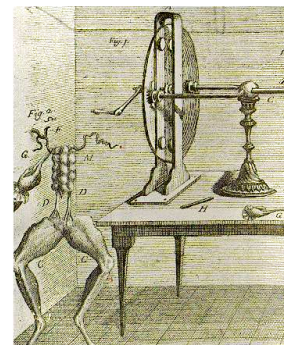
Vaucanson siempre fue un hombre reservado y tímido, como lo demuestra la anécdota que narra como Madame du Deffand⁴, tras una conversación con él, sólo consiguió arrebatarle unos cuantos monosílabos (lo cual era un hecho virtualmente imposible tratándose de una charla con Mme du Deffand), a lo cual concluyó que “pensaba que él mismo se había inventado”.

Para la misma época en que Vaucanson estaba realizando sus autómatas otro hombre concentraba sus esfuerzos en tratar de desentrañar los misterios del origen de la vida al más puro estilo del Dr. Victor Frankenstein. **Luigi Galvani** nace el 9 de septiembre de 1737 y muere el 4 de diciembre de 1798 en Bolonia, Italia. Hombre de profundas convicciones religiosas, abandonó su idea original de ordenarse sacerdote accediendo a las petición de



su padre de que se convirtiera en médico; obteniendo su título de la Universidad de Bolonia en 1759 y 3 años más tarde consiguiendo el grado de doctor en medicina. Ese mismo año se casó con Lucía, hija del Dr. Galeazzi, uno de sus profesores. Lucía fue su única compañera a lo largo de 30 años, no tuvieron hijos y sólo la muerte de Lucía los separó. Fue designado profesor de anatomía en la Universidad de Bolonia y profesor de obstetricia del Instituto de Ciencias y Artes. Originalmente Galvani orientó sus investigaciones hacia la anatomía comparativa, pero para principios de la década de 1780 se concentró en la electrofisiología o “electricidad animal” que fue el término que acuñó para sus estudios.

Su interés por la electricidad animal fue consecuencia de una observación accidental, al ver que las ancas de una rana disectada se movían al llegar al nervio crural unas chispas que provenían de un escalpelo cerca de una máquina electrostática que había adquirido. Ahora bien, existe otra versión en que se habla de que el descubrimiento ocurrió a raíz de que Lucía, su



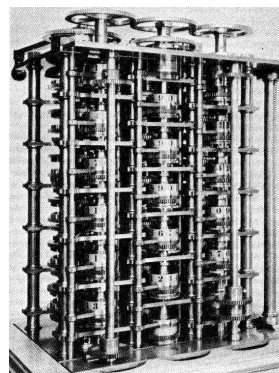
⁴ Madame du Deffand, o la Marquesa de Deffand fue probablemente la mujer más inteligente y la que peor carácter tenía entre las *salonnières*. Era una mujer orgullosa, cínica y abiertamente egoísta dueña de un salón en París muy socorrido por los científicos, inventores, escritores y cualquier hombre que se preciara de ser culto en aquella época.

mujer, asustada al ver cómo las ancas de rana que estaba por preparar para la comida se movían, llamó a Galvani, quien tras una serie de observaciones comprendió que esto se debía a que las ranas estaban colgando de un alambre de cobre cargado con suficiente de electricidad estática (la verdad es que aunque cómica, en lo personal considero poco verosímil esta versión). En 1791, después de once años de trabajo y tras una serie de ingeniosos experimentos en que relacionó la electricidad con el movimiento de las ancas publicó sus descubrimientos en "*De Viribus Electricitatis in motu musculari commentarius*" (Comentarios sobre el efecto de la Electricidad en el Movimiento Muscular). En su libro concluyó que el cuerpo contenía una fuerza vital innata a la que llamó "electricidad animal", distinta de los otros "tipos" de electricidad. Galvani consideraba que el cerebro era el generador de esta fuerza, y que los nervios hacían fluir esta energía hacia los músculos. En general sus tesis fueron aceptadas pero, otro grande de su época, Alessandro Volta no coincidió por completo. Sin embargo, ambos eran auténticos científicos y sus distintos puntos de vista no concluyeron en una enemistad entre ellos, por el contrario, esto fomentó una mayor y más profunda investigación que le permitió a Volta sentar las bases para su pila voltaica.

Durante los últimos años de su vida Galvani sufrió como consecuencia de sus convicciones, ya que al negarse a jurar fidelidad a la nueva República Cisalpina establecida por Napoleón, perdió su puesto en la facultad y con él su salario. Galvani se refugió con su hermano Giacomo, en la casa donde pasó su infancia; entristecido y sin dinero muere pocos años más tarde.

Ya para esta época se habían realizado diversos avances significativos en cuanto a la cibernética; ahora bien, hasta ese momento la mayoría de los pensadores se concentraban en los medios que les permitieran imitar la naturaleza y no en los métodos y mecanismos que consiguieran ofrecer nuevos medios para agilizar cálculos matemáticos; que finalmente se consideraban como una línea de pensamiento o como un lenguaje para representar el conocimiento.

Tal vez el primer gran investigador que trabajó en esta línea fue **Charles Babbage**, actualmente considerado el "padre de la computación" debido a sus contribuciones en el diseño básico de la máquina diferencial y su posterior máquina analítica. Nació el 26 de diciembre de 1791 y murió tras una vida inusualmente longeva en aquella época el 18 de octubre de 1871 en Londres, Inglaterra. Tras una infancia y una juventud enfermiza que pasó en escuelas privadas o bajo la atención de tutores particulares



ingresó a la Universidad de Trinity, Cambridge, concluyendo sus estudios en Peterhouse en 1814. Durante su preparación profesional funda en 1812 la Sociedad Analítica, espacio donde inicia a idear la construcción de máquinas que permitirían generar mejores tablas de logaritmos, ya que las existentes en aquella época contaban con una infinidad de fallas debidas a deficiencias humanas en su cálculo y su transcripción. La idea de Babbage de crear dichas máquinas fue claramente influenciada por la intención del gobierno francés instado por De Prony de mejorar las tablas logarítmicas y trigonométricas empleando equipos de personas para dicho propósito. Babbage estaba en desacuerdo pues argumentaba (correctamente) que una máquina ahorraría los costos de la gente que calcularía las tablas, además de que éstas serían exactas. Así que para 1819 inició la construcción de una pequeña máquina de diferencias concluyéndola en 1822. Los resultados de su invención fueron reportados en un artículo de la Real Sociedad Astronómica el 14 de junio de 1822, sociedad a la que él pertenecía; resulta curioso saber que a lo largo de su vida Babbage fue miembro distinguido o incluso fundador de diversas sociedades⁵; y sin embargo consideraba que las sociedades de la época eran: *"... un grupo de hombres que se eligen entre si para dirigir una oficina y después cenar juntos a expensas de la sociedad criticando entre ellos el vino y dándose medallas"*. Pero aún más irónico resulta que justamente en una reunión donde Babbage se hizo merecedor a una medalla de oro por parte de la Real Sociedad Astronómica conociera al Canciller del Ministerio de Hacienda, al cual acudió en busca de fondos para el desarrollo de una máquina diferencial más grande. Inicialmente recibió £1,500 libras y comenzó a trabajar en su máquina la cual consideró que terminaría tras 3 años. Esta máquina calcularía fácilmente todas las tablas que De Prony había estado calculando, además de que contaría con una impresora que presentaría automáticamente los resultados. Sin embargo, la construcción se desarrolló más lentamente de lo esperado, consecuencia en buena medida de las continuas mejoras que Babbage quería incluir sobre sus diseños previos; y consecuentemente, para 1827 los gastos excedieron lo programado, a esto se añadió un sin fin de infortunios para Babbage, ya que en ese mismo año su padre, su esposa y dos de sus ocho hijos murieron, viéndose su propia salud muy minada, lo que le impidió que continuara con el proyecto hasta un año más tarde ya que se vio forzado a viajar a la Europa Continental para recuperar su salud.

A su regreso, Babbage fue hecho profesor de Matemáticas en Cambridge, posición que mantuvo durante 12 años a pesar de que nunca dio clases. La razón por la que

⁵ Por citar algunas de estas podemos mencionar que miembro fundador de la Sociedad de Analítica en 1812; la Real Sociedad Astronómica, en 1820 y la Real Sociedad de Estadística, en 1834; además, fue nombrado miembro por la Real Sociedad de Londres, en 1816 y de Edimburgo, en 1820.

mantuvo este prestigioso cargo a pesar de no cumplir con sus deberes es que para aquel entonces él estaba absorto en la mayor pasión de su vida, el desarrollo de computadoras mecánicas. Babbage continuó requiriendo fondos provocando que tanto el Canciller del Ministerio de Hacienda como otros miembros del gobierno realizaran inspecciones sobre los avances en la máquina. Para 1830 el gobierno había financiado el proyecto con £7,500 libras más. Cuatro años más tarde, los trabajos en la máquina de diferencias aún no se concluían, y el gobierno decidió detener el proyecto tras haber invertido £17,000 más £6,000 que el mismo Babbage financió con su propio dinero. Durante los siguientes 8 años (1834-1842) el gobierno no realizó ninguna decisión sobre si el proyecto debía seguir o no; hecho provocado por el mismo Babbage que ahora pedía al gobierno abandonar el desarrollo de esta máquina a favor de una nueva, la máquina analítica, de la cual ya contaba con los primeros bosquejos para 1834.

A pesar de que la máquina analítica nunca avanzó más allá de los planos, es notablemente similar a los componentes lógicos de la computadora de hoy en día. Babbage describió cinco componentes lógicos: el almacén, el molino, el control, la entrada y la salida. El almacén contenía todas las variables sobre las que se operaría, así como todas las cantidades que surgieran como resultado de las operaciones; en total podía contener 1000 números, cada uno de 50 dígitos, aunque Babbage diseñó la máquina para contener un almacenamiento infinito ya que se podían leer tarjetas perforadas que contuvieran datos siempre que fuera necesario.

El molino sería el lugar donde se adquirirían las cantidades sobre las cuales se operaría. El control en la secuencia de operaciones sería llevado a cabo por un dispositivo similar al telar de Jacquard que funcionaba a partir de tarjetas perforadas las cuales contenían el programa de una tarea particular. A pesar de lo prometedor de su idea, Babbage decidió después de una serie de intentos fallidos no insistir en obtener fondos del gobierno tras de sus experiencias con la máquina de diferencias.

Después de una visita, en 1840, a Turín donde discutió sus ideas con matemáticos del lugar, recopiló varios artículos en particular de Menabrea que le ayudaron a describir la máquina analítica, publicando sus resultados en 1842. [Lady Ada Lovelace](#), hija de Lord Byron —el poeta—, quien se había convertido en colaboradora de Babbage desde 1833, tradujo los artículos de Menabrea al inglés añadiendo varias anotaciones importantes al texto original, donde describía cómo programar la máquina analítica. En 1851 Babbage se resignó a no construir la máquina analítica tras llegar a la conclusión de que su dinero no sería suficiente para concluir su proyecto.

Para el momento de su muerte en 1871, quizá por el poco aprecio que le guardaba la gente⁶, o tal vez porque la humanidad no entendió en ese momento lo que aportó a la historia, sólo el carruaje de la Duquesa de Somerset acompañó la procesión fúnebre que llevó sus restos al Cementerio de Kensal Green. Después de su lamentable deceso sólo dos hombres, Clifford y Cayley se dirigieron a la Asociación Británica para que se llevara a cabo la construcción de la máquina analítica ya que en su opinión "...su exitosa realización podría marcar una época en la historia de la computación igualmente memorable a la introducción de los logaritmos...". Esto claramente fue una subestimación ya que la construcción de las computadoras modernas, similares en lógica al diseño de Babbage, han cambiado por completo a las matemáticas y no es ninguna exageración decir que han cambiado al mundo.



Por otro lado, se debe señalar que tristemente la ineptitud de Babbage para relacionarse con la gente llegaba a equipararse con su genio para las matemáticas. Babbage era un misántropo excéntrico, que se ganó con creces el aborrecimiento de la gente; consideremos por ejemplo su odio a la música. En realidad Babbage no odiaba todas sus formas, en las palabras de la misma Lady Lovelace, él toleraba las formas más exquisitas de la música, pero aborrecía cómo se practicaba ésta en las calles. Éstas "tonterías callejeras" lo llevaron a



escribir varias cartas al Times y eventualmente consiguió, a través de sus influencias, políticas que se prohibieran dichas tonterías (la música callejera) por algún tiempo, pues estimó que el 25% de su trabajo había sido destruido como consecuencia de tales actos.

⁶ Al grado de que la revista *The Times* lo ridiculizó al momento de su muerte; mientras que en 1908 (a sólo 37 años de su muerte), Sir Victor Horsley de la Real Sociedad, tuvo que recordarle al Consejo que Babbage había sido un "pensador muy profundo" para que le permitieran disectar su cerebro.

Sin embargo, su actitud provocó que fuera objeto de burla por parte del pueblo. Tras darse fin a la prohibición, el pueblo lo atormentó con un desfile sinfín de violinistas, predicadores fanáticos y personas en zancos que eran contratados por terceros para actuar frente a su casa, todo esto mientras a su domicilio eran arrojados gatos muertos y otros “materiales ofensivos” entre muchas otras “tonterías”. Hubo incluso quien contrató una banda militar que tocó por 5 horas frente a su casa con sólo una pequeña interrupción, mientras que alguien más contrató a un flautista para que tocara frente a la ventana que daba a su jardín por media hora diaria durante “varios meses”. Cuando Babbage salía, los niños lo maldecían, mientras que los adultos lo seguían a una distancia prudente. Se cuenta que en alguna ocasión un grupo de más de cien personas lo persiguió hasta que encontró un policía que dispersó a la turba.

Otra de las excentricidades de Babbage se hace notar en su insaciable necesidad de datos. Babbage almacenaba los datos con la simple idea de que podrían llegar a serle útiles en algún momento. Su hambre por información se puede ver reflejada por ejemplo en el control que llevaba de la comida que consumían los animales en el zoológico, en las tablas que realizó para estimar la cantidad de madera que un hombre podría ver en 10 horas, en su artículo “Tabla de la frecuencia relativa en las causas por las que se rompen vidrios de las ventanas” el cual detallaba 464 accidentes; o en su fascinación por las carreras de caballos, hecho por el cual estuvo a punto de llevar a la desgracia a Lady Lovelace, debido a sus deudas en las apuestas de caballos pues consideraba que podía matemáticamente predecir los resultados (investigación en la cual evidentemente fracasó). Incluso llegó a argumentar que los milagros no eran violaciones de la naturaleza, sino más bien irregularidades programadas por Dios en ésta, concluyendo por ejemplo que la probabilidad de que un hombre resucitara era de 1 en 10^{12} .

Ya en el S. XX, tres son los nombres más fuertemente asociados con la cibernética, Norbert Wiener, John von Neumann y Alan Turing.

Norbert Wiener nace el 26 de noviembre de 1894, en Columbia, Mo., EEUU y muere el 18 de marzo de 1964 en Estocolmo, Suecia. Es considerado el **padre de la cibernética** por ser el primero en utilizar esta palabra en su concepción moderna. Hijo de Leo y Berta Wiener, un par de inmigrantes de origen judío, Norbert Wiener pasó sus primeros años en continuo movimiento, debido a los varios cambios de domicilio de su familia. Afortunadamente para Wiener, esto no atrasó su formación



académica, ya que su padre era un hombre con una habilidad intelectual inusual y una gran determinación, por lo que decidió hacerse cargo personalmente de la educación elemental de su hijo. Eventualmente, la familia logró establecerse en el pueblo rural de Harvard, después de que su padre consiguiera un empleo como profesor de lenguas eslovacas y literatura en la Universidad de Harvard. Norbert aparentemente disfrutaba de la vida en el campo y recibió su primera instrucción regular en la preparatoria del pueblo vecino de Ayer. En 1906 ingresó a la Universidad de Tufts, de la cual se graduó en 1909 con un grado en matemáticas a los 14 años. La biología lo fascinaba, y pasó un año en Harvard haciendo un postgrado en zoología, pero desistió tras comprender que no era apto para el trabajo en laboratorio.

Por sugerencia de su padre, comenzó a estudiar filosofía, y completó su Doctorado en Harvard para 1913 (a los 18 años), con una disertación en lógica matemática. Gracias a una beca para sus estudios postdoctorales de esa misma institución, Wiener emprendió un viaje que lo llevó primero a Inglaterra, a estudiar lógica matemática en la Universidad de Cambridge bajo la tutela del filósofo y matemático Bertrand Russell, durante este período publicó su primer artículo en la revista *Messenger of Mathematics*. Poco después, tras la decisión de Russell de viajar a Harvard para pasar ahí el semestre de primavera, Wiener decide ir a la Universidad de Göttingen, en Alemania, para así estudiar con David Hilbert, uno de los más grandes y versátiles matemáticos de su tiempo. Por consejo de Bertrand Russell, Wiener inició un estudio serio sobre las matemáticas en general, siendo fuertemente influenciado por el teórico matemático inglés G. H. Hardy, a quien llamó su “maestro en el entrenamiento matemático”, y en menor grado por Hilbert.

Una vez que concluyó el período en que Russell se ausentaría, Wiener intentó regresar a Cambridge, sólo para descubrir que la Universidad se encontraba cerrada como consecuencia del inicio de la Primera Guerra Mundial, hecho que lo hace regresar a América. Una vez de regreso en el nuevo mundo, Wiener trató de enlistarse en el ejército pero fue rechazado por su pobre vista. A pesar de esto, una invitación por parte de Oswald Veblen, de Princeton, para formar parte del grupo del campo de pruebas en balística en Aberdeen, donde probarían nuevo equipo militar y calcularían tablas que tomaran en cuenta el ángulo de elevación, el tamaño de la carga y otros factores, le permitió ser parte del conflicto. Wiener parecía disfrutar estas “aplicaciones prácticas de las matemáticas” y posteriormente esta experiencia le sirvió para sus investigaciones durante la Segunda Guerra Mundial.

Al finalizar la guerra, Wiener esperaba que Veblen lo invitara para trabajar con él en Princeton, donde estaba conformando el departamento de Matemáticas; sin embargo, la invitación nunca llegó, hecho que motivó que Wiener probara con una variedad de ocupaciones, pero en todas fue infeliz; enseñó en la Universidad de Maine y fue miserable; fue escritor para una enciclopedia, aprendiz de ingeniero y hasta periodista. Finalmente, en 1919, fue contratado como instructor por el departamento de matemáticas del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), departamento sin una importancia real en aquella época, pero a pesar de esto aceptó el empleo. Esta resultó ser la decisión adecuada para Wiener, ya que inició para él un período sumamente productivo, justo al mismo tiempo que el MIT empezó a desarrollarse como un gran centro de enseñanza en ciencia y tecnología. Wiener permaneció en la facultad del MIT, y eventualmente se convirtió en uno de sus miembros más famosos, hasta el día en que se retiró.

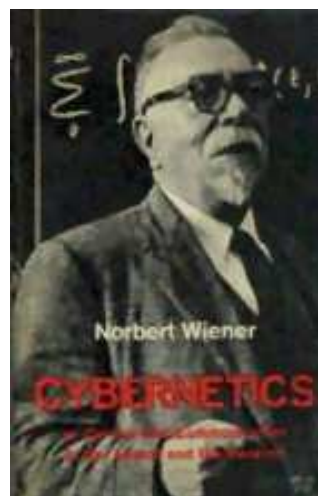
Los años entre 1920 y 1930 fueron también de grandes cambios en su vida personal. En 1926, después de una relación de varios años, se casó con Margaret Engemann, con quien tuvo dos hijas y con ellas a su lado emprendió varios viajes durante esa década. También en esa época Wiener realizó trabajos fundamentales e innovadores en lo que ahora son llamados procesos estocásticos, en particular, en la teoría del movimiento Browniano (que es, la construcción de una descripción matemática rigurosa de un proceso físico que es sujeto a cambios aleatorios) y del análisis generalizado de armónicas (que es, el análisis de funciones en componentes periódicos y las generalizaciones de tal análisis) así como un importante trabajo en otros problemas de análisis matemáticos.

En 1933 Wiener conoció **Arturo Rosenblueth**, fisiólogo mexicano que estaba llevando a cabo una serie de seminarios interdisciplinarios en la Escuela de Medicina en Harvard. Desde el principio, se llevaron muy bien, e incluso Wiener consideró a Rosenblueth como su mejor amigo ya como adulto. El trabajo conjunto permitió a Wiener estableció una relación entre los sistemas fisiológicos y mecánicos (particularmente para el papel de la retroalimentación); además se considera que a raíz de esta interacción con Rosenblueth, Wiener concibió el concepto de cibernética.



Durante la Segunda Guerra Mundial Wiener trabajó en un control de armas de fuego, para el problema de apuntar a blancos móviles. Las ideas que de ahí surgieron guiaron a la extrapolación, interpolación y suavizado de series de tiempo en estado estacionario y apareció primero como un reporte clasificado. El artículo fue muy importante ya que estableció como coautores a Wiener y el matemático Ruso A. N. Kolmogorov de la teoría sobre la predicción de series estacionarias de tiempo. Ahí también se establecieron ciertos métodos estadísticos para control y comunicaciones ejerciendo como resultado una gran influencia en ambas áreas.

Una vez concluida la Segunda Guerra, Wiener comenzó a formalizar algunos conceptos que concibió en primera instancia con Rosenblueth y después extendió con Kolmogorov. El resultado fue la aparición, en 1948, de su libro "*Cybernetics: Control and Communication in the Animal and the Machine*", el cual fue extremadamente popular considerando que es un libro científico. Gracias a esto se dio a conocer en una comunidad científica mucho más amplia. Wiener trabajó en cibernética, filosofó sobre ella, y la promovió por el resto de su vida, sin abandonar sus investigaciones en otras áreas de las matemáticas.



Escribió muchos otros libros, dos de los más destacados son *The Human Use of Human Beings* (1954), donde discutía las implicaciones matemáticas de asuntos privados y públicos, y *God and Golem Inc.*, donde comenta el impacto de la cibernética sobre algunos puntos de la religión.

Este hombre, incluso galardonado con la Medalla Nacional de Ciencias en 1964, que le fue entregada por Lyndon B. Johnson, fue también el arquetipo del "profesor distraído". Incluso se narra cómo su esposa Margaret, cuando se mudaron de Cambridge a Newton, sabiendo que Wiener sería completamente inútil para la mudanza, lo envió al MIT mientras ella la dirigía. Pero además, Margaret estaba segura de que Wiener habría de olvidar que se habían cambiado de domicilio y donde estaba localizado su nuevo hogar, así que le escribió la dirección en un papel que le entregó. Naturalmente, durante el día, una idea le vino a la mente, así que tomó el primer papel que encontró en sus bolsillos, garabateó en él



algunas notas, repensó lo que había escrito, y al darse cuenta que era falso lo que se le había ocurrido tiró el papel (que por supuesto era el que contenía la dirección). Al final del día, como es de suponerse, se dirigió a su viejo hogar en Cambridge; sólo para darse cuenta que su familia se había mudado. En un momento de inspiración, supuso que sería una buena idea preguntarle a una joven que vio en la calle si sabía a donde se había mudado. Lleno de determinación, Wiener se aproximó y preguntó: "Disculpe, quizás usted me conozca. Soy Norbert Wiener y recién me mudé. ¿Por casualidad sabrá a donde?" A lo cual la joven respondió: "Sí papá, mi mamá supuso que se te olvidaría". Aunque la hija de Wiener dijo que la historia es bastante aproximada salvo por el hecho de que su padre nunca olvidó quienes eran sus hijos.

A la par de Wiener está otro hombre cuyo aporte a la cibernética es invaluable, **John von Neumann**, quien nace el 28 de diciembre de 1903 en Budapest, Hungría; muriendo el 8 de febrero de 1957 en Washington, D.C., EE.UU. Fue el mayor de 3 hijos varones de padres judíos. Su padre, Miksa, fue un exitoso abogado que fungía como director del *Magyar Jelzalog Hitelbank*, uno de los bancos más importantes de Hungría, y su madre era la hija de un poderoso comerciante de la época. Su nombre original era *Margittai Neumann János* pero cambió a Von Neumann después de que su padre comprara un título nobiliario (que para la época era más apreciado que la riqueza), razón por la que se incluye el *von* en su nombre. Al establecerse en EEUU su nombre cambió una vez más, ahora de János a John.



Desde temprana edad John manifestó una memoria fotográfica, así como una pasmosa habilidad para las matemáticas y los idiomas, de lo que se desprenden una serie de anécdotas. Se dice por ejemplo que desde temprana edad aprendió francés, alemán, griego clásico, latín y húngaro, lo que le permitía a los 6 años bromear en griego con su padre. También se cuenta que a esa misma edad ya era capaz de dividir mentalmente dos números cualesquiera de 8 dígitos y que divertía a los invitados de sus padres aprendiéndose alguna página de la guía telefónica con sólo leerla para después responder a las preguntas que le hicieran sobre los nombres, direcciones, teléfonos, etc. que aparecían en ésta. Su avance fue continuo y para los 8 años ya dominaba el cálculo y a los 12 había leído y entendido la "Teoría de las Funciones" de Borel.

A los 10 años Von Neumann ingresó al Colegio Luterano, que era entonces una de las 3 escuelas más respetadas de Hungría. Casi inmediatamente, Laszlo Racz, uno de

sus profesores visitó a Miksa para informarle sobre el talento excepcional de John para las matemáticas, sugiriéndole que contratara un tutor particular para que pudiera desarrollarlo más allá de lo que la escuela permitiría. Con la autorización paterna, Racz contactó al profesor Jozsef Kurschak, de la Universidad de Budapest, quien hizo los arreglos para que un joven profesor llamado Michael Fekete se hiciera cargo del joven prodigio. Durante los siguientes 8 años las tutorías continuarían, produciendo eventualmente la publicación del primer artículo de Von Neumann con Fekete, cuando el primero no se había graduado todavía de la preparatoria (a los 18 años de edad). De tal forma que a nadie sorprendió que Von Neumann obtuviera el premio *Eotvos* por ser el mejor estudiante de matemáticas y ciencias de su escuela.

Para 1921 ingresó a la Universidad de Budapest, muy a pesar del estricto límite en el número de estudiantes judíos que podían hacerlo, para hacer estudios en matemáticas. Sin embargo, su padre no quería que estudiara matemáticas, por pensar que con dicha profesión no obtendría grandes ingresos, así que Von Neumann decide estudiar ingeniería química, inscribiéndose para ello a la Universidad de Berlín sin darse de baja de la Universidad de Budapest. En Berlín asiste a las clases de Química de Fritz Haber, asiste también a la clase de mecánica estadística de Albert Einstein y es influenciado por el matemático Erhard Schmidt. En 1923 von Neumann decide inscribirse a la prestigiosa *Eidgenossische Technische Hochschule* (ETH), en Zurich, recibiendo su título de ingeniero químico en 1925. De su estancia en Zurich se desprende una anécdota en la cual uno de sus profesores, Pólya, decía que “era el único estudiante al que él temía, ya que si durante una lección hablaba de un problema no resuelto, la probabilidad de que Von Neumann se presentase al final de la clase con la solución en un papel, era alta”. Un año más tarde, y con sólo 22 años de edad, obtuvo su doctorado en la Universidad de Budapest con una tesis sobre teoría de conjuntos, donde dio una definición de números ordinales que es utilizada incluso hoy día.



De 1926 a 1927, gozó de la beca Rockefeller para trabajar en la Universidad de Göttingen, bajo la dirección de David Hilbert; ahí es conocido por asistir a los cabaretes continuamente pues adora trabajar en las atmósferas ruidosas de los clubes nocturnos. En 1927, es nombrado *Privatdozent* en la Universidad de Berlín (el más joven en la historia de la universidad). La primera mitad



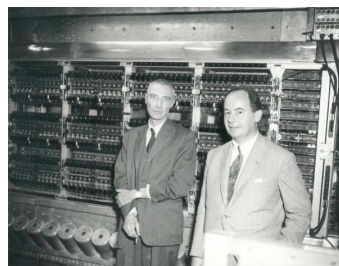
del año académico 1929-1930 se la pasó como *Privatdozent* en Hamburgo, a la vez que seguía colaborando con Göttingen. Es allí donde ve por primera vez a Roberto Oppenheimer. En 1929, es invitado por la Universidad de Princeton a exponer sus avances sobre la búsqueda de la teoría cuántica. Pero John está enamorado de una joven llamada Marietta Kövesi, por lo que no asiste para así volver a Budapest en donde contrae matrimonio con Marie a los 26 años, después de una conversión rápida y sin convicción al catolicismo, teniendo dentro de este matrimonio a su única hija, Marina, en 1935.

Tras su matrimonio, es invitado una vez más (en 1930) por la Universidad de Princeton para trabajar como uno de los seis primeros profesores en el recién fundado Instituto de Estudios Avanzados (IEA), junto con Albert Einstein. Esta vez, Von Neumann acepta.

Pronto Von Neumann se convirtió allí en una atracción importante. Se contaba acerca de él la historia de que "aunque en realidad se tratara de un semidiós, había realizado un estudio detallado de los humanos y podía imitarlos perfectamente". No tenía mucha facilidad para enseñar, y se hizo famoso por sus ecuaciones que excedían los límites del pizarrón y terminando en las paredes, para después ser borradas con gran velocidad y así poder seguir escribiendo, hasta el punto en que sus alumnos no eran capaces de copiarlas. Ya en Princeton se ocupó del diseño de ordenadores, de la robótica, de la inteligencia artificial, etc., llevando a cabo un estudio teórico profundo de la noción de máquina.

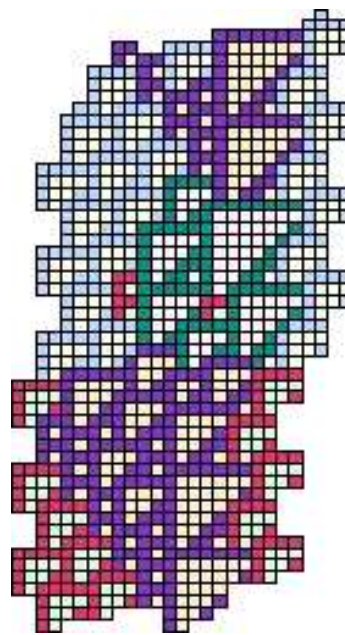
Aunque Princeton tenía el 3er. mejor departamento de matemáticas de los Estados Unidos, estaba muy por debajo del nivel que Göttingen tenía en aquellos días, pero Von Neumann sabía lo difícil que le sería volverse profesor en Alemania, por lo que durante 3 años se pasó medio año enseñando en Princeton y medio año enseñando en Berlín. Conforme la situación política se agravó en Alemania, Von Neumann esperaba poder asegurar una plaza permanente en los Estados Unidos, y de hecho así fue, al nacionalizarse norteamericano en 1937.

Con el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial, Von Neumann hubo de abandonar sus estudios en matemáticas puras, y concentrarse en problemas más "prácticos" para servir al Gobierno del que ahora era nacional. Fue consultor en proyectos de balística, en ondas de detonación y, eventualmente, se involucró en el desarrollo de la bomba atómica, en donde demostró la factibilidad de la técnica de



implosión que más tarde se usaría en la bomba que detonó en Nagasaki, para lo cual desarrolló el Método de Monte Carlo. Sin embargo, debido a su valía como consultor en otras agencias gubernamentales ligadas a la guerra, Von Neumann fue uno de los pocos científicos a quien no se le requirió permanecer de tiempo completo en Los Alamos. Fue precisamente durante la primera mitad de 1943, en plena guerra, que se interesó por primera vez en la computación. Tras un viaje a Inglaterra, le dijo a Voblen que creía sumamente importante que se utilizaran máquinas para acelerar los complejos cálculos involucrados con su trabajo. Aunque comenzaron a utilizar equipo de IBM, éste no satisfizo las necesidades del Proyecto Manhattan, y Von Neumann empezó pronto a buscar opciones en otros lados. En 1944 sólo había unos pocos proyectos para desarrollar computadoras en los Estados Unidos: Howard Aiken en Harvard, George Stibitz en Laboratorios Bell, Jan Schilt en la Universidad Columbia y, por último, Presper Eckert y John W. Mauchly, en la Universidad de Pennsylvania. Aunque Von Neumann contactó a los 3 primeros científicos y estudió sus máquinas, la única computadora con la que realmente se involucró a fondo fue la última, llamada ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer* o Integrador Numérico Electrónico y Computadora), que tenía una arquitectura en paralelo, aunque casi carecía de memoria (sólo podía almacenar 20 palabras), y otra máquina más ambiciosa, llamada EDVAC (*Electronic Discrete Variable Arithmetic Computer* o Computadora Electrónica para Aritmética Variable Discreta) nació del deseo de sus diseñadores de construir una máquina "más útil" que operara en serie.

Debido a los tropiezos que tuvo inicialmente para conseguir dinero para construir su computadora, varias universidades ofrecieron trabajo a Von Neumann después de la guerra, y aunque estuvo cerca de aceptar al menos una de estas ofertas, fue leal al IEA, y finalmente logró conseguir los fondos que necesitaba para su proyecto con ayuda de Princeton y la RCA. Su idea era construir una máquina similar a EDVAC pero más poderosa y más rápida. La computadora IAS fue eventualmente construida en la década de los 50, y su diseño ha servido como inspiración para la mayoría de las computadoras modernas, si bien la arquitectura que hoy recibe su nombre no fue realmente producto de su inventiva. Sus principales contribuciones en computación fueron: la noción del uso de monitores para visualizar datos, la invención del diagrama de flujo, la teoría de los autómatas celulares, incontables técnicas de cómputo matemático, y fue coautor del otrora famoso libro: "*Cybernetics: Or Control*



and Communication in the Animal and the Machine" en el que explicaba junto con Norbert Wiener la manera en que los cerebros electrónicos podrían efectuar tareas humanas de diferentes grados de dificultad.

En octubre de 1954 se volvió miembro de la Comisión de Energía Atómica, por lo que se tuvo que mudar junto con su esposa a Georgetown, en Washington, D.C. A la vez, sirvió como consultor para la IBM, en donde conoció a John Backus mientras desarrollaba el FORTRAN. Curiosamente, Von Neumann desdeñó el trabajo de Backus pensando que nadie requeriría jamás usar un lenguaje de programación de más alto nivel que el lenguaje binario que él tan bien conocía. En el verano de ese mismo año, se lastimó el hombro izquierdo en una caída, y en la cirugía posterior se descubrió que tenía cáncer en los huesos. Pese a saberse cerca de la muerte, continuó con su tremendo ritmo de trabajo y, en sus últimos días, el secretario de defensa y los secretarios del ejército, la marina y la fuerza aérea norteamericanas, se daban cita alrededor de la cama de Von Neumann en el hospital *Water Reed* en Washington, D.C. Sólo médicos y personal con autorización militar podían verlo, ante el temor que revelara secretos importantes mientras estaba sedado. Para ese entonces, Von Neumann había recibido un sinnúmero de doctorados *Honoris Causa*, la medalla presidencial al mérito, el premio Enrico Fermi y el premio Albert Einstein.

Considerado como uno de los fundadores de las ciencias computacionales, **Alan Turing** se desempeñó como matemático, filósofo, decodificador y biólogo. Nace el 23 de junio de 1912 en Paddington, Londres siendo el segundo hijo de Julius Mathison y Ethel Sara Turing y muere el 8 de junio de 1954. Su padre trabajaba en el Servicio Civil de la India, y de acuerdo con algunas biografías, Turing vivió en este país en la ciudad de Chatrapur hasta la edad de 12 años; sin embargo, otras fuentes indican que su niñez fue muy solitaria debido a que sus padres estaban exiliados en la India y dejaban a sus hijos por largas temporadas solos en Londres. De cualquier forma todas las biografías coinciden en que las escuelas públicas en las que estudió en sus primeros años no satisfacían ni fomentaban su curiosidad y forma de pensar, por lo que fue marginado de éstas.



Tras retirarse su padre del servicio civil en la India, Turing y su hermano mayor finalmente comienzan a tener algo parecido a un hogar. Turing ingresa a la edad de 13 años al Sherborne School, lugar donde pasaría los siguientes 5 años estudiando. Su habilidad para las ciencias llama rápidamente la atención del director, quien sugiere a la madre de Turing buscar un mejor lugar donde educar a su hijo. En este período Turing se muestra como un alumno brillante para las materias de carácter científico pero con muy poca habilidad o interés para cualquier materia de otro tipo, hecho que eventualmente estuvo a punto de costarle el que se le negara el certificado que avalara sus estudios, por temor de la escuela a que su pobre rendimiento en el futuro los dejara mal parados. A pesar de todo esto Turing continúa en Sherborne, y en 1928 conoce a Christopher Morcom descubriendo en él



un compañero intelectual y sentimental. Morcom se convierte en su motivación debido a la fuerte atracción que siente por él, provocando un período de gran riqueza intelectual por parte de Turing, pero ésta se agota con la repentina muerte de Morcom en febrero de 1930. La muerte de su compañero lo sumerge en una profunda depresión, y lo lleva a preguntarse cómo la mente humana, y en particular la de Christopher Morcom, formaban parte de la materia, y el modo en que la mente se separaba de la materia tras la muerte. Eventualmente Turing encuentra una nueva motivación, ahora se concibe como el responsable por llevar a término lo que Morcom no pudo hacer en vida, consigue su certificado de estudios e ingresa en 1931 al 'King's College', en Cambridge.

Su lucha por comprender la mente lo lleva al estudio de la física y en su continuo vagar intelectual empieza a estudiar los escritos de Von Neumann sobre los fundamentos lógicos de la mecánica cuántica; a partir de este momento Turing comienza a transformar su búsqueda de algo meramente emocional a una rigurosa investigación científica. El ambiente más liberal de la Universidad favorece su recuperación emocional y hace que su homosexualidad se vuelva más manifiesta.

Turing continúa su trabajo y su futuro comienza a ser más prometedor, primero se gradúa con honores en 1934 para ser nombrado miembro del King's College en 1935. 1936 resulta ser un excelente año para Turing, obtiene el premio Smith por su trabajo en teoría de la probabilidad, presenta en agosto una máquina teórica, ahora llamada

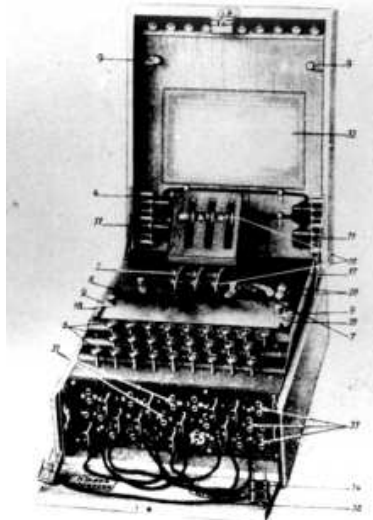
Máquina Universal de Turing en su honor, la cual es capaz de transformar con precisión operaciones elementales previamente definidas en símbolos en una cinta de papel. Su trabajo introduce un concepto de inmenso significado práctico: el de una “fórmula” o “ecuación” que puede soportar una infinidad de posibles máquinas de Turing, cada una, correspondiente a un método o algoritmo bien definido, sentando así las bases teóricas para la programación de máquinas electrónicas. Finalmente, también en ese año, viajó a Estados Unidos para estudiar en la Universidad de Princeton, en el Instituto de Estudios Avanzados, al lado de A. Church, Courant, Weyl, Einstein, Lefschetz y quien fuera uno de los hombres que influenciaron con mayor fuerza sus trabajos de investigación, John von Neumann. En este período Turing amplía su legado matemático y en 1938 decide regresar a Cambridge, tras obtener el título de Doctor en Física.

Tras su regreso a Inglaterra, Turing conoció a un joven ingeniero polaco de ascendencia judía llamado Robert Lewinsky, quien trabajó con los alemanes en el diseño de un sistema electromecánico de encriptación de comunicaciones denominado *Enigma*. Lewinsky fue destituido por los nazis y entró en contacto con el servicio secreto británico, quienes estaban muy interesados en conseguir una máquina capaz de descifrar los mensajes enviados por los alemanes, ya que la guerra entre ambas naciones era inminente. Tan sólo unos meses más tarde, el 3 de septiembre de 1939, Inglaterra declara la guerra a Alemania, por lo que el gobierno inglés encomendó a Alan Turing la formación de un grupo de científicos e ingenieros (que incluía a Lewinsky) dedicados a trabajar en el Departamento de Criptoanálisis en Bletchley Park con el fin de descifrar este sistema de comunicaciones. En este período desarrolló, junto con Welchman, una calculadora electrónica llamada *Bombe*, la cual podía descifrar los mensajes de *Enigma*. A principios de 1941 los métodos de *Enigma* se volvieron más complejos por lo que *Bombe* no funcionó correctamente, evento que suscitó que Turing trabajara al máximo para lograr quebrar el sistema Alemán. En este período Turing era considerado un genio en Bletchley Park y era mejor conocido como *profesor fodongo*. Establó una gran relación de amistad con sus alumnos e incluso le propuso matrimonio a una de ellas, Joan Clarke, aunque después se retractó tras confesarle su homosexualidad. Turing continuó esforzándose por desarrollar un sistema que fuera capaz de quebrar los criptogramas alemanes y finalmente tuvo éxito al ser uno de los creadores de *Colossus*, la cual también fue indispensable para la operación del *Día-D*, demostrando al mundo la importancia de las Computadoras Electrónicas.

Una vez concluida la guerra y en reconocimiento a la contribución que había efectuado Turing recibe la Orden del Imperio Británico (OBE) en 1946. Gracias al contacto que



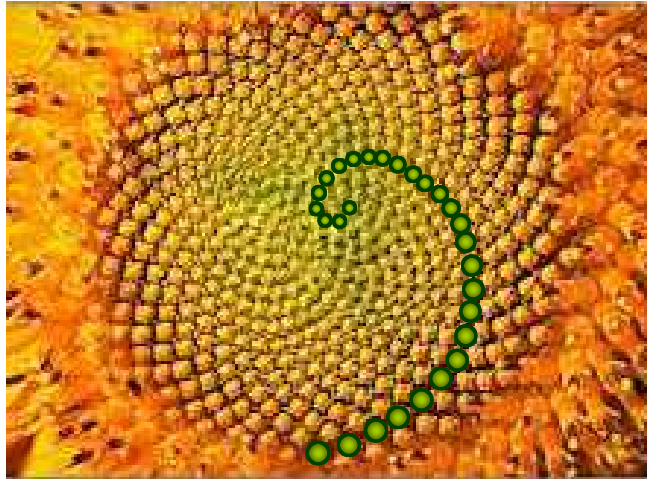
mantuvo con la más avanzada tecnología electrónica de la época, Turing dedica sus esfuerzos posteriores a la construcción de una máquina electrónica capaz de efectuar diferentes procesos basándose en su Máquina Universal. Este concepto era revolucionario para la época, dado que la mayoría de las computadoras eran para un propósito particular o para un rango limitado de propósitos. Lo que Turing ambicionaba era una máquina que pudiera hacer cualquier cosa: resolver problemas algebraicos, descifrar códigos, almacenar archivos o jugar ajedrez. Comenzó a trabajar en un proyecto al que se llamó ACE (*Automatic Computing Engine* o Motor para Cómputo Automático) y, en febrero de 1947, ya contaba con un código abreviado de instrucciones, marcando así el comienzo de los lenguajes de programación. A pesar de que su país estaba en deuda con él, Turing no pudo hacerse de suficientes recursos y por falta de apoyo su proyecto se estancó, por lo que a partir de ese año dedicó sus estudios a la Neurología y a la Psicología, enfocándose en particular a una nueva teoría conocida como Redes Neuronales, que eran un sistema mecánico con la compleja habilidad de aprender.



Turing continuó con su labor científica, y para mitigar los efectos del estrés corría todos los días, al poco tiempo descubrió que además de poseer una mente privilegiada también contaba con la bondad de una excelente condición físico-atlética. Rompió las mejores marcas del Club Atlético Walton para las distancias de 3 y 10 millas; e incluso se dice que para asombrar a sus colegas corría hasta las reuniones científicas consiguiendo siempre llegar antes que aquellos que viajaban a través del transporte público. Esta habilidad estuvo a punto de hacerlo participar por Inglaterra en los Juegos Olímpicos del 1948 en la carrera de larga distancia, pero una lesión en la cadera se lo impidió. Ese mismo año Turing ocupó el cargo de Director del Laboratorio de Cómputo en la Universidad de Manchester, pero fue rápidamente removido, puesto que la máxima prioridad era el desarrollo de armas nucleares. Alrededor de esta época Turing publicó otro artículo científico de gran impacto, titulado "Computing Machinery and Intelligence", donde podemos encontrar algunas de las bases de una nueva rama de las ciencias de la computación, la inteligencia artificial. En este artículo destacan especialmente algunas connotaciones filosóficas como la **prueba de Turing** o el "Juego de la Imitación" como llamó originalmente Turing a la prueba. En este juego se tienen 3 habitaciones. En una de ellas se encuentra una persona, en otra una computadora y en la tercera un juez, quien se comunicaba a través de una computadora con quien estuviera en las otras dos

habitaciones. El juego consistía en que el juez determinara en que habitación se encontraba la computadora. Turing propuso que si, bajo estas condiciones, el juez acertaba en menos del 50% de los casos, entonces la computadora debía considerarse como una simulación aceptable de un ser humano, y como consecuencia, era inteligente.

No está por demás resaltar que este trabajo fue previo a la reunión en el Dartmouth College, que se consideraba tradicionalmente como el punto de inicio de la Inteligencia Artificial, por lo que sería interesante conocer la opinión de Turing con respecto a quienes afirman este hecho histórico.



Otro dato curioso de la vida de Turing que normalmente pasa desapercibido es su trabajo en biología. Turing sólo publicó un artículo llamado "The Chemical Basis of Morphogenesis" en 1952. El principal objeto de estudio era la estructura de las cosas vivientes; expresando su interés en cómo y porqué los organismos desarrollaban formas particulares. Para la época en que Turing estaba realizando sus estudios las ideas de Darwin de la selección natural ya había sido ampliamente aceptada. Ahora bien, aún se consideraba que la intervención divina era necesaria para esculpir la forma de cada ser vivo. Turing, por su parte, no aceptó esta teoría y vio sus estudios influenciados por los del biólogo D'Arcy Thompson, quien creía que la forma biológica era simplemente el resultado de un proceso químico. Turing intentó describir las hojas de una planta eran consecuencia natural de un proceso químico a diferencia de lo que hubiera buscado un darwinista argumentando que un arreglo de hojas es particularmente ventajoso para una planta. Para conseguir su objetivo empleó una aproximación rigurosamente matemática del problema. El objetivo final de Turing era mezclar la teoría biológica ya establecida con las matemáticas y las computadoras para crear su máquina multipropósito e inteligente, donde el desarrollo de las hojas no era más que un conjunto de pasos en un algoritmo.

Para los últimos años de la vida de Turing se comenzó a saber públicamente de su homosexualidad, y así empezó una etapa muy dura para el gran científico, dado que las condiciones de la guerra fría y la alianza con los Estados Unidos hicieron que los

homosexuales conocidos se volvieran inelegibles para trabajos de seguridad nacional. El problema se agravó al ser detenido y juzgado el 31 de marzo de 1952 por tener relaciones sexuales con un joven de Manchester, este hecho creó una atmósfera de antipatía hacia él por parte de los ingenieros de Manchester; y Turing, tras un juicio consecuencia de su homosexualidad, acepta someterse a un tratamiento médico que empleaba estrógenos para neutralizar su libido a cambio de no ir a prisión. A pesar de esto, es excluido del Departamento de Criptoanálisis. Tras el continuo rechazo de la comunidad científica de la cual él había formado parte, Turing se volvió sumamente introvertido para finalmente ser encontrado muerto en 1954 por su asistente, a la edad de 41 años. Se dictaminó que murió el día anterior por ingestión de cianuro y una manzana mordisqueada estaba a su lado. Su madre alegó que la muerte fue causada por la ingestión accidental de cianuro de sus dedos tras un experimento químico, aunque el dictamen del forense fue suicidio.

EL PORVENIR

La cibernética es, de acuerdo a lo que hemos visto, una hiperciencia que se ha venido gestando desde hace ya varios siglos. Actualmente, su desarrollo continúa, y hoy día podemos encontrar trabajos en áreas como la robótica, computación inteligente, automatización y control, optimización, criptografía, sistemas complejos, etc. Muchos avances significativos en cada una de éstas áreas se han logrado en el último par de décadas, acercando lo que hace sólo unos pocos años parecía destinado a la ciencia ficción, a algo que simplemente es ciencia. Pero además, es de esperarse que tal desarrollo continúe en los años por venir, con lo que nuevos y tal vez asombrosos avances puedan estar a la vuelta de la esquina.



Para finalizar, me gustaría incluir el poema "I may ask one" del **Poeta Cibernético**⁷, el cual en cierto sentido marca una nueva cara de la cibernética, en la que incluso las máquinas se convierten en seres creativos.

⁷ El poeta cibernético, programa desarrollado por Ray Kurzweil, puede descargarse siguiendo las instrucciones que se encuentran en http://www.kurzweilcyberart.com/poetry/rkcp_overview.php3 (liga activa en julio de 2005).

*I may ask one
who beats the
passion drum insane,
who beats the big black ties and
wrote out of
high school and now to share
this rush with the
passion drum insane,
inducing sleepless nights,
drum insane,
inducing sleepless nights,
visited by the ravens eye.*

Animatronic Controlado con Lógica Difusa¹

Yurián Zerón Gutiérrez
Escuela de Ingeniería Universidad La Salle
E-mail: yuro4@hotmail.com
Asesor: Eduardo Gómez-Ramírez

Recibido: Abril de 2005. Aceptado: Mayo de 2005

RESUMEN

En este proyecto se presenta un algoritmo de control utilizando lógica difusa como mecanismo de relación entre variables. Debido a que se busca que el comportamiento del ANIMATRONIC sea lo más parecido al humano, el uso de esta tecnología permitió que la relación entre variables fuera muy natural, entendiendo natural como las relaciones cualitativas y cuantitativas que permiten el poder tener un control directo sobre las reacciones del robot a partir de los estímulos aplicados.

Utilizando estos conceptos con base en la inteligencia artificial, podemos imaginar que los cerebros de las criaturas utilizadas en robótica teatral funcionan en relación de un estímulo respuesta, pero al precisar su comportamiento es necesario utilizar la lógica difusa ya que ésta presenta elementos que nos facilitan la respuesta y el comportamiento al querer aparentar y simular vida.

Se pretende establecer un control que se asemeje más al comportamiento humano, dotando al personaje mismo de un algoritmo que hará las funciones del cerebro, controlándole los ojos, la boca, los parpados, etc.

ABSTRACT

In this Project a control algorithm using fuzzy logics as variable relationship mechanism is introduced. As it is intended that the ANIMATRONIC behavior gets as close as possible to that of humans, the use of this technology allowed the variable relationship to be quite natural, understanding natural as the quantitative and qualitative relationships that allow being able to keep a direct control over the robot's reactions based on the stimuli applied.

Using these concepts based on artificial intelligence, we can imagine the brains of the creatures utilized in theatrical robotics operate based on a stimuli response relationship, but when fine tuning its behavior it is necessary to use diffuse logics as it shows pieces that make the answer and the behavior easier when emulating and simulating life.

It is intended to establish a control that resembles a bit more to human behavior, providing the character with an algorithm that will play the brain's functions, controlling its eyes, mouth, eyelids, etc.

Key Words: Animatronic, Fuzzy logic, Man-Machine Interaction, Robotic Control, Artificial Intelligence.

¹Trabajo ganador de la Medalla "Hno. Salvador González 2005", Área Ingeniería y Tecnología, Nivel Licenciatura, Categoría Avanzada, XII Jornadas de Investigación, Universidad La Salle, Abril 2005.

INTRODUCCION

La evolución en cuanto a la interacción hombre-máquina ha ido en aumento, no nada más en el hecho de que las máquinas entiendan el problema, accedan a una base de datos y entreguen una respuesta, sino al hecho de que pueden realizar funciones inteligentes al intercambiar información con el entorno.

De igual manera, y siguiendo como modelo al ser humano, la búsqueda de algoritmos y mecanismos que interpreten emociones, actitudes y personalidad de una manera mucho más real serán cada vez más necesarios.

El objetivo principal de esta investigación es la búsqueda de interfaces más amigables para los robots, en cuyas funciones puedan transmitir emociones y reflejen actitudes. Se propondrá además un algoritmo que con base en la lógica difusa nos adecue estados como seriedad, sorpresa y alegría, entre otros.

Palabras clave: Animatronic, Lógica Difusa, Interacción Hombre-Máquina, Control, Robótica e Inteligencia Artificial.

Planteamiento del problema:

Para poder probar los algoritmos es indispensable la construcción de un robot, que en el momento de imprimirle actitud, se convertirá por definición en animatrónico.

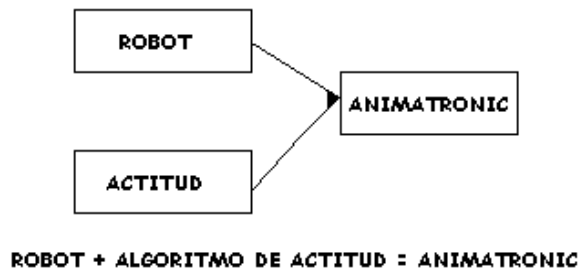


Figura 1. Diagrama de algoritmo de actitud

Al igual que los humanos, esta cara robot, necesita de elementos de entrada y elementos de salida.

Para poder construir una cara robot es necesario dotarla de características similares a las de los humanos, en este caso dotarla de una interfaz con el mundo. Los elementos indispensables para la generación de la actitud son los párpados, los ojos, las cejas, la boca, los labios y el cuello, nuestros elementos de salida. Cada uno de estos elementos es indicador de cierto estado.

Los párpados son los responsables de generar estados como despierto o dormido, así como de generar somnolencia (el estado de tener sueño).

Las cejas son indicadores de enojo, seriedad y sorpresa.

La boca junto con los labios, es generadora de estados tales como felicidad, disgusto y tristeza.

Los ojos nos pueden indicar hacia dónde se está poniendo atención.

El cuello nos indica hacia dónde se dirige la cabeza, dando por resultado evasión, distracción o interés.

De igual modo, la combinación de estos elementos logra acentuar estados de ánimo y actitudes definidas en el animatrónico.

Para definir nuestros elementos de entrada, nos enfocaremos únicamente en los de carácter externo, los producidos por el medio ambiente, en este caso serán intensidad luminosa y nivel de ruido.

Para la construcción de un robot, como ya se mencionó, es necesario utilizar 3 elementos indispensable, que son:

Mecánico, da estructura y movimiento al robot.

Electrónico, distribuye la energía y define los elementos de entrada y el comportamiento de los dispositivos de salida.

Control, conjunto de reglas y comandos que rigen el comportamiento del robot.

De esta manera, al querer simular la interfaz humana, como la cara, comportándose lo más parecido al comportamiento del hombre, resulta más fácil si se maneja con variables como enojo, sorpresa, felicidad, tristeza, seriedad, etc.

DE LO MECÁNICO

Elementos mecánicos

Debido a la necesidad de tener movimientos independientes para cada uno de los elementos de la cara, fue indispensable hacer una buena selección de motores. Estos deberían tener como características, espacio reducido y alto torque, de esta manera se tomó la decisión de utilizar servomotores.

Mecanismo

Un mecanismo, es una estructura interna que hace funcionar algo, en este caso es un conjunto de piezas interconectadas para realizar una tarea específica, con base en sistemas de transmisión como engranes, poleas, etc.

La necesidad de mi propuesta fue llevándome al desarrollo de elementos de transmisión simples para la elaboración de movimientos en los diferentes aspectos de la cara animatrónica, como fue siendo necesario

Mecanismo de cuello

El cuello está desarrollado con base en dos *servos futaba 3003*, que me proporcionan 2 grados de libertad (x,y), y la combinación entre ellos me proporciona grados de libertad derivados.

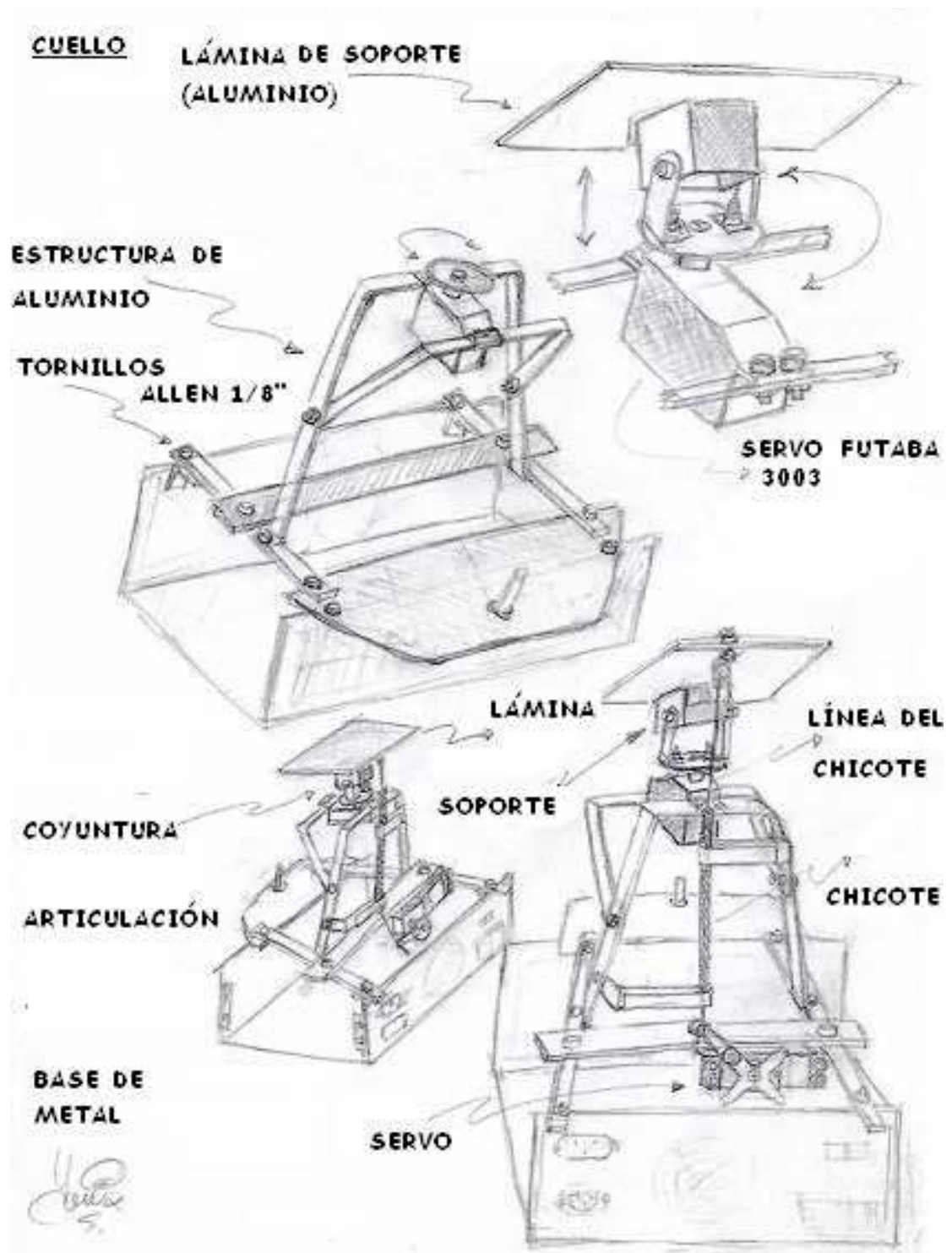


Figura 2. Diagrama esquemático de funcionamiento de cuello

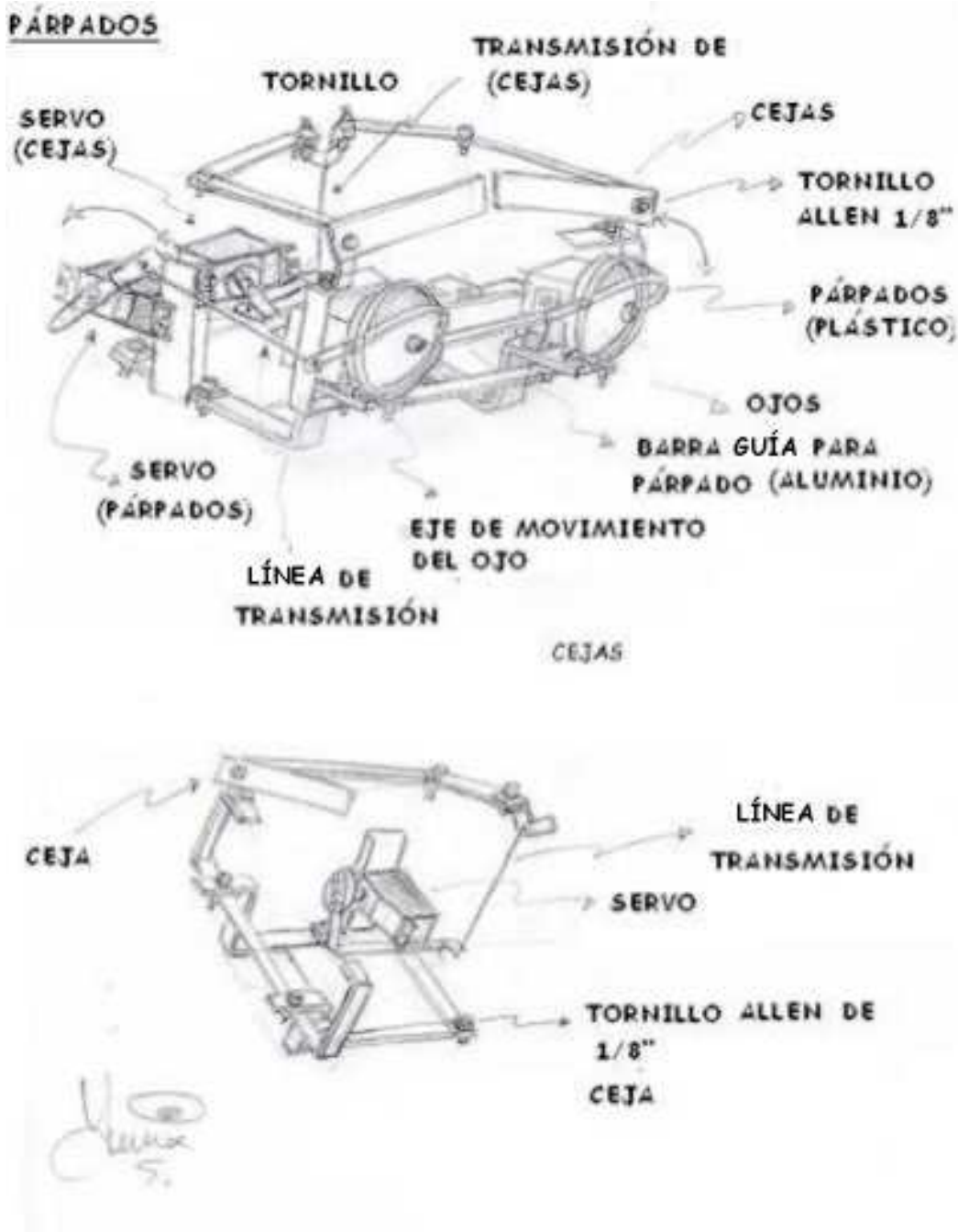


Figura 3. Diagrama esquemático de párpados y cejas

Mecanismo de Ojos

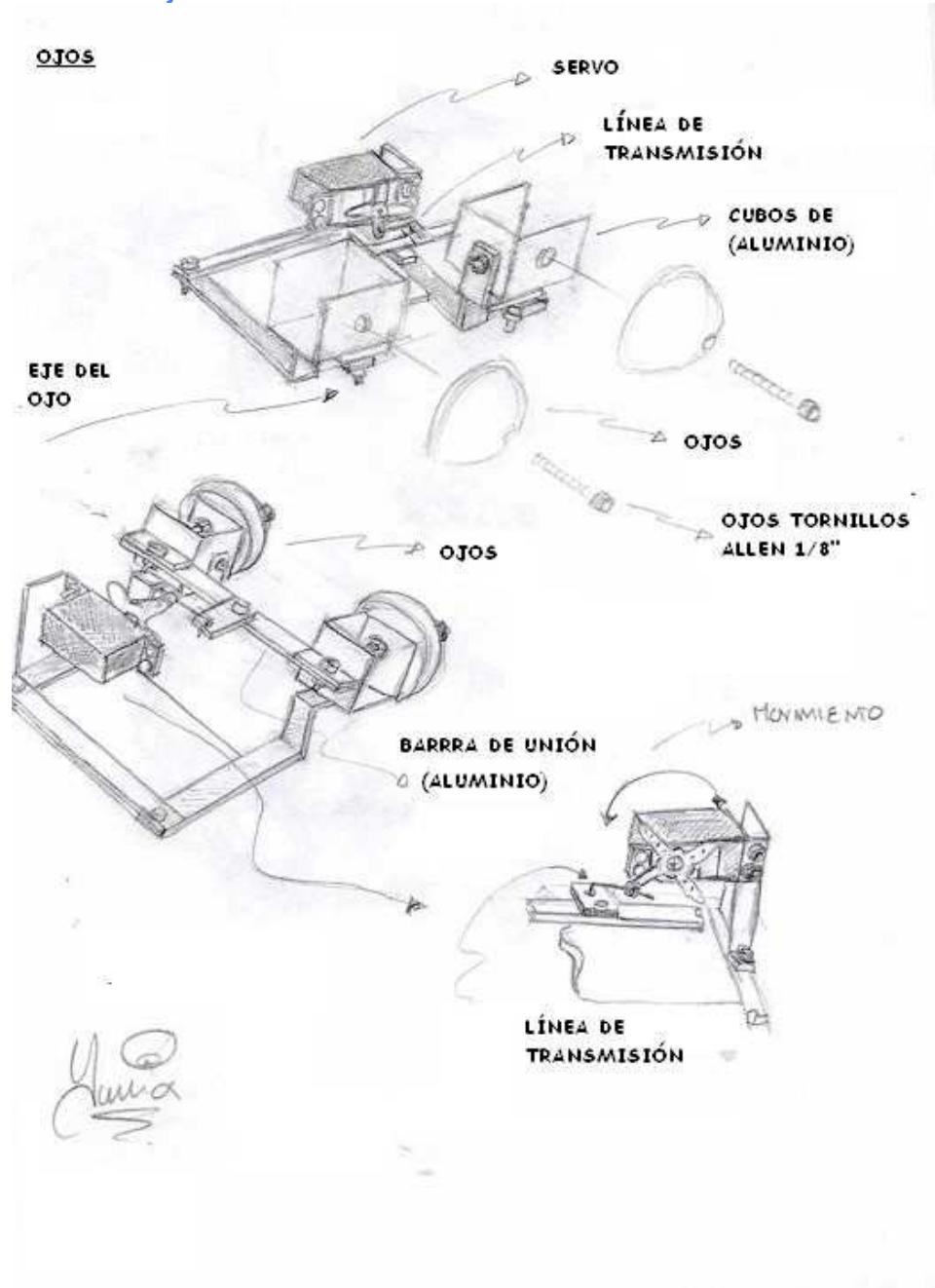


Figura 4. Diagrama esquemático de ojos

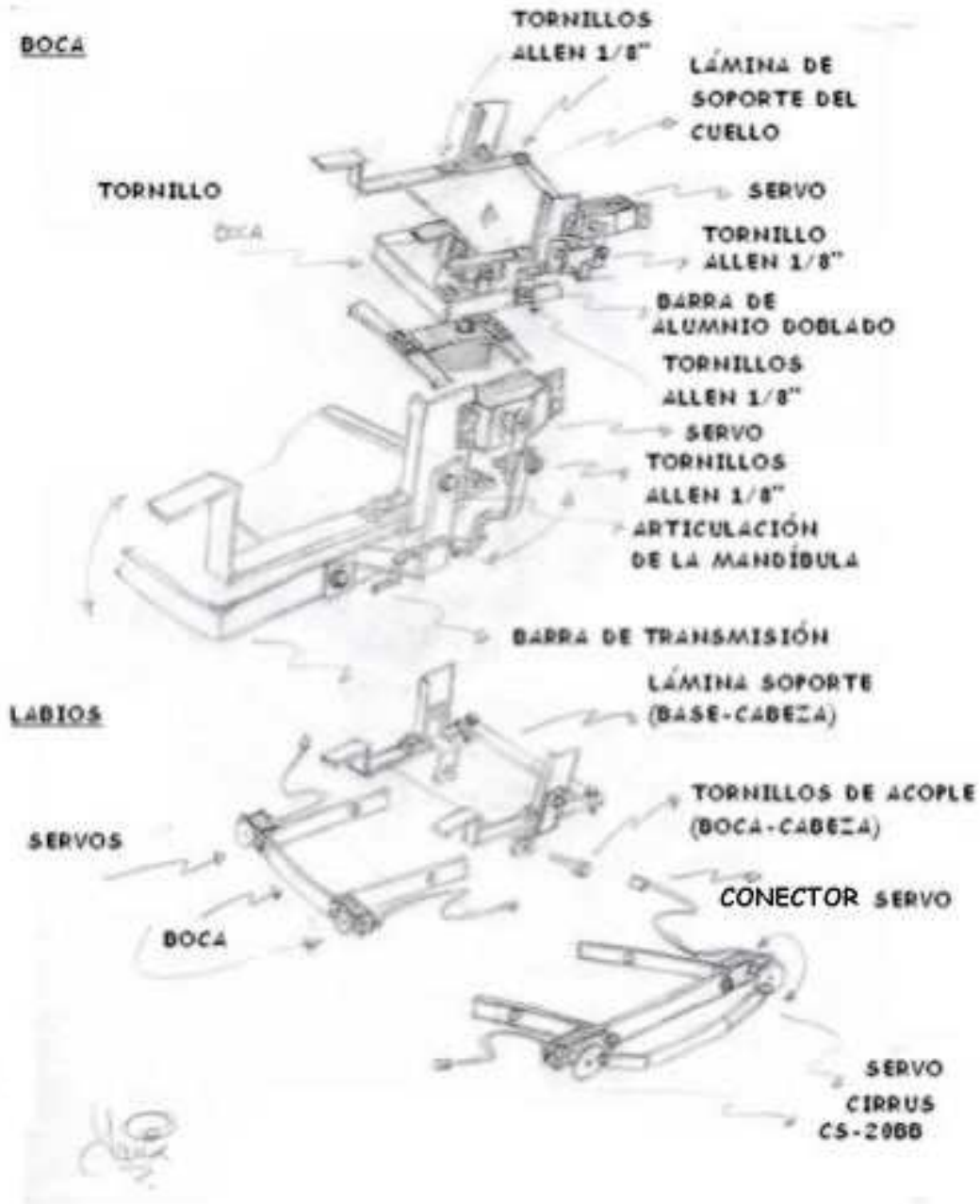


Figura 5. Diagrama esquemático de boca y labios

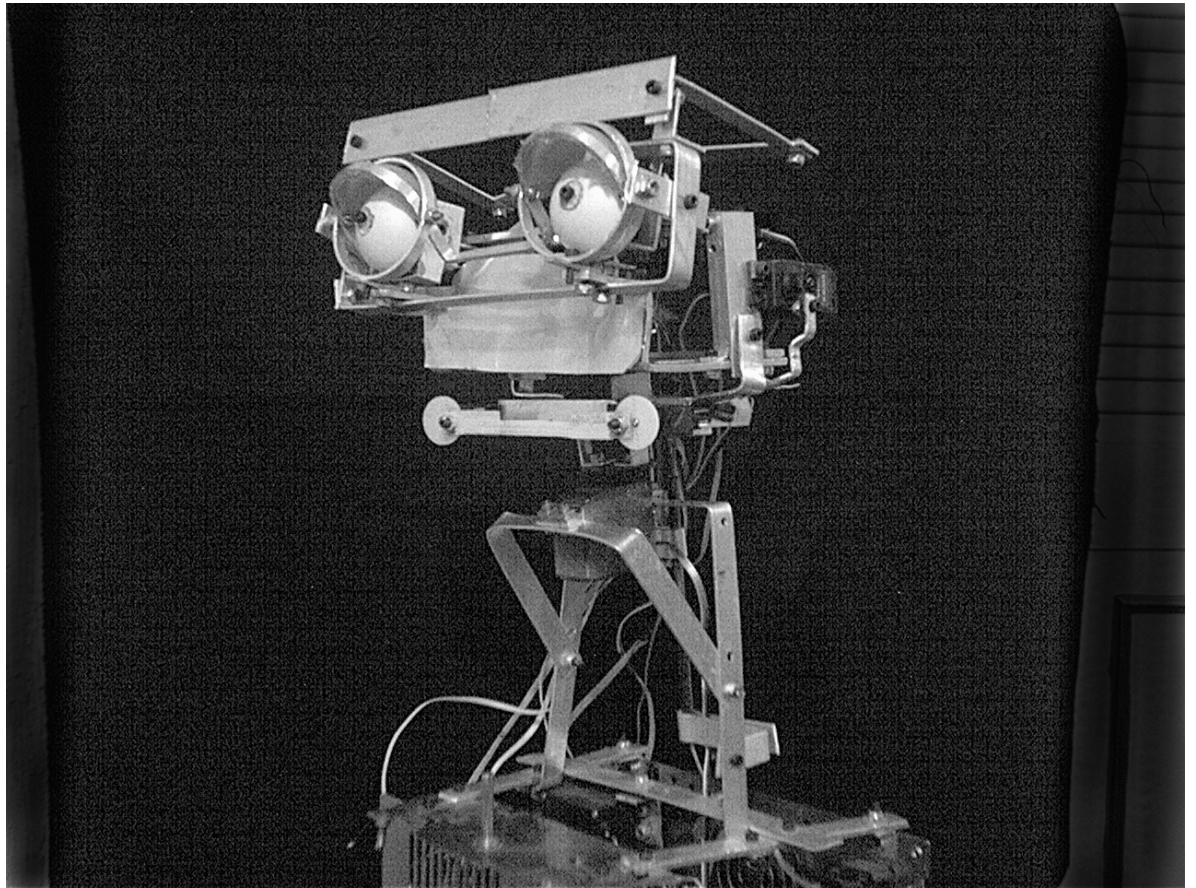


Figura 6. Vista de la cara robot construida

DE LO ELECTRÓNICO

Estructura Básica

En la figura 6, se muestra el diagrama básico de conexiones entre las diferentes partes del sistema electrónico.

Tenemos dos elementos de entrada que son la fotorresistencia y el micrófono. El primero de ellos pasa por un convertidor analógico digital y llega al microcontrolador *Basic Stamp II*; el segundo, al ser un micrófono, necesita de igual manera convertir la señal analógica a digital, pasando por una computadora, ya que ésta hará el trabajo de la conversión y el procesamiento del algoritmo de control.

Como elementos de salida tenemos 8 *servos*, el microcontrolador *Pic 16C57*, de la familia *Microchip*, alojado en el *Basic Stamp II* proporciona estos pulsos para su control.

La comunicación que se realiza entre el microcontrolador y la computadora se realiza por el puerto serie compartiendo datos tanto de entrada como de salida.

De esta manera el micro sirve como intérprete de datos externos en el caso de la fotorresistencia y como medio de transporte entre la computadora y los actuadores mecánicos de la cara robot

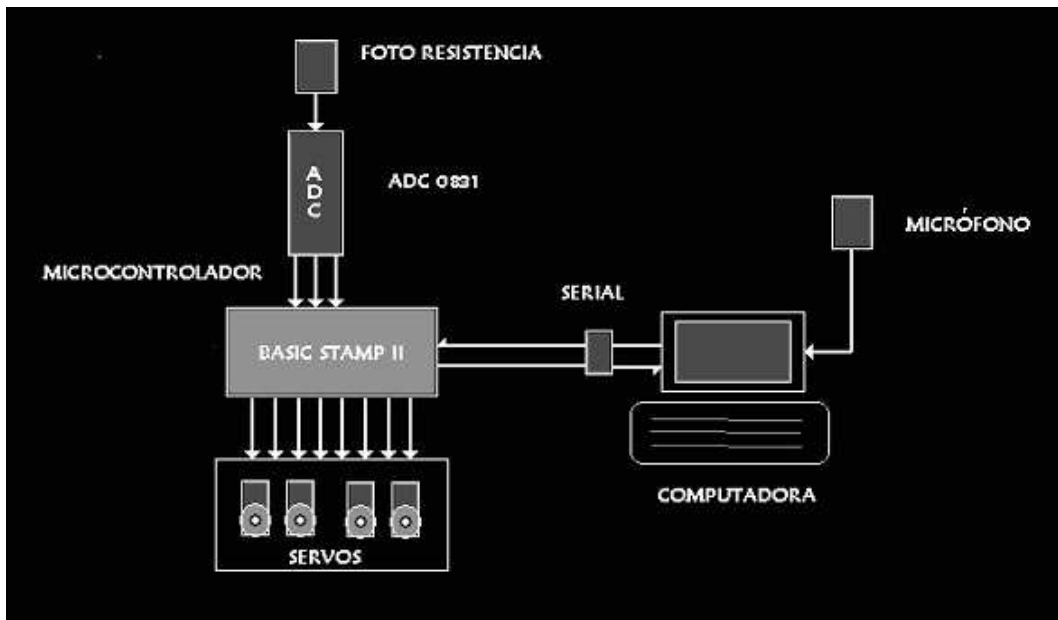


Figura 7. Estructura Básica Electrónica

Al observar claramente los distintos tipos de electrónica (como potencia, señales, comunicaciones, etc.) que se emplean para su funcionamiento, los circuitos se diseñaron en tres módulos separados, que se interconectan entre sí para hacer funcionar la cabeza animatrónica, de esta forma tenemos que:

Tabla 1. Descripción de los Módulos

Módulo 1	Fuente de alimentación para todo el animatrónico (alimentación para sensores, alimentación para servos)
Módulo 2	Circuito con dos entradas. (circuitos convertidores analógico-digital)
Módulo 3	Circuito de control (circuito con microcontrolador <i>pic Basic Stamp</i>)

DEL CONTROL

Diseño del controlador por medio de lógica difusa

El control difuso que se diseñó controla las diferentes partes de la cabeza animatrónica, obteniendo con esto diferentes tipos de actitud según sea el estímulo de entrada.

Planteamiento del Problema

Se desea realizar un control de dos entradas (estímulo E1, E2) y una salida o posicionamiento en servos S1 para cada uno de los elementos de la cara robot,

obteniendo, de esta manera, una sumatoria de dichos elementos, como son ojos, párpados, cejas, boca, cuello, etc.

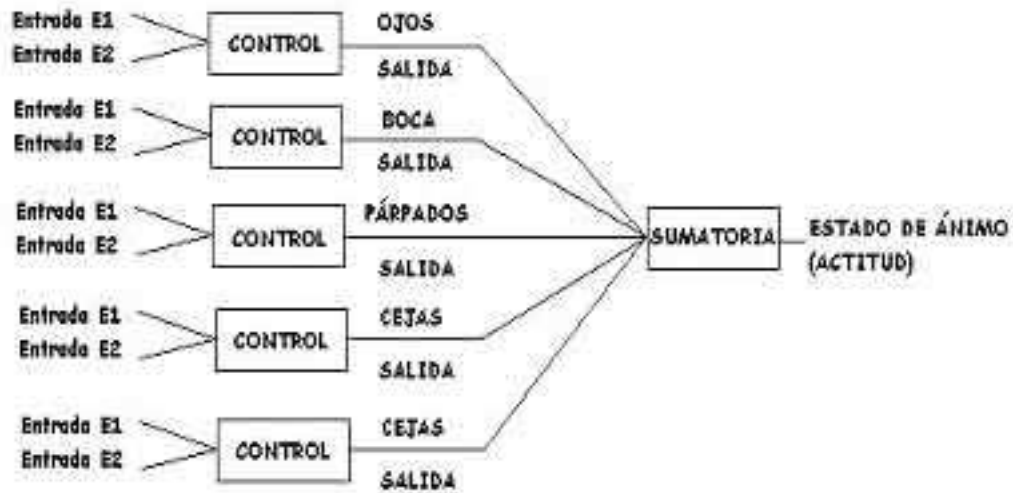


Figura 8. Diagrama entradas-salidas

Tabla 2. Definición de entradas y salidas.

ENTRADAS	SALIDAS
Luz, 64 estados, 6 bits	Párpados , 3 posiciones, (izquierda, centro, derecha)
Ruido Ambiente, 64 estados, 6 bits	Boca , 3 posiciones, (izquierda, centro, derecha)
	Cejas , 3 posiciones, (izquierda, centro, derecha)
	Ojos , 3 posiciones, (izquierda, centro, derecha)
	Movimiento de Cabeza , (cuello 8 posiciones)

Definición de los Conjuntos Difusos

Variables Lingüísticas

Se definen 3 variables lingüísticas para cada una de las variables del proceso de entrada.

Entrada E1 Luz Variable lingüística

Descripción

CL = Cero Luz
L = Luz
ML = Mucha Luz

Nivel cero de iluminación
Nivel medio de iluminación
Nivel alto de iluminación

Entrada E2 Ruido Variable lingüística

Descripción

CL = Cero ruido

Nivel cero de ruido

L = Ruido Nivel medio de ruido
ML = Mucho Ruido Nivel alto de ruido

Se definen 3 variables lingüísticas para cada una de las variables de salida.

Salida S1 Párpados
Variable lingüística

Descripción

C = Cerrados
M = Medio abiertos
A = Muy abiertos

Los párpados completamente cerrados.
 Los párpados ligeramente arriba del ojo
 Los párpados completamente abiertos

Salida S2 Ojos
Variable lingüística

Descripción

I = Izquierda
M = Medio
D = Derecha

Los ojos en dirección izquierda
 Los ojos en el centro
 Los ojos en dirección derecha

Salida S3 Boca
Variable lingüística

Descripción

C = Cerrada
M = Medio abierta
A = Muy abierta

Boca completamente cerrada
 Boca en posición media de abertura.
 Boca completamente abierta

Salida S4 Cejas
Variable lingüística

Descripción

A = Arriba
M = Medio
B = Bajo

Cejas completamente arriba
 Cejas en posición media
 Cejas completamente abajo

Funciones de Pertenencia

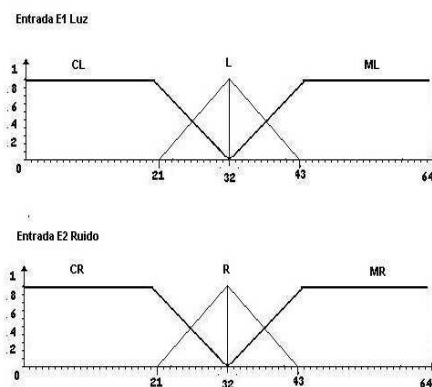


Figura 9. Funciones de pertenencia (entradas E1 y E2 luz y ruido)

En las gráficas de la figura 9 se muestra en el eje de las x, cómo todo se normaliza a uno, en el eje de las y tenemos una escala del 1 al 64, que es el resultado en digital producto de la conversión a digital, tanto de intensidad luminosa como nivel del ruido.

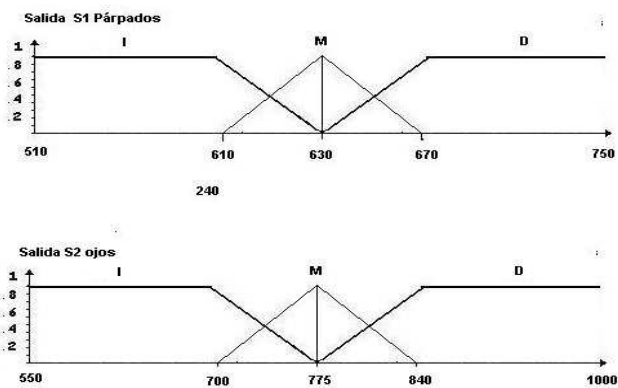


Figura 10. Funciones de pertenencia (Salidas S1 y S2. Párpados y ojos)

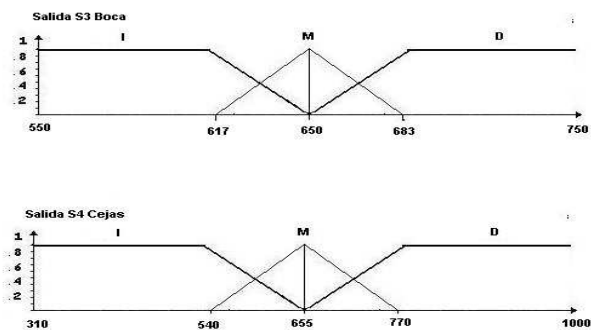


Figura 11. Funciones de pertenencia (Salidas S3 y S4. Boca y cejas)

De igual manera en las funciones de pertenencia hechas para la salida, en el plano de las y tenemos todo normalizado igual a uno, en el eje de las x tenemos los valores de salida para los servos en grados.

Tabla de reglas

Tabla 3. Reglas para cejas

CEJAS

	C L	L	M L
C R	C	M	A
R	M	M	A
M R	M	A	A

Tabla 4. Reglas para ojos

OJOS

	C L	L	M L
C R	C	M	A
R	M	M	A
M R	M	A	A

Tabla 5. Reglas para boca

	C L	L	M L
C R	C	M	A
R	M	M	A
M R	M	A	A

Tabla 6. Reglas para párpados

	C L	L	M L
C R	C	M	A
R	M	M	A
M R	M	A	A

Las matrices difusas que se muestran en las tablas 3 a la 6, incluyen las nueve reglas que determinan totalmente la respuesta del controlador para cada una de las entradas.

Procesamiento Difuso y Obtención de la Acción de Control

Como se muestra en la sección anterior, las premisas o condiciones de las reglas, están unidas por una y lógica, es decir, para que una regla se active, se tienen que cumplir ambas condiciones; a su vez, las nueve reglas se relacionan entre si por medio de un O lógica, esto es, que puede activarse una u otra regla o bien otras reglas.

Se calculan previamente los centroides de las funciones de pertenencia definidas para el Flujo, dado que las funciones consideradas son simétricas, el cálculo del centroide se reduce al producto punto entre el vector formado por los 3 centroides y el vector formado por los 3 grados de pertenencias, entre este mismo vector.

$$\mathbf{C} = [\mathbf{C}_I \ \mathbf{C}_M \ \mathbf{C}_D]$$

Donde:

\mathbf{C} = Vector de centroides

\mathbf{C}_I = Centroide de la función de pertenencia **I**

\mathbf{C}_M = Centroide de la función de pertenencia **M**

\mathbf{C}_D = Centroide de la función de pertenencia **D**

Y el vector formado por los grados de pertenencia de los consecuentes activados por las reglas.

$$\mathbf{GP} = [\mathbf{GP}_I \ \mathbf{GP}_M \ \mathbf{GP}_D]$$

De esta manera nos queda que:

$$\mathbf{CD}_{s1} = (\mathbf{C}_I \times \mathbf{GP}_I + \mathbf{C}_M \times \mathbf{GP}_M + \mathbf{C}_D \times \mathbf{GP}_D) / (\mathbf{GP}_I + \mathbf{GP}_M + \mathbf{GP}_D)$$

Donde \mathbf{CD}_{s1} = centroide difuso servo 1

De igual manera se requiere hacer el mismo procedimiento para cada uno de los servos de la cara, desde S1 (servo 1) hasta S4 (servo 4)

La sumatoria de cada una de estas acciones de control nos darán por resultado un estado de ánimo marcado.

CONCLUSIONES

Este artículo está enfocado a la investigación y desarrollo de mecanismos y sistemas electrónicos para la fabricación y el control de una cara robot, que al fingir vida entra en lo ya definido como animatrónico.

El objetivo principal de esta tesis es el desarrollar una interfaz mucho más amigable y natural entre el ser humano y las máquinas, siendo este un tema tratado con anterioridad y existiendo caras robot como *Gismet*, *Mexi*, *Doc* y *Beardsley*, entre otras. Desafortunadamente la información que se puede conseguir al respecto de estos trabajos es poco accesible respecto de la forma de elaboración y los algoritmos empleados, dándonos, por lo tanto, pie al desarrollo de esta investigación y la importancia de desarrollar mecanismos y electrónica de bajo costo para su elaboración.

Explorar el código emotivo a través de la expresión gestual nos permite establecer una relación mucho más natural en términos de comunicación, permitiéndonos entender estados de ánimo. Con ello se afirma la coexistencia entre seres y se logra, por consecuencia, una empatía con las máquinas. El observar que una estructura tiene rasgos similares a los vistos en los seres vivos, más la movilidad que le añadimos, nos produce una sensación de vida, y uno cree que está interactuando con un ser vivo.

Esta tesis también propone el entender la distancia que existe entre la robótica teatral, utilizada desde ya tiempo atrás por grandes cineastas y parques temáticos, además de lo desarrollado por los centros de investigación, creyendo que la distancia entre ellos será cada vez más corta.

En los primeros capítulos, al plantear los términos de robot y animatrónico nos topamos con la necesidad de clasificar a los robots; teniendo como base algunos libros, consideramos el hecho de que no abarcaban todas las categorías de los robots, dando pie a realizar una tipología propia y tratando de abarcar todos los ámbitos en los que los robots se han desarrollado.

De igual manera fue necesario encontrar un punto de unión para los animatrónicos y los robots, proponiendo de esta manera una tipología para títeres o marionetas. La necesidad por construir una máquina capaz de transmitir expresiones con base en una programación definida es el encontrar vínculos entre el estímulo respuesta del pensamiento humano. Entender un poco estos estímulos nos llevó a proponer un algoritmo con base en la lógica difusa, siendo ésta mucho más parecida a la manera de responder de las personas, ya que trabaja con elementos no determinísticos y con una especie de procesamiento en paralelo, permitiéndonos manejar grados de pertenencia.

Al manejar la lógica difusa variables lingüísticas nos acerca mucho más al modelado del comportamiento en base a la comunicación humana ya que nosotros trabajamos con palabras.

En la necesidad de construcción de elementos mecánicos planteados en el capítulo 3, fue necesario utilizar técnicas de construcción de animatrónicos para poder resolver los movimientos faciales, dando suavidad a estos movimientos, independientes uno de otro, ya que la robótica teatral permite manejar un gran número de actuadores con un consumo mínimo de energía.

La electrónica propuesta está limitada a responder a dos estímulos externos, propuestos en un principio por una fotorresistencia y un micrófono, midiendo con esto el nivel de ruido exterior y el nivel de luminosidad. Debido a que el nivel de ruido requiere para su medición una etapa de amplificación y una de acople para realizar una buena conversión analógica-digital, fue necesario usar una computadora para el manejo de la

señal, simplificando con esto la medición de estímulo respuesta del robot.

La sustitución de este elemento facilitó la realización de la primera aproximación del funcionamiento del algoritmo de control, teniendo como base esta experiencia para trabajos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

Zilouchian, Ali Mo J amshidi, *Intelligent Control Systems using Soft Computing Methodologies*, CRC Press LLC, USA, 2000.

Lakhmi C. Jain, N. M. Martin, *Fusion of neural networks, fuzzy sets, and Genetic Algorithms Industrial Applications*, CRC Press LLC, USA, 2000.

Ollero Baturone, Aníbal, (2001), *Robótica, manipuladores y robots móviles*, Alfaomega-marcombo, España, 2001.

Cerezo Gabriela, *Diseño y Simulación de un Controlador Difuso*, Tesis Profesional, ULSA, México, 1994.

Hamilton, Jake, *Efectos especiales en el Cine y la Televisión*, Dorlyng Kindersley Limited, Londres, 1998.

Avissai Alcántara Burgute, *Estudio de un Control Difuso Hacia la Reducción de Emisiones Contaminantes Automotrices*, Tesis Profesional, ULSA, México, 2002.

Revistas

1. *Mecánica Popular*, año 54 #08, Editorial México, agosto de 2001.
2. *Conozca Mas*, año 11#05, México, mayo de 2000.
3. *Discover en español*, vol. 6, núm. 9, septiembre de 2002.
4. *Discover en español*, vol. 3, núm. 11, noviembre de 1999.

Maestría en Ciencias en el Área de Cibernética.

Un Logro del Trabajo en Colaboración.

Eduardo Gómez-Ramírez
Investigador de la Dirección de Posgrado e Investigación
LIDETEA
UNIVERSIDAD LA SALLE,
egr@ci.ulsal.mx

Recibido: Agosto de 2005. Aceptado: Septiembre de 2005

RESUMEN

Después de una trayectoria de trabajo en investigación en el área de cibernética y de una historia de formación de ingenieros en esta área, la Universidad La Salle ha dado el primer paso en ofrecer una maestría en el área de cibernética que ofrece a los estudiantes una formación integral con un fuerte componente de investigación y desarrollo. En este artículo se explican la historia y justificación, así como el mapa curricular de esta propuesta.

ABSTRACT

Considering many years of work in research and development, and many generations of engineers in cybernetics since 1975, La Salle University takes the first step by offering a new master's degree within the cybernetics area. The program includes research as the main component for an integral education. This paper presents the history and justification of this proposal with its master's syllabus.

INTRODUCCIÓN

La **Coordinación de Investigación** es una dependencia cuya función es, entre otras, apoyar y orientar la actividad de investigación que se realiza en el interior de la ULSA. Al igual que aquella que se efectúa por parte de los estudiantes de licenciatura y posgrado, como la del profesorado y los investigadores de la ULSA. Es un espacio heterogéneo donde comienzan a perfilarse, en su interior, las especializaciones necesarias y naturales de los espacios de investigación. Una de estas especializaciones está representada por el grupo del **Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología Avanzada (LIDETEA, <http://lidetea.ci.ulsal.mx/>)**, mismo que se encuentra formado por jóvenes especialmente inquietos que han manifestado interés y seriedad hacia cuestiones científicas y tecnológicas.

El grupo nace en agosto de 1992, y queda acogido bajo la Dirección de Posgrado e Investigación. En la actualidad, LIDETEA está integrado por investigadores, en su mayoría egresados de la Escuela de Ingeniería de esta misma Universidad; y ha sido, desde sus inicios, el lugar de trabajo no sólo de los propios investigadores, sino también

de estudiantes primordialmente de las carreras de Ingeniería Cibernética, Electrónica y Mecánica. Por esta razón se tienen programas de formación continua, por medio de seminarios de investigación, en los que se cubren diferentes tópicos dentro de las áreas de investigación del Laboratorio. (<http://lidetea.ci.ulsu.mx/seminarios>).

Desde su creación, la labor de los integrantes de LIDETEA se ha reflejado en la publicación de alrededor de 250 trabajos en memorias de congreso (ver gráfica 1), 70 artículos en revistas con arbitraje tanto nacionales como internacionales (gráfica 3), capítulos de libros y libros, (<http://lidetea.ci.ulsu.mx/pubindex.html>) patentes, conferencias de divulgación, tesis dirigidas (gráfica 2), cursos y tutoriales.

Su labor ha valido al grupo el haber sido reconocido con varios premios, algunos de carácter internacional, en diferentes áreas; y, por establecer una colaboración continua con instituciones en México y otros países (<http://lidetea.ci.ulsu.mx/instituciones.html>).

El motor del laboratorio es el trabajo continuo con estudiantes o egresados que buscan continuar su formación a través de la investigación, de manera que, como paso natural después de un trabajo de varios años, se ha llegado a diseñar una Maestría en Ciencias en el área de Cibernética, en la que tanto los miembros de LIDETEA, la Escuela de Ingeniería y otras áreas de la ULSA han colaborado.



Fig. 1 Estudiantes de LIDETEA presentando sus trabajos en congresos



Fig. 2 Grupo de estudiantes y profesores que participó en uno de los congresos

CIBERNÉTICA

El término *cibernética* casi siempre se ha asociado a máquinas, automatismos y computadoras, lo que no es del todo correcto y por lo que es necesario referirnos a sus raíces. El Diccionario de la Real Academia Española precisa que proviene del término en francés *cybernetique* que a su vez se deriva del inglés *cybernetics* y éste del griego *kubernhtikh*, que significa arte de gobernar una nave, y lo define como “el estudio de las analogías entre los sistemas de control y comunicación de los seres vivos y los de las máquinas”.

La Cibernética —como ciencia material— nació con los trabajos de Norbert Wiener [i], quien durante la década de 1940 desarrolló estudios en campos diversos, como el social (Cibernética y Sociedad) y el bélico (control de tiro antiaéreo). En el área lógico-matemática Norbert Wiener contribuyó, al igual que lo hizo John Von Neumann, al desarrollo de la primera computadora moderna, concebida bajo los cánones aún vigentes (*hardware* y *software*).

Mucho se ha hecho desde esta primera iniciativa y es claro que varias áreas se han agregado a esta propuesta, a saber, sistemas complejos, teoría del caos, autoorganización, nuevos enfoques de la teoría de la información y la teoría de juegos, entre otras.

MAESTRÍA EN CIENCIAS ÁREA CIBERNÉTICA

Como se comentó en párrafos anteriores, la cibernética es considerada como un área muy vasta y de la cual pueden existir muchas subdivisiones y enfoques. Para poder tener un marco teórico adecuado se seleccionó, para esta maestría, la división en cinco grandes teorías que son:

- *Teoría de los Sistemas*: se ocupa de encontrar la estructura, relaciones, etc. de un sistema basándose en técnicas matemáticas.
- *Teoría de la Información*: engloba las reglas y mecanismos que permiten la elaboración y/o transmisión de la información.
- *Teoría de la Regulación o del Control*: abarca la regulación automática de los sistemas dinámicos.
- *Teoría de Juegos*: estudia procesos en que se busca la solución óptima dentro de un conjunto (generalmente grande) de posibles resultados.
- *Teoría de Algoritmos*: está constituida por las reglas y procedimientos que describen la solución de un problema en función de un número específico de operaciones.

Estas teorías permiten ser los pilares que fundamentan los programas de investigación que actualmente tiene el laboratorio. A continuación se enlistan estos programas con las áreas en las que se ha trabajado:

1. Automatización y Control.

Control Inteligente: (Difuso, Neuronal, Robótica), sintonización de controladores difusos, visión artificial, identificación de parámetros, control adaptable, robótica móvil y articulada.

2. Computación Inteligente.

Redes neuronales artificiales, reconocimiento de patrones, predicción de series de tiempo, lógica difusa, algoritmo genético.

3. Procesamiento de Señales

Unidimensionales: Compresión, Análisis, Filtros, Transformadas (DCT, Fourier, Walsh, Haar, Hadamard, Hartley, Máxima Entropía).

Bidimensionales: (imágenes), Filtros, Segmentación, Contornos, Transformada de Hough, Clasificación, Reconocimiento.

4- Seguridad en Cómputo

Tolerancia a fallas, esquemas de monitoreo de redes de alta velocidad, *performance*, Internet 2.

5.- Electrónica y Microcontrol

Desarrollo de interfases para motores, tarjetas de control, programación de algoritmos de lógica difusa.

6.- Autómatas Celulares y modelado basado en agentes

Auto-organización, emergencia, sistemas complejos, comportamiento colectivo.

Con base en las teorías antes mencionadas se diseñó un plan con 6 líneas curriculares (ver <http://www.ci.ulsal.mx/cibernetica/mapa.html>), que se detallan a continuación:

1. Teoría de decisión y control,
2. Sistemas complejos,
3. Teoría de la computación,
4. Teoría de la información,
5. Integradora y
6. Socio humanista.

Ellas se complementan con 3 de las siguientes materias optativas:

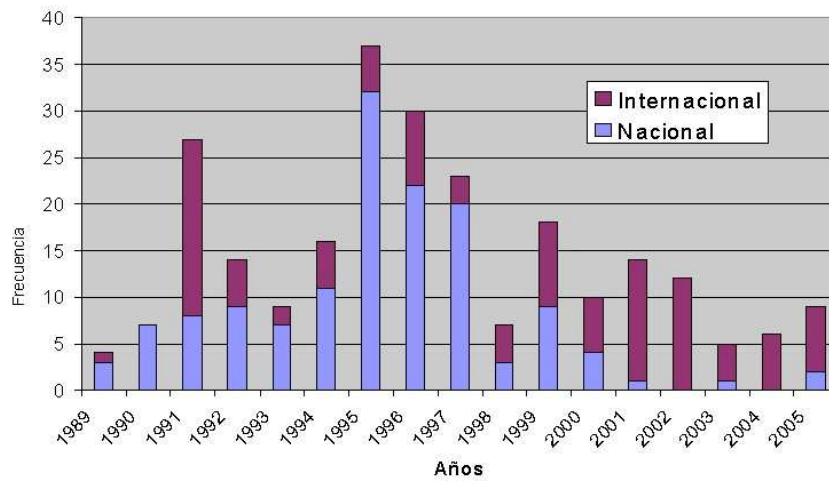
- Robótica,
- Control Óptimo y Robusto,
- Tópicos Avanzados de Optimización,
- Autómatas Celulares y Modelado Basado en Agentes,
- Computabilidad y Complejidad,
- Programación Avanzada,
- Filtros Digitales y *Wavelets*,
- Visión por Computadora.

El estudiante puede cursarlas dependiendo de la línea de investigación que elija.

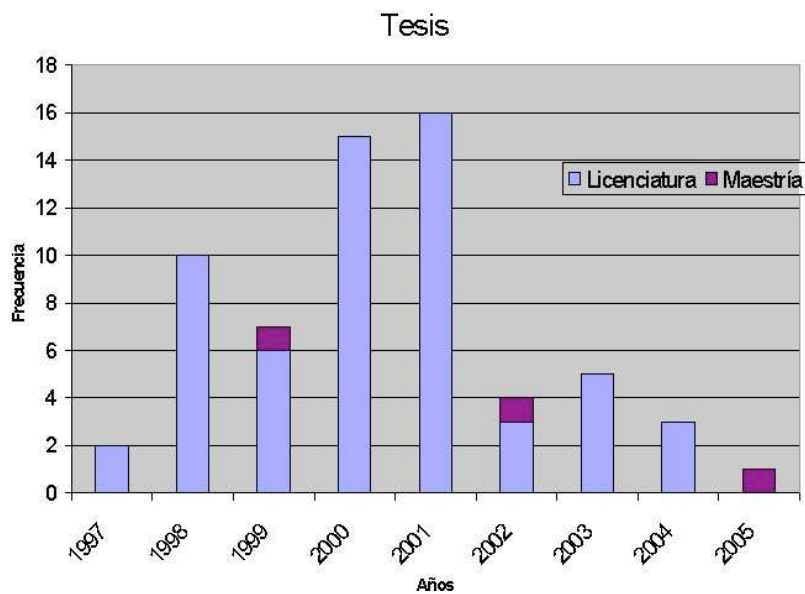
Es importante recalcar, considerando lo descrito anteriormente, que en cada una de las áreas existe toda una dinámica de trabajo relacionada con seminarios, participación en congresos nacionales e internacionales, publicaciones, colaboraciones, etc. En ella los estudiantes adquieren, comparten y discuten los conocimientos adquiridos en estas materias. Esto permite que la investigación sea el principal eje de este plan de estudios, asegurando su actualización continua y participación en los principales foros de discusión con los grupos mas importantes a nivel mundial en cada una de las áreas.

Con esta maestría, la ULSA se propone formar posgraduados con conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para gestionar, realizar y adaptar proyectos de

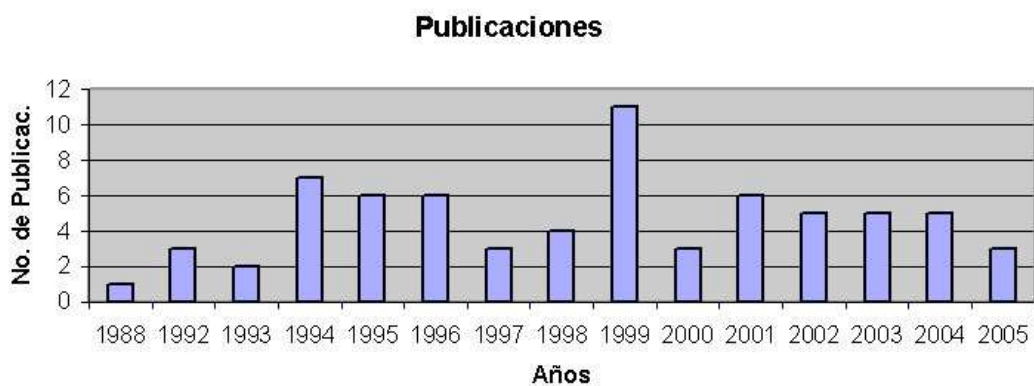
investigación o desarrollo tecnológico del área de la cibernética, en sistemas naturales y artificiales, aplicando las teorías de sistemas complejos, decisión y control, computación e información, que contribuyan a elevar el desarrollo del país y su competitividad en el nivel internacional, bajo un marco de valores éticos y de responsabilidad social



Gráfica 1. Relación de trabajos presentados en congresos nacionales e internacionales.



Gráfica 2 Relación de tesis elaboradas de licenciatura y maestría.



Gráfica 3. Relación de publicaciones en revistas (nacionales e internacionales).

REFERENCIAS

[i] Norbert Wiener. *Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, Second Edition, MIT press, 1965.

*Síntesis y caracterización del Cis-4, 6-Dimetil-4, 6-Dideutero-1, 3-Ditiano, R-2-Benzoíl-Trans-4,6- Dimetil-Cis-4, 6-Dideutero-1, 3-Ditiano y R-2-Difenilfosfinoíl- Trans-4, 6-Dimetil-Cis-4, 6-Dideutero-1,3-Ditiano**

Karla Elizabeth Ramírez Gualito

Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional

E-mail: probeta02@yahoo.com.mx

Asesor: Dr. Gabriel Eduardo Cuevas González Bravo & Dra. Delia Quintana Zavala

[Recibido: Abril de 2005. Aceptado: Mayo de 2005](#)

RESUMEN

Con la finalidad de explicar el efecto anomérico en el segmento *S-C-P* donde participan átomos de la tercera fila de la tabla periódica y cuya característica es tener un efecto muy estable, se busca obtener más información sobre la naturaleza del puente de hidrógeno propuesto. A fin de explicar el origen de este efecto, se decidió estudiar la interacción *CH—OX* mediante la sustitución isotópica del átomo de hidrógeno por el de *deuterio* a través de la síntesis del *4,6-dimetil-1,3-ditiano deuterado* en las posiciones 4 y 6, preparando dos derivados de esta molécula, en los cuales se estudió dicha interacción y se realizó un estudio minucioso de la topología descrita por la Teoría de Átomos en Moléculas.

Palabras clave: efecto anomérico, puente de hidrógeno, sustitución isotópica, Teoría de átomos en moléculas

ABSTRACT

Focusing in the explanation of the anomeric effect in the *S-C-P* segment where atoms of the third row of the periodic table participate, and whose characteristic is having a very stable effect, it is intended to obtain more information on the nature of the hydrogen bridge proposed. In order to explain the origin of this effect, it was decided to study the interaction *CH—OX* through the isotopic substitution of the atom of hydrogen by that of *deuterium* through the synthesis of *4,6-dimetil-1,3-ditiano deuterated* in positions 4 and 6, preparing two derivatives of this molecule, in which such interaction was studied, making a detailed study of the topology described by the Theory of Atoms in Molecules.

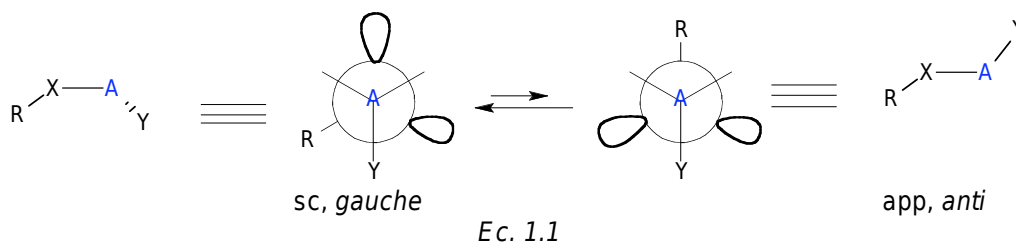
* Trabajo ganador de la Medalla "Hno. Salvador González 2005", Área Ciencias Naturales y Exactas, Nivel Licenciatura, Categoría Avanzada, *XII Jornadas de Investigación*, Universidad La Salle, Abril de 2005.

Key words: anomeric effect, hydrogen bridge, isotopic substitution, Theory of atoms in molecules.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El efecto anomérico en el segmento S-C-P es uno de los más intensos determinados hasta ahora, pues el conformero axial se estabiliza por prácticamente 3.0 kcal/mol. Este efecto anomérico llama la atención debido a que en él participan átomos de la tercera fila de la tabla periódica y por lo tanto debería ser débil.

Se define como término "Efecto Anomérico Generalizado" a la preferencia por la posición sinclinal (*sc, gauche*), sobre la antiperiplanar (*app, anti*) en segmentos R-X-A-Y, donde A es un elemento cuya electronegatividad es intermedia (C, P, S, Se, etc.), Y es un átomo con electronegatividad mayor que A (O, N, halógeno, etc.), X corresponde a un núcleo con un par de electrones no compartidos y R es un grupo alquilo o bien un átomo de hidrógeno. (Ec. 1.1)



En 1982 se describió la existencia de anomalías en la preferencia conformacional del 2-difenilfosfinoíl-1,3-ditiano.² (Ec. 1.3) Se propuso que el grupo difenilfosfinoíl del conformero axial es forzado a mantenerse próximo a los átomos de hidrógeno *syn*-diaxiales debido a interacciones tal vez de origen Coulómbico entre el oxígeno parcialmente negativo del grupo fosfinoíl y los hidrógenos parcialmente positivos de los carbonos 4 y 6 $O \cdots H(4,6-ax)$. Estas interacciones electrostáticas proporcionan una alternativa para la racionalización de las determinaciones experimentales.³

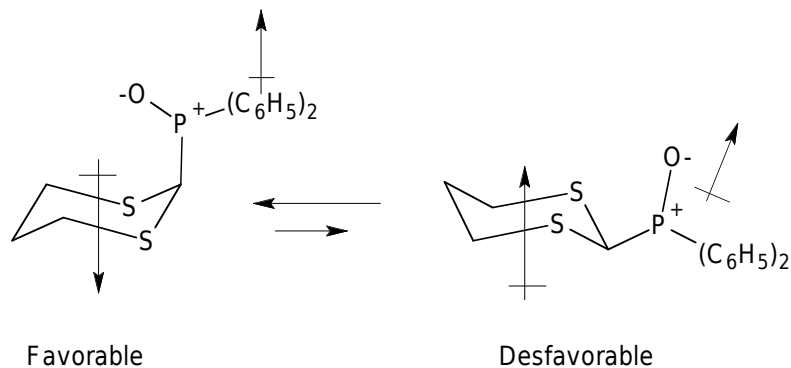
Muchas explicaciones se han dado para determinar el origen del efecto anomérico, sin embargo las racionalizaciones más aceptadas han sido las siguientes:

1. Una interacción desestabilizante entre el par de electrones no compartidos del oxígeno anular y el enlace C(1)-O en posición ecuatorial.⁴
2. Una interacción favorable entre los pares de electrones no compartidos del heteroátomo anular con el orbital de antienlace (σ^*) del sustituyente que favorece la orientación axial.⁵

LOS MODELOS UTILIZADOS PARA EXPLICAR EL EFECTO ANOMÉRICO EN EL SEGMENTO S-C-P-O SON:

1. Interacción dipolo/dipolo

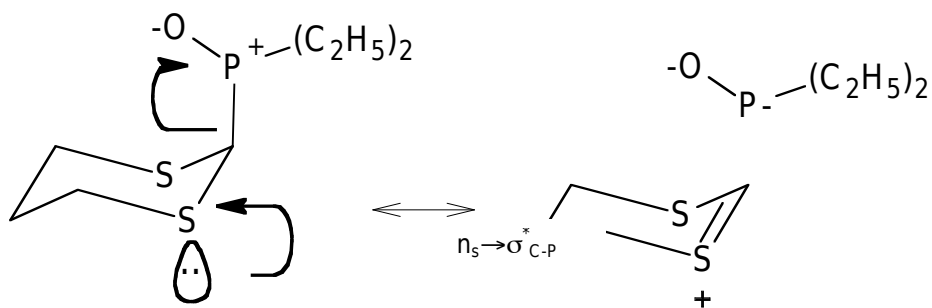
En este modelo, se propone una interacción dipolo-dipolo en donde en el conformero axial, la orientación de los dipolos originados por los sustituyentes presentes en la molécula es antiparalela, por lo que el sistema es más estable con respecto al conformero ecuatorial cuyos dipolos mantienen otra orientación. Este tipo de modelo fue establecido por Edward.¹ (Ec. 1.2)



Ec. 1.2

2. Modelo de enlace no enlace o de hiperconjugación negativa

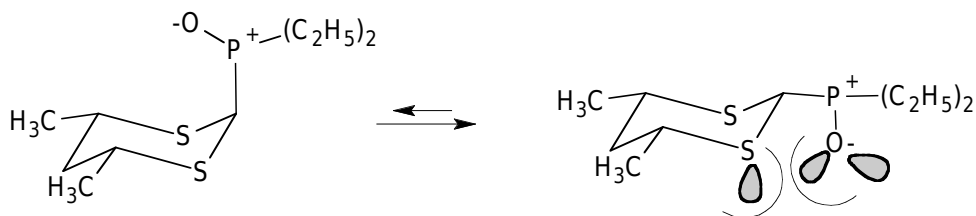
Este modelo sugiere que existe una interacción estabilizante de tipo $n_s \rightarrow \sigma_{C-P}^*$, la cual involucra dos orbitales y dos electrones y se lleva a cabo mediante la deslocalización de un par de electrones no compartidos del heteroátomo endocíclico hacia el enlace polar antiperiplanar adyacente.^{6,7} Este modelo conduce a pensar que debería existir un acortamiento del enlace C-S, lo cual le da un carácter de doble enlace y, por el contrario el enlace C-P(O) debería alargarse debido a su carácter de no enlace. (Ec. 1.3)



Ec. 1.3

3. Modelo de repulsión de los pares electrónicos o Modelo n_3/n_0

Este modelo establece que en el conformero ecuatorial existe una interacción repulsiva entre el par de electrones no compartidos del azufre y el oxígeno del grupo fosfinoilo en posición ecuatorial. Esta desestabilización es producida ya que se tienen dos orbitales ocupados de igual energía que interactúan a través del espacio y generan dos nuevos orbitales con cuatro electrones. Este modelo fue propuesto por Mikolajczyk⁸ (Ec. 1.4) por lo que el conformero menos estable es el que se observa, en este caso el axial.



Ec. 1.4

4. Modelo de interacciones electrostáticas

Todas las observaciones anteriores condujeron a proponer que el grupo difenilfosfinoilo del conformero axial es forzado a mantenerse próximo a los átomos de hidrógeno syn-diaxiales debido a interacciones tal vez de origen Coulómbico entre el oxígeno parcialmente negativo del grupo fosfinoilo y los hidrógenos parcialmente positivos de los carbonos 4 y 6. Esto fue confirmado cuando Mikolajczyk⁹ reportó que las distancias entre el oxígeno y los hidrógenos axiales son menores que la suma de los radios de Van der Waals para dichos átomos. Estas interacciones electrostáticas proporcionan una alternativa para la racionalización de las determinaciones experimentales.^{10,11} (Figura 1). Este modelo fue corroborado a través de estudios de difracción de rayos X.¹²

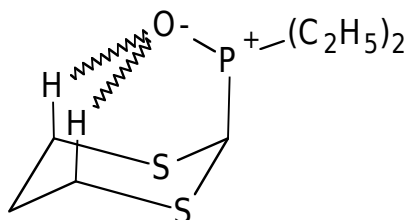


Figura 1. Interacciones electrostáticas

5. Enlace tipo puente de Hidrógeno C-H --- O

La existencia de un enlace por puente de hidrógeno C-H --- O ya ha sido resuelta.^{13,14} Glasstone¹⁵ propuso que los grupo C-H polares son buenos donadores en la formación de enlaces de hidrógeno. Esto se corroboró por la difracción de neutrón de varias moléculas que manifiestan enlaces C-H intramoleculares con átomos de oxígeno, lo cual origina puentes de hidrógeno C-H --- O.¹⁶

Jeffrey determinó que en la estructura del oxalato de dimetilo existe una gran proximidad del oxígeno carbonílico y el grupo metilo, en dirección con los enlaces C-H, sugiriendo de esta forma un enlace polarizado entre el grupo carbonilo y metilo con una distancia de 2.7 Å, por lo que se considera un enlace tipo puente de hidrógeno.¹⁷

Mikolajczyk *et al.*¹⁸ reportaron la estructura cristalina del ácido 5,5-dimetil-1,3-ditian-2-il-carboxílico en el cual se observa que el anillo del 1,3-ditiano adopta una conformación de silla, donde el grupo carboxilo adopta la posición axial y el oxígeno de dicho grupo se sitúa por encima del anillo heterocíclico casi en forma simétrica entre los hidrógenos axiales de C₄ y C₆. Las distancias entre el oxígeno y los hidrógenos axiales son: C₄ 2.564 Å y C₆ 2.697 Å, esto refiere que dichas distancias son menores que la suma de los radios de Van der Waals para los átomos de oxígeno e hidrógeno, lo que lleva a los autores a considerar la existencia de un enlace tipo puente de hidrógeno entre el oxígeno y al menos uno de los hidrógenos axiales.

De la misma forma, estudios recientes¹⁹ en la naturaleza del enlace P-O en óxidos de fósforo, sugieren la ausencia de enlaces múltiples. Estudios con base en la Teoría de Átomos en Moléculas (AIM) indican la existencia de un enlace polarizado σ . Los estudios de Dobado²⁰ sugieren que no hay una clara donación π desde el oxígeno hacia el fósforo y la acumulación de carga sobre el átomo de oxígeno favorecería las interacciones electrostáticas en el conformero axial, resultado de esta forma un enlace tipo puente de hidrógeno. (Figura 2).

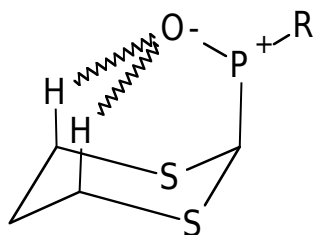


Figura 2. Interacciones electrostáticas tipo puente de Hidrógeno

Recientemente se demostró que a nivel *B3LYP/6-31G(d,p)*, el conformero axial en donde el átomo de oxígeno del grupo fosfinoilo se encuentra apuntando hacia el centro del anillo es el más estable de todos los rotámeros calculados y reproduce los resultados obtenidos a partir de los estudios de difracción de rayos X en cuanto a la geometría molecular.²¹ El hecho de que los átomos de hidrógeno se encuentren en posición de interacción con el oxígeno y que una interacción electrostática intramolecular sea una contribución estabilizante, permite establecer un origen no estereoelectrónico para esta preferencia conformacional, que se demostró teóricamente pues se determinaron dos trayectorias de enlace $CH-O(P)$ en la densidad electrónica de estas moléculas asociadas a puntos críticos. Las moléculas estudiadas fueron sistemas cíclicos como el *ciclohexano*, *1,3-ditiano*, *1,3,5-tritianos* y en todas ellas la contribución $C-H---O$ es estabilizante para los conformeros axiales.²² (Figura 3).

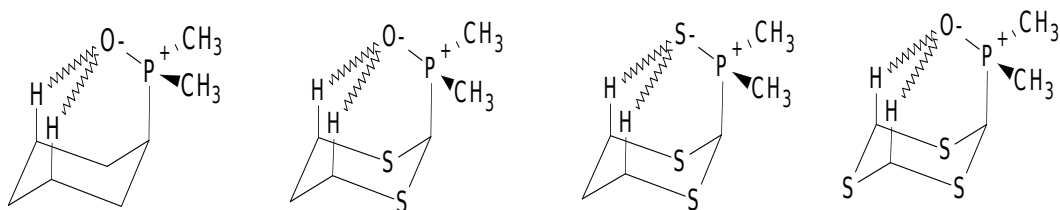


Figura 3. Moléculas estudiadas en el marco de la teoría topológica de Átomos en Moléculas

OBJETIVOS

Con la finalidad de establecer la naturaleza de la interacción $C-H---OX$ ($X=C,P$) se busca:

- Realizar la síntesis del *ditiano anancomérico deuterado* en las posiciones 4 y 6.
- Sintetizar los derivados *r-2-benzoíl-trans-4,6-dimetil-cis-4,6-dideutero-1,3-ditiano*, así como el *r-2-difenilfosfinoíl-trans-4,6-dimetil-cis-4,6-dideutero-1,3-ditiano*.
- Realizar el estudio topológico de la densidad electrónica de todas las moléculas, obteniendo las propiedades de todos los puntos críticos de dichos sistemas.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La **síntesis** del *ditiano anancomérico* (conformacionalmente anclado) *deuterado* en las posiciones 4 y 6, se logró a partir de la modificación de la técnica descrita por Eliel y Hutchins,²³ ya que en esta ocasión la reducción del material de partida se efectuó con borodeuteruro de sodio ($NaBD_4$). El esquema de síntesis se representa en la Figura 4.

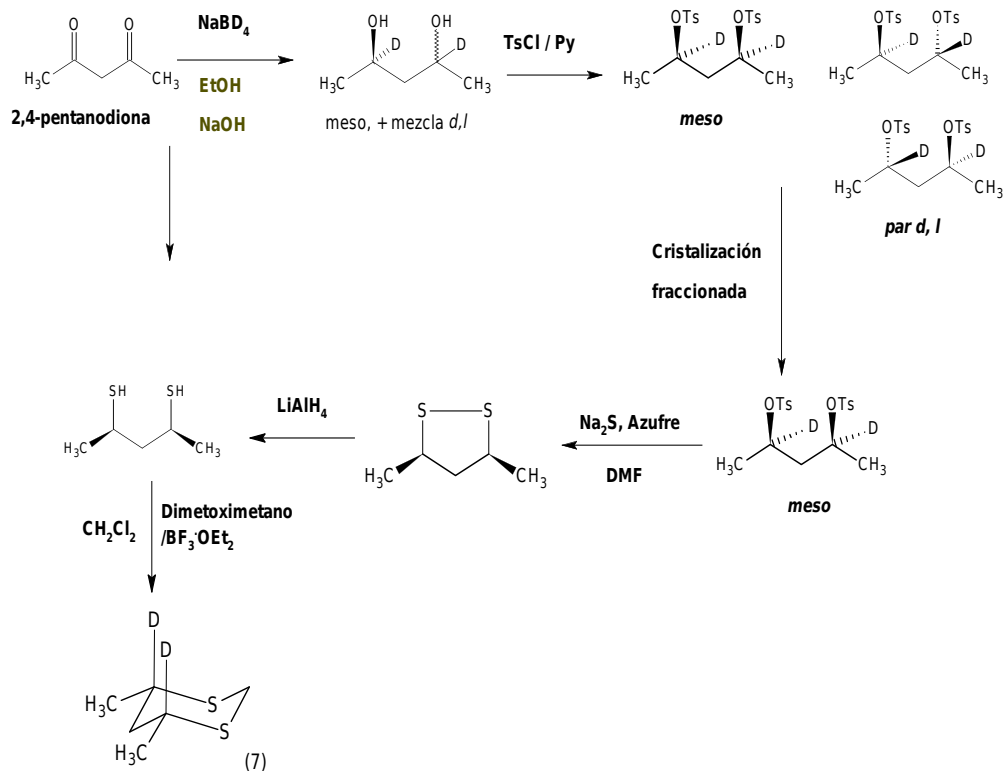


Figura 4. Síntesis del 4,6-dimetil-4,6-dideutero-1,3-ditiano (7).

El ditiano *anancomérico* deuterado presenta una forma de agujas blancas con p.f. de 80 °C y fue identificado a través de RMN de ¹H y ¹³C.

Posteriormente se llevaron a cabo las adiciones de electrófilos al *cis*-4,6-dimetil-4,6-dideutero-1,3-ditiano (7). Para llevar a cabo las adiciones de los electrófilos fue necesario formar el carbanión de litio al cual se le adicionaron los electrófilos correspondientes. Su formación se esquematiza en la Figura 5.

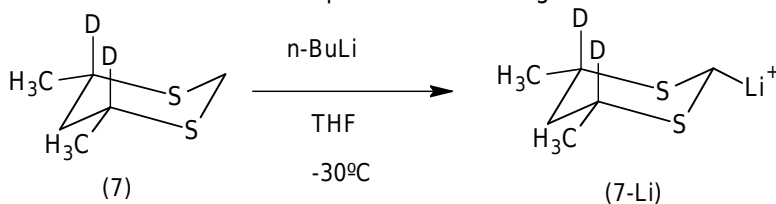


Figura 5. Formación del carbanión de litio

1. Reacción con benzonitrilo

Para llevar a cabo esta reacción es necesario formar el carbanión de litio, el cuál se hace reaccionar con el benzonitrilo previamente disuelto en THF seco también a baja temperatura y en atmósfera inerte, al llevarse a cabo esta reacción se forma la enamina, la cual es hidrolizada con una solución de HCl / acetona al 10%. El producto se purificó por recristalización fraccionada en cloruro de metileno, con lo que se forma un sólido cúbico incoloro con p.f. de 131 °C, y que a similitud de los sistemas que presentan átomos de hidrógeno en las posiciones 4 y 6, presenta al grupo benzoilo en posición axial.

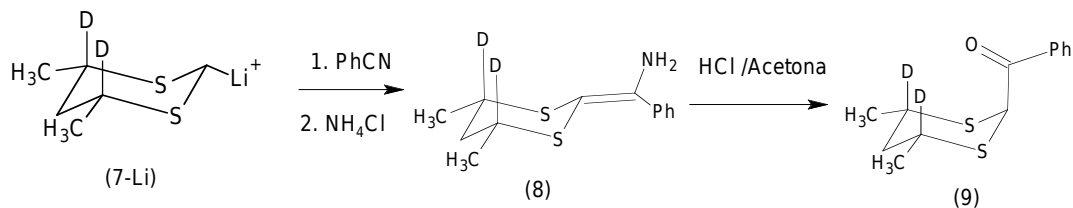


Figura 6. Obtención de la cetona axial del benzoílo

2. Reacción con clorodifenilfosfina

La reacción se lleva a cabo de forma similar a la anterior, ya que el carbanión de litio se hace reaccionar con la clorodifenilfosfina previamente disuelta en THF seco. Transcurrido el tiempo de reacción, se adiciona NH_4Cl como fuente de protones y con posteriores recrystalizaciones fraccionadas, se obtienen cristales amorfos de color blanco y con p.f. de 228 °C. De esta forma se obtiene el producto cuyo sustituyente se encuentra en posición ecuatorial y es caracterizado por diferentes espectroscopias.

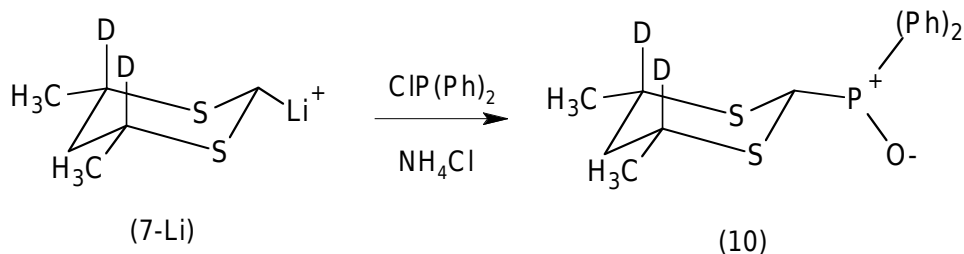


Figura 7. Obtención de *r*-2-difenilfosfinoíl-*c*,4,*c*,6-dimetil-*t*,4,*t*,6-dideutero-1,3-ditiano

2.1 Reacción de epimerización

Para obtener el producto cuyo sustituyente de la posición 2 se encuentra en posición axial, es necesario formar nuevamente el carbanión de litio adicionando *n*-BuLi y tras 1.5 horas de reacción tratarlo con NH_4Cl , esto permite obtener el producto *r*-2-difenilfosfinoíl-*trans*-4,6-dimetil, *cis*-4,6-dideutero-1,3-ditiano (11) cuyas características es ser agujas de color blanco con p. f de 255°C.

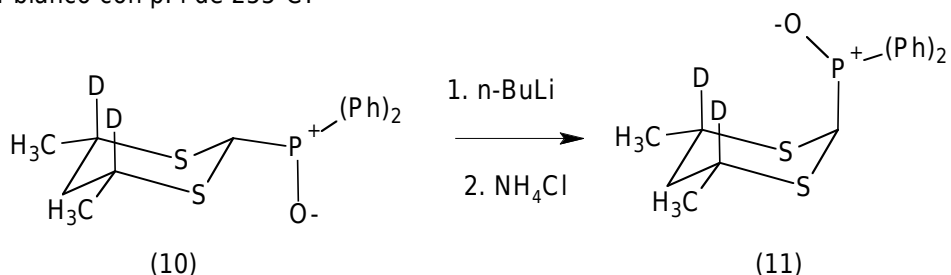


Figura 8. Reacción de epimerización

Dentro de la parte computacional se estudiaron por métodos teóricos el *cis* 4,6-dimetil-1,3-ditiano y sus derivados axiales con los grupos dimetilfosfinoíl y benzoílo. Los compuestos se optimizaron a nivel B3LYP/6-31G(*d,p*) con el programa Gaussian 2003,²⁴ las funciones de onda se analizaron con los programas AIM 2000²⁵ y AIMPAC.^{26,27}

El *cis*-4,6-dimetil-1,3 ditiano muestra una topología sencilla. Es posible localizar el punto crítico de anillo (Figura 9) y una conectividad normal.

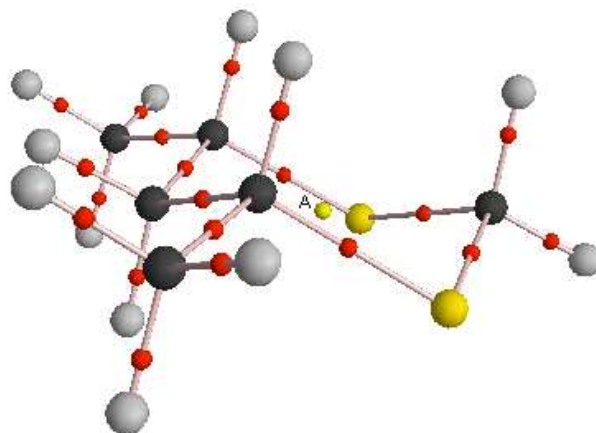


Figura 9. Puntos críticos en la densidad electrónica de *cis*-4,6-dimetil-1,3-ditiano.

El derivado benzoilado muestra una topología compleja. Existen dos puntos críticos de enlace que unen a los átomos de hidrógeno de las posiciones 4 y 6 con el átomo de oxígeno del grupo carbonilo. Esto ocasiona el cierre de 3 anillos adicionales además del anillo del *1,3-ditiano* (Figura 10).

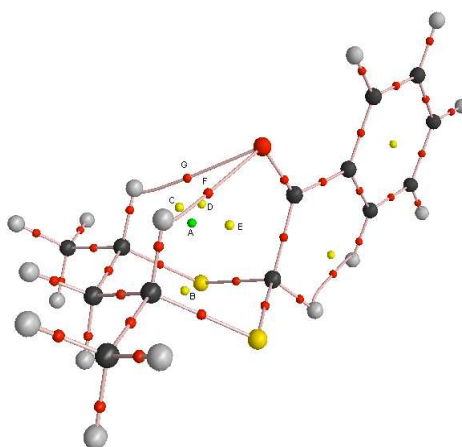


Figura 10. Puntos críticos en la densidad electrónica de *r*-2-benzoíl-*cis*-4,6-dimetil-1,3-ditiano.

Por limitaciones computacionales se estudió al *r*-2-dimetilfosfinoíl-*cis*-4,6-dimetil-1,3-ditiano, en el que se sustituyeron los grupos fenilo por metilos. Su topología es rica como en el caso anterior, pudiendo encontrar los puntos críticos de caja, anillo y enlace que se muestran en la Figura 11.

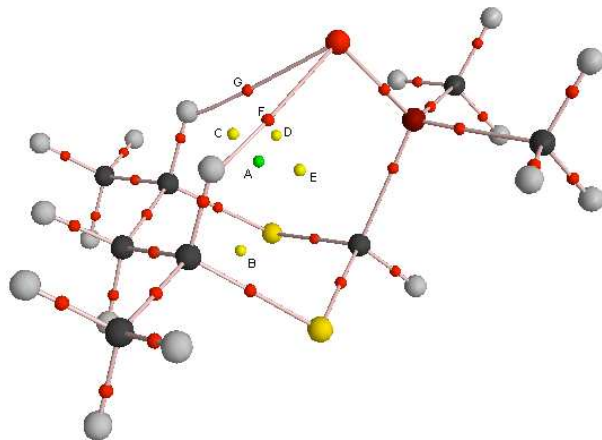


Figura 11. Puntos críticos en la densidad electrónica de *r*-2-dimetilfosfinoíl-*cis*-4,6-dimetil-1,3-ditiano.

CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo la síntesis del *ditiano anancomérico deuterado* en las posiciones 4 y 6 con un rendimiento del 50%.
- Se realizó la síntesis de los ditianos de interés, *r*-2-benzoíl-*trans*-4,6-dimetil-*cis*-4,6-dideutero-1,3-ditiano, así como el *r*-2-difenilfosfinoíl-*trans*-4,6-dimetil-*cis*-4,6-dideutero-1,3-ditiano, con rendimientos superiores al 60%.
- Por medio de cálculos de estructura electrónica, se determinó que en estos compuestos existe la interacción $C-H\cdots OX$ ($X=C,P$) que será estudiada posteriormente.
- La interacción de tipo puente de hidrógeno se puede corroborar a través del valor de la constante de acoplamiento $^1J_{C-D}$; que es de 21.26 Hz, en el ditiano sin sustituyente y 21.28 Hz en el derivado con el grupo difenilfosfinoílo en posición ecuatorial, pero que al sufrir la interacción se incrementa; así en el derivado benzoilado el valor de esta constante es de $^1J_{C-D} = 22.30$ Hz y en el derivado axial del difenilfosfinoílo el valor de la constante es $^1J_{C-D} = 24.12$ Hz.

REFERENCIAS

1. Juaristi E.; Cuevas, G. "The Anomeric Effect"; 1ª. Edición, USA, CRC Press: Boca Ratón, pp. 53, 1995.
2. Juaristi, E.; Valle, L.; Mora-Uzeta, C.; *Abstract of Papers*, 183rd National Meeting of the American Chemical Society; American Chemical Society, 1982.
3. Juaristi, E.; Valle, L.; Mora-Uzeta, C.; Valenzuela, B.A.; Joseph-Nathan, P.; Fredrich, M.F. *J. Org. Chem.* 47, 5038, 1982.
4. Edward, J.T. *Chem. Ind.*, 1102, 1955.
5. Alabugin, I.V.; Zeidan, T.A. *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 3175, 2002.
6. Altona, C.; Knobler, C.; Romers, C., *Acta Cryst.*, 16, 1217, 1963.
7. Altona, C.; Romers, C., *Acta Cryst.*, 16, 1225, 1963.

8. Mikolajczyk, M.; Gracyk, P.; Kabachnik, M.I.; Baranov, A.P. *J. Org. Chem.*, 54, 2859, 1989.
9. Mikolajczyk, M., Gracyk, P. *Heteroatom. Chem.*, 3, 625, 1992.
10. Juaristi, E.; Valle, L. Valenzuela, B. A.; Aguilar M.A. *J. Am. Chem. Soc.* 108, 2000, 1986.
11. Taylor, R.; Kennard, O. *J Am. Chem. Soc.*, 104, 5063, 1982.
12. Scheleyer, P.V.R.; Jemmis, E.D.; Spitznagel, G.W. *J. Am. Chem. Soc.*, 107, 6369, 1985.
13. Taylor, R.; Kennard, O. *J Am. Chem. Soc.*, 104, 5063, 1982.
14. Desiraju, G.R.; *Acc. Chem. Res.*, 24, 290, 1991.
15. Glasstone, S. *Trans Faraday . Soc.*, 33, 200, 1937.
16. Donohue, J. *In Structural Chemistry and Molecular Biology*; Rich, A. Davison, N., Eds.; W.H. Freeman: San Francisco, 459, 1968.
17. Jeffrey, G.; Doughill; Maryon, W. *Acta Cryst.* 6, 831, 1953.
18. Chesnut, D.B. *J. Am. Chem. Soc.*, 120, 10504, 1998.
19. Dobado, J.A.; Martínez-García, H.; Molina, J.M.; Sundberg, M.R. *J. Am. Chem. Soc.*, 120, 8461, 1998.
20. Cuevas, G. *J. Am. Chem. Soc.*, 122, 692, 2000.
21. Cortes, F.; Tenorio, J.; Collera, O.; Cuevas, G. *J. Org. Chem.*, 66, 2918, 2001.
22. Eliel, E.; Rao, S., Hutchins, O., *J. Amer. Chem. Soc.*, 91, 10, 1969.
23. *Gaussian 03*, Revision B.04, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, J. A. Montgomery, Jr., T. Vreven, K. N. Kudin, J. C. Burant, J. M. Millam, S. S. Iyengar, J. Tomasi, V. Barone, B. Mennucci, M. Cossi, G. Scalmani, N. Rega, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, M. Klene, X. Li, J. E. Knox, H. P. Hratchian, J. B. Cross, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, P. Y. Ayala, K. Morokuma, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, V. G. Zakrzewski, S. Dapprich, A. D. Daniels, M. C. Strain, O. Farkas, D. K. Malick, A. D. Rabuck, K. Raghavachari, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, Q. Cui, A. G. Baboul, S. Clifford, J. Cioslowski, B. B. Stefanov, G. Liu, A. Liashenko, P. Piskorz, I. Komaromi, R. L. Martin, D. J. Fox, T. Keith, M. A. Al-Laham, C. Y. Peng, A. Nanayakkara, M. Challacombe, P. M. W. Gill, B. Johnson, W. Chen, M. W. Wong, C. Gonzalez, and J. A. Pople, Gaussian, Inc., Pittsburgh PA, 2003.
24. Biegler-Körning, F. W. *J. Comput. Chem.*; Vol. 21, Núm. 12; 1040-1048. 2000.

25. Biegler-Körning, F. W.; Bader, R. F. W.; Tang T.H. *J. Comput. Chem.* 3, 317, 1982.
26. AIMPAC: A suite of programs for the Theory of Atoms in Molecules; R. F. W. Bader and coworkers (Eds.), McMaster University, Hamilton, Ont., Canada L8S 4M1.
27. Bader, R. F. W.; Carroll, M. T.; Cheeseman, J. R.; Chang, C, *J. Am. Chem. Soc.*, 109, 7968, 1987.

La Construcción de la transitividad de la desigualdad con números enteros negativos en la Escuela Secundaria

María Concepción Terríquez Paz
Universidad La Salle Guadalajara
E-mail: mterriquez@yahoo.com
Asesora: María Guadalupe Moreno Bayardo

Recibido: Abril de 2005. Aceptado: Mayo de 2005

RESUMEN

Esta es una investigación descriptiva y cualitativa en tres etapas, a lo largo de un ciclo escolar, realizada en una escuela secundaria oficial. El objetivo principal fue dar cuenta del proceso mediante el cual los niños y adolescentes construyen la transitividad con números enteros. Se partió de la hipótesis de que hay un paralelismo en la construcción de las operaciones y relaciones de orden, cuando menos en el nivel de las unidades simples. Se utilizaron las entrevistas clínicas para plantear a los sujetos de la muestra situaciones problemáticas y una actividad de correspondencia entre figuras geométricas de diferentes tamaños y etiquetas que hacían referencia a números enteros, positivos y negativos; esto permitió detectar que los niños y adolescentes construyen la transitividad con números enteros en el orden de las unidades simples mediante una secuencia de tres niveles constructivos: alteración, composición e integración. Esta secuencia está correlacionada con el avance de los sujetos en operaciones y ecuaciones aditivas, relaciones de orden, el estatus del cero, la abstracción y generalización y la evolución de los modelos que utilizan para justificar sus respuestas; muestran diferente desempeño de acuerdo con el contexto de la situación problemática, así como un anclaje en lo concreto, esto es, les cuesta trabajo justificar su respuesta a una situación problemática sin hacer referencia a situaciones concretas; además, verbalizan más ante una ecuación que ante una operación directa y muestran un rezago en la toma de conciencia con respecto a lo que pueden hacer con operaciones físicas o mentales.

El objetivo principal de esta investigación fue dar cuenta del proceso mediante el cual los niños y adolescentes construyen la transitividad con números enteros. Los particulares fueron describir las secuencias de desempeño en las que se manifiesta la evolución de los sujetos en su construcción de la transitividad de la desigualdad, dentro de la construcción más general de las relaciones de orden y operaciones con números enteros negativos. Además, construir cuando menos un principio teórico, con carácter hipotético, sobre la construcción de la transitividad de la desigualdad con números enteros, desde una perspectiva psicológica. Se presentan los hallazgos, a manera de una gran hipótesis que tendría que confirmarse con estudios posteriores, además de las limitaciones y los aportes de esta investigación.¹

¹Trabajo ganador de la Medalla "Hno. Salvador González 2005", Área Educación y Humanidades, Nivel Posgrado, Categoría Avanzada, XII Jornadas de Investigación, Universidad La Salle, Abril 2005.

² Investigación realizada en una escuela secundaria mixta de la zona metropolitana de Guadalajara, Jal., México. Asesora: María Guadalupe Moreno Bayardo.

Palabras clave: Construcción de la transitividad, números enteros, resolución de problemas, desigualdad.

ABSTRACT

This is a descriptive and qualitative research in three stages, along a school period, made in an official secondary school. The main goal was to realize the process children and adolescents use to built transitivity with whole numbers. A starting hypothesis respect the existence of a paralell link between the development of operations and order relationships, at least at the simple units level. Clinic interviews were applied to provide the subjects of the sample problematic situations and a corresponding activity between geometrical figures of various sizes and labels related to whole numbers, positive and negative; this allowed detecting that children and adolescents built transitivity with whole numbers following the simple units order through a sequence of three building levels: alteration, composition and integration. This sequence is correlated with the advance of the subjects with additive operations and equations, order relationships, status of zero, abstraction and generalization, and the models evolution used to justify their answers. They show a diverse performance according to the context of the problem, as well as being anchored in the concrete, which means, they find it hard to justify their answers to a problem without referring to concrete situations; besides, they verbalize more in front of an equation than in front of a direct operation and show some falling behind in awareness respect to what they can do with physics and mental operations.

The main objective of the present research was to realize the process through children and adolescents built transitivity with whole numbers. The details were to discover manifested performance sequences where evolution of subjects in the building of uneven transitivity, within a more general construction of order relationships and operations with negative whole numbers. Besides, to built at least a theoretical principle as a hypothesis on unevenness of transitivity construction with whole numbers, from a psychological approach. The findings are shown, as a major hypothesis that needs to be confirmed with later research, considering also the limitations and contributions of this research.

Key words: Transitivity construction, whole numbers, problem solving, unevenness.

1. La escuela secundaria

Los planes y programas de estudio de la Secretaría de Educación Pública (SEP)² para la educación secundaria enfatizan que la finalidad de la matemática es desarrollar habilidades operatorias y la capacidad para la solución de problemas. La SEP recomienda a los profesores de matemáticas en la escuela secundaria dedicar atención a la enseñanza de los números con signo.

Con respecto a la formación de profesores, en Jalisco hay dos instituciones que por excelencia han sido las formadoras de los docentes en el área de matemáticas para el nivel secundaria: la Escuela Normal Superior de Jalisco y la Normal Superior Nueva Galicia. En las tesis de licenciatura de estas instituciones, uno de los temas frecuentes es la enseñanza de los números negativos, de ahí que hay una aceptación de la importancia que tiene el contenido en la formación de los estudiantes de secundaria. Además, hay investigadores de prestigio, como Vergnaud,³ quien reconoce que hay serias dificultades en el aprendizaje de los números negativos.

² a) Secretaría de Educación Pública, *Educación Básica. Secundaria*. México, 1993.

b) Secretaría de Educación Pública, *Libro para el maestro. Matemáticas. Secundaria*. México, 1994.

³ Vergnaud, G., *Cambios cognitivos importantes en el aprendizaje de las matemáticas. Una perspectiva de desarrollo*. Conferencia en el ICME-8, 1996 [en línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/icme8/Resumenes.html#Conferencias Plenarios>, 7 de febrero de 2005.

Sin embargo, se considera que la mejor justificación para esta investigación es que los alumnos de secundaria donde se hizo la investigación tienen dificultades para construir los números enteros, positivos y negativos, además de que les cuesta trabajo construir las relaciones de orden con los mismos números. Se presenta como evidencia el caso de una alumna que sí pudo resolver la operación $(+8) + (-5) = +3$ en un examen escrito, pero que cambia su respuesta ante la contra argumentación:

- Investigadora: ¿Por qué salió un número positivo?
- Alumna: Porque así es.
- I: Tus compañeros dicen que es tres negativo. ¿Tú que crees?
- A: [No contesta, borra la respuesta y escribe -3].⁴

Algunos(as) alumnos(as) de la secundaria donde se realizó la investigación ordenaban los números negativos de las formas siguientes:

- Por parejas: 0, -1, +1, -2, +2, -3, +3...
- Aceptan que los negativos son menores que el cero, pero los ordenan en forma no simétrica: -1, -2, -3..., 0, +1, +2, +3...
- Ordenación simétrica: ...-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3..., pero diciendo: "Van así porque así dijo el maestro" o "Porque Dios así quiso".⁵

2. Antecedentes de investigación

Investigaciones anteriores a ésta, como las de Vergnaud⁶ y Gallardo,⁷ están centradas en operaciones (suma y resta), no consideran a las relaciones de orden como objeto de estudio y no dan una definición de lo que implica construir el concepto de número negativo.

Gallardo⁸ realizó su investigación en una escuela secundaria del medio urbano. En el trabajo exploratorio encontró que, además de tener dificultades con las operaciones, los alumnos tienen dificultad para comprender el orden entre enteros. Ella llevó a cabo una propuesta pedagógica con el método chino modificado (la unidad negativa anula a la positiva), e hizo una serie de entrevistas clínicas después del tratamiento, con lo cual identificó 4 diferentes perfiles de desempeño, sin embargo, el orden entre enteros no es un indicador de los mencionados perfiles.

Terríquez⁹ en una investigación de diagnóstico y propuesta de neutralización en una escuela secundaria femenil, encontró que no se han investigado lo suficiente las relaciones de orden y que hay un paralelismo en la construcción de relaciones de orden y operaciones aditivas, cuando menos en el nivel de las unidades simples.

Cid¹⁰ en una investigación documental de corte histórico, sugiere la posibilidad de que los adolescentes tengan obstáculos epistemológicos para la construcción de los números negativos.

⁴ Durante la entrevista traté de no sugerir las respuestas, pero una vez concluido el interrogatorio, la orienté en el uso de los signos. Realicé la entrevista en el 2000.

⁵ Realicé un muestreo aleatorio de 12 alumnos, con el fin de evidenciar la problemática, junio de 2001.

⁶ Vergnaud, G., *El niño, la matemática y la realidad*. 1ª ed., 2ª reimpresión, México: Trillas., 1995.

⁷ Gallardo, A., "El paradigma cualitativo en matemática educativa. Elementos teórico-metodológicos de un estudio sobre números negativos", en F. Hitt Espinoza (Edit.), *Investigaciones en matemática educativa*, 1ª ed., México: Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 197-222, 1996.

⁸ *Ibíd.*

⁹ Terríquez, M. C., *La construcción de las relaciones de orden con números enteros negativos: diagnóstico y propuesta*, Tesis de Maestría no publicada, Universidad La Salle, Guadalajara, México, 1999.

¹⁰ Cid, E., *Obstáculos epistemológicos en la enseñanza de los números negativos*, (sin fecha), [En línea], 2000. Disponible en: <http://www.uqr.es/~iqodino/siidm/boletín10.htm>, 7 de febrero de 2005.

Bruno y Espinel¹¹ realizaron su investigación sobre números negativos en la escuela secundaria. Hicieron una comparación entre tres métodos de enseñanza (redactar problemas, resolver problemas y aplicación de reglas), encontrando que los sujetos resolvían con operaciones o con representaciones gráficas de desplazamientos en los tres casos.

Gallardo¹² analizó, en otra investigación, la extensión del dominio de los números naturales al dominio de los enteros en la transición de estudiantes de la aritmética al álgebra. Encontró 4 niveles de aceptación del número entero: sustraendo, número relativo, número aislado, número negativo formal. Los primeros 3 niveles fueron observados en 35 estudiantes de secundaria (12-13 años de edad).

La revisión de las investigaciones sobre números negativos muestra que, básicamente, hay dos tipos de propuestas: 1) De neutralización: los números negativos se consideran opuestos a los positivos, por lo que una unidad positiva más una unidad negativa es igual a cero. 2) De desplazamiento: los números negativos se desplazan en sentido contrario que los positivos, ya sea en una recta numérica, un termómetro o el plano cartesiano.¹³ Pero estas mismas investigaciones no dan evidencia de cuáles son *los modelos que los sujetos utilizan* cuando resuelven situaciones problemáticas que requieren números enteros. Además, hay un dominio de las operaciones aditivas sobre las relaciones de orden con números negativos, de la cardinalidad sobre la ordinalidad, y una secuencia rígida de enseñanza (primero el orden, después las operaciones aditivas).

A partir de los puntos anteriores, se precisó el objeto de estudio de esta investigación en el contexto de la escuela secundaria: ¿Cuáles secuencias de desempeño muestran los niños y adolescentes en la construcción de la transitividad de la desigualdad con números enteros positivos y negativos? Partiendo de ahí se diseñó un estudio en tres etapas, con sujetos de los tres grados de secundaria, con la intención de inferir el proceso que siguen para pasar de un estado de menor conocimiento de la transitividad con números enteros a otro de mayor conocimiento.

3. Bases teóricas

Las bases teóricas son el constructivismo de Piaget y García,¹⁴ con aportes de Delval¹⁵ y García,¹⁶ entre otros. Piaget¹⁷ inició sus investigaciones con el supuesto de que hay una convergencia entre la construcción psicológica del conocimiento, la historia de las ciencias y el análisis formal de las matemáticas. Esto no significa que haya una coincidencia de contenidos entre la psicología, las demostraciones formales y la historia del número negativo, sino que hay una convergencia de los mecanismos de pasaje de un nivel a otro, supuesto del que se comparte en esta investigación.

¹¹ Bruno, A. y Espinel, M. C., "Problemas aditivos con números negativos: estudio sobre tres métodos de enseñanza con alumnos de nivel medio básico", *Educación Matemática*, Vol. 14, N° 1, 82-104, México: Grupo Editorial Iberoamérica, 2002.

¹² Gallardo, A., "The extension of the natural-number domain to the integers in the transition from arithmetic to algebra". En *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 49, N° 2, 171-192, 2002, [En línea], Disponible en: ERIC Document Reproduction Service N° E] 654482.

¹³ Gallardo, A., op. cit., "El paradigma..."

¹⁴ a) Piaget, J., García, R., *Psicogénesis e historia de la ciencia*, 7ª ed., México: Siglo Veintiuno, 1996.

b) Piaget, J., García, R., *Hacia una lógica de las significaciones*, 2ª ed., España: Gedisa, 1997.

¹⁵ a) Delval, J., *Creer y pensar. La construcción del conocimiento en la escuela*, México: Paidós, 1999.

b) Delval, J., *Descubrir el pensamiento de los niños. Introducción a la práctica del método clínico*, España: Paidós, 2001.

¹⁶ García, R., *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*, España: Gedisa, 2000.

¹⁷ Piaget, J., *Tratado de lógica y conocimiento científico. Naturaleza y métodos de la epistemología*, México: Paidós, 1992.

Se ha constatado que la estructura formal de la transitividad de la igualdad "si $X=Y$ y $Y=Z$, entonces, $X=Z$, cualesquiera que sean X , Y y Z ", no se *adquiere* de una vez por todas independientemente de su contenido, sino que se requieren tantas adquisiciones distintas y repetidas como contenidos diferentes a los que pueda aplicarse, por ejemplo, masa, peso, volumen y número natural,¹⁸ y en esta investigación se considera que los números enteros son el mismo caso.

Dada una relación asimétrica, tal que $a < b$, los sujetos comienzan comprendiendo los casos particulares: $a < b$, $b < c$, $c < d$, pero sin hacer conexiones entre ellos. El sujeto comienza a identificar que un elemento e es menor que f , g , h , y mayor que a , b , c y d . Después logrará hacer una intercalación inmediata de elementos sobreañadidos, y podrá invertir la serie tal que $a < b$, $b < c$, $c < d$ se transforma en $d > c > b > a$, entonces se dice que ha construido la transitividad en esa relación.¹⁹ La transitividad de la igualdad con números naturales se construye en forma análoga.

En la construcción del número natural, se fusionan las relaciones de clases y las asimétricas, de acuerdo con las investigaciones de Piaget y Szeminska:²⁰ "En consecuencia [...] el número se presenta como la síntesis de la clase y de la relación asimétrica o, lo que viene a ser lo mismo, de la relación simétrica (igualdad) y de las diferencias (relaciones asimétricas)", y al iniciar esta investigación se esperaba algo semejante con los números enteros.

4. Metodología

De acuerdo con Delval²¹ y con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio,²² un estudio longitudinal permite observar los procesos de construcción del conocimiento, pero requiere hacer un *seguimiento constante* de unos cuantos sujetos, lo cual no era posible en esta investigación; con los diseños transversales se pueden tomar muestras de diferentes edades y reconstruir los procesos mediante inferencias, lo que es más fácil para el investigador, pero tiene el inconveniente de que se requieren muestras grandes de sujetos; en cambio, con los diseños *mixtos*,²³ también llamados *panel*,²⁴ es posible evitar los inconvenientes de ambos tipos de estudio, y reconstruir el proceso con una muestra relativamente pequeña de sujetos de los tres grados de secundaria y entrevistas periódicas, aunque este diseño no ofrece la validez de los estudios longitudinales.

Por estas razones, en esta investigación se utilizó un diseño mixto, consistente en la selección al azar de 21 sujetos de los tres grados de secundaria (seis de primero, siete de segundo y ocho de tercero), para hacer un estudio con entrevistas clínicas en tres momentos del ciclo escolar 2002-2003 (octubre del 2002, y febrero y junio del 2003),²⁵ y describir la construcción de la transitividad de la desigualdad y del número entero mediante inferencias.

Se consideró conveniente entrevistar alumnos(as) de los tres grados escolares ya que se requerían sujetos con desempeños diferentes, que fueran transformándose a lo largo del período en que se realizó la investigación y que permitieran observar el proceso de

¹⁸ Piaget, J., Inhelder, B., *El desarrollo de las cantidades en el niño*, España: Nova Terra, 1971.

¹⁹ Piaget, J., *La equilibración de las estructuras cognitivas*, España: Siglo Veintiuno, 1978.

²⁰ Piaget, J., Szeminska, A., *Génesis del número en el niño* (7ª ed.), Argentina: Guadalupe, pp. 288, 1987.

²¹ Delval, J., op. cit., *Descubrir...*

²² Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., *Metodología de la investigación*, México: Mc Graw Hill, 1996.

²³ Delval, J., op. cit., *Descubrir...*

²⁴ Hernández Sampieri et al., op. cit.

²⁵ Seleccioné 8 de cada grado, pero durante el ciclo escolar tres alumnos se cambiaron de escuela, por lo que al final del trabajo de campo quedaron 21 sujetos. En los apartados siguientes haré referencia a las entrevistas realizadas en estas fechas como "exploración 1", "exploración 2" y "exploración 3", respectivamente.

transición de la transitividad de los números naturales a la transitividad de los números enteros, y estas transformaciones podían esperarse en los estudiantes de la secundaria, ya que el estudio de los números enteros forma parte del *currículum* de este nivel educativo. La población de la secundaria donde se hizo este estudio tenía un rango de edad entre los 11 y los 16 años en el turno matutino, pero los sujetos de la muestra tenían entre 12 y 15 años al iniciar el estudio.

Se partió de la hipótesis de que las operaciones suma y resta, y las ecuaciones (es decir, asociatividad, reversibilidad por inversión y transitividad de la igualdad) se construyen *paralelamente* a las relaciones de orden con enteros (transitividad de la desigualdad y reversibilidad por reciprocidad), cuando menos con las unidades simples, del -9 al +9, y la síntesis de estas operaciones y relaciones da como resultado la construcción del concepto de entero positivo y negativo.

La situación experimental consistió en el planteamiento oral de una serie de 8 problemas sobre números negativos, para observar lo que dicen y hacen los niños y adolescentes de la muestra al resolverlos; en una actividad con material concreto, consistente en hacer una correspondencia uno a uno entre 9 figuras geométricas con la misma forma pero diferente tamaño y 9 tarjetas con las leyendas "tengo 1", "tengo 2", "tengo 3", "tengo 4", "debo 1", "debo 2", "debo 3", "debo 4" y "no tengo y no debo" y en la entrevista clínica con contra argumentación por parte del experimentador.

En el trabajo de campo se utilizaron tres versiones de un mismo instrumento, con la intención de obtener datos cuyo análisis permitiera describir el proceso de construcción de la transitividad con números enteros, positivos y negativos, y se modificó el instrumento en función de los hallazgos hechos en cada etapa de esta investigación y de las consecuentes transformaciones de las hipótesis de trabajo.

La intención no era ajustar las hipótesis a los datos, sino construir un corpus comprensivo que describiera el proceso de construcción de la transitividad con números enteros positivos y negativos, *a partir de los datos*, en forma inductiva.

5. Modelo analítico

No se utilizó un modelo de análisis ya elaborado, sino que se construyó uno en forma inductiva, considerando como base el modelo de García,²⁶ quien distingue entre complejo cognoscitivo y sistema cognoscitivo. El complejo cognoscitivo consistió en los datos sin organizar obtenidos con las entrevistas, y el sistema cognoscitivo, en la organización que se hizo de este material para formar un sistema interpretativo sobre cómo los sujetos construyen el número entero en general, y la transitividad en particular.

El análisis pasó por dos niveles interpretativos:

Primer nivel. Análisis e interpretación del material empírico de base, en este caso, de las entrevistas que se aplicaron a los sujetos que participaron en esta investigación.

Segundo nivel. Construcción de principios teóricos, que dieron cuenta del proceso de construcción del número negativo, es decir, se formuló una descripción, con carácter hipotético, sobre la construcción el número entero, en general, y sobre la transitividad, en particular. Esto requirió que a partir del análisis efectuado en el primer nivel, se formulara un principio teórico, coherente con el material empírico de base, pero intentando despegarse de los hechos.

El análisis de datos requirió un modelo flexible que fue modificándose antes, durante y después del trabajo campo. Lo mismo ocurrió con las categorías analíticas. Después de

²⁶ García, R., op. cit.

la transcripción de las entrevistas, se separó lo que estaba relacionado con 2 organizadores generales: transitividad de la igualdad y transitividad de la desigualdad. Después, para cada una de las transitividades, se fragmentó la entrevista y se agrupó lo que estaba vinculado con los siguientes organizadores específicos:

- I. Relaciones de orden. En este organizador se agrupó lo relacionado con la forma como ordenaban enteros y el estatus del cero en esa relación.
- II. Operaciones y ecuaciones aditivas. En este organizador, lo relacionado a sumas, restas, ecuaciones donde la incógnita es un sumando y ecuaciones donde la incógnita es un sustraendo.
- III. Modelos. Se consideró a los modelos organizadores como representaciones mentales simples o complejas, que subyacen a una teoría (física, social, numérica, etc.), de acuerdo con Moreno Marimón.²⁷ En el caso de los números negativos, los modelos que utilizaron los alumnos para justificar una relación de orden fueron: situaciones concretas (como deudas y ganancias), operaciones, desplazamientos (como una recta numérica) y de neutralización (la unidad negativa anula a la positiva).
- IV. Abstracción y generalización. Se refiere a enunciados o “formas” que expresaban reglas, procedimientos, justificaciones, operaciones y relaciones, ya sean particulares o generales, con un contenido referido a una situación concreta o sin él.

Los 4 organizadores pertenecen a campos semánticos distintos: los dos primeros (relaciones de orden, operaciones y ecuaciones aditivas) se refieren al contenido matemático que investigué, por lo que son específicos de la transitividad y del número negativo, mientras que los últimos (modelos, abstracción y generalización) se refieren al proceso que siguen los sujetos, y son generales en la construcción del conocimiento.

A partir de este análisis se obtuvo el desempeño de cada uno de los 21 alumnos de la muestra: de cada protocolo se elaboró un reporte que incluye los 4 organizadores específicos, y en cada organizador, fragmentos de las respuestas de los entrevistados y una descripción de lo que el sujeto podía hacer, a partir de categorías que fueron surgiendo durante el análisis de datos y el desempeño del sujeto en cada categoría, (Tabla 1).

En la primera etapa de la investigación, la descripción del desempeño sólo permitía distinguir a los sujetos que podían resolver una situación problemática de aquéllos que no podían, sin embargo, a partir de los hallazgos fue desapareciendo esta dicotomía y aparecieron diversidad de descriptores del desempeño, tales como “resuelve componiendo dos operaciones”, “resuelve con una operación” y “resuelve pero no justifica”.

No fue posible separar completamente el contenido perteneciente a cada uno de los organizadores, ya que un mismo fragmento de la entrevista podía contener elementos que pertenecían a organizadores diferentes, y éstos a su vez, podían pertenecer a campos semánticos distintos (contenido matemático-construcción del conocimiento).

Posteriormente se hizo una tabla de cada uno de los organizadores, incluyendo a los 21 alumnos. Haciendo una lectura horizontal (desempeño *h, i, j, k...*), se identificó un nivel de desempeño, el cual se agregó en la última columna (Tabla 2).

Tabla 1. Reporte individual.

²⁷ Moreno Marimón, M., “Una teoría del cambio. Los modelos organizadores”. En M. Moreno, G. Sastre, M. Bovet y A. Leal, *Conocimiento y cambio. Los modelos organizadores en la construcción del conocimiento*, pp. 63-87, España: Paidós, 1998.

SUJETO: A	FECHA:
RELACIONES DE ORDEN (Viñetas)	DESCRIPCIÓN Categorías $a, b, c...$ Desempeño $a, b, c...$
OPERACIONES Y ECUACIONES (Viñetas)	DESCRIPCIÓN Categorías $h, i, j...$ Desempeño $h, i, j...$
MODELOS (Viñetas)	DESCRIPCIÓN Categorías $m, n, o...$ Desempeño $m, n, o...$
ABSTRACCIÓN Y GENERALIZACIÓN (Viñetas)	DESCRIPCIÓN Categorías $x, y, z...$ Desempeño $x, y, z...$

Tabla 2. Desempeño de la muestra en un organizador.

DESEMPEÑO DE LA MUESTRA EN OPERACIONES Y ECUACIONES. FECHA.			
SUJ.	Categoría h	Categoría i	Nivel
A	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 1
B	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 3
C	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 2
...

Después se elaboró una tabla concentrando todos los organizadores específicos y el nivel de desempeño de los sujetos (Tabla 3) y se hizo un *retorno reflexivo*, esto es, se regresó a los organizadores generales, transitividad de la desigualdad y transitividad de la igualdad, para hacer una descripción de ambas transitividades, a través de los organizadores específicos, categorías, desempeños y niveles de desempeño, haciendo lecturas horizontales de un mismo sujeto y lecturas verticales entre sujetos.

Uno de los hallazgos de la primera etapa del trabajo de campo fue que los sujetos verbalizaban más cuando resolvían ecuaciones, lo que llevó a la hipótesis de que los sujetos resolvían tan rápidamente las operaciones directas que no se daban cuenta de cómo lo hacían; en cambio, las ecuaciones, por ser procesos inversos, implican mayor grado de dificultad, lo que les hacía tomar conciencia del proceso, y en la segunda etapa del trabajo de campo se incluyeron más reactivos de ecuaciones que de operaciones.

Asimismo, varios de los sujetos cambiaron la ordenación de los enteros *durante la entrevista*, por lo que en la segunda etapa se incluyeron actividades de ordenación en dos contextos diferentes, para observar qué tan sólida era su respuesta. Estos cambios en las hipótesis de trabajo, llevaron consigo cambios en las categorías analíticas y en los formatos de las tablas.

Se elaboraron tablas comparativas para cada uno de los organizadores, con los resultados de la primera y la segunda etapa (Tabla 4), registrando los cambios observados, y revisando las tablas de desempeño una y otra vez (Tabla 2), para hacer nuevas conjeturas y nuevas hipótesis.

Después del análisis de la segunda etapa de entrevistas se observó que los sujetos tenían retrocesos aparentes. Así, un sujeto que había tenido un nivel de desempeño 2 en la primera etapa, mostró un nivel 1 en la segunda; sin embargo, junto con las variaciones de nivel, también había variaciones en el contexto del problema, por lo que se consideró otra hipótesis de trabajo: los desempeños y los niveles de desempeño varían con el contexto. Esto llevó consigo modificaciones en las categorías analíticas y en los formatos de las tablas, en las que se hicieron especificaciones del contexto de la

situación problemática o actividad de correspondencia planteada a los alumnos (Tablas 5, 6 y 7).

Tabla 3. Niveles de desempeño de la muestra.

NIVELES DE DESEMPEÑO DE LA MUESTRA				
FECHA				
Suj	Relac orden	Operac Ecuac	Modelos	Abstracc gralizac.
A	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
B	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
C	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
D	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel

Tabla 4. Cambios en el desempeño de la muestra en un organizador.

NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA MUESTRA.			
FECHA			
Suj	FECHA	FECHA	CAMBIOS
	Operac Ecuac	Operac Ecuac	
A	Nivel	Nivel	
B	Nivel	Nivel	
C	Nivel	Nivel	
D	Nivel	Nivel	

Por último, como se elaboraron las tablas a partir de hipótesis y categorías distintas, no fue posible (ni pertinente) hacer una comparación entre las 3 etapas de manera directa, por lo que se hizo una comparación de elementos análogos, esto es, elementos de las tablas que podían ser comparables entre sí porque eran observaciones hechas a un mismo sujeto, y compartían el mismo contexto de situación problemática planteada a los alumnos y el mismo tipo de relación o de operación; por ejemplo, ecuaciones donde la incógnita es un sumando en el contexto de deudas y ganancias, en la segunda y la tercera etapa. O bien, situaciones problemáticas con el mismo tipo de relación o de operación, y en la misma etapa, pero en diferente contexto.

El análisis de datos permitió identificar tres niveles de desempeño en la construcción de la transitividad de la desigualdad: alteración, composición e integración, y niveles análogos para la transitividad de la igualdad. No se seleccionaron sujetos 'iniciales', 'intermedios' y 'avanzados', sino que fueron elegidos al azar, y después se les dio forma y sentido a los hallazgos.

¿Por qué tres exactamente? Se consideró que el objeto de estudio de esta investigación, la construcción de la transitividad con enteros negativos, implicaba cambios a lo largo del tiempo, y estos cambios se observaron en un momento incipiente de la construcción, o estado inicial; un momento de logro de la construcción, o estado final, y un momento de transición del estado inicial al estado final. Con base en lo detectado, se puede afirmar que siempre es posible describir cuando menos tres niveles de la transformación de un proceso cualquiera.

De acuerdo con la postura teórica que sustenta esta investigación, los tres niveles podrían estar vinculados con estadios, es decir, que fuera obligado el paso por cada uno de los niveles para la construcción de la transitividad, sin embargo, los alcances y límites de esta investigación no permiten afirmarlo; pero sí queda como una hipótesis de trabajo para posteriores investigaciones.

Tabla 5. Ficha individual.

SUJETO: X		FECHA:	
RELACIONES DE ORDEN viñetas contexto a viñetas contexto b	DESCRIPCIÓN CATEGORÍAS a, b, c... Desempeño a, b, c Desempeño a', b', c'...		
OPERACIONES Y ECUACIONES viñetas contexto a viñetas contexto b	DESCRIPCIÓN CATEGORÍAS h, i, j... Desempeño h, i, j... Desempeño h', i', j'...		
MODELOS viñetas contexto a viñetas contexto b	DESCRIPCIÓN CATEGORÍAS m, n, o... Desempeño m, n, o... Desempeño m', n', o'...		
ABSTRACCIÓN Y GENERALIZACIÓN viñetas contexto a viñetas contexto b	DESCRIPCIÓN CATEGORÍAS x, y, z... Desempeño x, y, z Desempeño x', y', z'...		

Tabla 6. Desempeño de la muestra en un organizador en diferentes contextos.

DESEMPEÑO DE LA MUESTRA EN OPERACIONES Y ECUACIONES						
FECHA						
SUJ	CONTEXTO A			CONTEXTO B		
	Categoría h	Categoría i	Nivel	Categoría	Categoría	Nivel
A	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 2	Desempeño h'	Desempeño i'	Nivel 1
B	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 3	Desempeño h'	Desempeño i'	Nivel 2
C	Desempeño h	Desempeño i	Nivel 1	Desempeño h'	Desempeño i'	Nivel 1

Tabla 7. Nivel de desempeño de la muestra en diferentes contextos.

NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA MUESTRA.								FECHA
SUJETO	CONTEXTO A				CONTEXTO B			
	Relaciones	Operac/ Ecuac	Modelos	Abstrac / Gral.	Relaciones	Operac / Ecuac	Modelos	Abstrac/ Gral.
A	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
B	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
C	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
D	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel

Los tres niveles de construcción de la transitividad se corresponden con los tres niveles propuestos por Piaget y García²⁸ para describir funcionalmente la construcción del conocimiento: 1) Nivel intraobjetal, durante el cual los sujetos analizan las características del objeto del conocimiento, pero sin establecer relaciones entre ellas. 2)

²⁸ Piaget y García, op.cit., *Psicogénesis e ...*

Nivel interobjetal, durante el cual el sujeto reconoce las relaciones y las transformaciones. 3) Y por último, nivel transobjetal, caracterizado por la constitución de la estructura de conjunto.

6. Confiabilidad y validez

Las siguientes características le confieren confiabilidad y validez al instrumento empleado en esta investigación:

Delval,²⁹ considera la posibilidad de hacer cambios en las entrevistas, pero sugiere no introducir demasiados cambios debido a que esto dificulta la comparación entre sujetos. En esta investigación se modificó el instrumento en las tres etapas de la investigación, sin embargo, sólo se compararon elementos análogos que sí podían ser comparados, por lo que las transformaciones observadas en los sujetos no se deben a los cambios realizados en el instrumento.

Los sujetos que participaron en esta investigación tuvieron diferentes desempeños en la actividad de correspondencia entre las figuras geométricas y las tarjetas, lo que es un indicador de que la actividad tiene un grado de complejidad que permite percibir o discriminar el desempeño de los sujetos, lo que además le da validez al instrumento. Análogamente, los sujetos presentaron diferentes desempeños en la resolución de las situaciones problemáticas y actividades de correspondencia planteadas.

Para dar cuenta de la transformación a lo largo del tiempo, se puede utilizar un diseño transversal con sujetos de diferentes edades, reconstruyendo el proceso con el supuesto de que los sujetos construyen la transitividad con enteros negativos a través de niveles consecutivos, lo que reduce el trabajo de campo a una etapa única; sin embargo, con un diseño *mixto* se ha podido reconstruir el proceso sin tener que recurrir a dicho supuesto.

Un indicador de que las diferencias de desempeño se debían al avance en la construcción del número entero es que había sujetos que, aunque estaban en algún nivel como "integración de la transitividad de la igualdad", tenían rasgos del nivel anterior, esto es, *las creencias no desaparecían abruptamente*, y se dieron varios casos de alumnos que mostraban rasgos de dos niveles contiguos; como una alumna, quien en la exploración 2 resolvió una situación problemática de dos formas: componiendo con dos operaciones y con una sola operación (integración).

Los alumnos progresaban en cada etapa, lo que era de esperarse dado que eran sujetos escolarizados y el contenido matemático que se investigó forma parte del *currículo* de la escuela secundaria, y esto da muestras de que el instrumento permite indagar si han ocurrido procesos de transformación. Además, de acuerdo con la postura teórica y el objetivo de esta investigación, era fundamental dar cuenta de cómo los sujetos pasaban de un estado de conocimiento a otro estado más avanzado, y se presentan los hallazgos correspondientes. Además, se presenta una descripción del trabajo analítico, lo que permite que los lectores puedan reconstruir el procedimiento utilizado en esta investigación.

Lo fundamental es que el instrumento "mida lo que pretende medir", sin que esto implique datos cuantitativos, sino que sea un instrumento que permita dar cuenta del fragmento de la realidad que se pretende conocer. Una crítica que podría hacerse es con respecto a lo abierto de algunas situaciones problemáticas, lo que permitía que algunos sujetos dieran respuestas iniciales como "Así califica el maestro de Historia", "Portándome bien", "Hay cambios en el clima", sin embargo, era suficiente hacerles otra pregunta para que expresaran enunciados que reflejaban su construcción del número

²⁹ Delval, J ., op. cit., *Descubrir...*

entero, tales como “¿Cómo?”, “¿Por qué?” y, la que ayuda a que los sujetos continúen hablando sin sugerirles una respuesta, “¿Y?”. La mayoría de las preguntas podían ser contestadas con múltiples respuestas, lo que es necesario en una entrevista clínica, esto es, hay que hacer preguntas que ubiquen a los sujetos en una parcela de la realidad, pero que no los obliguen a dar determinada respuesta.

De acuerdo a la postura epistemológica y teórica de esta investigación, la confiabilidad de un sistema cognoscitivo no depende de cada afirmación, sino de la consistencia del sistema que se ha construido. Y lo más importante: el objetivo de esta investigación no era *demostrar o generalizar*, sino describir cómo los niños y adolescentes construyen la transitividad con números enteros en el contexto de la escuela secundaria, dentro de los límites y alcances que impone el tipo de estudio y el tamaño de la muestra.

7. Hallazgos

Los diversos desempeños y avances en las tres etapas de la investigación que presentaron los sujetos sugieren una secuencia constructiva de las operaciones aditivas, sin ser lineal: A) Suma de números enteros, y restas sólo en el caso particular de 2 enteros, $(-a)-(-b)$, tal que $a > b$.³⁰ B) Ecuaciones donde la incógnita es un sumando y restas con el sustraendo mayor que el minuendo, $(+a)-(+b)$, tal que $a < b$, y C) Restas con doble inversión del número, $(+a)-(-b)=+c$, y ecuaciones donde la incógnita es un sustraendo.³¹

Además, la forma como pasan de no resolver a resolver ecuaciones es mediante el procedimiento de componer la respuesta con dos operaciones, primero sin considerar al cero como punto de referencia, después considerándolo.

De acuerdo con las transformaciones mostradas por los sujetos de la muestra, la ordenación de enteros pasa por 3 momentos. Primero ordenan por parejas, ya sea +1, -1, +2, -2... ó -1, +1, -2, +2...; posteriormente separando enteros +1, +2, +3, -1, -2, -3 ó -1, -2, -3..., +1, +2, +3, y por último, ordenan simétricamente: ...-3, -2, -1, +1, +2, +3... La evidencia a favor es que los alumnos que presentaron cambios en la ordenación de enteros lo hicieron en esta secuencia constructiva.

Se reconsideró el término paralelismo, que inicialmente se había definido como “avance correlacionado y simultáneo”, y se redefinió como “avance correlacionado pero no simultáneo”, debido a los desfases observados en la construcción de las operaciones aditivas y las relaciones de orden. Sin embargo, la correlación se manifestó en lo siguiente:

- a. Hay una construcción progresiva de las relaciones de orden y operaciones y ecuaciones aditivas con enteros, es decir, no hay una secuencia primero relaciones de orden, después operaciones y ecuaciones.
- b. Los sujetos justifican las relaciones de orden con operaciones aditivas.
- c. El cero relativo juega un rol importante en la resolución de ecuaciones, en particular donde la incógnita es un sustraendo.
- d. Hay desfases en la construcción de las operaciones aditivas, las relaciones de orden y el estatus del cero, pero en su más alto nivel de desempeño tienden a converger en los sujetos que muestran mayor avance en todos los contextos de las situaciones problemáticas.

Dado que la transitividad de la igualdad y la desigualdad son elementos del número entero, se esperaba encontrar otro paralelismo constructivo de ambas transitividades.

³⁰ Durante las entrevistas no utilicé operaciones, sino situaciones problemáticas concretas y orales.

³¹ En todos los casos, con a , b y c , me refiero a enteros positivos, y con $-a$, $-b$ y $-c$, a enteros negativos.

Los hallazgos permiten afirmar, a manera de hipótesis, que sí hay un paralelismo análogo al de las operaciones y relaciones de orden, y que se trata de procesos no simultáneos. Esta afirmación equivale a decir que no hay una secuencia “primero transitividad de la desigualdad, después transitividad de la igualdad”, sino que ambas transitividades se van construyendo gradualmente, y que la culminación de ambas (integración del orden, en el caso de la desigualdad; integración en una operación, en el caso de la igualdad) no se da al mismo tiempo, puede ser que primero logren una de las dos transitividades. Además, se identificaron tres niveles constructivos para la transitividad de la desigualdad y la igualdad (Figura 1):

Un primer nivel llamado “alteración”, consistente en que los sujetos incorporan los enteros negativos, pero los someten a las mismas reglas que a los números naturales. Con el término alteración se hace referencia al hecho de que los sujetos alteran el signo de los números o del operador, pero no ambos, y aplican la transitividad aún en el dominio de los números naturales, por ejemplo: “ $(+5)+(-2)=(+5)+(+2)$ y $(+5)+(+2)=(+7)$ entonces $(+5)+(-2)=+7$ ”. Ordenan por parejas de enteros (+1, -1, +2, -2... ó -1, +1, -2, +2...), reconociendo un valor diferente para los enteros negativos, pero en forma cualitativa y particular, a cada número lo consideran menor (o mayor) que su simétrico.

Un segundo nivel llamado “composición”, que es cuando los sujetos además de incorporar los enteros negativos, comienzan a operar con ellos reconociéndolos como diferentes a los números positivos, pero necesitan componer sus soluciones con dos operaciones, en particular, cuando resuelven ecuaciones o procesos inversos, por ejemplo, la ecuación $(-4)+(_) = +5$, la resuelven sin considerar al cero como punto de referencia: “ $(+5)+(-4)=+1$, $(+1)+(+4)=(+5)$ entonces $(-4)+(+5)+(+4)=+5$ y $(+5)+(+4)=+9$ ”, o bien, considerando al cero como punto de referencia “ $(-4)+(+4)=0$ y $0+(+5)=+5$ entonces $(-4)+(+4)+(+5)=+5$ y $(+4)+(+5)=+9$ ”. Ordenan separando enteros (-1, -2, -3, +1, +2, +3... ó +1, +2, +3, -1, -2, -3...), y el valor diferente para los enteros negativos se ha generalizado, todos los enteros negativos son menores (o mayores) que los positivos, pero aún no se ha cuantificado esta relación.

Un tercer nivel llamado “integración”, que se caracteriza porque los sujetos logran resolver ecuaciones con una sola operación y aplican la transitividad en el dominio de los enteros positivos y negativos. Ordenan en forma simétrica (-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3...), y se ha cuantificado el valor diferente de los negativos, además de haberse generalizado (todos los negativos son menores que los positivos), por lo que aceptan que -3 es el inverso aditivo o simétrico de +3, esto implica que aceptan que -3 es menor que +3, que todos los negativos son menores que +3 y que -3 y +3 tienen el mismo número de unidades, pero con diferente valor relativo. Es cuando los sujetos aceptan que si $A=B$ y $B=C$ entonces $A=C$, y que si $A<B$ y $B<C$ entonces $A<C$ en el caso de que A , B y C sean números enteros, positivos y negativos.

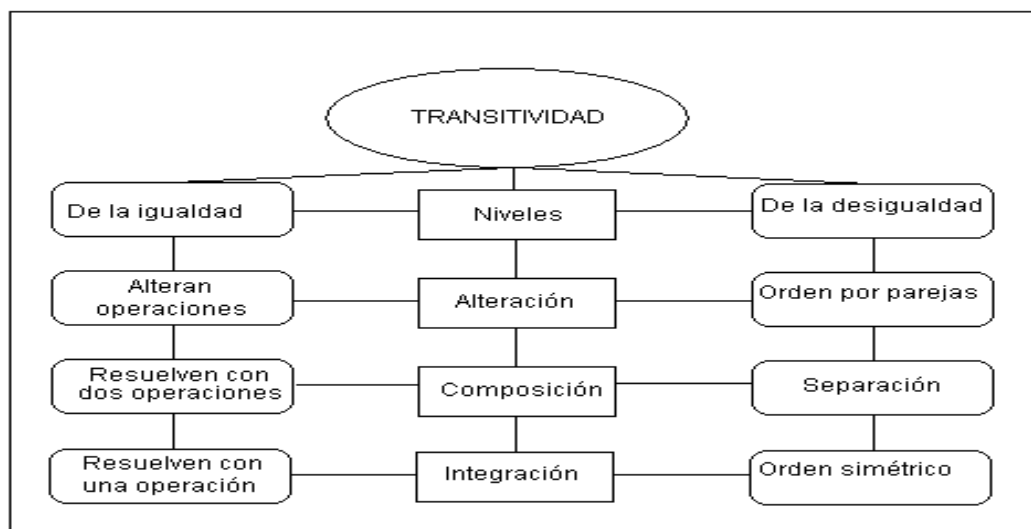


Figura 1. Niveles de construcción de la transitividad.

El estatus del cero como absoluto, como el mayor de los números o como relativo, también juega un rol importante en la construcción de la transitividad. Se esperaba una relación entre los progresos de la transitividad y el estatus del cero, sin embargo, no fue así. Pueden darse casos como los siguientes: que un alumno ordene separando enteros, pero siga considerando un cero absoluto: $0... -1, -2, -3..., +1, +2, +3...$, o bien, que lo considere el mayor de los números: $... -1, -2, -3..., +1, +2, +3..., 0$. Sin embargo, se observó en los sujetos más avanzados una tendencia a ordenar en forma simétrica con cero relativo: $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3...$

A partir de los hallazgos de la investigación, se descubrió lo siguiente: cuando un alumno ordena por parejas $-1, +1, -2, +2, -3, +3...0$, y coloca al cero en el lugar del mayor, es matemáticamente incorrecto, pero es un avance con respecto a ordenar $0, -1, +1, -2, +2...$, ya que implica una movilidad de pensamiento. La movilidad se debe a que pueden sumar enteros positivos y negativos, cuando menos en contextos específicos; el orden está construido con la suma de simétricos: $(-1) + (+1) = 0$, $(-2) + (+2) = 0$, $(-3) + (+3) = 0...$ Los sujetos colocan el cero al final, de menor a mayor, porque es el resultado de las sumas anteriores.

Se obtuvieron hallazgos que contradicen parcialmente lo expuesto por Beth y Piaget³² con respecto al avance simultáneo de la seriación, la clasificación y la conservación del número natural. En esta investigación, se observó que los desfases son la norma y los avances en fase de todos los elementos o aspectos del número entero son la excepción, es decir, un mismo sujeto, en situaciones problemáticas en el mismo contexto, puede presentar mayor avance en relaciones de orden que en operaciones, o al contrario.

En el caso de que la exigencia de la necesidad y la confianza en las reglas fueran necesarias para la construcción del número entero, permitirían que los sujetos acepten soluciones con enteros positivos y negativos que no están dadas por sus experiencias, sin embargo, lo que se encontró es que los sujetos resuelven las situaciones problemáticas más cercanas a su entorno y experiencias (calificaciones, deudas y ganancias). A partir de los hallazgos se puede afirmar que un primer nivel de equilibrio en la construcción del número entero se da cuando los sujetos pueden resolver situaciones problemáticas que requieren para su solución relaciones de orden con cero relativo y operaciones y ecuaciones aditivas, en diversidad de contextos y con unidades

³² Beth, E., Piaget, J., *Epistemología matemática y psicología. Relaciones entre la lógica formal y el pensamiento real*, 2ª ed., España: Crítica, 1980.

del -9 al +9; dentro de este proceso los sujetos pasan por una secuencia de desempeño en la que se manifiesta la construcción de la transitividad de la igualdad y la desigualdad: alteración, composición e integración. A este primer nivel de equilibrio se le llamó "concepto de número entero". Otros elementos que intervienen en este proceso evolutivo son (Figura 2):

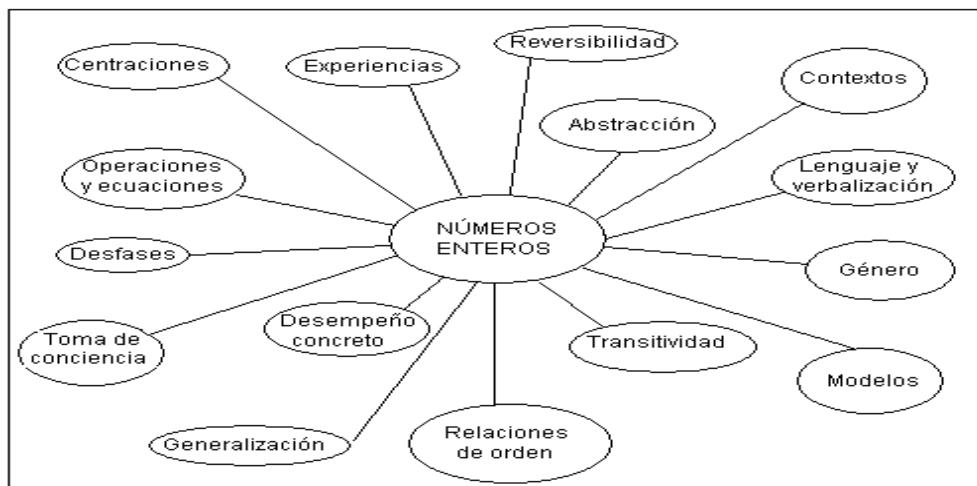


Figura 2. Elementos que intervienen en la construcción del número entero. Dimensión cognitiva.

a) El lenguaje y la verbalización. Los sujetos verbalizan más ante un problema que exige un proceso inverso que ante uno directo, esto es, no suelen dar explicaciones sobre cómo resuelven una suma, y verbalizan más cuando resuelven ecuaciones.

b) Las experiencias del sujeto en cada contexto de la situación problemática que tiene que resolver. En el caso de los sujetos que participaron en esta investigación, los contextos que les resultan más accesibles son "calificaciones" y "deudas y ganancias", y los menos accesibles, "tiempo" y "temperaturas", y los sujetos que se encuentran en el tercer nivel de construcción del número entero ya han generalizado los contextos. De acuerdo con varias investigaciones³³ este diferente desempeño en cada contexto se da en los sujetos de todos los niveles educativos y en todos los contenidos de las matemáticas, y no se debe a dificultades cognitivas sino a la *especialización del conocimiento* debido a la experiencia.

³³ a) Castro, E., Rico, L., Castro E., *Estructuras aritméticas elementales y su modelización*, Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.

b) Saiz, I., "Dividir con dificultad o la dificultad de dividir.", en C. Parra e I. Saiz (Comp.), *Didáctica de las matemáticas, aportes y reflexiones*, pp. 185-217, Argentina: Paidós Educador, 1994.

c) Hoyos, V., "Un estudio exploratorio sobre la asignación de sentido a las representaciones básicas de la variación, al término de la primaria y el inicio de la secundaria", en *Educación Matemática*, Vol. 6, N° 3, pp. 65-81, México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994.

d) Ojeda, A. M., "Contextos, representaciones y la idea de probabilidad condicional", en F. Hitt Espinoza (Edit.), *Investigaciones en matemática educativa*, (pp. 291-310). México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1996.

e) Sánchez, E., Hernández, R., "Análisis de resultados de un cuestionario sobre la regla del producto en probabilidad, aplicado a estudiantes de bachillerato y primer año profesional", en *Memorias del VII Simposio Internacional en Educación Matemática Elfriede Wenzelburger*, UPN (pp. 152-158). Cd. de México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1999.

f) Waldegg, G., De Agüero, M., "Habilidades cognoscitivas y esquemas de razonamiento en estudiantes universitarios", en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 4, N° 8, pp. 203-244, 1999.

g) Valiente, S., "Análisis de 4 algoritmos operatorios en investigación de campo con adultos analfabetas", en *Educación Matemática*, Vol. 7, N° 2, pp. 60-73. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.

h) Bruno, A. y Espinel, M. C., op. cit.

i) Gallardo, A., op. cit., "El paradigma..."

c) El desempeño de los adolescentes al nivel de las operaciones concretas ante un conocimiento nuevo. Se encontró en los adolescentes un anclaje en lo concreto, del que les cuesta trabajo desprenderse, y dificultades para generalizar los contextos de construcción del número entero. No se concuerda con la postura de Inhelder y Piaget,³⁴ quienes explican esto con la tesis de que los sujetos no han pasado a la etapa de las operaciones formales, que son las únicas que pueden abstraerse de su contenido, y se acepta la postura de Delval³⁵ y Ausubel et al.,³⁶ quienes consideran que los sujetos que se encuentran en las operaciones formales presentan desempeño concreto ante un conocimiento nuevo. Se reconoce que algunos de los sujetos más avanzados presentaron rasgos del pensamiento formal (la exigencia de la necesidad y la confianza en las reglas), y se pretende continuar en esta línea de investigación en estudios posteriores.

d) La toma de conciencia y la reversibilidad. Se encontró un desfase (rezago) de la toma de conciencia de las operaciones y relaciones de orden con respecto a lo que los sujetos pueden hacer con acciones físicas (la actividad de poner en correspondencia las tarjetas con las figuras geométricas) o mentales (la resolución de los problemas), además de que la toma de conciencia se encuentra ligada a la reversibilidad del número, observada en la resolución de ecuaciones. Claparède³⁷ y Vygotski³⁸ consideraban que dado un proceso de construcción del conocimiento A, B, C , la toma de conciencia es C, B, A ; los hallazgos de esta investigación están más próximos a la tesis de Piaget,³⁹ y se considera lo siguiente: la toma de conciencia surge de los procesos inversos, haya conflicto cognitivo o no lo haya, y el orden de la toma de conciencia es el mismo A, B, C , pero con desfase, esto es, con rezago con respecto a la construcción del número entero. Piaget consideró que esto se debe a que la toma de conciencia no es contemporánea de la construcción misma, y los hallazgos de esta investigación dan elementos para considerar que se debe a que la toma de conciencia es otro proceso en la construcción del número entero, de la que ya había observado que los desfases son la norma, y a que los sujetos verbalizan menos de lo pueden hacer con acciones físicas y mentales.

e) La evolución de los modelos, de concretos a más abstractos. Se inició esta investigación con la hipótesis de que los sujetos abandonarían modelos de desplazamiento y de neutralización para justificar relaciones de orden con operaciones y operaciones con relaciones de orden. Los hallazgos difieren bastante. En primer lugar, la secuencia constructiva muestra que los sujetos que participaron en esta investigación pasaban de modelos referidos a situaciones concretas a operaciones y después a desplazamientos y neutralización, sin abandonar las situaciones concretas, por lo que parece que los modelos de desplazamiento y neutralización son un conocimiento más avanzado que las operaciones, cuando menos en el contexto escolar. En segundo lugar, se observó que había sujetos que justificaban relaciones de orden con operaciones y operaciones con relaciones de orden, desde una etapa intermedia en la construcción del número entero.

f) La centración del sujeto en determinados aspectos del número entero. Los sujetos se centran en las operaciones o relaciones de orden, y posteriormente las integran en un sistema que permite la conceptualización del número negativo, que se manifiesta en el uso de modelos más abstractos, como operaciones, desplazamientos y neutralización.

³⁴ Inhelder, B., Piaget, J., *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, España: Paidós, 1996.

³⁵ Delval, J., op. cit., *Crece y pensar...*

³⁶ Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H., *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, 2ª ed., México: Trillas, 2001.

³⁷ Citado por Vygotski, L. S., *Pensamiento y lenguaje*, La Habana: Pueblo y Educación, pp. 55-56, 1998.

³⁸ *Ibíd.*

³⁹ a) Piaget, J., *El mecanismo del desarrollo mental*, (J. Delval, Edit), Madrid: Editora Nacional, 1975.

b) Piaget, J., *La toma de conciencia*, 3ª ed., Madrid: Morata, 1985.

Los modelos organizadores de Moreno Marimón⁴⁰ explican el hecho de que los sujetos avancen más en operaciones que en relaciones de orden, o al contrario, ya que los sujetos se centran en determinado aspecto, y les resulta difícil considerar simultáneamente todas las centraciones.

g) La abstracción. Los sujetos abstraen las propiedades de los enteros a partir de diferenciaciones progresivas de las operaciones y relaciones de orden, esto es, los diferentes casos de sumas, restas, el orden entre enteros y el cero. En particular, el proceso de abstracción (diferenciación) de los diferentes casos de restas y de la doble inversión del número entero, hasta que el sujeto logra generalizarlos (integrarlos) en una sola operación. Y la reversibilidad necesaria para resolver ecuaciones (inversión) y para relaciones de orden (reciprocidad).

h) La generalización. A partir de las abstracciones anteriores, que se manifiesta por la constitución de la estructura de *grupo* de los enteros y las relaciones de orden simétricas, los sujetos generalizan las propiedades de los enteros. Los diferentes elementos del número entero: operaciones, ecuaciones, relaciones de orden, transitividad y estatus del cero, pasan por tres niveles constructivos en el nivel de las unidades simples, con desfases; es necesario que los sujetos hayan generalizado los contextos en los que pueden resolver situaciones problemáticas, y su síntesis es lo que se llamó concepto de número entero, que tendrá que generalizarse en decenas, centenas, unidades de millar, centenas de millar.

i) El género. Los hombres presentaron mejor desempeño en el contexto de temperaturas, y esto se explica, al menos parcialmente, con lo que Ausubel et al.⁴¹ (2001) llaman patrones diferenciales de experiencia, por lo que la construcción del número entero, en general, y de la transitividad, en particular, no es igual para todos los sujetos.

8. Limitaciones y aportes

El tipo de estudio, cualitativo y descriptivo, y el tamaño de la muestra no permite generalizar a otras poblaciones y contextos, por lo que es necesario continuar la investigación con muestras mayores y estudios cuantitativos.

Uno de los hallazgos de esta investigación es que algunos sujetos mostraron la exigencia de la necesidad y la confianza en las reglas al resolver situaciones problemáticas con números enteros, por lo que hay indicios de que sean necesarias las operaciones formales para la construcción del número entero, sin embargo, no se hizo una evaluación sistemática de este aspecto. Asimismo, surgieron otras cuestiones no contempladas al inicio de esta investigación, como la evaluación del lenguaje. Los sujetos verbalizaron más cuando resolvían ecuaciones, pero en estudios posteriores tendría que hacerse una evaluación rigurosa de la verbalización y el lenguaje.

Esta investigación no abarca el problema en su conjunto, hay otros aspectos de la construcción del número no investigados, tales como la asociatividad, la interacción entre iguales y la afectividad. Otra limitante es que únicamente hubo una entrevistadora, por lo tanto una sola forma de percepción de los hallazgos.

Esta investigación aporta un modelo analítico, construido en forma inductiva, que permite valorar el desempeño de los sujetos en operaciones aditivas y relaciones de

⁴⁰ a) Moreno Marimón, M., "El conocimiento del cambio". En M. Moreno, G. Sastre, M. Bovet y A. Leal, *Conocimiento y cambio. Los modelos organizadores en la construcción del conocimiento*, pp. 317-337, España: Paidós, 1998.

b) Moreno Marimón, M., op. cit., "Una teoría del cambio..."

⁴¹ Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H., op. cit.

orden, en diferentes contextos de la situación problemática; la identificación y descripción de tres niveles de desempeño en la construcción de la transitividad de la igualdad y la desigualdad con enteros; la descripción de una secuencia progresiva en la evolución de los modelos que utilizan los sujetos cuando resuelven situaciones problemáticas que requieren números enteros para su resolución; el paralelismo en la construcción de operaciones aditivas y relaciones de orden, paralelismo entendido como avance correlacionado, pero no simultáneo; el desfase en el avance de los diferentes elementos que intervienen en la construcción del entero: operaciones aditivas, relaciones de orden, modelos, abstracción, generalización y la transitividad de la igualdad y la desigualdad; la descripción del proceso de abstracción de sumas, restas, ecuaciones y relaciones de orden y su generalización, evidenciada con la resolución de ecuaciones aditivas y el establecimiento de relaciones de orden simétricas, y elementos para continuar el debate teórico con respecto a la toma de conciencia y la naturaleza concreta o formal de la construcción del número entero.

En esta investigación hay evidencias de que los sujetos construyen las operaciones aditivas y las relaciones de orden en forma paralela, por lo que tendrían que reconsiderarse los planes y programas oficiales de las matemáticas en la escuela secundaria, que presentan una secuencia “primero el orden, después las operaciones”.

La construcción de los números enteros es un conocimiento previo indispensable para el estudio de temas más avanzados, como ecuaciones algebraicas y operaciones con polinomios, por lo que esta investigación representa un eslabón teórico entre la aritmética que se enseña en la escuela primaria y el álgebra de la secundaria.

En las propuestas pedagógicas presentadas en el estado del conocimiento se privilegia uno de dos modelos para la enseñanza del número entero: como desplazamiento o como neutralización, y los hallazgos de esta investigación sugieren que es necesario iniciar la enseñanza con situaciones concretas en un contexto particular hasta lograr la consolidación del proceso, ampliarse a otros contextos, y continuar con una complementariedad de modelos: operaciones, desplazamientos y neutralización; además, los hallazgos sugieren una enseñanza oral del número entero, cuando menos en el primer grado de secundaria.

Otro aporte es un modelo de evaluación para los números enteros, a partir del modelo analítico de esta investigación, que sugiere considerar el contexto específico de la situación problemática y el nivel de construcción de operaciones aditivas, relaciones del orden, el estatus del cero y la transitividad de la igualdad y la desigualdad.

9. Conclusiones

En el contexto de la escuela secundaria, los sujetos muestran la secuencia de desempeño alteración, composición e integración, que permite inferir cómo evolucionan en su construcción de la transitividad de la desigualdad y de la igualdad; esta construcción está correlacionada con secuencias progresivas en la evolución de las operaciones aditivas y las relaciones de orden con unidades del -9 al +9, el estatus del cero, la abstracción y la generalización, y los modelos, que comienzan en situaciones concretas, pasan a operaciones y culminan con desplazamientos y neutralización; hay desfases en los diferentes elementos que intervienen en la construcción de los enteros.

El nivel alteración consiste en que los sujetos incorporan a los negativos, pero los someten a las mismas reglas que a los números naturales; el nivel composición se da cuando los sujetos además de incorporar los enteros negativos, comienzan a operar con ellos reconociéndolos como diferentes a los números positivos, pero necesitan componer sus soluciones con dos operaciones o dos relaciones de orden, y el nivel integración se da cuando logran resolver ecuaciones con una sola operación y aceptan la relación de

orden simétrica de los enteros. En este momento es cuando logran aplicar la transitividad en el dominio de los enteros positivos y negativos.

No se encontraron sujetos que no puedan hacer algo, sino sujetos que no han tenido las experiencias necesarias y la atención para construir la transitividad con los mismos números; no se encontró lo que Eva Cid⁴² llama obstáculos epistemológicos, esto es, creencias antiguas que se manifiestan a través de errores sistemáticos y que el sujeto se resiste a cambiar por una nueva creencia. Esto es, si los sujetos no se encuentran en condiciones excepcionalmente desfavorables, pueden construir el concepto de número entero positivo y negativo.

⁴² Cid, E., op. cit.

Competitividad de la Agroindustria del Estado de Michoacán-México

Javier Chávez Ferreiro
Catedrático e investigador Instituto Tecnológico de Morelia
chavezferreiro@yahoo.com

Luis Arturo Rivas Tovar
Catedrático de la Escuela Superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional
Profesor invitado de la Universidad Politécnica de Madrid.
larivas@yahoo.com.mx,

Recibido: Septiembre 2005. Aceptado: Septiembre de 2005

RESUMEN

La meta operativa de este trabajo es hacer un análisis la competitividad desde un nivel nacional hasta un nivel estatal, centrándose en las agroindustrias del estado de Michoacán. En primer lugar, conocer el concepto de competitividad, describiendo los tipos de competencia que hay y las tendencias actuales de la competitividad sistémica. Se hizo un análisis de la competitividad del estado de Michoacán, considerando la división económica de sus regiones, su producción anual, su perspectiva, además de un análisis detallado de cada una de las partes que componen la agroindustria del aguacate, la guayaba, el mango, la fresa, el limón y la zarzamora. En este análisis cada región se describe conforme a la producción agroindustrial reportada por los municipios y su contribución a la producción estatal; además, se da a conocer el volumen de producción de cada una de ellas, su producción por hectárea, el desarrollo de cada industria tomando como base la producción nacional hasta llegar al estado y concluir en cada región. Se compara la competitividad de los diferentes estados de México que participan con sus respectivas producciones agrícolas y la perspectiva de su productividad.

Palabras clave: Competencia, modelos de competencia, productores de mango, Índices de competitividad, Michoacán, México.

Palabras clave: Competitividad, Modelos de competitividad, Productores de mango Indicadores de competitividad y Michoacán-México.

ABSTRACT

The operating target of this paper is to make an analysis of the competitiveness from a national level to a state level, focusing in the agro-industries of Michoacán state. In first term to know the concept of competitiveness, describing the types of competitiveness and the current focuses on the systemic competitiveness. We made an analysis of the competitiveness within Michoacán state, taking into account the economic division of the state, the competitive regions, its annual production, its perspective; besides a detailed analysis of each one of the parts of the agro-industry which plows the avocado, the guava, the mango, the strawberry, the lemon and the blackberry. In this analysis each region was described based on the agro-industry of the municipalities and their contribution to the state's agricultural production. Also, the production volumes of each one of them, their yield per hectare, and the development of each industry considering the national production until arriving to the state and concluding in each region. We compare

competitiveness of the different states from Mexico participating with their respective agricultural productions and the perspective of their productivity.

Key words: Competitiveness, Competitiveness models, Mango producers, Competitiveness indexes, Michoacán-México.

INTRODUCCIÓN

Competitividad

La palabra *competir* etimológicamente viene del latín *cum=con* y *petere=atacar* (desear ardentemente, pedir). La capacidad para atacar requiere de una preparación para hacer frente a los embates de la competencia, y a las acciones que realizan las empresas rivales que intervienen en el ámbito competitivo o el mercado. Por lo que la competitividad "es la medición comparativa del rendimiento que tiene una persona u organización en relación con otras personas u organizaciones que realizan esfuerzos semejantes, por lo que se requiere identificar el producto y servicio, definir los clientes, el mercado y definir de un modo cuantitativo el negocio".

Modelos de la competitividad

Los modelos de competitividad más comunes pueden dividirse en dos grandes grupos: enfoques macroeconómicos y enfoques microeconómicos. Los primeros están pensados para medir el concepto de manera global en distintos sectores industriales, o inclusive a todo un país. El segundo grupo de modelos se limita a evaluar un solo sector industrial o una empresa (Rivas, 2005).

Es posible clasificar los modelos para la medición de la competitividad de la siguiente forma:

Enfoques macroeconómicos

- Modelo diamante de Porter para medir la ventaja competitiva de las naciones.
- Modelo del Foro Internacional de Competitividad.
- Modelo del World Economic Forum OCDE

Enfoques microeconómicos

- Modelo de la SECOFI
- Modelo del INEGI
- Modelo del Bancomext
- Modelo del MIT

Análisis regional de la competitividad en México

En la competitividad sistémica se incluyen tanto los determinantes de un país o Estado. Se trata de un patrón en el que el Estado y los actores sociales crean las condiciones necesarias para desarrollar una competitividad sistémica, no coyuntural (EGVJ, 2000). La estructura de la competitividad de una nación o Estado está integrada por los niveles micro, medio, macro y meta.

Destaca el Centro de Estudios del ITESM los siguientes factores para el estudio de la competitividad, que se retomarán a continuación para hacer un análisis cartográfico de ellos: 1) Infraestructura. 2) Recursos humanos. 3) Fortaleza económica. 4) Internacionalización. 5) Recursos financieros. 6) Administración. 7) Ciencia y tecnología. 8) Administración de recursos públicos. 9) Marco institucional.

Cabe destacar los factores que propone el Centro para la Competitividad Empresarial de la Secretaría de Economía para los análisis de competitividad: 1) Recursos; 2) Naturales; 3) Infraestructura; 4) Recursos humanos; 5) Actividad económica; 6) Comercio exterior; 7) Financiamiento; 8) Capacidad empresarial; 9) Tecnología; 10) Gobierno; 11) Instituciones.

Uno de los esfuerzos más importantes de medición de competitividad lo realiza desde 1986, el IIMD (*International Institute of Management Development*) establecido en Suiza. Este organismo publica un reporte anual de la competitividad (RAC) que analiza y ordena la capacidad del medio ambiente nacional para sustentar la creación del valor agregado y, por extensión, la competitividad de sus compañías (IIMD 1997). El análisis correspondiente a 1997 incluye 46 países, para el año 2002 la forma de medición cambió, los países se dividieron en menores de veinte millones y mayores de veinte millones, cincuenta países en total.¹

En el análisis se utilizan 220 indicadores de los que 136 son datos duros y 84 son datos blandos; en cuanto a la competitividad de México se hace un análisis en el cuadro siguiente.

Tabla 1. Competitividad de México

Factor de competitividad	1993	1994	1995	1996	1997	2002
Las características de la economía doméstica	30	33	37	41	41	42
La internacionalización de la economía	40	38	43	40	38	40
Las características del gobierno	16	9	39	38	29	19
Las finanzas	22	31	44	42	42	42
La infraestructura disponible	33	30	31	31	26	22
Las características de las organizaciones	31	30	37	35	38	42
La capacidad científica y tecnológica	42	37	46	46	46	49
Las características de los recursos humanos	39	36	38	39	40	42
Posición	33	29	42	42	40	45

Fuente: WORLD, Economic Forum. "International Institute for Management Development", the World Competitiveness Report, 2003.

En la tabla anterior observamos que las características de la economía doméstica descienden en el transcurso del tiempo en función a la competitividad. De igual manera los factores como internacionalización de la economía, características de las organizaciones, capacidad científica y características de los recursos humanos, han descendido. Esto nos dice que las organizaciones y los recursos humanos no son los adecuados para enfrentar las necesidades actuales, aunado a esto la capacidad científica descendió en forma alarmante; se ha quedado estancada, mientras que en factores como las características del gobierno a habido un repunte debido a los procesos democráticos del país en el año 2000. Esto ha mantenido el factor de las finanzas estable, sin embargo la posición competitiva de México del año de 1993 al 2002, ha

¹ World Economic Forum, *International Institute for Management Development*. The World Competitiveness Report, Lausanne, 2003.

descendido 12 posiciones, lo que lo hace cada año menos competitivo en función a estos factores.

La competitividad en las regiones de México

La competitividad de un sistema-región implica su capacidad de aumentar el empleo formal, estable y adecuadamente remunerado; incrementar su propia capacidad de diversificar la producción; lograr que el rédito y el valor agregado crezcan en una medida satisfactoria; y que las relaciones comerciales se desarrollen de manera equilibrada

En este apartado se hace el análisis de los indicadores mencionados en el inciso anterior, utilizando la regionalización que hace Bassols Batalla (1993). En el Cuadro 1 se presentan las regiones y los estados que las constituyen.

<i>Cuadro 1</i> <i>Regiones de México</i>			
Región I: Noroeste	Región II: Norte	Región III: Noreste	Región IV: Centro Occidente
Baja California Baja California Sur Nayarit Sinaloa Sonora	Norte Coahuila Durango San Luis Potosí Zacatecas	Nuevo León Tamaulipas	Aguascalientes Colima Guanajuato Jalisco Michoacán
Región V: Centro Este	Región VI: Golfo	Región VII: Sur	Región VIII: Península de Yucatán
Distrito Federal Hidalgo México Morelos Puebla Querétaro Tlaxcala	Veracruz Tabasco	Chiapas Guerrero Oaxaca	Campeche Quintana Roo Yucatán

Fuente: Elaboración propia con base en Bassols Batalla, 1993.

A continuación se analizará el Índice de Competitividad Global (para el año de 1999) y el lugar que han ocupado las distintas regiones. Michoacán se encuentra en la Región IV que, junto con la Región V y la VIII, han mostrado en los últimos años niveles intermedios de competitividad, ya que los estados que constituyen estas regiones han estado entre el lugar 9 y el 24. En 1995 Michoacán se ubicó en el lugar 24, pero avanzó al lugar 23 en 1999. Los estados que ocupan los primeros ocho lugares a nivel nacional en cuanto a competitividad son las regiones I, II y III; destacando los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas; los cuales se ubican al norte del país, específicamente en la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica.

En las mismas regiones I y II se ubicaron también tres (Nayarit, Zacatecas y San Luis Potosí) de los ocho estados que están entre los últimos lugares. Otras regiones que registran estados con índices bajos de competitividad son: la Región V, VI y VII, en donde se encuentran las entidades de: Hidalgo, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

La infraestructura va a destacar en varias entidades del sureste de México y en salteadas entidades del centro y del suroeste, así está Baja California (de la Región I), Coahuila (Región II), Nuevo León y Tamaulipas (de la III) y por último Guanajuato (Región IV); y, va a ser deficiente este aspecto en estados del centro norte y del sur, como Nayarit, Zacatecas, San Luis Potosí, Chiapas, Oaxaca y Campeche. El estado de

Michoacán, en lo que a 'infraestructura' se refiere se ubica entre las entidades con niveles intermedios, junto con la casi totalidad de los estados que constituyen la región IV, como Jalisco, Aguascalientes y Colima; así como la totalidad de la Región Centro Este y Golfo.²

Recursos humanos es otro elemento a señalar en el estudio de la competitividad regional, y respecto a ello tenemos que las regiones con mayores índices se ubican principalmente al norte del país, es decir en las regiones Noroeste (Baja California, Baja California Sur y Sonora), Norte (Coahuila y Chihuahua) y Noreste (Nuevo León y Tamaulipas). Los estados en donde el rubro de recursos humanos está deficiente se ubican al centro norte y al sur, a saber: San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Hidalgo, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Chiapas y Tabasco.³

Estados muy contados, como Coahuila (de la Región II) y Nuevo León (de la III), van a detentar los mayores índices en lo que a 'fortaleza económica' se refiere, también en el norte se van a ubicar estados con índices intermedios como Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas. En tanto que, al sur, específicamente la región VII, vamos a encontrar los menores índices. Michoacán, se va a encontrar entre estos últimos, con índices bajos en este rubro.

El proceso de 'internacionalización' va a afectar directamente a los estados que se encuentran en la frontera norte del país, en especial Baja California, siguiéndole Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; o Jalisco y Puebla que se ubican más bien hacia el centro. Mientras que las regiones IV, V, VI y VII, que se encuentran al centro, salvo la última que más bien es del sur de México, es en donde se van a concentrar las entidades en donde este aspecto ha tenido una menor intensidad. En la Región IV, el proceso de internacionalización ha sido muy diferenciado, mientras Aguascalientes, Colima y Michoacán mostraron índices bajos, Jalisco muestra una gran apertura a éste y Guanajuato va a tener un ritmo más bien intermedio en tal asunto.⁴

Los recursos financieros, cuyo sector ha ido en aumento en los últimos 10 años han mostrado un mayor desarrollo al norte del país, específicamente en las tres primeras regiones. Los índices intermedios se van a ubicar al centro y al este de nuestro país (Aguascalientes, Guanajuato, el Estado de México, el Distrito Federal, Morelos, Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Yucatán). El sureste va a destacar porque en esta zona van a estar los estados cuyos índices van a ser de los menores. En la Región IV, donde se encuentra Michoacán, el rubro de recursos financieros está muy diferenciado

Solamente hay un estado que tiene los mayores índices en 'ciencia y tecnología' y es Nuevo León de la región noreste; también podemos mencionar a otras regiones como la Norte (Coahuila y Chihuahua) y la Noroeste (Sonora), así como algunas ubicadas al centro del país (Colima, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal y Morelos). Nuevamente los estados del suroeste van a ubicarse en los últimos lugares, como Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Región VII); junto con estos últimos hay que contemplar también a Michoacán, Hidalgo, Zacatecas y Nayarit.⁵

En tanto que, en las actividades administrativas y en el 'marco institucional', el suroeste va a definirse como una zona muy deficiente en estos rubros (podemos mencionar a Oaxaca o Guerrero), en tanto que la Región III va a destacar en ellos (Monterrey y Tamaulipas).⁶

² Secretaría de Economía., 2000, *La competitividad regional en Michoacán*, Centro Regional Centro-Occidente.

³ Ibid.

⁴ Ibidem.

⁵ Ibidem.

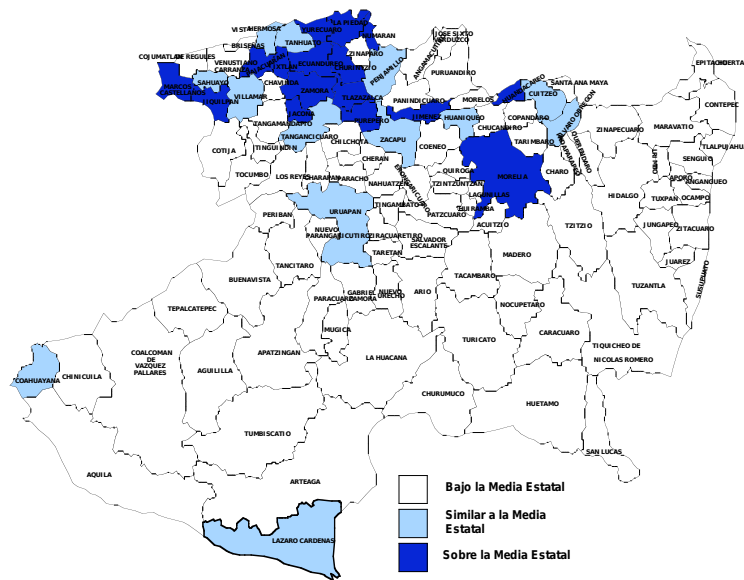
⁶ Ibidem.

La Competitividad en el Estado de Michoacán

Rescatando los elementos que ya se mencionaron en los apartados anteriores, se realiza el análisis de la competitividad al revisar los indicadores de infraestructura, recursos humanos, fortaleza económica, internacionalización, recursos financieros, administración, ciencia y tecnología, administración de recursos públicos, marco institucional; se propone revisar también el rubro de recursos naturales ya que Michoacán se ha distinguido por la abundancia de estos en varias regiones del estado. El análisis se realizará por regiones al hacer un comparativo con la media estatal (Secretaría de Economía, 2000).

En mapa 1 se observa que la infraestructura se va a concentrar en las regiones Centro, Ciénega, Zacapu y Bajío, se pueden mencionar municipios como Morelia, Zacapu, La Piedad y Zamora, que registran niveles sobre la media estatal, así como Yurécuaro, Ixtlán, Ecuandureo, Churintzio, Chavinda y Jacona, que precisamente son los municipios circundantes a una urbe importante: Zamora. Estas regiones se ubican al norte del estado, mismas que colindan con Guanajuato y Jalisco, entidades que marcan niveles medios y altos en lo que a competitividad se refiere; aunque se encuentran en el noreste municipios en donde el rubro de competitividad es de los más bajos a nivel estatal, como Epitacio Huerta, Contepec, Senguio o Susupuato. En este mismo caso están Turicato, Nocupétaro, Carácuaro y Churumuco, sólo que éstos se encuentran al sureste del estado (ver Mapa 1).

Mapa 1
Infraestructura en el Estado de Michoacán, 2000



Fuente: Elaboración propia con base en *La competitividad regional en Michoacán, 2000*, Centro Regional Centro Occidente, Secretaría de Economía.

Las regiones que destacan porque sus niveles en cuanto a recursos humanos se ubican sobre la media estatal son: Centro, Pátzcuaro-Zirahuén, Costa y, en menor grado, la Meseta Purépecha (ver Mapa 2). Aquí hay que señalar municipios como Morelia, Huandacareo y Jiménez, Zamora (y los cercanos a éste) que van a concentrar la mayoría de los recursos humanos. Regiones donde las actividades económicas del sector terciario (turismo por ejemplo apoyado por el de servicios) y secundario (el caso de la actividad metalúrgica) son más intensas (Navarro, Vargas y García, 2003).

El propósito de este trabajo es hacer un análisis de la competitividad tanto a nivel nacional como a nivel estatal, enfocándose en las agroindustrias del estado de Michoacán.

En primer término se pretende dar a conocer el concepto de competitividad, describiendo los tipos de competitividad, sus enfoques actuales y la competitividad sistémica.

Aquí se hace un análisis de la competitividad de México y la del estado de Michoacán, tomando en cuenta la división económica del estado las regiones competitivas, su producción anual, su perspectiva, además de un análisis detallado de cada una de las partes que compone la agroindustria michoacana, que son el aguacate, la guayaba, el mango, la fresa, el limón y la zarzamora.

En este análisis se describe, en cada región, qué agroindustria tiene, cuáles son los municipios del estado que cuentan con agroindustria y qué aportan a la producción agrícola estatal, además de conocer los volúmenes de producción de cada una de ellas, su rendimiento por hectárea y el desarrollo de cada industria tomando como base la producción nacional, hasta llegar al estado para concluir en cada región. Todo ello haciendo un comparativo de competitividad de los diferentes estados que participan con sus respectivas producciones agrícolas y la perspectiva de su productividad.

Se concluye el trabajo con el propósito de conocer los problemas que afectan a la agroindustria, en el caso del aguacate y la fresa se da a conocer su competitividad con base en estudios específicos de estos sectores. En los casos del mango, limón y zarzamora no hay estudios que midan las variables que inciden en la competitividad.

COMPETITIVIDAD DE LA AGROINDUSTRIA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

En relación con lo anterior se hace un análisis detallado de la agroindustria michoacana, tomando en cuenta sus regiones, agroindustrias tales como aguacate, guayaba, mango, fresa y limón.

A. AGUACATE

Michoacán es el primer productor de aguacate a nivel nacional y mundial.

Tabla 2: Superficie sembrada de aguacate a nivel nacional (hectáreas)

Estado	2001	%
Michoacán	78,627	83.25
Nayarit	2,315	2.45
Morelos	2,374	2.51
México	2,402	2.54
Puebla	94,477	100

Fuente: SAGARPA (2003)

A nivel nacional se produjeron 940 mil 229 toneladas de aguacate y el volumen de producción del estado de Michoacán en 2001 fue de 820 mil 224 toneladas, lo que representa el 87.23 por ciento de la producción nacional. Los rendimientos por producción de aguacate varían de entre 10.4 toneladas por hectárea obtenida en Michoacán y 5.2 toneladas por hectárea en el estado de Puebla.

En el año 2001 se consumieron 898 mil 772 toneladas de aguacate lo que significa el 95.59 por ciento de la producción nacional que se consumió en el país. El consumo per cápita en ese año fue de 8.9 Kg. por habitante. En el 2001 se exportaron 42 mil 636 toneladas.

Existen Muchas variedades de aguacate en Michoacán, pero principalmente son tres las que se comercializan: Hass, Hass adelantado y criollo. Los precios del aguacate Hass adelantado y criollo se comercializan a más bajo precio. Es por ello que la variedad Hass es la que más se comercializa. En el 2001 se exportaron 42 mil 636 toneladas de aguacate, una de las limitaciones es que se tiene que exportar en fresco.

Los municipios que participan mayormente en la producción de aguacate son: Uruapan, Tancítaro, Peribán, Tacámbaro, Tacámbaro y Nuevo Parangaricutiro. Estos cinco municipios se localizan principalmente en las regiones de Meseta Purépecha y Tierra Caliente.

En la región de la Meseta Purépecha se sabe que a partir de 1995 se dio un proceso de innovación que convergió en la integración de la industria del aguacate, siendo un producto que ha demandado un incremento sustancial en la innovación de procesos y productos. Este cambio se dio apoyado por La Asociación de Productores de Aguacate de Uruapan, que reúne a 1,500 productores que concentran 24 mil hectáreas, en nueve municipios, entre ellos Uruapan, San Juan Nuevo, Salvador Escalante, Ario de Rosales, Tacámbaro, Tinguindín, Peribán, Nuevo Parangaricutiro y Tancítaro.

La fortaleza de los productores del aguacate en Michoacán se ha basado en la integración para la realización de proyectos de beneficio común, que consiste principalmente en el cambio de visión para poder integrarse en una cadena de comercialización, por medio de una asociación que se encarga de dar apoyo y seguimiento a la asociación.

Así, la mayor debilidad identificada, dados los testimonios de los mismos productores, es la organización para la distribución y producción que actualmente se busca resolver. Con relación al grado de permanencia en los mercados externos, las empresas de los Estados Unidos permanecen en sus mercados todo el año; las empresas mexicanas, por el contrario, permanecen en el mercado de ese país sólo por periodos restringidos (seis meses).

Únicamente el 44 por ciento de las empresas que exportan aguacate a los Estados Unidos son competitivas, ya que las variables calidad, precio, tecnología y capacitación afectan fuertemente a la competitividad.⁷

Las recomendaciones del estudio antes señalado son:

- A. Control aduanero del etiquetado, código de prácticas de comercio de frutas.
- B. Información completa del mercado internacional.
- C. Se requiere invertir en capacitación.
- D. Selección de los canales de distribución.
- E. Embalaje adecuado que cumpla con la normatividad.

B. GUAYABA

La guayaba (*psidium guajava L*) es originaria de América, es de condiciones climáticas tropicales y, aunque se adapta a distintas condiciones, prefiere el clima seco.

En México existen diversas variedades, predominando la media China, principalmente en los estados de Aguascalientes, Zacatecas y Michoacán. La superficie

⁷ BONALES, Valencia Joel y Sánchez Silva Mario, *Competitividad Internacional de las Empresas Exportadoras de Aguacate*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.. p. 207, 1ª. Ed, 2003

sembrada de guayaba en 1992 fue de 15 mil 651 hectáreas, posteriormente la superficie destinada en 2001 fue de 20 mil 445 ha., destacándose el estado de Michoacán que en 1992 destinó una superficie de 1,299 hectáreas, incrementándose en 2001 a 6 mil 307 hectáreas y para el año 2002 en 8 mil 516 hectáreas.

Tabla 3: Superficie sembrada de guayaba

ESTADO	1992	2001
Aguascalientes	7,510	6,307
Michoacán	1,299	4,823
Zacatecas	4,823	4,954
Jalisco	881	643
México	304	581
Guanajuato	378	183
Total Nacional	15,651	20,445

Fuente: SAGARPA (2002)

A nivel nacional la guayaba se produce de manera comercial en 16 estados. El cultivo se concentra principalmente en tres: Aguascalientes, Zacatecas y Michoacán. Entre ellos se cosecha el 89 por ciento.

En 1992 se producían 189 mil 227 toneladas de guayaba, posteriormente, nueve años después, se incrementó a 263 mil 414 toneladas. Este crecimiento se explica por el crecimiento de la producción del estado de Michoacán, mientras el estado de Aguascalientes que figuraba como el principal productor en 1992 con 115 mil 005 toneladas decreció su producción en casi un 10 por ciento para producir 100 mil 151 toneladas.

La ventaja comparativa que tiene Michoacán con respecto al estado de Aguascalientes es el resultado del desarrollo en incremento de superficie cultivable, condiciones climáticas y suelo.

El desarrollo de ventaja competitiva sustentable se hace con base en la innovación y del desarrollo tecnológico, que dará como resultado el incremento controlado de la producción y venta de guayaba michoacana y tendrá como resultado la ampliación de la brecha a favor de ese estado con respecto al estado de Aguascalientes.

El rendimiento de la guayaba es variable a nivel nacional. El estado de Michoacán es el estado que más rendimiento obtiene por hectárea, llegando a ser de 16 toneladas en 2001 y bajando en 2002 a 15 toneladas por hectárea, cuando el rendimiento promedio nacional es de 13 toneladas.

De Acuerdo con fuentes oficiales nacionales y de organismos internacionales consultados, México no exporta guayaba en fresco. Su mercado natural, los Estados Unidos, estableció desde 1989 restricciones fitosanitarias a la importación del producto mexicano, debido a la presencia de la mosca de la fruta. Las medidas sanitarias tomadas por el gobierno mexicano han revertido las restricciones.

En la región oriente del estado de Michoacán existe el problema de la presencia de la mosca de la fruta, según la norma NOM-008-FITO-1995, N°. F032., el certificado

fitosanitario internacional deberá indicar que el producto de embarque proviene de áreas que no están reguladas (en cuarentena) por la presencia de la mosca de la fruta. La presencia de la mosca de la fruta es la restricción para su explotación.

La producción de guayaba principalmente se localiza en la región oriente, en los municipios de Jungapeo, Juárez, Zitácuaro, Susupuato, Tuzantla y Tuxpan. Estos municipios junto con el municipio de Nuevo Trecho representan el 90 por ciento de la producción estatal.

Con relación a la comercialización de la guayaba, los productores buscan cuidar el tamaño, el olor y el sabor. Las variedades que más se demandan son la rosa o salmón. No obstante, se requiere de un programa que haga publicidad y genere un mayor consumo de la guayaba.

Con relación a su comercio internacional, la región oriente del estado de Michoacán cuenta con un conjunto de ventajas naturales. Los municipios con la infraestructura más desarrollada son Benito Juárez, Zitácuaro y Jungapeo. Aunque los productores cuentan con agua suficiente, es necesario crear conciencia de su manejo (riego, manantiales, presas).

Dentro de las fortalezas para los productores se señala la existencia de mano de obra calificada para el sostenimiento de las huertas y la recolección del fruto. Las huertas producen todo el año y como consecuencia generan un empleo permanente. La infraestructura es la adecuada pero se carece de carreteras idóneas y caminos suficientes para extraer la producción y distribuirla en tiempo y forma. Gran parte de la producción se realiza en las laderas hacia las cuales no existen caminos de acceso.

C. MANGO

La estrategia de competitividad para promover el desarrollo y crecimiento del *cluster* del mango tiene que establecer medidas para disminuir los altos costos de producción, eliminar las deficiencias de comercialización, la incidencia de plagas y de enfermedades, deficiencias de agua, desbalances nutricionales y la mejora en el manejo post cosecha. Esta problemática trae como consecuencia bajos rendimientos por hectárea y bajos precios a nivel nacional e internacional.

En el 2002 se sembraron a nivel nacional 75 mil 312 hectáreas de mango y Michoacán participó con el 31 por ciento de de la superficie sembrada, para tener una producción de 125 mil toneladas, lo que representa el 17 por ciento de la producción total. En el siguiente cuadro se observa que el rendimiento por hectárea del mango está por debajo de la media nacional. Producir mango para el estado de Michoacán es costoso, aunado al bajo precio, 16 por ciento menor que el promedio anual.

Cuadro 2: Comparativo de la producción de mango nacional y del estado de Michoacán

Mango	Nacional	Michoacán
Superficie sembrada (ha)	75,312	23,746
Superficie cosechada (ha)	69,393	20,406
Volumen de producción (Ton)	732,162	125,905
Valor de la producción (\$)	1,362,982,244	201,549,003
Rendimiento (Ton/ha)	10.55	6.17
Precio medio rural (\$ Ton)	1,861.58	1,600.8

Fuente: SAGARPA (2003)

La producción de mango se concentra principalmente en la región del valle de Apatzingán, en los municipios de Mújica y Gabriel Zamora, Nuevo Trecho y Parácuaro, además de los municipios de San Lucas y Lázaro Cárdenas. Estos seis municipios producen 92 mil toneladas con un promedio de 6 toneladas por hectárea.

Las variedades que se cultivan en Michoacán son el Haden, Manila, Kent, Ataulfo, Diplomático e Irwin. Actualmente se tienen problemas con los productores de mango, que están organizados en el Consejo Estatal del Mango, pero que no tiene un padrón de producción de la fruta, ni las variedades más demandadas en el mercado nacional e internacional.

Tienen problemas con el los sistemas de riego, que es obsoleto y hace falta mejorar. Aunado a ello, se encuentra el problema de sanidad, la mosca de la fruta y los altos costos en la distribución, además de la falta de normas mexicanas para la comercialización del mango que redundarían en mejorar la calidad del producto. Por último, la falta de empacadoras y el desconocimiento de tipos de empaque y embalaje para su exportación, el desconocimiento del mercado internacional, su funcionamiento, el precio internacional y la demanda día a día.

D. FRESA

Con alrededor de 141 mil 500 toneladas anuales, México participa con alrededor del 4.7 por ciento del total mundial, con 3 mil 029 millones de toneladas anuales en 1999, año en que se posicionó como el sexto productor de fresa a nivel mundial.

A nivel nacional la producción de fresa se encuentra diversificada principalmente en tres estados, Michoacán, Baja California y Guanajuato. Michoacán es el principal estado productor de fresas con 66 mil 436 toneladas, seguido por el estado de Baja California con 29 mil 506 y, en tercer lugar, Guanajuato con 28 mil 899 toneladas.

Michoacán fue el principal productor de fresa en el 2002 debido a las grandes superficies que destinó para la siembra, ya que no es el estado que mayores rendimientos tiene para la producción. El estado de Michoacán obtiene un rendimiento de 22 toneladas por hectárea, el mayor rendimiento lo tienen los estados de Baja California y Nayarit con 45 toneladas por hectárea. Estos estados son un ejemplo a seguir para poder obtener un mayor rendimiento.

Tabla 4: Comparativo de la producción de fresa nacional y del estado de Michoacán

Fresa	Nacional	Michoacán
Superficie sembrada (ha)	5,7332	2,935
Superficie cosechada (ha)	5,699	2,933
Volumen de producción (Ton)	132,022	66,436
Valor de la producción (\$)	961,997,555	397,999,187
Rendimiento (Ton/ha)	23.16	22.65
Precio medio rural (\$ Ton)	7,286	5,990

Fuente: SAGARPA (2003)

La producción de fresa se encuentra principalmente en la región de la ciénega de Chapala, en donde se encuentran los municipios de Zamora, Jacona, Panindícuaro e Ixtlán.

3. CONCLUSIONES

El término competitividad se relaciona con competición, capacidad, suficiencia, obligación, etc. Sin embargo, competitividad para las naciones es la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio que los competidores domésticos e internacionales; para nuestro estudio, la competitividad se determina través de complejas interacciones entre empresas, gobiernos, industrias y nuevos espacios activos conocidos como regiones innovadoras.

En la actualidad los estudios que se han llevado a cabo se centran en un enfoque regional, lo que implica la capacidad de incremento del empleo formal y estable, tomando en cuenta el desarrollo de las relaciones comerciales. Michoacán se encuentra en la región centro occidente, que ha mostrado en los últimos años niveles intermedios de competitividad. Los estados que constituyen estas regiones han estado entre el lugar 9 y el 24. En 1995, Michoacán se ubicó en el lugar 24, pero avanzó al lugar 23 en 1999.

Se observa que la infraestructura del estado de Michoacán se va a concentrar en las regiones Centro, Ciénega, Zacapu y Bajío Michoacano. Las regiones que destacan por los recursos humanos se ubican en la región Centro, Pátzcuaro-Zirahuén, la región Costa y, en menor grado, en la Meseta Purépecha. Aquí hay que señalar municipios como Morelia, Huandacareo y Jiménez, Zamora que concentran la mayoría de los recursos humanos. La actividad económica se encuentra en las regiones, nuevamente, Centro, Ciénega y Costa, pero no se observa una homogeneidad en este rubro ya que sólo algunos municipios como Morelia, Zamora, Tocumbo, Marcos Castellanos, Uruapan o Lázaro Cárdenas, son los que se van a ubicar arriba de la media nacional. El comercio exterior se encuentra en las regiones de la Meseta Purépecha y la Ciénega. En cuanto a los recursos naturales destacan Huetamo, Turicato, Nocupétaro, Churumuco, Tumbiscatío o Chinicuila, con una gran riqueza. Los mayores niveles de competitividad, en relación con las regiones, se encuentran al noroeste y al norte centro, específicamente en las regiones Centro, Bajío, Ciénega y Lázaro Cárdenas. Respecto del nivel municipal en el rubro de competitividad general, las ciudades más importantes del estado están en los municipios de Morelia, Zamora, La Piedad, Uruapan y Lázaro Cárdenas.

El estado de Michoacán tiene una población de casi cuatro millones de personas. El 34 por ciento vive en zonas rurales. La falta de empleo genera una emigración de 50 mil personas al año al vecino país del norte, aunque la actividad agrícola es una de las actividades más importantes en la estructura productiva del estado. En ese sentido, destaca en orden de importancia, por su valor total en la producción, el aguacate, el maíz, el sorgo, el jitomate, el limón, la fresa, la guayaba, la zarzamora y el mango, estos sectores productivos se han destacado por su rentabilidad en el mercado exterior.

En relación con la agroindustria michoacana, tiene al aguacate en primer término. Michoacán es el primer productor a nivel nacional con el 87 por ciento de la producción y con rendimientos por encima de las 10 toneladas. Los municipios que participan mayormente en la producción de aguacate son: Uruapan, Tancítaro, Peribán, Tacámbaro, y Nuevo Parangaricutiro. Estos cinco municipios se localizan principalmente en las regiones de meseta Purépecha y Tierra Caliente. Sólo el 44 por ciento de las empresas que exportan aguacate a los Estados Unidos de América son competitivas, ya que las variables calidad, precio, tecnología y capacitación, afectan fuertemente a la competitividad de las mismas.

La guayaba en el estado de Michoacán tuvo una superficie sembrada, en 2002, de 8 mil 516 hectáreas. Es el segundo estado más productivo, con más de 100 mil toneladas. La ventaja comparativa que tiene Michoacán con respecto del estado de Aguascalientes es el resultado del desarrollo en incremento de superficie cultivable, condiciones climáticas y suelo, generando un rendimiento de 15 toneladas por hectárea, cuando la media nacional es de 13 toneladas. El gran problema es la mosca de la fruta

que está regulada por la norma NOM-008-FITO-1995, N^o. F032, y que no permite ninguna exportación si la zona de producción no está libre de la mosca.

En relación con el mango, este sector no es competitivo por su rendimiento por hectárea, que es de 6 toneladas. La producción es de 24 mil toneladas, con el 17 por ciento de la producción nacional. La producción de mango se concentra principalmente en la región del Valle de Apatzingán. Los productores tienen problemas con los sistemas de riego, que son obsoletos, hace falta mejorarlos. Ello aunado al el problema de sanidad, a la mosca de la fruta, y a los altos costos en la distribución.

Siguiendo con la fresa, Michoacán fue el principal productor en el 2002, debido a las grandes superficies que destinó para la siembra, ya que no es el estado que tiene mayores rendimientos en la producción, que es de 22 toneladas por hectárea. El mayor rendimiento lo tienen los estados de Baja California y Nayarit, con 45 toneladas por hectárea. La producción de fresa se encuentra principalmente en la región de la ciénega de Chapala, en donde se localizan los municipios de Zamora, Jacona, Panindícuaro e Ixtlán. De las empresas ubicadas en el valle de Zamora, que exportan fresa a los Estados Unidos de América, sólo el 15 por ciento no son competitivas, esto significa que el 85 por ciento lo son por el buen manejo de los canales de distribución, además de la tecnología utilizada.

El limón de Michoacán es competitivo en tanto que es el segundo estado productor a nivel nacional. Aunque Michoacán cuenta con la mayor superficie destinada al cultivo de limón, Colima es el estado con mayor rendimiento por hectárea, siendo el mayor productor de México.

El estado de Michoacán es el primer productor de Zarzamora, ya que posee una ventaja competitiva sustentable debido a sus condiciones geográficas y a su especialización en esta mora, haciéndolo el estado con más productor. En la producción de Zarzamora participan los municipios de Ziracuaretiro, Los Reyes, Tocumbo, Ario de Rosales, Salvador Escalante y Tangancícuaro.

REFERENCIAS

Bassols Batalla, Ángel, *Geografía económica de México. Teoría, fenómenos generales, análisis regional*, séptima edición, Editorial Trillas, México, 1993.

Bonales Valencia, Joel y Mario Sánchez Silva, *Competitividad internacional de las empresas exportadoras de aguacate. El aguacate michoacano en el mercado norteamericano*, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2003.

Secretaría de Economía, *La competitividad regional en Michoacán*, Centro Regional Centro-Occidente, 2000.

Rivas Luis. "Dirección estratégica y procesos organizacionales. Nuevos modelos para el siglo XXI" Archivo optico e book, 2005.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera Siap/SAGARPA, (con datos del SIACOM), 2004.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y pesquera. SAGARPA, 2005.

World Economic Forum., *International Institute for Management Development. The World Competitiveness Report*, Lausanne, 2003.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, Torres, *Manual de Competitividad*, Panorama, México, 1998.
- Arellano, C. Rolando, *Marketing Enfoque América Latina*, Mc Graw Hill, 1999.
- Arguelles, Antonio, *La competitividad de la industria mexicana frente a la concurrencia internacional*, Fondo de Cultura Económica, 1994.
- Avila, H. *Lecturas de análisis regional en México y América Latina*, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1993.
- Barkin, D., y King, T., *Desarrollo Económico Regional (enfoque por cuencas hidrológicas de México)*, Editorial Siglo XXI, México, 1979.
- García, Villa Nora A. *El proceso de exportación de las empresas que exportan fresa a los Estados Unidos de América*. Tesis de Maestría, Facultad de Comercio y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, p. 57, 2004.
- Capraro, Héctor Mario, "La cuestión regional en la agricultura", en *Revista de Geografía Agrícola*, Núm. 3, Julio, México, 1982.
- Dabat, Alejandro, "La crisis mexicana y el nuevo entorno internacional", en *Comercio Exterior*, marzo, México, 1993.
- Estudio de Gran Visión de Jalisco*, Gobierno del Estado de Jalisco, 2000.
- Hatzichronoglou, T. *Globalization and competitiveness: Relevant Indicators*, OCDE., París, Francia, 1996.
- Celso Garrido, *Estrategias empresariales ante el cambio estructural en México*, Comercio Exterior, Vol. 47, Núm. 8, Agosto, México, 1997.
- CEPAL-ONUDI, *Industrialización y desarrollo*, Informe N° 6, Junio, Santiago, Chile, 1989.
- Chávez Ferreiro, Javier, *La competitividad de las empresas exportadoras de fresa a los Estados Unidos de América, ubicadas en el valle de Zamora Michoacán*. Tesis doctoral, ESCA, IPN, 2004.
- Cohen, et al., *Competitiveness*. United States of America: Center for Research in Business. University of California at Berkeley, 1984.
- Fao database, 1991-1999.
- Fao, *La Agroindustria y el desarrollo económico*, 2001.
- García, Villa Nora A., *El proceso de exportación de las empresas que exportan fresa a los Estados Unidos de América*. Tesis de Maestría, Facultad de Comercio y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2004.
- Hatzichronoglou, T., *Globalization and competitiveness: Relevant Indicators*, OCDE. París, Francia, 1996.
- Hernández y Rodríguez, Sergio, *Introducción a la Administración*. Editorial Mc Graw Hill, 1995.

INEGI, Censos de población y Vivienda, 2000

Muller, Geraldo, *Transformaciones productivas y competitivas*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Nov. San José, Costa Rica, 1993.

Ochoa Martínez Raquel, *La Agroindustria en México*, 2000.

Ortiz, Flores Francisco Javier, *Metodología para el Análisis de la competitividad Internacional de la Empresa*, Centro de Estudios al Comercio Exterior, Bancomext, México, 1991.

Rivera M., *El turismo dentro del marco de la teoría general de los sistemas*, en Navarro, Vargas y García, *Planeación y desarrollo en México y Michoacán*, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2002 y 3003.

Llambi, Luis, "Reestructuración mundial y sistemas agroalimentarios. Necesidad de nuevos enfoques", en *Comercio Exterior*, Marzo, México, 1993.

Parra V., Manuel et al., "Desarrollo histórico del concepto de región y su aplicación en México", en *Revista de Geografía Agrícola*, Enero, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1982.

Porter, M., *The competitive Advantage of nations*, The Macmillan Press Ltd. Londres, Inglaterra, 1990.

Rodríguez y Rodríguez, Salvador et al, *El desarrollo regional en México. Antecedentes y perspectivas*, Colección: La región hoy, Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional (Amecider), Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México, 1998.

Scott, B. and Lodge, G., *U.S. Competitiveness in the World Economy*, Boston: Harvard Business School Press, Estados Unidos, 1985.

DIRECTORIO ULSA

RECTOR

Mtro. Raúl Valadez García

VICERRECTOR ACADÉMICO

Ing. Edmundo Barrera Monsiváis

VICERRECTOR DE FORMACIÓN

Lic. Martín Rocha Pedrajo

DIRECTOR DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Dr. Ambrosio Luna Salas

COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN

Mtra. Esther Vargas Medina

JEFE DEL ÁREA DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES

Mtro. Rafael Ruíz Ramírez

JEFE DEL ÁREA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

M. en C. Alejandro Flores Méndez

JEFE DEL ÁREA DE CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Judith del Carmen Pacheco Yépez

INVESTIGADORES

M. en C. Rodolfo Aguilar Escalante
Lic. Verónica Bátiz Alvarez
Dr. Luciano Barp Fontana
Mtra. Lilia Bernal Gracida
Dr. Ohannes Bulbulián Garabedian
M en E.A. Ma. del Consuelo Carranza y Simón
M. en C. Mario Farías Elinos
M. en C. Alejandro Flores Méndez
I.Q. Ma. Concepción Fortes Rivas
Dra. Ma. Bertha Fortoul Ollivier
Dr. José A. García Macías
Dr. Eduardo Gómez Ramírez
M. en C. José Manuel Gómez Soto
Mtra. Alma Rosa Hernández Mondragón
M.I. Rafael Lima Fosado
Fis. Alberto Lima Sánchez
Mtro. Fernando Martínez Luna
Arq. Bertha Yuriko Silva Bustillos
Dr. Alejandro Mendoza Martínez
Q. Irene Montalvo Velarde
Mtra. Guadalupe Morales Meza
Dr. Marco A. Moreno Armendáriz
Dra. Judith del Carmen Pacheco Yépez
Dr. Francisco Pellicer Graham
Dra. Rosa Miriam Ponce Meza
Doctor Adrián Rondán Zárate
Mtro. Rafael Ruíz Ramírez
Dr. Oscar Vázquez Tsuji
M.I. Fernando Vera Badillo

CRITERIOS PARA AUTORES

La RCI. Revista del Centro de Investigación Universidad La Salle, es una publicación académica arbitrada con periodicidad semestral y que se difunde a través de la WEB. En ella se publican artículos de investigación y aportes de discusión de diversos contenidos organizados temáticamente. Es un foro plural que posibilita la divulgación de la amplia gama de temas, disciplinas, perspectivas teóricas, enfoques y metodologías cultivados en el campo de la investigación científica, humanística y tecnológica. Una parte de cada número incluye artículos sobre temas específicos — cuyas contribuciones se solicitan por convocatoria —, la otra se mantiene como un espacio abierto para investigaciones recientes de cualquier tema dentro de las áreas del conocimiento cultivadas en la Universidad La Salle: “Educación y Humanidades”, “Ciencias de la Salud”, “Ciencias Naturales y Exactas”, “Ingeniería y Tecnología” y “Ciencias Sociales y Administrativas”.

TIPOS DE CONTRIBUCIÓN

1. Los artículos deben ser originales e inéditos y no someterse (o estar en proceso de respuesta) a consideración simultánea de otra Revista.
2. Los idiomas de la Revista son el español y el inglés, en caso de enviar un artículo en otro idioma deberán incluir un resumen o abstract en los idiomas mencionados.
3. Las colaboraciones que se envíen podrán ser:
 - a) Artículos de investigación (investigaciones empíricas, intervenciones, estudios, desarrollos, estudios evaluativos o diagnósticos). La extensión deberá ser entre 6 y 15 cuartillas.
 - b) Ensayos. (revisiones temáticas, reflexiones sobre diversos fenómenos de interés que contribuyan a la reformulación o conceptualización de un problema, tema o metodología de investigación) que se ubique en el debate actual sobre el tema y manejen una bibliografía pertinente y actualizada, o que valoren resultados de diferentes estudios. Su extensión deberá ser entre 2 y 15 cuartillas.
 - c) Reseñas de libros: máximo 2 cuartillas.

REQUISITOS EDITORIALES

1. Todos los trabajos se someten a dos etapas de dictaminación: a) una primera lectura por parte del Comité Editorial con el objeto de verificar si cubre los requisitos del perfil de la revista, y b) en caso de ser aceptado, se enviará a dos dictaminadores especialistas en el tema.
2. En todo el proceso se conservará el anonimato de árbitros y autores y la adscripción de los primeros será distinta a la del autor.
3. El lapso máximo para dar un dictamen será de tres meses a partir de la fecha en que se emita el comprobante de recepción.
4. La recepción de un trabajo no implica ningún compromiso de la revista para su publicación.
5. Los autores ceden, al aceptarse su artículo, el derecho de su publicación a *la Revista del Centro de Investigación*.
6. Previa petición por escrito al Comité Editorial, se autoriza la reproducción de los trabajos en otros medios, siempre y cuando se garantice que se indicará que fue publicado por primera vez en *la Revista del Centro de Investigación*.
7. Los editores se reservan el derecho de hacer las modificaciones de estilo que juzguen pertinentes.
8. Mediante el envío de sus artículos, los autores garantizan la originalidad de sus contenidos y aceptan ceder a La Universidad La Salle los derechos autorales que conforme a la ley les correspondan, autorizando su publicación impresa o electrónica. Los autores podrán reproducir o difundir el o los artículos aceptados con fines académicos y nunca comerciales, pero no publicarlo (s) en ningún otro medio impreso o electrónico, sin el consentimiento expreso del Director de *la Revista del Centro de Investigación*.
8. Los autores son responsables de asegurar el respeto a los derechos de autor o a cualquier tipo de propiedad industrial en el contenido de sus artículos (citas, imágenes, fotografías, etcétera); así como de obtener cuando así se requiera, los permisos o autorizaciones necesarias para la inclusión de hipervínculos (acceso a “sitios vinculados”).
9. La inclusión de anuncios o información comercial sobre productos o servicios está prohibida a menos que sea indispensable para la comprensión del texto o de suma importancia en virtud de criterios estrictamente científicos.
10. Los autores no recibirán remuneración alguna. El envío, aceptación y/o publicación de sus artículos o colaboraciones no producirá relación alguna de ningún tipo con La Universidad La Salle.

PRESENTACIÓN DE ORIGINALES ARTÍCULOS

1. Los artículos se entregarán con un márgen de 2.5 cm., en letra Arial de 10 puntos en formato de Word, WordPerfect, (plataforma PC o Macintosh) y podrán ser enviados en disquete de 31/2 o bien a través de correo electrónico a <revista@ci.ulsu.mx.>
2. Los trabajos deberán enviarse con atención al coordinador responsable de cada número. (ver Convocatoria)
3. Una página estándar en tamaño carta debe incluir en promedio 350 palabras.
4. Deberá incluirse un resumen en castellano y en Inglés, no mayor de 130 palabras, así como cinco palabras clave.
5. Deberán enviarse, por separado, los originales de cuadros y gráficas, anotando dentro del texto su ubicación.
6. Las notas deberán incluirse al final del trabajo, antes de bibliografía y debidamente numeradas.
7. Dentro del texto, las referencias bibliográficas se presentarán en forma numérica.
8. Deberá, asimismo, incluirse el nombre del autor, adscripción y cargo que desempeña, dirección institucional, teléfono y fax de su oficina así como correo electrónico.
9. En el caso de Figuras se señalarán mediante una anotación en la parte inferior de la misma en itálicas. Y en el caso de Tablas se señalarán mediante una anotación en la parte superior de la misma en itálicas.
10. Respecto a las imágenes que se necesiten, deberán utilizar algún formato que sea editable dentro de Windows o Macintosh. Archivos creados en WinWord, Excel, Photoshop, Illustrator, Free Hand, convertidos o salvados formato gif o jpg.
11. Los autores deberán incluir un resumen curricular de aproximadamente 1 cuartilla, que contenga estudios que se tienen y en dónde se realizaron, obras y trabajos publicados, actividades relevantes, logros sobresalientes y cargos desempeñados.
12. Referencias
Para las referencias se utilizará el sistema numérico.
Para la anotación de las referencias se utilizará el siguiente formato:

Revistas

Número de referencia. Apellido, iniciales del nombre(s) de cada autor, no más de 3. En caso de que pase este número de autores se pondrá el apellido e iniciales del primer autor y se agregará et al., título del artículo entre comillas, título de la revista en itálicas, lugar, volumen(vol.), número (núm.), página(s) (p. o pp.), año (completo). Separar con comas cada categoría.

Ejemplo:

- (1) Pérez, J. L., "La cibernética moderna", *Física*, México, vol. XXIV, pp. 34-37, 1997.
- (2) López, J.P., Sánchez, A., Ibarguengoitia, E., "El microchip", *Cibernética actual*, México, vol. IV, núm. 25, p. 67, 1997.

Libros

Número de referencia. Apellido, iniciales del nombre(s) de cada autor, no más de 3. En caso de que pase este número de autores se pondrá el apellido e iniciales del primer autor y se agregará et al. Título del libro en itálicas, volumen (vol.) -en caso de haberlo-, edición o reimpresión, lugar, editorial, página(s) (p. o pp.) año (completo). Separar con comas cada categoría.

Ejemplo:

- (1) Alcocer, A., *De química y otras ciencias*, 4a.ed., Barcelona, Editorial Tecnos, pp. 57-78, 1996.

En caso de citar al mismo autor inmediatamente se empleará: *Ibidem* o *Ibid*.

Ejemplo: *Ibidem*,
Ibid, p. 59.

En caso de citar subsecuentemente la misma obra pero no inmediatamente sino después de otras obras, se escribirá así: el primer apellido del autor, op. cit., página(s).

Ejemplo: Alcocer, op.cit., p.60.

Notas

Para los artículos que lleven notas, éstas deberán incluirse al final del artículo.

Revistas

Las notas de revistas deberán incluir: Autor con apellido(s) y nombre(s), título del artículo entre comillas, título de la revista en itálicas, lugar, volumen (vol.), número (núm.), página(s) (p. o pp.) y año (completo).

Las notas de libros

Apellido, iniciales del nombre(s) de cada autor, no más de 3. En caso de que pase este número de autores se pondrá el apellido e iniciales del primer autor y se agregará et al. Título del libro en itálicas, volumen (vol.) -en caso de haberlo-, edición o reimpresión, lugar, editorial, página(s) (p. o pp.) año (completo). Separar con comas cada categoría.

Fuentes electrónicas

En el caso de utilizar fuentes electrónicas se debe cuidar en forma estricta la veracidad y confiabilidad de la misma, así como el respaldo auditado de instituciones o autores de prestigio. Y se aconseja evitar el abuso de estas citas.

Al citar un documento que se encuentre en Internet se debe incluir : Autor, título del documento, fecha de creación, o de última revisión, dirección electrónica subrayada, fecha de consulta. Se debe especificar que se obtuvo en línea (se pone entre corchetes [En Línea]) y la dirección electrónica así como la fecha en que se obtuvo el documento. Sígase la siguiente estructura:

Autor, título del documento, fecha de creación o de última revisión. [En línea] Disponible [http:// dirección/nombre del archivo](http://dirección/nombre del archivo), fecha de obtención del documento.

Ejemplo:

(1) Rodríguez, David. Cómo se originan algunas enfermedades. Octubre de 1997. [En línea] Disponible: <<http://www.main.conacyt.mx/dcct/como.html>> 22 de febrero de 1998.

ó

(1) Dávila, Alma. Una clase de Física Elemental [En línea]

Disponible:

<<http://www.nalejandria.com/00/estudio/clase1/index.htm>> 2 de mayo de 1998.

En el caso de las direcciones para enviar correo electrónico, éstas se anotarán entre corchetes, de la siguiente manera:

<revista@ci.uisa.mx>

Notas y bibliografía: irán al final del artículo, ordenadas numéricamente. En caso de Fuentes electrónicas, indicar fecha de consulta. Para mayor precisión, se recomienda seguir el estandar ISO 690:1987 e ISO 690-2:1997.

13. Ecuaciones y referencias

Para la inserción de ecuaciones y sus referencias se debe poner entre corchetes cuadrados el número de ecuación agregando la abreviatura Ec.

Ejemplos:

... considere un sistema descrito por

$$c = f(x,t, m), \quad [Ec.1]$$

donde x e t es el estado... utilizando la Ec. 1.

... sin embargo, existen algunas técnicas desarrolladas en (Ec. 1) para la reconstrucción de atractores...

RESEÑAS DE LIBROS

Para las reseñas de libros es recomendable citar al autor con sus datos biográficos básicos; ocuparse no sólo del libro sino también del asunto que trata -circunscribirlo-; identificar el propósito del autor, lo que pretende demostrar, sus contribuciones; determinar las fuentes, su manejo, metodología, organización de resultados, estructura del libro. Ficha técnica del libro (Véase Bibliografía)

ENSAYOS Y REVISIONES TEMÁTICAS

Las revisiones temáticas deberán contener la información requerida, fundamentada con la bibliografía que la apoye y debe de tener un aparato crítico sólido y sustentable.

Bibliografía

Al final del artículo se agregará, la bibliografía alfabética que sirva de soporte al texto. En la Bibliografía se deberá incluir los siguientes datos:

Revistas

Autor(es), título del artículo entre comillas, título de la revista en itálicas, lugar, volumen (vol.), número (núm.), país, página(s) (p. o pp.) y año (completo).

Libros

Autor(es), título del libro en itálicas, volumen (vol.), edición, lugar, editorial, página(s) (p. o pp.) y año (completo).

Para asuntos editoriales, dirigirse a:

D.G. Saracely Gómez Ballesteros

RCI. Revista del Centro de Investigación

E-mail: sgomez@ci.ulsamx

Tel.: 5278-9500. Ext. 2388

Para asuntos académicos:

Coordinador de la sección temática de cada número (ver convocatorias) ó

Mtra. Esther Vargas Medina

Directora de la Revista

E-mail: revista@ci.ulsamx

Tel.: 5278-9500. Ext. 2386, 2387, 2388

