

# Revista del Centro de Investigación



## UNIVERSIDAD LA SALLE



- PAINANI: A six legs robot
- Algoritmo genético y computación evolutiva
- Cellular Neural Networks – Genetic Algorithm
- Modelo óptico de estéreo visión
- Simulación del regenerador una unidad
- Life and earth environment



Vol. 6 · Núm. 21 · Julio - Diciembre 2003



---

*Revista  
del Centro de  
Investigación*

UNIVERSIDAD LA SALLE



*Nueva Época*

ISSN 1405-6690

- **Jorge Romero Sánchez**  
*Ingeniero Mecánico (ULSA).*  
**Armando Chávez Plascencia**  
*Ingeniero Electrónico (ULSA).*  
**Paola Sepúlveda Sánchez de la Barquera**  
*Ingeniero Industrial (ULSA).*  
**Carlos Nava Jiménez, José Francisco Gómez Santoyo, Humberto González Bravo, Alejandro Zavala Maldonado, Fernando Tellez de Urquijo, Irma Hernández Ballesteros, Fernando Tadeo Hernández Altamirano**  
*Estudiantes de la Escuela de Ingeniería (ULSA).*  
**Eduardo Gómez Ramírez**  
*Ingeniero electrónico (ULSA). Maestro y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Control Automático, (CINVESTAV). Miembro del SNI.*
- **Claudia Hurtado González, Beatriz Izquierdo Rivera, Marcela López Aguado Hernández, Armando Nicolás Cruz**  
*Ingenieros Cibernéticos (ULSA).*
- **Ferran Mazzanti, Xavier Vilasis Cardona**  
*Licenciatura y Doctorado en Física.*
- **\*Marco Antonio Moreno Armendariz, \*\*Julián Aguilar Luna**  
*\*Ingeniero Cibernético (ULSA). Maestro y Doctor en Ingeniería Eléctrica, (CINVESTAV).*  
*\*\*Estudiante de la Escuela de Ingeniería (ULSA).*
- **\*Roberto Hernández Enríquez, \*\*Daniel Salazar Sotelo**  
*\*Universidad La Salle, Escuela de Ciencias Químicas.*  
*\*\*Ingeniero Químico Industrial (ESIQIE, IPN), Doctor en Ingeniería (Escuela Nacional Superior de Minas de París).*
- **\*Masaki Hayashi, \*\*Honorio Vera Mendoza**  
*\*School of Life Science, Tokyo University of Pharmacy and Life Science.*  
*\*\*Licenciado y Maestro en Física Teórica, Doctor en Física Teórica, especialista en Mecánica Estadística, en la Universidad Rusa de Amistad de los Pueblos, Moscú, Rusia.*
- **Alfredo Ramírez Treviño, Juan Manuel Sánchez Núñez, Alejandro García Camacho**  
*Profesores-Investigadores adscritos al Centro interdisciplinarios de Investigaciones y Estudios Sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD-IPN).*
- **Ma. del Consuelo Carranza y Simón**  
*Licenciada en Relaciones Internacionales (UNAM).*
- **Bibiana Solórzano Palomares**  
*Licenciada en Diseño Gráfico, (Universidad Iberoamericana).*  
*Tesista de Posgrado, Maestría en nuevas Tecnologías, Hipermédicos. (Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco).*
- **Marisol Venegas Pérez**  
*Dirrección de Posgrado Educación Continua e Investigación, (ULSA Cancún).*  
**Omar Salvador Álvarez, Ruben López Barajas, Juan Boggio Vázquez, Doraly Vázquez Ramírez**  
*Colaboradores.*

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
Vol. 6 Núm. 21

Distribución y publicación de la Coordinación General de Investigación de la Universidad La Salle.

DIRECCIÓN: Esther Vargas Medina.

CONSEJO EDITORIAL:

Mtra. Ma. Elena Escalera, Mtro. José Antonio Dacal, Mtra. Esther Vargas, Dr. Eduardo Gómez, M. en C. Hugo González, Mtro. Francisco Durán, Dra. Miriam Ponce, Q. Irene Montalvo.

CORRECCIÓN DE ESTILO Y CUIDADO EDITORIAL:

Mario J. Salgado Ruelas.

DISEÑO y ELABORACIÓN: D.G. Saracelly Gómez Ballesteros.

DISTRIBUCIÓN: Lic. Irma Rodríguez Vega.

CORRESPONDENCIA: Revista del Centro de Investigación. Coordinación General de Investigación. Benjamín Franklin Núm. 47, Col. Hipódromo Condesa, México, D.F. 06140 Tel. 5278 9500 Fax: 5515 7631

Apartado Postal 18969 y 18995.

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

<http://www.ulsal.edu.mx/~cgi/revista/>

Reservados todos los derechos por el Centro de 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 licitud 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>



Coordinación General de Investigación

---

## ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

---

- PAINANI: A Six Legs Robot **5** *Armando Chávez Plascencia  
Jorge Romero Sánchez  
Paola Sepúlveda Sánchez de la Barquera  
Carlos Nava Jiménez  
José Francisco Gómez Santoyo  
Humberto González Bravo  
Alejandro Zavala Maldonado  
Fernando Tellez de Urquijo  
Irma Hernández Ballesteros  
Fernando Tadeo Hernández Altamirano  
Eduardo Gómez Ramírez*
- Mejoras a un Algoritmo Genético Simple,  
Aplicando Conceptos de Computación Evolutiva **11** *Claudia Hurtado González  
Beatriz Izquierdo Rivera  
Marcela López Aguado Hernández  
Aramando Nicolás Cruz  
Eduardo Gómez Ramírez*
- Cellular Neural Networks Learning using  
Genetic Algorithm **25** *Eduardo Gómez Ramírez  
Ferran Mazzanti  
Xavier Vilasis Cardona*
- Modelo Óptico de Estéreo Visión  
usando Visión por Computadora **33** *Marco Antonio Moreno Armendáriz  
Julián Aguilar Luna  
Eduardo Gómez Ramírez  
Xavier Vilasis Cardona*
- Simulación del Regenerador de una Unidad  
de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC) **43** *Roberto Hernández Enríquez  
Daniel Salazar Sotelo*
- Life and Earth Environment from  
an Entropic Point of View **51** *Masaki Hayashi  
Honorio Vera Mendoza*

---

## ENSAYOS

---

- El Desarrollo Sustentable:  
Interpretación y Análisis **55** *Alfredo Ramírez Treviño  
Juan Manuel Sánchez Núñez  
Alejandro García Camacho*
- Ecoturismo en México: Arrecifes Coralinos **61** *Ma. del Consuelo Carranza y Simón*
- Planeación y Desarrollo de Web Site **75** *Bibiana Solórzano Palomares*

---

## REPORTES DE AVANCES DE INVESTIGACION

---

- Incidencia del Uso de Servicios Integrados  
en el Consumo de Productos  
Turísticos Extrahoteleros **89** *Marisol Venegas Pérez  
Omar Salvador Alvarez  
Ruben López Barajas  
Juan Boggio Vázquez  
Doraly Vázquez Ramírez*
- Trabajos Ganadores  
X Jornadas de Investigación  
Premio Hno. Salvador González 2003 **99** *Autores Varios*
- Directorio **103**
- Forma de suscripción **104**



# PAINANI: A Six Legs Robot

Armando Chávez Plascencia, Jorge Romero Sánchez, Paola Sepúlveda Sánchez de la Barquera, Carlos Nava Jiménez, José Francisco Gómez Santoyo, Humberto González Bravo, Alejandro Zavala Maldonado, Fernando Tellez de Urquijo, Irma Hernández Ballesteros, Fernando Tadeo Hernández Altamirano & Eduardo Gómez Ramírez  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología Avanzada (LIDETEA)  
UNIVERSIDAD LA SALLE  
E-mail: egr@ci.ulsal.mx

Recibido: Junio de 2003. Aceptado: Julio de 2003

## RESUMEN

En este artículo se presenta la descripción de todos los elementos mecánicos, eléctricos-electrónicos y de control del robot PAINANI. En este diseño las innovaciones siguen siendo en la línea de bajo peso de la estructura y alta rigidez. Se utiliza un micro controlador de fácil programación para la etapa de control. Se hicieron algunos cambios en la estructura para mejorar la rigidez debido a problemas de flexión del material anteriormente utilizado que ocasionaba problemas en el control del paso.

*Palabras clave: Mecánico, eléctrico, robot, painani, electrónico, control, micro controlador.*

## ABSTRACT

The Mechanical, Electrical–Electronic, and Control are the described parts/elements of the robot Painani. In this design the innovations still are being the low weight of the structure and the high rigidity. A small and simple programmable micro controller is used. All this sections are described in detail with figures and photos illustrating the explanation of every element. Some parts of the structure were rebuild because we needed more rigidity, and the nylamid was over flexing the leg that caused errors to control the step.

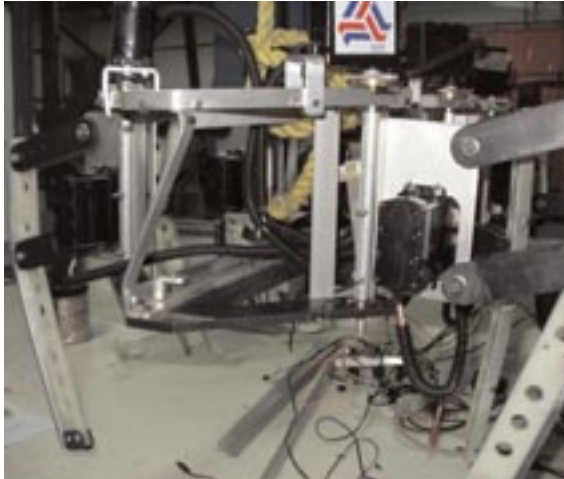
*Keywords: Mechanical, electrical, robot, painani, electronic, control, microcontroller.*

## INTRODUCTION

One of the most important results of the group GIDROM (Group of Development and Research in Mobile Robotics) is the robot that participated in the competition Walking Machine Challenge 2003. This year the design was based on a six legs robot with two degrees of freedom for each one (See Fig. 1.a and 1.b).



Fig. 1.a Robot View (1st version)



*Fig. 1.b Robot View (2nd version)*

Using the experience of the previous events a new version of the model is presented. May the sight be very similar, but the new elements represent the solutions of many problems presented in the previous version.

## ROBOT STRUCTURE

To describe all the elements of the robot the paper was divided in the following sections:

- o Mechanical elements
- o Electrical and Electronic elements
- o Control elements

In the following section the parts included in the mechanical elements will be described.

## MECHANICAL ELEMENTS

The mechanical elements consist of the following parts:

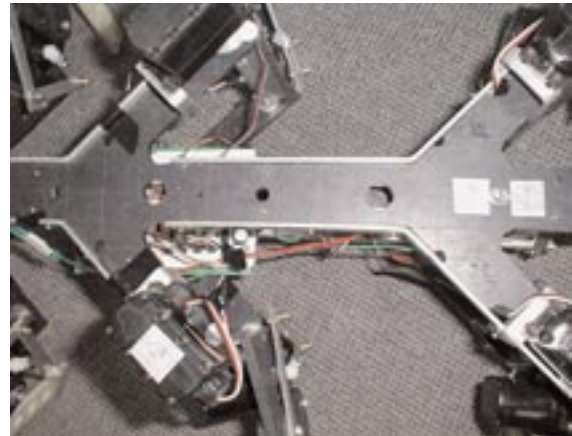
1. Body
2. Extremities
3. Collector mechanism

### Body

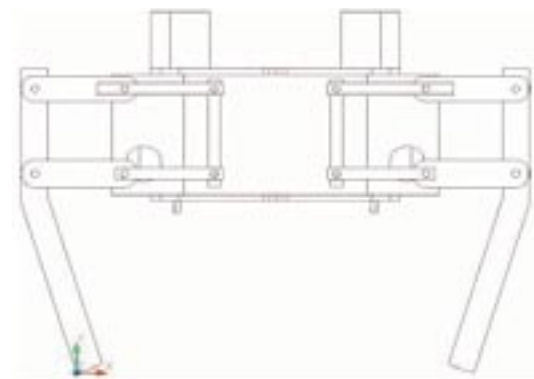
The body was designed in such a way that the structural resistance is different depending on the part that treats. For example, the inner structure was designed in order to be as rigid as possible because it will be the supporting part for the robot's feeding and control elements. That worked but we still had errors in the movement

and required to add some materials to maintain more rigid the structure. The elements that will support the extremities were designed for them to have a dynamic absorption. This was obtained out of different thickness for the cover from the body and the base. In the body cover an aluminum structure was added to increase the Nylamid rigidity. It was placed in strategic points (Fig. 2). The aluminum structure was not placed in the base due to the flexibility. The base—made of Nylamid—needs to absorb the strong movements, hits and efforts.

Also, to reduce the weight of the structure, it was combined with the extremities, meaning the axis of the legs was also used also as joint element of the body (Fig.3).



*Fig. 2 Detail of the Robot Structure of Aluminum and Nylamid*



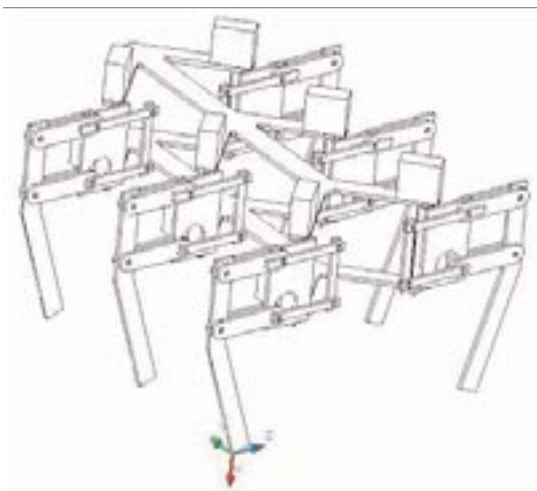
*Fig. 3 Front View of the Robot*

This double function of the axis reduces weight and keeps the rigidity required in the extremities joints with the body. In that part we add

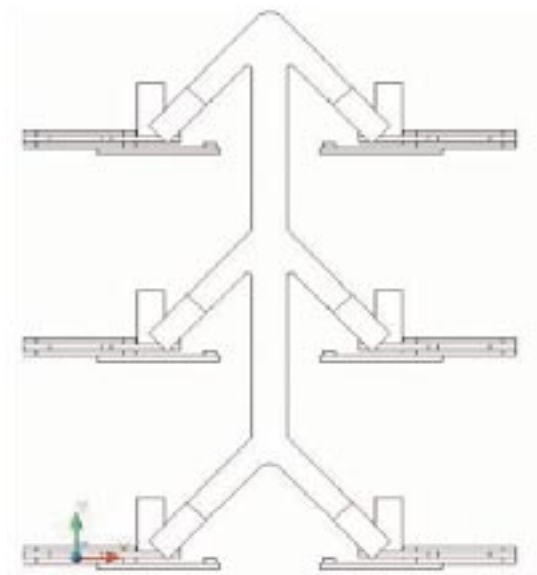


some aluminum that joined the upper boomerang with the lower one to make the structure like a cage, keeping the same distance between the 2 boomerangs.

To reduce the friction, bearings were placed in each axis interlocked in the body. Also, to reduce weight, holes were made in different diameters in the neutral fibers of the body. Fig. 2 shows these holes. The shape of the body, looking like 3 boomerangs joined by a board is to maximize the angular movement (see Fig. 4 and 5).



*Fig. 4 Isometric View of the Robot*



*Fig. 5 Boomerang Shape*

The extremities have two degrees of freedom for a suitable displacement of the robot (see Fig. 6). In the one degree of freedom, the servo used is placed directly on the axis of rotation with aluminum cylinders, but they were a little bit weak so we changed them for nylamid cylinders.

In the other degree of freedom a special system is included to transmit the torque from the motor.



*Fig. 6 Extremities View*

The Nylamid used is an auto lubricated one; this reduces the friction in the movement. The joints are made with brass, also to reduce the friction of the movement.

We changed too the support of the Y-axis from Nylamid to Aluminum to make it less flexible and avoid errors in the step.

All the screws and prisoners are easy to find and the same for all (1/8 for the screws and 5/32 for prisoners). Depending on the type of the joint between the materials nuts of security or cord in the material were used; for example, in the joints Al-Nylamyd, we used prisoner and in the axis of the motor with the first transmission we used element security nuts.

All the elements described in the previous sections allowed the weight of each extremity to be less than 1 kg.

The design of the extremity allows a variable step, depending on the angle of the servo. The maximum length of the step is 19 cm and a ri-

sing of 9 cm. This can only be modified increasing the length of the links showed on Fig. 7 and 8.



Fig. 7 Top View

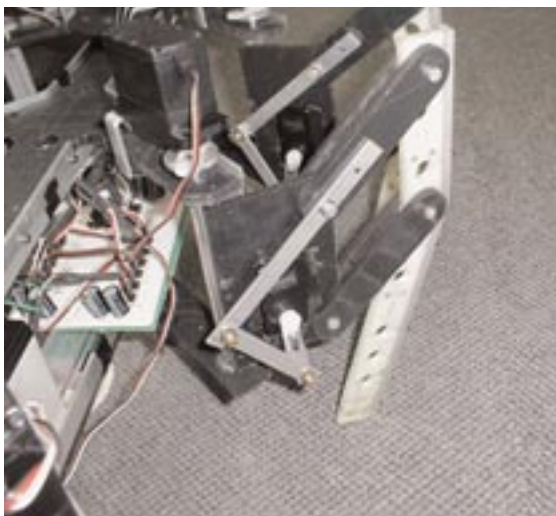


Fig. 8 Detail of the extremities (1st robot)

## ELECTRIC AND ELECTRONIC ELEMENTS



Fig. 9 The new leg

### General Feeding

The feeding is 9 and 6 volts for the basic stamp and 6 volts for the dc servomotor. The servos are connected to the micro-controller with 12 kW pull down resistors.

The new basic stamp characteristics

- Model 2p40
- 40-pin DIP
- 32 + 2 Dedicated Serial

This model gave us more memory, more pins and more commands making the control easier.

### Automatic Emergency Stop System

A circuit that disables the grounds of all system elements was used; this way the robot switches off all its components until it is taken back manually to its initial position.

### Servomotors

The servomotors used are CIRRUS brand. The selected model is CS-650 FET, Mega Pro FET Ball Bearing Servo with the next specifications:

Size (in.) 2.48x2.43x1.26  
 Weight (oz) 5.80  
 Speed (sec/60\_) 4.8 V– 0.19  
 6 V– 0.16  
 Torque (oz./inc) 4.6 V – 254  
 6 V – 309

We used one servo for each freedom degree, that is to say, two servos for each leg.

## CONTROL ELEMENTS

The main control of the robot runs on a BASIC Stamp micro-controller [1]. The name is the result of the combination of the programming languages PBASIC and Stamp. The Term Stamp is used because the size of the board is stamp size. The basic stamp has 16 input/output ports and uses 5v.

The robot programming is made using an editor and it is sent to the micro-controller via a serial port of a PC. 12 output ports and 4 input ports were used to program the robot.

The servo control was designed generating periodic pulses similar to the one used by RC. This system is similar to the PWM, in order to reach the desired position.

An example is presented immediately, where the movement of a servo, in a rank of  $0^\circ$  to  $90^\circ$ , is simulated. Considering the servo is in the 1000 ( $90^\circ$ ) position, the program makes the servo reach the 500 ( $0^\circ$ ) position, and it returns later to the original position. The combination of pulseout and pause commands creates the low and high state. This is necessary to generate the periodic pulse. This should be sent 100 times, for the servo to reach the final position. At the beginning the x variable is declared to be 16 bits and the output is at a high normal state.

```
Example:
x var word
output 1
for i=1 to 100
  pulseout 1,500
  pause 1
next
for i=1 to 100
```

```
pulseout 1,1000
pause 1
next
```

In this project we only use an open loop control, but with the same design it is possible to define the Micro-controller in a slave-master configuration. The micro-controller will work like the slave and an on-board computer with Artificial Vision algorithms or similar sensors can work without change in the mechanical, electric and electronic elements.

Currently it is possible to control the robot in two ways: Using an RC (Fig. 10) or with a specific program like the previous example. The subroutines are synchronized with the RC in such way that the movements correspond to the following diagram (Fig. 11):



Fig. 10 The robot with the RC

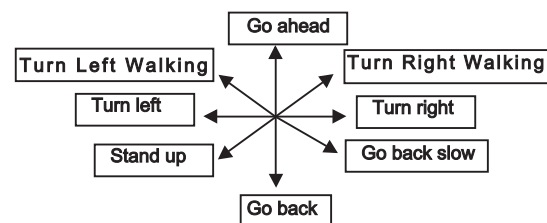


Fig. 11 RC Diagram

**Go Ahead.** In this movement the robot walks ahead using sequences that are called 3–3 or 2–2–2. 3–3 means that the robot uses 3 legs in every step, 2 in one side and one in the other side. This sequence is very stable and quick. The speed depends of the angle used in the servo. The other sequence moves all the legs to

walk and place facing each other, every time, one pair of legs.

**Turn Right.** This sequence uses a similar scheme than 3–3 but every side moves in a different way making the robot turning around without displacement.

**Turn left.** It is identical to the previous sequence but to the other side.

**Turn right walking.** The idea here is that the robot can turn to some side but moving at the same time. This is similar to go ahead but the movement of one leg (the middle leg) is fixed. The result of this movement is making the robot circling in radius  $r$ . This radius depends on the angle defined in the servo.

**Turn left walking.** It is identical to the previous sequence but toward the other side.

**Go back.** The sequence here is almost identical to go ahead but the displacement makes it to go back.

**Go back slow.** The only difference in this sequence is the angle of the servos. Here, we divide the angle by two, but it is possible to use other number to make the movement slower.

**Stand up.** This routine only puts the robot in one position to be ready for one movement.

In movement using programming, it is only necessary to send the previous commands with a specific number of steps.

## CONTROL

In this version of the robot we introduce a new scheme of programming. We "edit" the mecha-

nism of movements to improve the speed, the movements' precision, and the power consumption. We simulate the cinematic of the robot using the matlab program to know how it is possible to fulfill the previous condition.

We use a small high in the movements of the legs and it is possible to control the speed using different range of angles for every movement. In this case we use only 3 speeds.

## CONCLUSION

The major goal in this project was to follow the main principle of keeping it simple; in this new version we were also trying to keep the KISS principle. Every step made during the building period improves the simplicity of the design, keeping the minimum elements to reach the main objective: to walk and being autonomous.

The mechanical design improves the previous ones increasing the rigidity of the robot and reducing the weight. In the electrical and electronic part our design also keeps the simplicity, by combining the basic stamp. With this experience it is possible to construct a new robot in a very short period of time and with a very low cost.

This robot won the Engineering Value award under the Walking Machine Challenge, 2003.

## ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge all the support from the Laboratories of the Engineering School to develop this project and the support of the Research Coordination.

## REFERENCES

1. Parallax, Inc.  
<http://www.parallax.com/junio 2003>.

# Mejoras a un Algoritmo Genético Simple, aplicando conceptos de Computación Evolutiva

Claudia Hurtado González, Beatriz Izquierdo Rivera  
 Marcela López Aguado Hernández, Armando Nicolás Cruz  
 Eduardo Gómez Ramírez  
 Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología Avanzada(LIDETEA)  
 UNIVERSIDAD LA SALLE  
 E-mail: [egr@ci.ulsal.mx](mailto:egr@ci.ulsal.mx)

Recibido: Julio de 2002. Aceptado: Agosto de 2002

## RESUMEN

Uno de los problemas con que se enfrentan los algoritmos evolutivos es la gran cantidad de tiempo que requieren para converger en la solución óptima. Por esta razón es muy importante el desarrollo de algoritmos que mejoren su desempeño. En este artículo se presenta una versión mejorada de Algoritmo Genético, así como la manera en que distintos parámetros internos, como mutación–número de padres afectan en la convergencia. Las pruebas propuestas se evaluaron estadísticamente, mediante un análisis de varianza. Esta metodología estadística de evaluación puede aplicarse para la sintonización de cualquier Algoritmo Genético.

*Palabras clave:* Algoritmo evolutivo, algoritmo genético, padre adicional aleatorio, función memoria, contador estacionario, solución óptica, mutación, convergencia, análisis de varianza, sintonización.

## ABSTRACT

The convergence time to the optimal solution is one of the most important problems of the evolutionary algorithms. This is the reason of the importance to develop new schemes that improve the performance of this kind of tools. A new version of Genetic Algorithm and a methodology to show the way internal parameters such as mutation, number of parents, etc., correlated with the convergence are presented. The experiments were designed with a statistic methodology analysis of variance (ANOVA). This methodology can be applied with any similar GA. in order to tune its performance parameters.

*Keywords:* Evolutionary algorithm, genetic algorithm, add random parent, memory function, stable meter, optical solution, mutation, convergence, analysis of variance, tuning.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hace algunos años todavía se hablaba de la dificultad para atacar problemas de tipo NP. Es decir, problemas cuya solución requería de una gran cantidad de pruebas y combinaciones, sin poder obtenerla con una solución analítica directa. Ejemplo de esto es el problema del agente viajero [1,2], cuya solución era intratable en términos de la computación tradicional. Esta dificultad no ha desaparecido pero sí se han incrementado las alternativas disponibles para resolver estos problemas. Por ejemplo, algorit-

mos como simulación de templado o recocido simulado (*simulated annealing*) [3] son alternativas ampliamente utilizadas para la solución de problemas como los mencionados anteriormente. Su principal problemática es que tienen una explosión combinatoria cuando se incrementa la cantidad de alternativas posibles. La computación evolutiva [4,5] ha propuesto importantes soluciones a este tipo de problemas. Incluso en sitios WEB pueden encontrarse descripciones muy interesantes a este respecto [6-12].

También ha habido una nueva tendencia a problemas de optimización utilizando teoría de juegos. Por ejemplo, en [13,14] puede revisarse una aplicación muy interesante en modelos de tráfico en comunicación móvil. A pesar de ser un importante recurso en el área de computación evolutiva y con una gran cantidad de aplicaciones desarrolladas, todavía no existen procedimientos formales, matemáticamente hablando, que permitan el análisis de estructuras con óptima convergencia. Es importante resaltar los esfuerzos que ha habido de varios autores [15-24] para demostrar la convergencia de diferentes propuestas de algoritmo genético en términos generales, es decir, convergencia a infinito, estabilidad, etc. Esto es, que aseguren una mejor convergencia que con técnicas de tipo aleatorio e, inclusive, que los parámetros utilizados internamente sean los óptimos para el propio algoritmo.

Este trabajo tiene como finalidad exponer algunas mejoras en el procedimiento para aplicar un Algoritmo Genético Simple, que permitan una mejor convergencia en términos de un menor número de individuos utilizados. Esto se traduce en menor tiempo de cómputo y por lo tanto en velocidad de respuesta del algoritmo. El punto de partida es el Algoritmo Genético (GA, por sus siglas en inglés) en su forma más sencilla, mismo que se fue modificando con el objetivo de mejorar su desempeño hasta llegar a la propuesta final, obteniendo, de esta manera, tres versiones del algoritmo mejorado: Algoritmo Genético con Mutación, Algoritmo Genético con Padre Adicional Aleatorio y Algoritmo Genético Propuesto. En cada una de las fases se realizó un estudio estadístico que permitió hacer un análisis del comportamiento del modelo en cuestión y así determinar la manera en que los cambios afectaban en el desempeño del algoritmo. Dicho estudio estadístico se realizó variando los parámetros que sintonizan el funcionamiento del algoritmo para determinar sus valores óptimos. La propuesta final de Algoritmo Genético comprende algunos conceptos que se exponen por primera vez como parte de la teoría de Algoritmos Genéticos.

## 2. METODOLOGÍA

El AG puede observarse como un proceso estocástico, al tener variables aleatorias como

condiciones iniciales, valores de probabilidad para la mutación o para algún otro tipo de proceso. Es por eso que algunos autores han utilizado cadenas de Markov para modelar su comportamiento y hacer algunos estudios de convergencia (referencia); otros autores han utilizado otro tipo de estructuras, también estocásticas, para su estudio (referencia mía). En este caso se utilizará la metodología de diseño de experimentos (referencia Montgomery), en específico de análisis de varianza para estudiar su comportamiento.

### 2.1 Planeamiento del problema del número binario

A fin de probar las distintas versiones del modelo propuesto, se planteó un problema sencillo, cuyo objetivo es encontrar un número entero dentro del conjunto de los números naturales. Este problema se denominó como *el problema del número binario* y se detalla a continuación:

La meta es encontrar un número entero positivo,  $N$ , que se genera de manera aleatoria en su forma decimal y posteriormente es convertido a su forma binaria. Debido a que se utiliza codificación binaria, el universo de búsqueda se acota por el número de genes que conforman a cada individuo. Por lo tanto, el universo de búsqueda se define como:

$$N \in U [0, 2^b - 1] \quad (\text{Ec. 1})$$

donde:  $b$  es la dimensión del espacio solución.

La razón de utilizar distribución uniforme es que, por el momento, todo el rango de números tiene la misma probabilidad de seleccionarse. Los individuos de este universo son números enteros positivos, que se evalúan con la función objetivo planteada.

### 2.2 Metodología Estadística de Evaluación

Para el diseño del experimento se utilizó el enfoque de Análisis de Varianza (ANVAR) [25] para fundamentar los resultados. En específico, se utilizó el enfoque de  $k$  ejecuciones de un algoritmo para un mismo experimento. La muestra de  $k$  ejecuciones se denomina grupo.

El término de Análisis de Varianza surge de la manera en que este enfoque compara la varianza estimada de las medias de los grupos, contra la varianza de cada grupo. Cuando existe una clara separación entre las medias de cada grupo, la varianza es grande en comparación con la varianza de las medias. Esto se muestra en la siguiente figura.

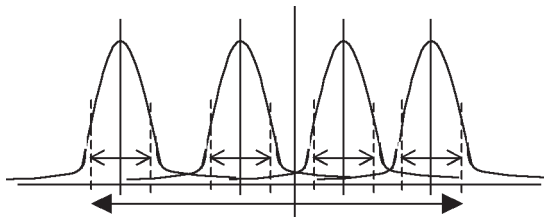


Figura 1. Análisis de varianza con clara separación en las medias

Por el contrario, cuando no existe una separación clara de las medias de cada grupo, la varianza es pequeña comparada con la varianza entre las medias. Lo anterior se muestra en la siguiente figura.

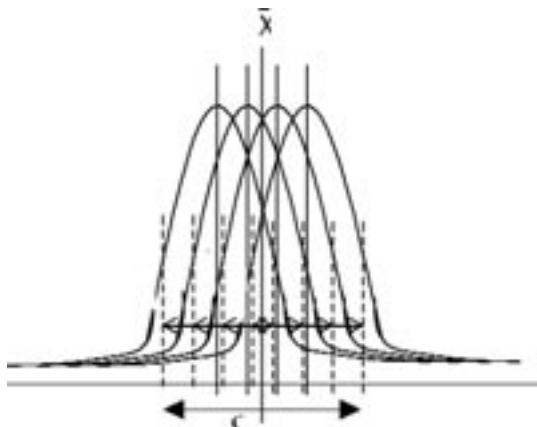


Figura 2. Análisis de varianza sin clara separación en las medias

Este enfoque utiliza conceptos muy intuitivos sobre el comportamiento de un sistema. Por ejemplo, supónganse distintos experimentos donde un solo parámetro es variado y se quiere saber el comportamiento o efecto de este parámetro en la respuesta. Para poder hacer una validación adecuada del comportamiento de la media del experimento para cada valor del parámetro, es necesario definir un número míni-

mo de ejecuciones. Sin una demostración matemática muy extensa, es posible entender que existe cierta relación proporcional entre el número de ejecuciones y la varianza obtenida para cada experimento.

En otras palabras, a menor varianza, existe mayor confiabilidad en los datos, ya que significa que éstos no están muy dispersos. Es necesario mencionar también, que un grado mayor de confiabilidad implica un mayor número de ejecuciones. De esta forma es posible obtener el número necesario de ejecuciones, en función de la varianza. Por otro lado, este número de ejecuciones también define un nivel de error permitido, obtenido a partir de la varianza de las medias. Estos dos parámetros, el nivel de confiabilidad y el nivel de error, son los que se utilizan como elementos para definir el número de ejecuciones. En la siguiente tabla se muestra la relación que existe entre el nivel de error y el nivel de confiabilidad [26].

Tabla 1. Tamaño de la muestra con respecto al nivel de confiabilidad y al nivel de error

Confiabilidad	Error en Unidades de Varianza							
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
0.99	2654	1844	1355	1037	820	664	549	461
0.98	2165	1504	1105	846	669	542	448	376
0.97	1884	1309	962	736	582	471	390	328
0.96	1688	1172	861	660	521	422	349	293
0.95	1537	1068	784	601	475	385	318	267
0.94	1415	983	722	553	437	354	293	246
0.93	1314	912	671	513	406	329	272	228
0.92	1226	852	626	479	379	307	254	213
0.91	1150	799	587	450	355	288	238	200
0.90	1083	752	553	423	335	271	224	188

Por ejemplo, un experimento que requiera una confiabilidad del 98% y un nivel de error del 0.1, necesita 542 ejecuciones.

Para el estudio estadístico realizado en la siguiente sección se tomaron los parámetros que se emplean normalmente en el diseño de experimentos, que son un error del 0.05 y una confiabilidad de 95%. Como puede observarse en la tabla 1, el número necesario de ejecuciones es de 1,537. En este caso se realizaron

1,540 ejecuciones. Con este valor puede asegurarse que las conclusiones sobre los experimentos tienen un alto nivel de confiabilidad y un error mínimo.

### 3. EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Cualquier algoritmo de optimización debe considerar dos técnicas para encontrar el objetivo buscado. La **exploración** busca nuevas áreas dentro del espacio de búsqueda, recabando información que, en una etapa posterior, será de utilidad. La **explotación** hace uso de la experiencia adquirida, ayudando a encontrar mejores soluciones.

Una búsqueda aleatoria es útil únicamente para llevar a cabo la exploración, mientras que un método heurístico aplica solamente la explotación.

Ambas técnicas deben aplicarse con un balance adecuado dentro de un AG, lo cual no es una tarea sencilla puesto que existe la posibilidad de que un gen influya de manera negativa en un individuo y puede llegar a ser dominante en esa generación. Este fenómeno también se presenta en la naturaleza y se conoce como **desviación genética**. Para evitar una situación de este tipo dentro de un AG es necesario buscar una probabilidad de mutación adecuada.

### 4. RESULTADOS

Las dos primeras versiones del algoritmo propuesto, el Algoritmo Genético con Mutación y el Algoritmo con Padre Adicional Aleatorio, se desarrollaron en Matlab© por ser un lenguaje que permite un manejo sencillo de vectores y matrices. Mientras que la última versión, el Algoritmo Genético Propuesto, utiliza Microsoft Visual Basic 5.0. Ambos lenguajes, presentan un tiempo de ejecución aceptable que permitió probar diversos casos, respetando siempre el número de 1,540 ejecuciones por cada variación en los parámetros que sintonizan el algoritmo.

A continuación se presentan los resultados estadísticos obtenidos para cada uno de los algoritmos desarrollados.

#### 4.1 Algoritmo Genético con Mutación

Es la primera versión del algoritmo propuesto en donde se aplicaron los conceptos de selección, recombinación y mutación.

El parámetro que determina la frecuencia con la cual se observará la mutación en algunos de los genes que conforman a los individuos se denominará, a partir de este momento, como **Probabilidad de Mutación** (PM) y se define como el valor utilizado en el algoritmo que indica si un gen determinado debe mutar o no. Se genera un número aleatorio ( $\omega$ ) con distribución uniforme, comprendido entre 0 y 1:

$$\omega \in U [0, 1] \quad (\text{Ec. 2})$$

$\omega$  se compara con la PM, si es inferior o igual a PM, entonces el gen mutará. Si denominamos  $G_i$  a cada gen de un individuo determinado, y a  $\bar{G}_i$  un gen mutado, la mutación puede expresarse como:

$$\begin{cases} \bar{G}_i & \omega \leq PM \\ G_i & \omega > PM \end{cases} \quad (\text{Ec. 3})$$

Para todos los algoritmos aquí presentados la codificación es binaria y el criterio de selección es por rango. En el caso de la función objetivo se utilizó la función objetivo decimal, ya que el Algoritmo Genético con Mutación es el primer tipo de Algoritmo Genético con el que se realizaron estadísticas formales y análisis de sus resultados. La función objetivo decimal se define como el valor absoluto de la diferencia en su valor decimal del número buscado contra el número a evaluar.

La metodología del Algoritmo Genético con Mutación es la siguiente:



- Paso 1. Generar de manera aleatoria la población inicial.
- Paso 2. Seleccionar los P mejores individuos para ser los padres de la generación.
- Paso 3. Recombinar a los padres con M punto(s) de cruce.
- Paso 4. Mutar: aplicar la probabilidad de mutación PM para cada hijo y determinar si debe mutar. Una vez que se determina que un hijo debe mutar, se aplica PM a cada uno de sus genes.
- Paso 5. Agregar los hijos que mutaron y los padres a la población de hijos generados.
- Paso 6. Evaluar a cada hijo de la nueva población con la función objetivo decimal.
- Paso 7. Regresar al paso 2.

Como primer paso del estudio estadístico para este algoritmo se varió la probabilidad de mutación (PM) de 0.5% hasta 15%, con incrementos de 0.5%, fijando el resto de los parámetros como sigue:

Parámetro	Valor
Número de Padres	2
Puntos de cruce	1
Población inicial	0.5%

La figura 3 contiene un promedio del total de individuos que genera el Algoritmo Genético con Mutación para cada valor de PM. El promedio resulta después de 1,540 ejecuciones con un mismo valor de PM.

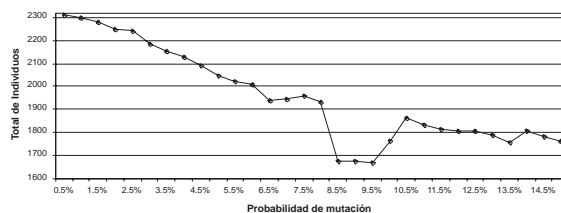


Figura 3. Algoritmo Genético con Mutación – Total de individuos contra PM

El número total de individuos es una métrica del desempeño del algoritmo, ya que indica la cantidad de números que fueron evaluados en cada ejecución y que debe ser menor a la cantidad de números generados por una búsqueda secuencial y por una aleatoria con distribución

uniforme. La gráfica 3 indica que los valores de PM comprendidos entre 8.5% y 9.5% son los más adecuados para el Algoritmo Genético con Mutación, porque para esos valores se obtiene un menor número de individuos generados; sin embargo, es importante mencionar que para la mayoría de los casos, el algoritmo terminó su ejecución al alcanzar el número máximo de generaciones.

Esto hace evidente que el algoritmo no convergió adecuadamente. La razón es que se utilizó una función objetivo que no explota las características de AG. Esto se puede explicar con el siguiente ejemplo. Supóngase la codificación binaria de los siguientes números:

$$63_{10} = 0111111_2$$

$$64_{10} = 1000000_2$$

La diferencia en decimal es de tan sólo 1 y su diferencia en binario, por ejemplo, utilizando distancia de Hamming es de 7. Este error es muy común en aplicaciones donde no se entiende la naturaleza del problema con respecto a la función objetivo porque se evalúa únicamente al individuo, descartando la información que aporta cada gen en particular.

En estos casos es necesario utilizar otra función objetivo que considere la información de cada uno de los elementos del arreglo. Sin embargo, también se observó que a pesar de tener una función objetivo poco adecuada para el problema, es posible lograr la solución a un problema determinado por medio de un Algoritmo Genético, ya que el Algoritmo Genético con Mutación llegó a encontrar el número solución, aunque no en la mayoría de los casos y no de la manera óptima.

El Algoritmo Genético con Mutación realiza una tarea de exploración más que de explotación dado que la función objetivo decimal no evalúa toda la información necesaria en cada individuo, es por ello que la solución al problema del número binario se encontró únicamente en aproximadamente 10% del total de las ejecuciones realizadas. Es claro que si el número de generaciones o iteraciones no se hubiese limitado, se habría encontrado la solución en todos

los casos, considerando que el AG funcionaba como una búsqueda aleatoria únicamente.

Esta sección solamente nos permitió entender un poco el funcionamiento de la función objetivo. En la siguiente sección se presentarán dos cambios; el de la función objetivo y otro nivel mutación mayor llamado padre adicional aleatorio.

#### 4.2 Algoritmo Genético con Padre Adicional Aleatorio

La principal diferencia que tiene este algoritmo con respecto al Algoritmo Genético con Mutación es la introducción del Padre Adicional Aleatorio (PAA), que es un individuo generado de manera aleatoria, con distribución uniforme. El PAA se agrega al grupo de padres para la siguiente recombinación con la finalidad de dar mayor diversidad a la población generada.

Otra diferencia importante es que la mutación se aplica únicamente a los padres, para evitar que alguno de los hijos generados, que pudiera ser la solución del problema, se modifique y entonces se pierda.

Para esta versión del algoritmo se modificó la función objetivo decimal, convirtiéndose en una Función Objetivo Binaria. Esta función objetivo califica a los individuos de una población de acuerdo a su cercanía con el número binario buscado, sin perder de vista que lo más importante es evaluar cuántos genes de cada individuo tienen el valor correcto con respecto al número buscado. El individuo con un menor número de bits incorrectos es el más apto de la población actual.

El individuo con calificación de adaptación más baja es el mejor adaptado para el caso de la función objetivo binaria. Ésta es más compleja que la decimal, ya que requiere de 2 pasos. El primero es realizar una operación lógica de XOR entre el número buscado  $N$  y el individuo evaluado  $I_n$ :

$$T_n = I_n \otimes N$$

(Ec. 4)

$T_n$  será un número binario que contendrá tantos ceros como posiciones correctas tenga  $I_n$  con respecto a  $N$ . En el segundo paso, se determina la calificación de adaptación  $C_n$ , es el resultado de la suma de los valores de los bits que forman  $T_n$ .

La metodología del Algoritmo Genético con PAA es la siguiente:

Paso 1	Generar población inicial de manera aleatoria.
Paso 2.	Seleccionar los P mejores individuos para que sean los padres en la generación actual.
Paso 3.	Agregar un padre adicional aleatorio.
Paso 4.	Recombinar el total de padres.
Paso 5.	Mutar: aplicar la probabilidad de mutación PM para cada padre y determinar si debe mutar. Una vez que se determina que un padre debe mutar, se aplica PM a cada uno de sus genes.
Paso 6.	Formar la nueva población por el total de los padres, los padres mutados y todos los hijos generados en el proceso de recombinación.
Paso 7.	Evaluar cada uno de los individuos de la nueva población con la función objetivo binaria.
Paso 8.	Regresar al paso 2.

Como primer paso del estudio estadístico para este algoritmo se varió la probabilidad de mutación. Se observó que el mejor comportamiento de este algoritmo se obtenía para valores de PM comprendidos entre 12% y 13%, por lo que este intervalo se amplió, haciendo variaciones de 0.1%. Esto se muestra en la figura 4.

La figura 4 no muestra una tendencia clara cuando varía la probabilidad de mutación, ya que las variaciones en el número total de individuos no son significativas con respecto al espacio total de búsqueda. Aún cuando la gráfica 4 muestra el mejor valor de PM en 12.5%, puede decirse que para el Algoritmo Genético con PAA valores de PM entre el 12% y el 12.5% son adecuados.

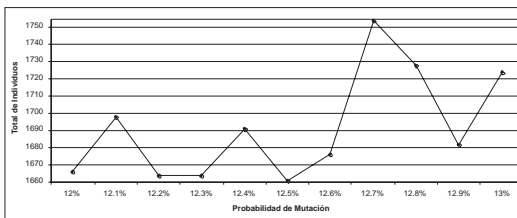


Figura 4. Algoritmo Genético con PAA - Total de individuos contra PM

Este algoritmo requiere de valores de PM altos ya que la mutación se aplica únicamente al grupo de padres, que es una población pequeña, con respecto al total de la población. Con valores bajos de PM, se observó que hay una tendencia a tener individuos repetidos constantemente, incrementando el riesgo de que el algoritmo llegue a un **mínimo local**.

Un mínimo local se define como el estado que se considera cuando un mismo individuo se repite como mejor padre en generaciones consecutivas, sin alcanzar la solución óptima.

Por lo tanto, al incrementar la PM se generan menos individuos ya que existen más variaciones y se encuentra la solución más rápido.

En la figura 5 se muestra el comportamiento del número total de individuos promedio al modificar los puntos de cruce entre 1 y 2.

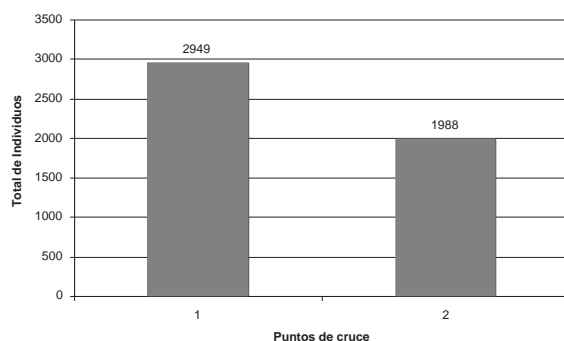


Figura 5. Algoritmo Genético con PAA – Total de individuos contra número de puntos de cruce

La gráfica anterior muestra que, a mayor número de puntos de cruce menor será el número

total de individuos generados. Por otro lado, el número de hijos obtenidos por generación (I) está dado por la siguiente ecuación:

$$I = (P + 1)^{R+1}$$

(Ec. 5)

Esta ecuación es aplicable únicamente a este algoritmo, ya que el número de padres al momento de la recombinación siempre será  $P+1$  debido a la presencia del PAA.

La ecuación 5 nos dice que a mayor número de puntos de cruce ( $R$ ), mayor será el número de individuos generados por iteración. Sin embargo, vemos en la figura 5 que para el total de individuos el resultado es el opuesto. Esto se explica a través de la función objetivo binaria, que evalúa correctamente a cada individuo y selecciona como nuevos padres realmente a los mejores números entre todos los generados en una población mayor, favoreciendo la convergencia del Algoritmo Genético con PAA.

Para el caso del Algoritmo Genético con PAA, se estudió también el comportamiento al variar la población inicial de 0.5% a 2.5%, con incrementos de 0.5%. La figura 6 muestra el comportamiento del número de individuos obtenidos a partir de la primera recombinación, es decir, no toma en cuenta la población inicial ya que esto representa un incremento automático en el total de individuos generados por el algoritmo.

Como se observa en la figura 6, a mayor porcentaje de población inicial, menor será número de individuos generados durante la ejecución del algoritmo, ya que la población de la primera generación crece, obteniendo como primeros padres, individuos que son cada vez más cercanos a la solución del problema. Mientras más grande sea la población inicial aleatoria, también será menor el número de generaciones que el algoritmo empleará para llegar a la solución final. Sin embargo, no se recomienda tener poblaciones iniciales muy grandes, ya que esto reduciría la ejecución del Algoritmo Genético a una búsqueda semi-aleatoria.

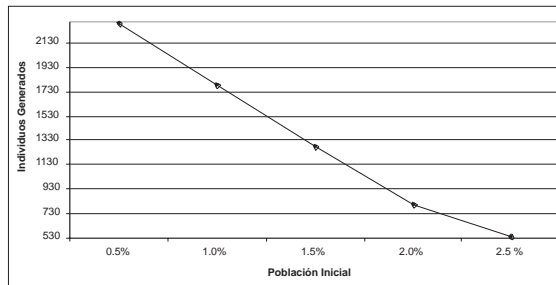


Figura 6. Algoritmo Genético con PPA- Individuos generados contra población inicial

El Algoritmo Genético con PAA siempre resuelve el problema del número binario, pero evalúa constantemente individuos ya evaluados previamente, por lo que se determinó que un mecanismo que elimine estos individuos repetidos favorecería el desempeño.

Por otro lado, el PAA es una forma de mutación de magnitud alta, que introduce súbitamente gran diversidad a la población. En este modelo se insertó el PAA en cada generación, lo que incrementó el número total de individuos que, en promedio, genera el algoritmo; además de que en ocasiones evita que la ejecución llegue a un estado de mínimo local, pero en otras no aporta ningún tipo de mejoría, ya que el PAA es más lejano de la solución que los padres obtenidos en la última selección. De acuerdo con todo lo anterior, se determinó que el PAA sería utilizado únicamente cuando se detecte una situación de mínimo local, lo cual lleva a implantar un mecanismo que permita determinar que se ha llegado a un mínimo local.

Todas estas mejoras se desarrollan en el siguiente modelo.

#### 4.3 Algoritmo Genético Propuesto

Las principales diferencias de este algoritmo con respecto a la versión anterior son la inclusión de la función Memoria, uso del PAA de manera condicionada y la introducción del Contador Estacionario. La primera de estas adecuaciones permitió que los individuos desechados no se consideraran nuevamente en generaciones subsiguientes. Esto permitió que el número de individuos obtenidos fuera menor que en las versiones anteriores; la segunda aportación

permitió agregar mayor diversidad a la población bajo ciertas condiciones específicas. Primero, cuando el algoritmo llega a un mínimo local y cuando el mejor individuo de una generación se repite. Finalmente la última aportación permite detener al algoritmo cuando se ha caído en un estado de mínimo local sin lograr salir del mismo.

La metodología del Algoritmo Propuesto es la siguiente:

- Paso 1. Generar población inicial aleatoria.
- Paso 2. Seleccionar los P mejores individuos para ser los padres de la generación.
- Paso 3. Almacenar la población con la función memoria.
- Paso 4. Comparar a los padres elegidos entre sí para determinar si hay algún padre repetido. En caso positivo, se eliminan los padres repetidos, siempre conservando el mejor de ellos, se agrega un padre adicional aleatorio.
- Paso 5. Comparar al mejor padre con el mejor padre de la generación anterior. En caso negativo, el contador estacionario es igual a cero. En caso positivo, agregar un padre adicional aleatorio e incrementar el contador estacionario.
- Paso 6. Recombinar a los padres.
- Paso 7. Mutar a los padres de acuerdo con PM.
- Paso 8. Agregar los padres y los padres mutados a la población de hijos generados.
- Paso 9. Eliminar los individuos repetidos en generaciones anteriores (función memoria).
- Paso 10. Evaluar a cada hijo con la función objetivo binaria.
- Paso 11. Regresar al paso 2.

Para el estudio estadístico del algoritmo propuesto se analizaron variaciones en la probabilidad de mutación (PM), en el número de padres, en el número de puntos de cruce y en la población inicial. Además, estos análisis se encadenaron, ya que después de determinar el mejor valor de PM, éste fue utilizado para la determinación del número de padres, y así sucesivamente.

El primer paso para hacer la sintonización del Algoritmo Genético Propuesto fue determinar el valor para el contador estacionario, a través de la variación de la probabilidad de mutación (PM), desde 0.5% hasta 10%. Para cada valor de PM, el algoritmo se ejecutó 1,540 veces y se

obtuvo el valor más alto alcanzado por el contador estacionario, mismo que se determinó en 670 para las corridas subsecuentes. Estos valores se muestran en la figura 7.

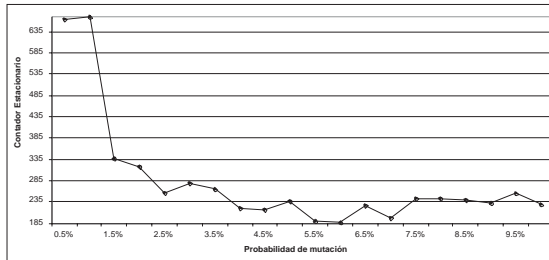


Figura 7. Valores máximos del contador estacionario

Al variar la Probabilidad de Mutación de 0.5% a 10% con incrementos de 0.5% se encontró que el valor con el cual se generan el menor número de individuos fluctuaba entre 5% y 6.5%, por lo que al hacer un mayor ajuste entre estos valores, se encontró que el valor era 6.2%.

El número de padres varió entre 2 y 8. Es importante ver que, aún cuando a mayor número de padres el Algoritmo Genético Propuesto genera un mayor número de individuos por generación, el número total de individuos promedio es menor. Esto quiere decir que la diversidad obtenida a partir de la recombinación favorece una solución en términos de velocidad para el problema del número binario. Esto se debe a que el algoritmo hace un uso efectivo de la explotación de información. La función memoria puede influir también en este sentido, ya que siempre se recombinan individuos diferentes y mejores con respecto a la generación anterior. Los resultados se muestran en la figura 8.

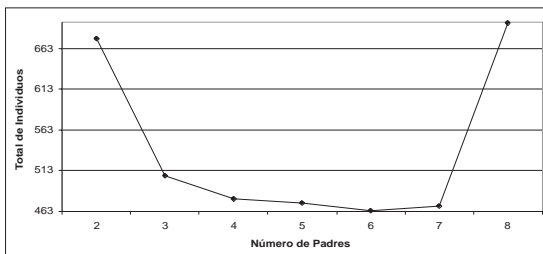


Figura 8. Algoritmo Genético Propuesto – Total de individuos contra número de padres

Para entender la figura 8 es necesario considerar que a mayor número de padres se produce una mayor descendencia, por lo tanto se elimina un mayor número de individuos y la probabilidad de que un nuevo individuo se encuentre en el universo de los elementos eliminados es mayor. Esto da como resultado que el número de individuos evaluados y considerados en la contabilización total de individuos es menor conforme el número de padres aumenta. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que un número excesivo de padres podría ocasionar resultados contrarios a los esperados, tal como sucedió en los ensayos con 8 padres.

A mayor número de puntos de cruce se genera un mayor número de individuos. Si el número de puntos de cruce incrementa, el número de individuos obtenidos por generación aumentará, además de que también se incrementa la posibilidad de obtener individuos repetidos, lo cual es compensado con la acción de la función memoria, que los elimina. Estos resultados se observan en la figura 9.

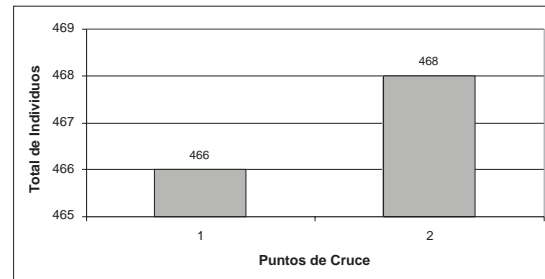


Figura 9. Algoritmo Genético Propuesto – Total de individuos contra número de puntos de cruce

Debido a la variación de individuos casi despreciable se determinó el uso indistinto en los puntos de cruce.

La población inicial fue variada entre 0.5% y 5%, con incrementos del 0.5%. Conforme aumenta la población inicial, el número total de individuos aumenta. Por cada incremento en la población inicial se producen aproximadamente 328 individuos más, que corresponden al incremento de 0.5% de 65536. Es por ello que la gráfica de la figura 10 muestra los valores que corresponden a los individuos que se generaron a partir de la recombinación y mutación, es decir,

corresponde a la resta del total de individuos generados menos la población inicial. Graficar los datos de esta manera permite hacer un estudio más objetivo del comportamiento del algoritmo con respecto a los incrementos de la población inicial.

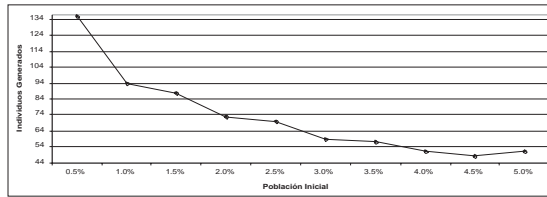


Figura 10. Algoritmo Genético Propuesto – Individuos generados contra población inicial

De acuerdo con la gráfica anterior, el número de individuos generados decrece conforme se incrementa la población inicial, lo cual es un resultado esperado, ya que a mayor población inicial hay una mayor posibilidad de tener mejores individuos para ser los padres elegidos para la primera recombinación. Esto significa que los padres estarán cada vez más cerca de la solución, mientras más individuos se obtengan en la población inicial.

En cuanto al comportamiento del número de generaciones, éste tiende a reducirse a mayor población inicial, como se muestra en la figura 11.

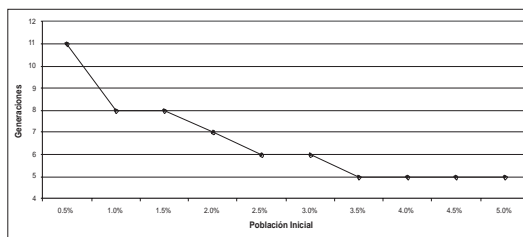


Figura 11. Algoritmo Genético Propuesto – Número de generaciones contra población inicial

El número de generaciones se reduce conforme aumenta la población inicial, con variaciones máximas de 3 generaciones por cada incremento de población inicial. También es importante mencionar que incrementar la población inicial arriba del 3.5% no reporta ningún tipo de mejoría, ya que el número de generaciones no desciende más allá de 5.

Haciendo una análisis conjunto de las gráficas 10 y 11, se observa que aún cuando hay disminuciones de hasta 100 individuos al incrementar la población inicial, el número de generaciones no mejora significativamente. Por otro lado, es importante mencionar que el tiempo de ejecución del algoritmo incrementa considerablemente conforme se aumenta el porcentaje de la población inicial. Por esta razón, es recomendable utilizar un porcentaje pequeño para la población inicial, entre el 0.5% y el 1.5%, para no incrementar excesivamente el total de individuos generados, así como para tener tiempos de ejecución aceptables.

De manera general, el Algoritmo Genético Propuesto alcanza la solución al problema con menor número de individuos generados y con menor número de generaciones, si se compara con las versiones anteriores. Debido al uso de la función memoria, se optimiza el proceso de evaluación y de selección.

Otro aspecto importante que contempla el modelo propuesto es que realiza, de manera equilibrada, la exploración y la explotación de la información que va obteniendo a lo largo de la ejecución. Se recurre a la explotación al momento de evaluar y determinar a los mejores individuos tratando de encontrar la solución. Sin embargo, cuando se llega al estado de mínimo local, se hace uso de la exploración para insertar diversidad, a través del padre adicional aleatorio con la finalidad de superar dicho estado.

Por otra parte, el Contador Estacionario es el mecanismo que detecta cuando el algoritmo llega a un mínimo local y, por lo tanto, regula el uso de los padres adicionales aleatorios. Por otro lado, marca una nueva condición de terminación que evita procesamiento inútil cuando el algoritmo no llegue a la solución en un número aceptable de generaciones. Dependiendo de la naturaleza del problema es posible considerar, en varios casos, que el mínimo local alcanzado es igual al global dentro del espacio solución, o al menos está muy cerca de la solución.

## 5. DISCUSIÓN

Una manera sencilla de calificar el desempeño de un Algoritmo Genético es comparar sus resultados contra búsquedas aleatorias con distribución uniforme y contra búsquedas secuenciales, las cuales no requieren de mucha complejidad para su desarrollo; sin embargo, pueden llegar a consumir amplios períodos de procesamiento, ya que son poco eficientes.

Los tres algoritmos presentados anteriormente se comparan contra 1540 ejecuciones de una búsqueda secuencial que resuelve el problema del número binario, así como contra 1540 ejecuciones de una búsqueda aleatoria con distribución uniforme para llegar al número buscado. Los resultados muestran el número total de individuos generados, ya que es la principal métrica de desempeño en un Algoritmo Genético.

Los parámetros considerados para el Algoritmo Genético con Mutación, el Algoritmo Genético con PAA y el Algoritmo Genético Propuesto fueron los siguientes:

Parámetro	Valor
Probabilidad de mutación	1%
Puntos de cruce	1
Número de padres	2
Población inicial	0.5%

La figura 12 muestra los resultados logrados, donde se observa que siempre se obtendrán mejores resultados con un Algoritmo Genético que con una búsqueda secuencial o aleatoria con distribución uniforme.

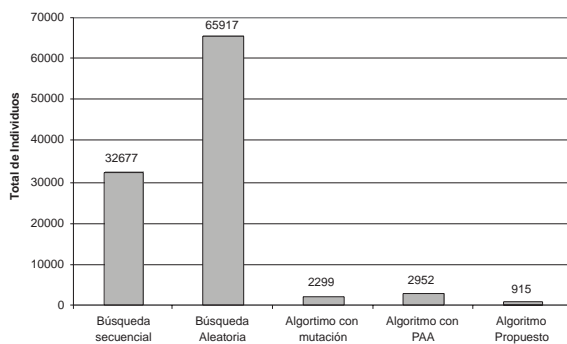


Figura 12. Número total de Individuos promedio por tipo de algoritmo, incluyendo búsquedas secuencial y aleatoria

Haciendo el mismo tipo de comparación, únicamente entre los tres modelos presentados,

observamos en la figura 13 que el Algoritmo Genético Propuesto genera el menor número total de individuos. El Algoritmo Genético con Padre Adicional Aleatorio genera un mayor número de individuos que el Algoritmo Genético con Mutación, no obstante, esto es lógico por dos motivos principales. El primero es que siempre se tiene un número de padres mayor aún cuando el número predeterminado sea de dos, ya que la inclusión del padre adicional aleatorio siempre lo incrementa en uno. El segundo motivo es el hecho de saber que el Algoritmo Genético con Mutación, en la mayoría de los casos, no encuentra la solución al problema, por lo que la comparación no es totalmente válida con los datos actuales.

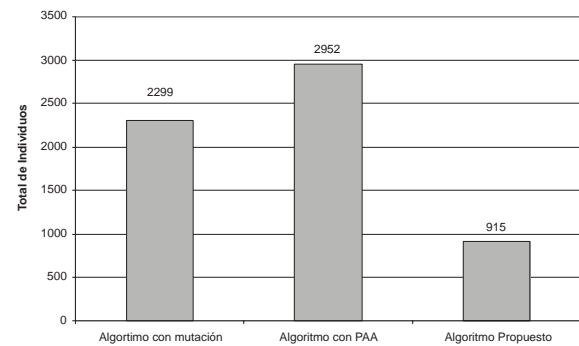


Figura 13. Número total de Individuos promedio por tipo de algoritmo

Para hacer posible la comparación del Algoritmo Genético con Mutación contra una búsqueda secuencial, una búsqueda aleatoria con distribución uniforme o contra cualquier otro modelo, sería necesario eliminar la condición de terminación que marca el máximo de generaciones permitido.

Es importante observar que el Algoritmo Genético Propuesto genera en promedio 915 individuos para los parámetros propuestos al principio de esta sección. Este número de individuos representa el 1.39% del espacio total de búsqueda y donde el 0.5% corresponde a la población inicial aleatoria, por lo que muestra un alto desempeño, ya que encuentra la solución explorando únicamente el 0.89% del espacio total de búsqueda, en este caso, de 65,536 números.

Al observar el número de generaciones obtenido en cada uno de los modelos estudiados, vemos que va decreciendo conforme el algoritmo se mejoró.

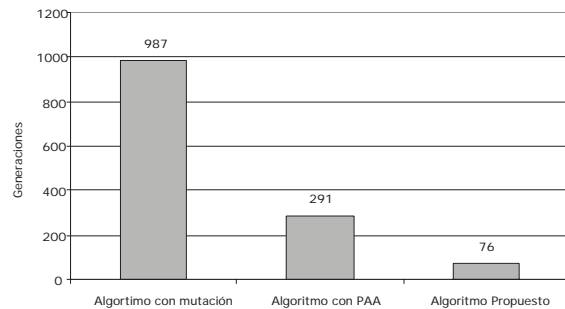


Figura 14. Número de generaciones promedio por tipo de algoritmo

Como se ve en la figura 14, el Algoritmo Genético Propuesto tiene una drástica caída con respecto al Algoritmo Genético con PAA, lo cual nos indica que los mecanismos que se agregaron en esta versión contribuyen a mejorar su desempeño. También es necesario mencionar que a partir del momento en que se cambió la función objetivo decimal a función objetivo binaria, el Algoritmo Genético desarrollado siempre resolvió el problema del número binario.

## 6. CONCLUSIONES

Partiendo de un Algoritmo Genético Simple se generó un modelo nuevo de Algoritmo Genético, donde se incluyeron los conceptos que fueron desarrollados a lo largo de este trabajo: Padre Adicional Aleatorio, Función Memoria y Contador Estacionario.

La introducción del Padre Adicional Aleatorio produce una mutación de alta magnitud, que se aplica únicamente cuando el algoritmo ha llegado a un mínimo local. La Función Memoria se utiliza para evitar la evaluación de individuos utilizados anteriormente. La Función Memoria además ayuda a minimizar el número total de individuos generados. Por último, el Contador Estacionario es un parámetro que regula la utilización del Padre Adicional Aleatorio cada vez que el algoritmo ha alcanzado un mínimo local y es una condición de salida adicional para evitar procesamiento innecesario.

El estudio estadístico mostró que las modificaciones realizadas al algoritmo en realidad aportaron mejoras, porque se observó una disminución en el número total de individuos y en el número total de generaciones. Por su parte, el algoritmo propuesto tuvo un impacto positivo en la velocidad de convergencia. Aún cuando todos los experimentos realizados tuvieron un universo de búsqueda de 65,536 individuos, se observó una tendencia a favorecer la velocidad de convergencia cuando el espacio de búsqueda sea mayor, ya que hay una relación exponencial.

El planteamiento de un problema de solución conocida, el problema del número binario, fue útil por un lado para la comprensión de los conceptos de recombinación, mutación, evaluación y selección. Por otro lado, facilitó el desarrollo de la metodología de sintonización, que posteriormente puede aplicarse a cualquier otro problema resuelto por medio de Algoritmo Genético.

El Algoritmo Genético con Mutación aplica dos tipos de mutación a los hijos, la primera se aplica para decidir si el individuo muta o no y la segunda se realiza al nivel de genes aplicando el mismo procedimiento. En este algoritmo, las estadísticas muestran que la convergencia va mucho más allá del máximo de generaciones que se definió, siendo esto un resultado basado en la exploración y derivado de la función objetivo decimal incorrecta.

En el segundo algoritmo propuesto, Algoritmo Genético con Padre Adicional Aleatorio, se aporta el primer concepto, introduciendo el Padre Adicional Aleatorio para la creación de hijos por medio de la recombinación, mutación de los padres y la selección de los mejores individuos para la nueva generación. De esta forma, el número de individuos se incrementa en cada generación debido al Padre Adicional Aleatorio. Cabe mencionar que este algoritmo converge en un número de generaciones menor a mil, debido a que la función objetivo fue redefinida como binaria, la cual evalúa al individuo tomando en cuenta la aportación de la información contenida en cada uno de sus genes, es decir, la función objetivo binaria refleja correctamente la naturaleza del problema.



En el algoritmo final se aplican, adicionalmente, la Función Memoria y el Contador Estacionario. Los resultados de estos nuevos conceptos, propuestos arrojan una mejoría notable en la disminución de la cantidad de individuos y de generaciones. La Función Memoria evita la evaluación innecesaria de individuos al comparar cada elemento de la nueva generación con los individuos descartados, reduciendo el número total de individuos. El Contador Estacionario, por su parte, determina el momento de introducir un Padre Adicional Aleatorio cuando el algoritmo ha llegado a un mínimo local. Si el algoritmo no supera este estado a través de la introducción de Padres Adicionales Aleatorios sucesivos, el Contador Estacionario también permite terminar la ejecución del algoritmo, sin haber alcanzado la solución, con el fin de evitar un procesamiento innecesario.

Como trabajo futuro se puede tomar el algoritmo propuesto para aplicarlo en un problema real, en donde se compruebe si los parámetros definidos y la estructura en general son apropiados para la solución de un problema en particular. La sintonización de un Algoritmo Genético varía en función de las características del problema a resolver. Por ejemplo, un problema con mayor riesgo de caer en mínimos locales probablemente requiera la introducción de más de un Padre Adicional Aleatorio.

Una mejora a este algoritmo es utilizar más la explotación por medio de un ajuste fino cuando el Contador Estacionario se active y el mejor individuo se encuentre a una determinada distancia del óptimo global. Para este tipo de situaciones, este mecanismo deberá sustituir la introducción del Padre Adicional Aleatorio.

El futuro de la Computación Inteligente es utilizar un sistema híbrido para la solución de problemas, un trabajo posterior interesante sería realizar un Algoritmo Genético en combinación con otro de los paradigmas, Lógica Difusa o Redes Neuronales Artificiales. El tipo de combinación o de sistema híbrido que se vaya a realizar dependerá del problema en cuestión.

Finalmente, una aportación muy importante de este trabajo es la explicación clara de los pasos utilizados para realizar la sintonización del algoritmo propuesto.

## 7. REFERENCIAS

1. Baskaran, G., Fu, Y. & Anderson, P. W., On The Statistical Mechanics of the Traveling Salesman Problem. *Journal of Statistical Physics*, núm. 45, pp. 1-25, 1986.
2. Kirkpatrick, S. & Toulouse, G., Configuration Space Analysis Of Traveling Salesman Problems. *Journal de Physique*, núm. 46, pp. 1277-1292, 1985.
3. Kirkpatrick, S., Gelatt (Jr.), C. D. & Vecchi, M. P., Optimization by Simulated Annealing. *Science*, núm. 220, pp. 671-680, 1983.
4. Bäck Thomas, Fogel David, Michalewicz Zbigniew, *Handbook of Evolutionary Computation*, The Institute of Physics Publishing, 1998-2000.
5. Vázquez Nava, A. & Figueroa Nazuno J., Algoritmo Genético: un método eficiente para problemas de optimización. *XXXIV Congreso Nacional de Física*. México, DF, 21-25 de octubre, 1991.
6. Obitko, Marek, *Genetic Algorithms*, <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/main.html>, 1998.
7. European Network Of Excellence On Evolutionary Computation (EvoNet), *Flying Circus—Genetic Programming*, [http://www.cs.vu.nl/ci/Flying\\_Circus/](http://www.cs.vu.nl/ci/Flying_Circus/), noviembre de 1997.
8. Beasley David, *The Hitch-Hiker's Guide to Evolutionary Computation*, <http://surf.de.uu.net/research/softcomp/EC/FAQ/part2>, septiembre de 2000.
9. Fernández Jaime, *The GP Tutorial*, <http://www.geneticprogramming.com/Tutorial/index.html>, julio de 1985.
10. Genetic Programming, Inc., *Genetic Programming Tutorial*, <http://www.genetic-programming.com/gpanimatedtutorial.html>, octubre de 1999.
11. Merelo Guervós, J. J., *Informática Evolutiva: Algoritmos Genéticos*, <http://geneura-ugr.es/~jmerelo/ie/ags.htm>, GeNeura Departamento de Arquitectura y Tecnología de los Computadores de la Universidad de Granada, mayo de 1997.
12. Andina de la Fuente, Diego, *Tutorial de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*, <http://www.gc.ssr.upm.es/inves/ann2/concepts/biotype.html>, España, enero de 2001.

13. Allen B. MacKenzie & Stephen B. Wicker, "Game Theory and the Design of Self-Configuring, Adaptive Wireless Networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, núm. 11, pp. 126-131, noviembre de 2001.
14. Xi-Ren Cao, Hong-Xia Shen, Rodolfo Milito & Patricia Wirth, "Internet Pricing with a Game Theoretical Approach: Concepts and Examples", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 10, núm. 2, pp. 208-216, abril de 2002.
15. Rudolph, G., Self-Adaptive Mutations May Lead to Premature Convergence , *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 5, núm. 4, pp. 410-414, 2001.
16. Garnier, J.; Kallel, L., Statistical Distribution of the Convergence Time of Evolutionary Algorithms for Long-Path Problems, , *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 4, núm. 1, pp 16-30, 2000.
17. Rudolph, G., Local Convergence Rates of Simple Evolutionary Algorithms with Cauchy Mutations, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 1, núm. 4, pp. 249-258, 1997.
18. Kwong-Sak Leung; Qi-Hong Duan; Zong-Ben Xu; Wong, C.K., A New Model of Simulated Evolutionary Computation-Convergence Analysis and Specifications, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 5, núm. 1, pp. 3-16, 2001.
19. Cantu-Paz, E., Markov Chain Models of Parallel Genetic Algorithms, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 4, núm. 3, pp. 216-226, 2000.
20. Francois, O., An Evolutionary Strategy for Global Minimization and its Markov Chain Analysis, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 2, núm. 3, pp. 77-90, 1998.
21. Garnier, J.; Kallel, L., Statistical Distribution of the Convergence Time of Evolutionary Algorithms for Long-Path Problems, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 4, núm. 1, pp. 16-30, 2000.
22. Xiaofeng Qi; Palmieri, F., Theoretical Analysis of Evolutionary Algorithms with an Infinite Population Size in Continuous Space, parte I: Basic Properties of Selection and Mutation, *IEEE Transactions On Neural Networks*, vol. 5, núm. 1, pp. 102-119, 1994.
23. Xiaofeng Qi; Palmieri, F., Theoretical Analysis of Evolutionary Algorithms with an Infinite Population Size in Continuous Space, parte I: Basic Properties of Selection and Mutation, *IEEE Transactions On Neural Networks*, vol. 5, núm. 1, pp. 120-129, 1994.
24. Yee Leung; Yong Gao; Zong-Ben Xu, Degree of Population Diversity – A Perspective on Premature Convergence in Genetic Algorithms and its Markov Chain Analysis, , *IEEE Transactions On Neural Networks*, vol. 8, núm. 5, pp. 1165-1176, 1997.
25. Montgomery D., *Diseño y Análisis de Experimentos*, 3ª. edición. Grupo Editorial Iberoamérica. 1993.
26. Pérez González Luis, Torres Toledano Gerardo, *Taller Diseño de Experimentos*, Apuntes de Curso, abril de 2001.

# Cellular Neural Networks Learning using Genetic Algorithm

Eduardo Gómez Ramírez, Ferran Mazzanti\* & Xavier Vilasis Cardona\*  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología Avanzada (LIDETEA)  
UNIVERSIDAD LA SALLE  
E-mail: egr@ci.ulsal.mx

\*Departament d'Electrónica, Enginyeria i Arquitectura La Salle, U. Ramon Llull,  
Pg. Bonanova 8, 08022 Barcelona, España  
E-mail: mazzanti@salleURL.edu xvilasis@salleURL.edu

Recibido: Julio de 2002. Aceptado: Agosto de 200

## ABSTRACT

In this paper an alternative to CNN learning using Genetic Algorithm is presented. The results show that it is possible to find different solutions for the cloning templates that fulfill the same objective condition. Different examples for image processing show the result of the proposed algorithm.

*Keyword: Cellular neural network, learning, genetic algorithm, cloning templates, image processing.*

## RESUMEN

En este trabajo se propone una alternativa para el aprendizaje de Redes Neuronales Celulares utilizando algoritmo genético. Con las simulaciones realizadas se observó que es posible encontrar diferentes combinaciones de matrices de pesos con las que se obtienen los mismos resultados. Se muestran diferentes ejemplos para el procesamiento de imágenes para representar el comportamiento del algoritmo.

*Palabras clave: Redes neuronales celulares, aprendizaje, algoritmo genético, plantilla donadora, procesamiento de imagen.*

## INTRODUCTION

Cellular Neural Networks (CNNs)<sup>1</sup> are arrays of dynamical artificial neurons (cells) locally interconnected. This essential characteristic has made possible the hardware implementation of large networks on a single VLSI chip<sup>2</sup> and optical

computers.<sup>3</sup> The particular distribution of neurons in two-dimensional grids has turned CNNs into a particularly suitable tool for image processing.

Determining the correct set of weights for CNNs is traditionally a difficult task. This is, essentially, because gradient descent methods get rapidly stuck into local minima.<sup>4</sup> One finally resorts either to template the library, or sophisti-

<sup>1</sup> O. Chua & L. Yang: "Cellular Neural Networks: Theory", *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp. 1257-1272, 1988.  
 O. Chua & L. Yang: "Cellular Neural Networks: Applications", *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp.1273-1290, 1988.

<sup>2</sup> Liñan, L., Espejo, S., Dominguez-Castro, R., Rodriguez-Vazquez, A. ACE4K: an analog VO 64x64 visual micro-processor chip with 7-bit analog accuracy. *Int. J. of Circ. Theory and Appl.* en prensa, 2002.

Kananen, A., Paasio, A. Laiho, M., Halonen, K. CNN applications from the hardware point of view: video sequence segmentation. *Int. J. of Circ. Theory and Appl.* en prensa, 2002.

<sup>3</sup> Mayol W, Gómez E.: "2D Sparse Distributed Memory-Optical Neural Network for Pattern Recognition". *IEEE International Conference on Neural Networks*, Orlando, Florida, 28 de junio a 2 de julio, 1994

<sup>4</sup> M. Balsi, "Hardware Supervised Learning for Cellular and Hopfield Neural Networks", *Proc. of World Congress on Neural Networks*, San Diego, Calif, 4 al 9 de junio, pp. III, 451-456, 1994.

cated elaborations requiring a deep insight of the CNN behavior.<sup>5</sup> Among global optimization methods for learning, Genetic Algorithms reveal to be a popular choice<sup>6</sup>. However, authors usually show a genetic algorithm to find only one of the matrixes. The authors Doan, Halgamuge *et al*<sup>7</sup> solely show experiments for specific cases and possibly the examples presented only work with these constraints that, of course, reduce the space solution.

In this work a genetic algorithm approach is developed to compute all the parameters of a Cellular Neural Network (weights and current). The results show that it is possible to find many different matrixes that fulfill the objective condition. Different examples of image processing are presented to illustrate the procedure developed.

The structure of the paper is the following: Section 2 describes the theory of Cellular Neural Networks, Section 3 the genetic algorithm proposed and in Section 4 the way the algorithm was applied to find the optimal parameters for image processing.

### CELLULAR NEURAL NETWORKS

As it was defined on its origins, a CNN is an identical array of non-linear dynamic circuits. This array could be made of different types depending on the way they are connected or the class of the neighborhood.

#### A. Mathematical Model

The simplified mathematical model that defines this array<sup>8</sup> is the following:

$$\frac{dx^c}{dt} = -x^c(t) + \sum_{d \in N_r(c)} a_d^c y^d(t) + \sum_{d \in N_r(c)} b_d^c u^d + i^c \quad (\text{Eq.1})$$

$$y^c(t) = \frac{1}{2} \left( |x^c(t) + 1| - |x^c(t) - 1| \right) \quad (\text{Eq.2})$$

where  $x^c$  represents the state of the cell  $c$ ,  $y^c$  the output and  $u^c$  its input. The state of each cell is controlled by the inputs and outputs of the adjacent cells inside the  $r$ -neighborhood  $N_r(c)$ . The outputs are feedback and multiplied by  $a_d^c$  and the inputs are multiplied by control parameters  $b_d^c$ . This is the reason that  $a_d^c$  is called retro and  $b_d^c$  is called control. The value  $i^c$  is constant and is used for adjusting the threshold<sup>9</sup>. These coefficients are invariants to translations and it would be called cloning template.

The output  $y_c$  is obtained applying the equation (2). This equation limits the value of the output on the range between  $[-1,1]$ , in the same way the activation function does in the classical ANN models (Fig. 1).

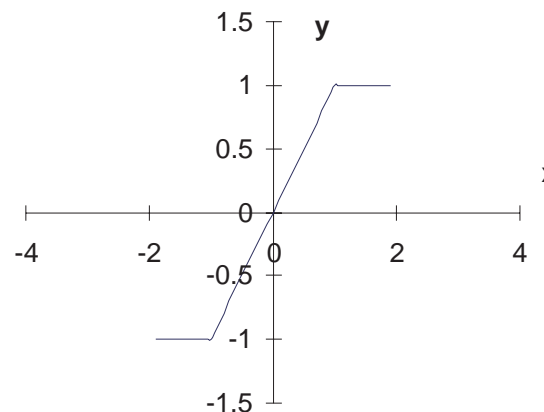


Figure 1. Output function

<sup>5</sup> Zarándy, A., The Art of CNN Template Design. *Int. J. of Circ. Th. Appl.*, pp. 5-23, 1999.

<sup>6</sup> Kozek, T., Roska, T., Chua, L.O. Genetic Algorithm for CNN Template Learning. *IEEE Trans. Circ. Syst.*, pp. 392-402, 1993.

P. López, M. Balsi, D.L. Vilario, D. Cabello, Design and Training of Multilayer Discrete Time Cellular Neural Networks for Antipersonnel Mine Detection using Genetic Algorithms, *Proc. of Sixth IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications*, Catania, Italia, 23 al 25 de mayo, 2000.

Taraglio S. & Zanela A., Cellular Neural Networks: a genetic algorithm for parameters optimization in artificial vision applications, CNNA-96., *Proceedings, Fourth IEEE International Workshop*, pp. 315-320, 24 al 26 de junio, Sevilla, España, 1996.

<sup>7</sup> Doan, M. D., Halgamuge, S., Glesner M. & Braunsforth, Application of Fuzzy, GA and Hybrid Methods to CNN Template Learning, CNNA-96, *Proceedings, Fourth IEEE International Workshop*, pp. 327-332, 24 al 26 de junio, Sevilla, España, 1996.

<sup>8</sup> Harrer H. & Nossek J.: "Discrete-Time Cellular Neural Networks". *Cellular Neural Networks*. Editado por T. Roska & J. Vandewalle. John Wiley & Sons, 1993.

<sup>9</sup> This coefficient is equivalent to the input bias on other artificial neural networks.

## B. Discrete Mathematical Model

The mathematical model illustrated before could be represented by the following expression:

$$\frac{dx^c}{dt} = -x^c(t) + k^c \quad (\text{Eq. 3})$$

where:

$$k^c = \sum_{d \in \mathcal{N}_r(c)} a_d^c y^d(t) + \sum_{d \in \mathcal{N}_r(c)} b_d^c u^d + i^c$$

Because the final state is obtained evaluating  $x(\infty)$ , the model could be simplified as:

$$x^c(k) = \sum_{d \in \mathcal{N}_r(c)} a_d^c y^d(k) + \sum_{d \in \mathcal{N}_r(c)} b_d^c u^d + i^c \quad (\text{Eq. 4})$$

Some authors also considered a modification to the output (eq. 2), as follows [4]:

$$y^c(k) = f(x^c(k-1))$$

$$y^c(k) = \begin{cases} 1 & \text{si } x^c(k-1) > 0 \\ -1 & \text{si } x^c(k-1) < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 5})$$

However, the simplification made (eq. 4) could be used with the function of the eq. 2.<sup>10</sup> [1]. Equation (4) can be represented using the convolution operator like:

$$X_k = A * Y_k + B * U_k + I \quad (\text{Eq. 6})$$

where matrix A and B correspond to the rotation of 180° of the corresponding coefficients  $a_d^c$  and  $b_d^c$ . The previous step is not necessary if the matrix has the property of  $A=A^T$ .

The cloning template, in some cases, is a set of different combinations that fulfill the same conditions, e.g., there are different matrixes that can solve the same problem. This can be a

problem with the use of gradient error techniques, as in these cases, it is not possible to find an optimal solution. One alternative is the use of evolutionary computation techniques that can be applied to find the different solutions or alternatives to the same problem.

The next section describes the methodology of Genetic Algorithm used in this work.

## GENETIC ALGORITHM

Genetic Algorithm (GA) is a knowledge model inspired on some of the evolution mechanisms observed in nature. GA usually follows the next cycle<sup>11</sup>: (Fig. 2)

- Generation of an initial population in a random way.
- Evaluation of the fitness or some objective function of every individual that belongs to the population.
- Creation of a new population by the execution of operations, like crossover and mutation, over individuals whose fitness or profit value have been measured.
- Elimination of the former population and iteration using the new one until the termination criteria is fulfilled or it has reached a certain number of generations.

In this work the crossover or sexual recombination, the mutation and other special process that we call 'add parents'<sup>12</sup> and 'add random parents' are used. Next Sections describe these processes.



Figure 2. Operators of Genetic Algorithm

<sup>10</sup> M. Alencastre-Miranda, A. Flores-Méndez & E. Gómez Ramírez: "Comparación entre Métodos Clásicos y Redes neuronales celulares para el análisis de imágenes". XXXVIII Congreso Nacional de Física. Zacatecas, Zacatecas, México, 16 al 20 de octubre, 1995.

<sup>11</sup> Alander J. T., *An Indexed Bibliography of Genetic Algorithms: Years 1957, 1993, 1994*, Art of CAD Ltd. Bedner I., *Genetic Algorithms and Genetic Programming at Stanford*, Stanford Bookstore, 1997.

<sup>12</sup> E. Gómez-Ramírez, A. Poznyak, A. González Yunes & M. Avila-Alvarez. Adaptive Architecture of Polynomial Artificial Neural Network to Forecast Nonlinear Time Series. CEC99 Special Session on Time Series Prediction. Hotel Mayflower, Washington D.C., EUA, 6 al 9 de julio, 1999.

### A. Crossover

The crossover operator is characterized by the combination of the genetic material of the individuals that are selected in function of the good performance (objective function).

To explain the multipoint crossover for each fixed number  $g=1, \dots, n_g$ , where  $n_g$  is the number of total generations, let introduce the matrix  $F_g$  which is the set of parents of a given population. This matrix is Boolean of dimension,  $F_g: n_p \times n_b$ , where  $n_p$  is the number of parents of the population at the generation  $g$  and  $n_b$  is the size of every array (chromosomes). Let  $C(F_g, n_t)$  be the crossover operator which can be defined as the combination between the information of the parents set considering the number of intervals  $n^t$  of each individual and the number of sons  $n_s$  such that:

$$n_s = n_p^{n_t} \tag{Eq. 7}$$

Then  $C(F_g, n_t): n_p \times n_b \rightarrow n_s \times n_b$ . To show how the crossover operator can be applied the following example is introduced. Let  $F_g$  has  $n_p=2$  and  $n_b=2$ . This means that the array (the information of one father) is divided in 3 sections and every section is determined with  $a_i$  and  $b_i$  respectively for  $i=1, \dots, n_t$ . It's important to appoint that with this operator the parents  $F_g$  of the population  $g$  are included in the result of the crossover:

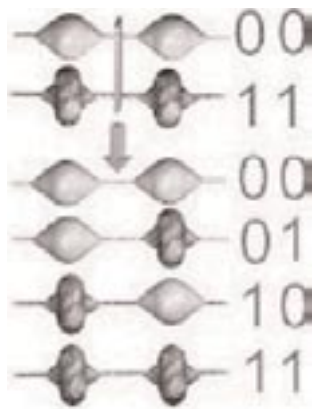


Figure 3. Multipoint Crossover Operator

$$F_g = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix}, M_1 = \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} M_2 = \begin{bmatrix} c & d \end{bmatrix}$$

**Example:**

$$\Rightarrow C(F_g) = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} \leftarrow \\ \begin{bmatrix} a & d \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} c & b \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} c & d \end{bmatrix} \leftarrow \end{bmatrix}$$

Note that with this operator the parents  $F_g$  of the population  $g$  are included in the result of the crossover.

For the problem of CNN learning every section of one father can be represented by one column or one row of one matrix of the cloning template (matrix  $a^c_d$  and  $b^c_d$ ).

### B. Mutation

The mutation operator just changes some bits that were selected in a random way from a fixed probability factor  $P_m$ ; in other words, we just vary the components of some genes. This operator is extremely important, as it assures the maintenance of the diversity inside the population, which is basic for the evolution. This operator  $M: n_s \times n_b \rightarrow n_s \times n_b$  changes with probability  $P_m$  a specific population in the following way:

$$M(F_{ij}, P_m) = \begin{cases} \bar{F}_{ij} & r(\omega) \leq P_m \\ F_{ij} & r(\omega) > P_m \end{cases} \tag{Eq. 8}$$

### C. Add Parents Mutated

In this part the parents  $F_g$  are mutated and added to the result of the crossover process, then the population  $A_g$  at the generation  $g$  can be obtained like:

$$A_g = \begin{bmatrix} C(F_g) \\ M(F_g, P_m) \end{bmatrix} \tag{Eq. 9}$$

This step and the previous one ensure the convergence of the algorithm, because every generation at least has the best individual obtained in the process. With this step the original and mutated parents are included in the

generation  $g$  and with some probability the individuals tend to the optimal one.

#### D. Selection Process

The Selection Process  $S_g$  computes the objective function  $O_g$  that represents a specific criterion to maximize or minimize and selects the best  $n_p$  individuals of  $A_g$  as:

$$S_g(A_g, n_p) = \min^{n_p} O_g(A_g) \quad (\text{Eq. 10})$$

Then, the parents of the next generation can be calculated by:

$$F_{g+1} = S_g(A_g, n_p) \quad (\text{Eq. 11})$$

Summarizing, the Genetic Algorithm can be describe with the following steps:

1. For the initial condition  $g=0$  select the  $A_0$  in a random way, such that  $A_0 : n_s \times n_b$
2. Compute  $F_1 = S_0(A_0)$
3. Obtain  $A_g$
4. Calculate  $S_g$
5. Return to step 3 until the maximum number of generations is reached or one of the individuals of  $S_g$  obtains the minimal desired value of  $O_g$

#### E. Add Random Parents

To avoid local minimal a new scheme is introduced and it is called 'add random parents'. If the best individual of one generation is the same than the previous one, a new random individual is included like parent of the next generation. This step increases the population because when crossover is applied with the new random parent, the number of sons increases. This step is tantamount to have a major mutation probability and to search in a new generation points of the solution space.

To apply the previous theory of GA, every individual is the corresponding matrix  $A (a^c_d)$  and  $B (b^c_d)$ . The crossover is computed using every column of the matrix like previous explanations and the mutation is applied to every component

of the matrix. In the current case only mutations are used.

#### APPLICATION IN IMAGE PROCESSING

The procedure used to train the network was:

1. To generate the input patterns using a known matrix in image processing to find the different kind of lines (horizontal, vertical, diagonal) in different images.
2. To train the network using the methodology explained above using GA.
3. Test the results using a new pattern.

The results were repeated to obtain different templates for the same problem. The parameters used are: 4,000 individuals in the initial population and 5 parents. The change in the values for every coefficient was evaluated using an increment of 0.125 to reduce the space solution.

#### Example 1 Horizontal Line Detector

Figures 4 and 5 show the input and output patterns used. This pattern was obtained using a well known matrix:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

The parameters obtained are:

First Simulation:

$$A = \begin{bmatrix} -0.125 & 0 & 0 \\ 0 & 2.5 & 0.125 \\ -0.75 & -1.375 & 0.125 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -0.125 & -2 & 0 \\ 0.375 & 2.75 & 0 \\ 0.375 & -0.875 & -0.25 \end{bmatrix}$$

$$I = -2.875$$

Second Simulation

$$A = \begin{bmatrix} 4.5 & -2.25 & -0.5 \\ -1.625 & 0.75 & 3.375 \\ 2.125 & -0.875 & -0.875 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.75 & -7.125 & -0.625 \\ 2.625 & -0.875 & 2.25 \\ -3.125 & -0.875 & 2.375 \end{bmatrix}$$

$$I=0.625$$

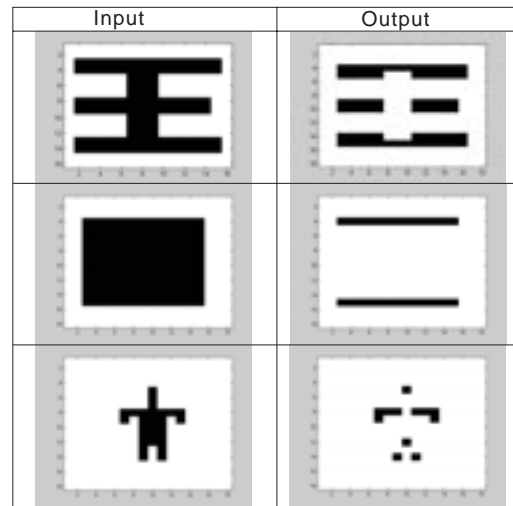


Figure 4. Input and Output patterns for CNN Learning

Example 2 Vertical Line Detector

Figures 6 and 7 show the input and output patterns used. These patterns were obtained using a well known matrix:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

In this case we put constraints to select only the matrix B. The parameters obtained are:

First simulation

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1.75 & -0.75 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$I=0$$

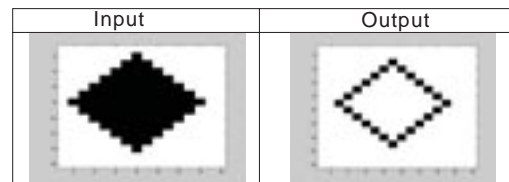


Figure 5. Input and Output Patterns for CNN Test

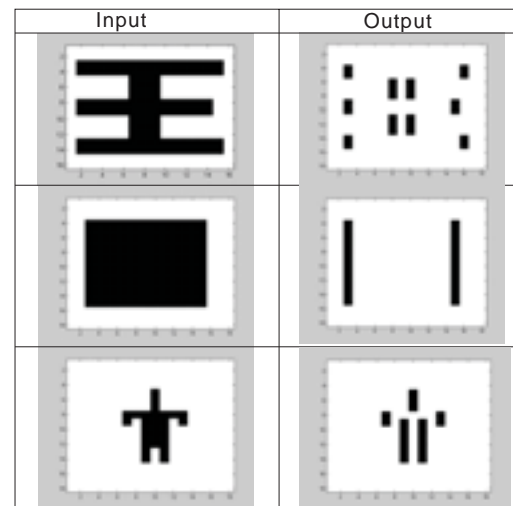


Figure 6. Input and Output patterns for CNN Learning



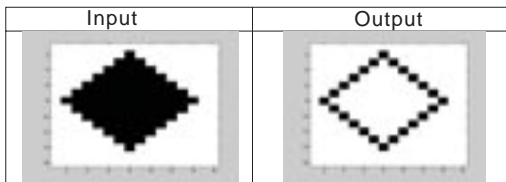


Figure 7. Input and Output Patterns for CNN Test

## CONCLUSIONS

The learning of CNN is not a simple procedure, mainly due to the problem of computing the gradient of the estimation error. Genetic Algorithm is one alternative to solve it and it is possible to obtain different solutions for the same problem. In this work the use of 'add random parent' avoids reaching local minimal and improves the convergence of the algorithm. This is very important when the space solution includes all the elements of the cloning template.

## REFERENCES

1. Chua, O. & L. Yang: "Cellular Neural Networks: Theory", *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp. 1257-1272, 1988.
2. Chua, O & L. Yang: "Cellular Neural Networks: Applications", *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp. 1273-1290, 1988.
3. Liñan, L., Espejo, S., Dominguez-Castro, R., Rodriguez-Vazquez, A. ACE4K: an analog VO 64x64 visual microprocessor chip with 7-bit analog accuracy. *Int. J. of Circ. Theory and Appl.* in Press, 2002.
4. Kananen, A., Paasio, A. Laiho, M., Halonen, K. CNN applications from the hardware point of view: video sequence segmentation. *Int. J. of Circ. Theory and Appl.*, en prensa, 2002.
5. Mayol W, Gómez E.: "2D Sparse Distributed Memory-Optical Neural Network for Pattern Recognition". *IEEE International Conference on Neural Networks*, Orlando, Florida, 28 de junio a 2 de julio, 1994.
6. Balsi, M. "Hardware Supervised Learning for Cellular and Hopfield Neural Networks", *Proc. of World Congress on Neural Networks*, San Diego, Calif, 4 al 9 de junio, pp. III, 451-456, 1994.
7. Zarandy, A., The Art of CNN Template Design. *Int. J. of Circ. Th. Appl.*, pp. 5-23, 1999.
8. Kozek, T., Roska, T., Chua, L.O. Genetic Algorithm for CNN Template Learning. *IEEE Trans. Circ. Syst.*, pp. 392-402, 1993.
9. López, P. M. Balsi, D.L. Vilario, D. Cabello, Design and Training of Multilayer Discrete Time Cellular Neural Networks for Antipersonnel Mine Detection using Genetic Algorithms, *Proc. of Sixth IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications*, Catania, Italia, 23 al 25 de mayo, 2000.
10. Taraglio S. & Zanela A., Cellular Neural Networks: a genetic algorithm for parameters optimization in artificial vision applications, CNNA-96., *Proceedings, Fourth IEEE International Workshop*, pp. 315-320, 24 al 26 de junio, Sevilla, España, 1996.
11. Doan, M. D., Halgamuge, S., Glesner M. & Braunsforth, Application of Fuzzy, GA and Hybrid Methods to CNN Template Learning, CNNA-96, *Proceedings, Fourth IEEE International Workshop*, pp. 327-332, 24 al 26 de junio, Sevilla, España, 1996.
12. Harrer H. & Nossek J.: "Discrete-Time Cellular Neural Networks". *Cellular Neural Networks*. Editado por T. Roska & J. Vandewalle. John Wiley & Sons, 1993.
13. Alencastre-Miranda, M. A. Flores-Méndez & E. Gómez Ramírez: "Comparación entre Métodos Clásicos y Redes neuronales celulares para el análisis de imágenes". *XXXVIII Congreso Nacional de Física*. Zacatecas, Zacatecas, México, 16 al 20 de octubre, 1995.
14. Alander J. T., An Indexed Bibliography of Genetic Algorithms: Years 1957, 1993, 1994, Art of CAD Ltd. Bedner I., *Genetic Algorithms and Genetic Programming at Stanford*, Stanford Bookstore, 1997.
15. Gómez-Ramírez, E., A. Poznyak, A. González Yunes & M. Avila-Alvarez. Adaptive Architecture of Polynomial Artificial Neural Network to Forecast Nonlinear Time Series. *CEC99 Special Session on Time Series Prediction*. Hotel Mayflower, Washington D.C., EUA, 6 al 9 de julio, 1999.

# **Dirección de Posgrado e Investigación**

## **Investigación en ULSA**

### **Organización por Áreas de Conocimiento:**

- **Ciencias Naturales y Exactas**
- **Ingeniería y Tecnología**
- **Ciencias de la Salud**
- **Ciencias Sociales y  
Administrativas**
- **Educación y Humanidades**

### **Líneas de Investigación Institucionales, en donde se insertan los proyectos:**

- **Justicia e Igualdad Básica para los  
Mexicanos**
- **Ciencia y Tecnología para el  
Desarrollo**
- **Problemáticas Estructurales de  
Salud y Medio Ambiente**
- **Estudios sobre Derechos Humanos  
y Participación Social**
- **Problemas y Perspectivas para el  
Desarrollo Personal y Social  
Comunitario**



**Conoce nuestras  
nuevas instalaciones**

**Visita nuestra página de  
internet:**

**<http://www.ci.ulsa.mx>**

# Modelo Óptico de Estéreo Visión usando Visión por Computadora

Marco Antonio Moreno Armendáriz , Julián Aguilar Luna,  
Eduardo Gómez Ramírez & Xavier Vilasis Cardona<sup>1</sup>  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología Avanzada (LIDETEA)  
UNIVERSIDAD LA SALLE  
E-mail: egr@ci.ulsal.mx

<sup>1</sup>U. Ramon Llull, Departament d'Electrónica, Enginyeria i Arquitectura La Salle,  
Pg. Bonanova 8, 08022 Barcelona, España,  
E-mail: xvilasis@salleURL.edu

*Recibido: Julio de 2003. Aceptado: Julio de 2003.*

## RESUMEN

A través de los tiempos, el hombre ha observado y estudiado la naturaleza para entender y replicar algunos de sus comportamientos por medio de elementos artificiales. Los resultados obtenidos lo han ayudado a simplificar sus tareas en algunas áreas de trabajo.

Gracias a los estudios tecnológicos hoy día se cuenta con herramientas de apoyo que tienen funciones similares a las funciones humanas, tales como las memorias permanentes que simulan una de las tantas actividades cerebrales, brazos mecánicos que simulan una de las dos extremidades humanas, etc. La visión no es la excepción de estudio, en el presente trabajo se da a conocer una propuesta de desarrollo y aplicación de la visión artificial.

*Palabras claves: Visión por computadora, estéreo visión, cinemática.*

## ABSTRACT

The research of robotics and computer vision aims to realize some aspects of human functions into mechanical systems. Trying to reproduce these functions allow researchers to reach very simple and functional algorithms to be used within the industry.

Currently there are appropriate technologies based on this idea, like a special memory with the capacity to simulate some kind of brain activities or robot manipulators used to reproduce simple repetitive tasks. The computer vision aims to produce new schemes to bring autonomy and more flexibility to these systems. In this paper a new computer vision model is developed with the ability to locate automatically the position in the space of an unknown point.

*Keyword: Computer vision, stereovision, kinematics.*

## INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes se ha llevado a cabo la automatización de diferentes tipos de procesos, como los industriales o los administrativos. Esto trae como beneficio la reducción del tiempo, gracias al avance en los sistemas de cómputo y al surgimiento de nuevas tecnologías, como

son: los sistemas de visión por computadora, la lógica difusa y las redes neuronales.

Estos nuevos desarrollos han facilitado el trabajo del ser humano haciéndolo más eficiente. Existen diversos tipos de sistemas de visión por

computadora, catalogados por el número y tipo de sensores. Se componen principalmente de cámaras de video especializadas, encargadas de realizar la adquisición de las imágenes y de un conjunto de algoritmos cuyo objetivo es extraer de éstas la información necesaria para el proceso a realizar. Actualmente, la mayoría de los sistemas de visión por computadora que se emplean se encuentran instalados en las plantas manufactureras para efectuar tareas de control de la calidad de productos, esto puede llevarse a cabo mediante algoritmos de conteo y detección de patrones, los cuales se seleccionan por un supervisor experto, de acuerdo con las necesidades de cada proceso. Para este tipo de actividades es suficiente utilizar una sola cámara o sensor, ya que no es necesario conocer la ubicación de un objeto en el espacio.

Por otra parte, existen tareas como en una línea de producción automatizada donde un conjunto de robots se encargan de elaborar un producto en etapas previamente programados con rutinas específicas, que ejecutan repetidamente. Sin embargo, si se deseara implementar una celda de manufactura flexible, donde los robots tuvieran la capacidad de realizar diferentes actividades, sin la necesidad de tener que reprogramarlos. Una opción sería implementar algunas de las tecnologías anteriormente mencionadas con la finalidad de brindar mayor flexibilidad al robot. Un ejemplo de esta tecnología son los sistemas de visión por computadora. Una de las tareas más comunes de estos sistemas es obtener la posición del órgano terminal del robot en el espacio de trabajo mediante la información visual. El valor obtenido de la posición se incorpora en el lazo de control del robot para que éste lleve a cabo la tarea asignada.

Con la idea general de reconstrucción de imágenes 3D a partir de 2D se hace necesario el tener al menos dos patrones lógicos que ayuden a analizar el comportamiento de las imágenes, bajo esta estructura muchos experimentos publicados se han llevado a cabo, como la estructura a partir del movimiento [1,2], estéreo correspondencia [3-7] y forma [8].



Figura 1. Partes del robot A465.

En el presente trabajo se diseñará un sistema de visión por computadora para obtener la información necesaria para el modelo óptico de estéreo visión propuesto. Finalmente, se implementa este modelo para obtener visualmente algunos parámetros del modelo cinemático del robot A465. (Fig. 1)

## I. PLATAFORMA DE VISIÓN.

### I.1 Sistema de visión artificial.

El sistema de estéreo visión está formado por los siguientes elementos:

1. Dos cámaras análogas Pulnix TM72-EX
2. Dos lentes Cosmicar C815B
3. Una tarjeta de video NI PCI-1408
4. Una computadora Dell Optiplex GX240.



Figura 2. Sistema de visión por computadora.

Con el fin de reducir la cantidad de información a procesar, la escena y el robot se cubren en color negro (ver Figura 3). Después, se colocan tres marcas visuales (círculos blancos) sobre las partes indicadas en la Figura 1. A partir de estas marcas se obtendrá toda la información visual necesaria para ubicar la posición en el espacio del órgano terminal del robot A465.

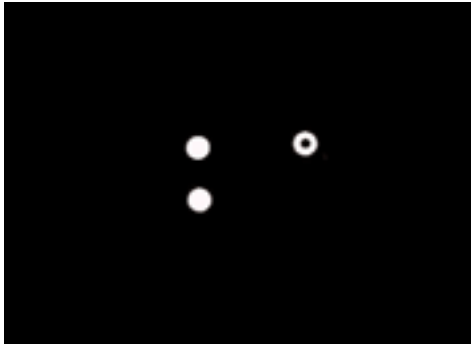


Figura 3. Imagen capturada con el sistema de visión por computadora

### I.2 Distorsión radial

Las lentes utilizadas para las cámaras son las Cosmicar C815b, que tienen un área visual de 1194x1728 mm, a 2 m de distancia, de un objeto enfocado. La convexidad de las lentes hace que las imágenes que pasan por ellas tengan una distorsión radial, como puede observarse en la Figura 4:

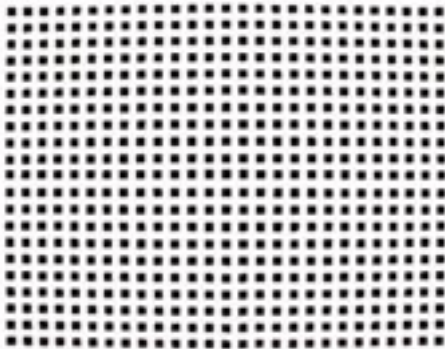


Figura 4. Imagen con distorsión radial.

Dado que el modelo óptico de estéreo visión se basa en la información extraída de imágenes, es necesario tener una imagen sin distorsión. Para eliminar la distorsión de las lentes utilizamos el algoritmo de corrección de imágenes presentado por Chavarría, Soria y Wiederhold [9], que usa la siguiente expresión matemática:

$$r = \frac{r'}{1 + d_2 r'^2 + d_4 r'^4} \tag{Ec.1}$$

Donde  $r$  es el radio de corrección y  $r'$  es el radio de distorsión. Experimentalmente, se obtienen los valores de corrección de la imagen que son:  $d_2 = -6.166e^{-7}$  y  $d_4 = 2.083e^{-12}$ . Así, las coordenadas sin distorsión se obtienen mediante:

$$\begin{aligned} x &= X + \frac{x' - X}{1 + d_2 r'^2 + d_4 r'^4} \\ y &= Y + \frac{y' - Y}{1 + d_2 r'^2 + d_4 r'^4} \end{aligned} \tag{Ec.2}$$

Donde  $(x',y')$  son las coordenadas de los centroides de las marcas con distorsión,  $(X, Y)$  es la coordenada del centro de la imagen que, para este caso,  $(320,240)$  y  $(x,y)$  son las nuevas coordenadas sin distorsión. En la Figura 5 se muestra la imagen sin distorsión.

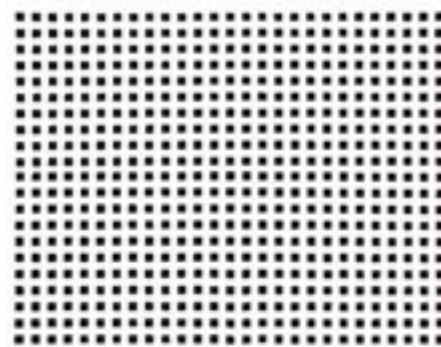


Figura 5. Imagen con distorsión radial eliminada.

## II. ALGORITMOS DE VISIÓN POR COMPUTADORA

El sistema de visión por computadora es el encargado de calcular el centroide de las tres marcas visuales que aparecen en las imágenes capturadas con las cámaras analógicas (ver Figura 6).



Figura 6. Diagrama de proceso de los algoritmos de visión por computadora.

El proceso de obtención del centroide se divide en cinco etapas (ver Figura 7):

1. Binarización de la imagen.
2. Redimensionamiento de la imagen binarizada.
3. Segmentación de las marcas visuales.
4. Obtención de los centroides de las marcas visuales.
5. Etiquetado de las marcas visuales.

### II. 1 Binarización

La imagen capturada por las cámaras analógicas se envía a la tarjeta PCI-1408 que se encarga de digitalizarla y binarizarla.

### II. 2 Redimensionamiento

Completado el proceso de binarización se cuenta con una imagen de 640x480 píxeles, esta cantidad podría incrementar mucho el tiempo de procesamiento si se maneja durante el proceso. Dado que el objetivo es obtener solamente el centroide de las marcas visuales, la imagen se reduce (redimensiona) de tal forma que los píxeles resultantes proporcionen esta información. Para redimensionar la imagen utilizamos la siguiente ecuación:

$$l = \frac{2 \times r \times \sin(45)}{2.5} \tag{Ec.3}$$

donde  $r$  es radio de los círculos en píxeles y  $l$  el número de píxeles.

Para esta aplicación  $r = 13$  píxeles, por lo que  $l = 7$  píxeles, dando como resultado que una imagen redimensionada es de 91x68 píxeles.

### II. 3 Segmentación

En esta parte del proceso las marcas visuales se separan para después calcular su centroide y posteriormente etiquetarlas. Este proceso se lleva a cabo mediante una búsqueda de la 8-conexidad,[10,11] que se encarga de agrupar a los puntos en tres objetos separados. Esto es posible dado que las marcas visuales se encuentran en las extremidades del robot A465, pudiendo garantizar que éstas nunca se encimarán.

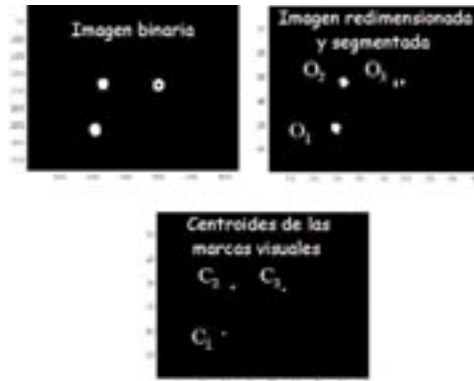


Figura 7. Etapas del proceso de los algoritmos de visión por computadora.

### II. 4 Cálculo del centroide

Para la obtención del centroide de las marcas visuales se localizan los puntos máximos y mínimos horizontales y verticales, (ver Figura 8) siendo el centroide la intersección de ellas.

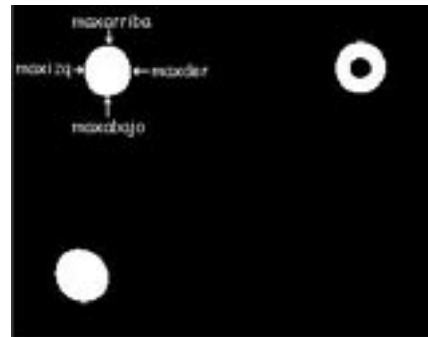


Figura 8. Cálculo de los valores máximos y mínimos

El valor de los centroides se obtiene con:

$$c_x = \frac{\max \text{abajo} + \max \text{arriba}}{2}$$

$$c_y = \frac{\max \text{der} + \max \text{izq}}{2} \tag{Ec.4}$$

En la Tabla 1, se presenta el valor de los centroides para el ejemplo de la Figura 7.

Objetos	Centroides	
	u	v
Objeto O1	267.5	213
Objeto O2	269	283
Objeto O3	411	207.5

Tabla 1. Listado de los objetos y el valor de sus centroides.

### II.5 Etiquetado de las marcas

Por último, los centroides se etiquetan dependiendo el lugar en el que se encuentren colocados sobre el robot A465 (ver Figura 1).

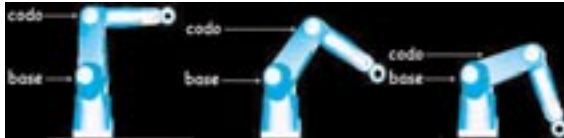


Figura 9. Segundo criterio usado para etiquetar las marcas visuales.

Para etiquetar los objetos, se toma el valor de la coordenada  $(u,v)$  del primer centroide de la Tabla 1, con estos valores se posiciona sobre la imagen binarizada, y si el bit en esa posición es de color negro, se etiqueta como *órgano terminal*, de no ser así se toma el siguiente valor hasta encontrar el centroide con estas características. Para los dos puntos restantes se utiliza el criterio de posición, suponemos que uno de ellos siempre estará por arriba del otro (ver Figura 9). Bajo este criterio se toman los valores de la coordenada  $v$  de la Tabla 1, nombrando al de mayor valor base y el restante codo como se muestra en la Tabla 2.

Etiqueta	Centroide	
	u	v
Codo	267.5	213
Base	269	283
Órgano terminal	411	207.5

Tabla 2. Etiquetado de las marcas visuales

Con este proceso la computadora tiene la capacidad de correlacionar cada una de las marcas visuales con su correspondiente parte en el robot.

Hasta este punto se han descrito las diferentes herramientas encargadas del procesamiento de las imágenes para obtener la información visual que se usará en el modelo óptico de estereovisión.

### III. MODELO ÓPTICO DE ESTÉREO VISIÓN

En esta sección presentaremos nuestra principal contribución. El modelo óptico de visión estereovisión a cargo de localizar un punto desconocido en el espacio, con base en la información

visual. Para ello se requiere conocer el centroide  $(u,v)$  de las marcas visuales ubicadas en el codo y órgano terminal del robot, además de los ángulos de rotación  $\theta_{1a}, \theta_{1b}$  de las cámaras (ver Figuras 10 y 13).



Figura 10. Proceso realizado por el modelo óptico de estereovisión.

### III. 1 Modelo óptico de la cámara

Con base en el modelo del telescopio de Galileo [12], en la Figura 11 se plantea un modelo geométrico que nos ayudará a obtener las distancias entre el robot A465 y las cámaras.

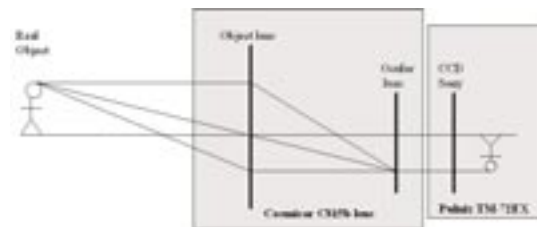


Figura 11. Diagrama óptico de la cámara Pulnix con lentes Cosmimar C815B.

Con base en el modelo óptico de la Figura 12 obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\frac{h'}{h} = \frac{f}{d' - f} \quad ; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{d'} - \frac{1}{d}$$

(Ec.5)

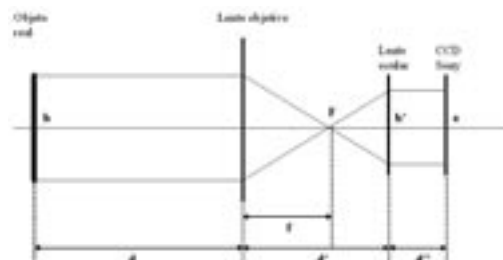


Figura 12. Variables definidas para el modelo óptico

### III.1.1 Obtención de los parámetros $f, d'$

De la ecuación 4 se obtienen las siguientes expresiones:

$$f = \frac{dh}{h+h'd^2} \quad ; \quad d' = \frac{h'd}{h} \tag{Ec.6}$$

Experimentalmente se obtienen los valores para  $d, h, h',$  posteriormente se sustituyen en la **ec. 6**, obteniendo  $f, d'$ , teniendo a  $h$  en centímetros y las unidades de  $h'$  en píxeles. Por ello hacemos uso de un factor de conversión de unidades de píxel a centímetro, del cual resultó experimentalmente que:

$$f_{pix-cm} = 0.002708333.$$

Con este factor se obtuvieron los siguientes valores:

$$f = 0.585091 \text{ cm} \quad d' = 1.704799 \text{ cm}$$

### III.2 Distancia entre cámara y escena

En este paso resulta el valor de las distancias ( $e_1, e_2$ ) y ( $f_1, f_2$ ), que son las entre marcas visuales colocadas en las articulaciones del objeto observado y las cámaras (ver Figura 13). Donde,  $c$  es la distancia del codo al órgano terminal.

Hay que resaltar que este punto es uno de los más importantes, ya que las distancias calculadas se obtienen cuando el robot se encuentra en posición de inicio, de la que podemos obtener una coordenada de referencia.

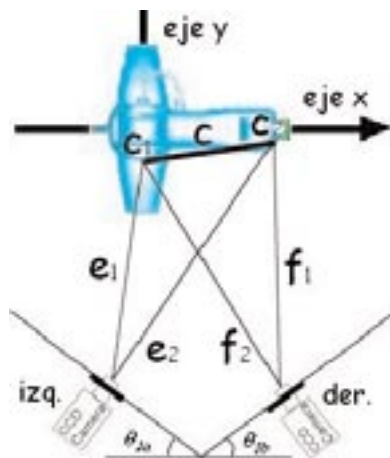


Figura 13. Distancia entre las cámaras y la escena.

Con base en el diagrama geométrico del modelo óptico, (ver Figura 13) se obtienen las ecuaciones para el cálculo de las distancias:

$$e_1 = c \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\beta_2)} \quad ; \quad e_2 = c \frac{\sin(\beta_2 + \alpha_1)}{\sin(\beta_2)}$$

$$f_1 = c \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\gamma_2)} \quad ; \quad f_2 = c \frac{\sin(\gamma_2 + \alpha_2)}{\sin(\gamma_2)}$$

(Ec.7)

Donde, los ángulos  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_2, \beta_5, \gamma_2, \gamma_5$  se definen por los triángulos determinados por las líneas  $c, e_1, e_2, f_1, f_2$  (ver Figura 14) Estos valores se usarán en el siguiente paso.

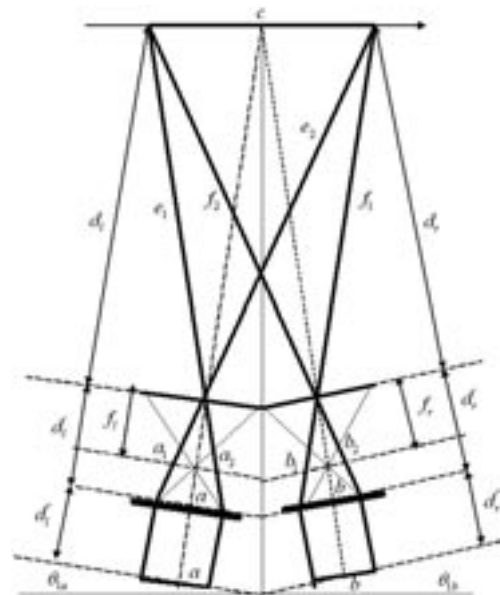


Figura 14. Diagrama geométrico del modelo óptico

Obtención de la posición de un punto en el espacio.

Una vez que se han calculado las distancias ( $e_1, e_2$ ) y ( $f_1, f_2$ ), se elige un punto conocido o de referencia, que será el centroide de la marca visual, encontrándose en el codo del robot A465 (ver Figura 15). Posteriormente, éste se mueve, de tal forma que ahora la posición del órgano terminal es desconocida (ver Figura 16).



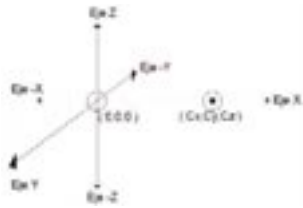


Figura 15. Cuadro cartesiano a partir del codo

De ahí que, con esta nueva referencia, la posición desconocida del órgano terminal es  $(C_x, C_y, 0)$ .

### III.3 Coordenada z

Para obtener el valor de la coordenada z, suponemos que ambas cámaras están montadas a la misma altura, con lo que se establece la siguiente relación:

$$z = k_r u_L = k_r u_R \tag{Ec.8}$$

donde:

- $K_r$ : es el factor de conversión de pixel a cm.
- $u_L$  y  $u_R$  son las coordenadas en ambas imágenes con respecto al eje z, para el centroide de la marca visual que se encuentra en el órgano terminal.

### III.4 Coordenadas x & y

Para obtener las coordenadas  $(x,y)$  se hace uso de un modelo geométrico análogo al mostrado en la Figura 14 para el calculo de las distancias  $c'$  y el ángulo  $\alpha'$  fórmula como se muestra en la Figura 16:

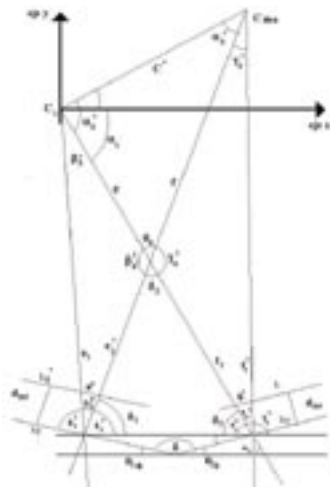


Figura 16. Valores requeridos para obtener las coordenadas  $(x,y)$ .

Así:

$$x = c' \cos(\alpha') \quad y = c' \sin(\alpha') \tag{Ec.9}$$

## IV. RESULTADOS

En esta sección se implementan nuestros modelos en el robot CRS A465 (ver Figura 17).

### IV. 1 Calculo de parámetros cinemáticos usando información visual

Cualquier robot puede detallarse cinemáticamente mediante la medición de cuatro variables que describen completamente cada articulación. Dos describen su propia articulación, y dos describen la conexión con las articulaciones. Estas variables se definen por la notación de Denavit-Hartenberg [13]. Aplicando esta convención obtenemos el modelo cinemático para el robot A465 (ver Figura 17). El modelo se probó experimentalmente.

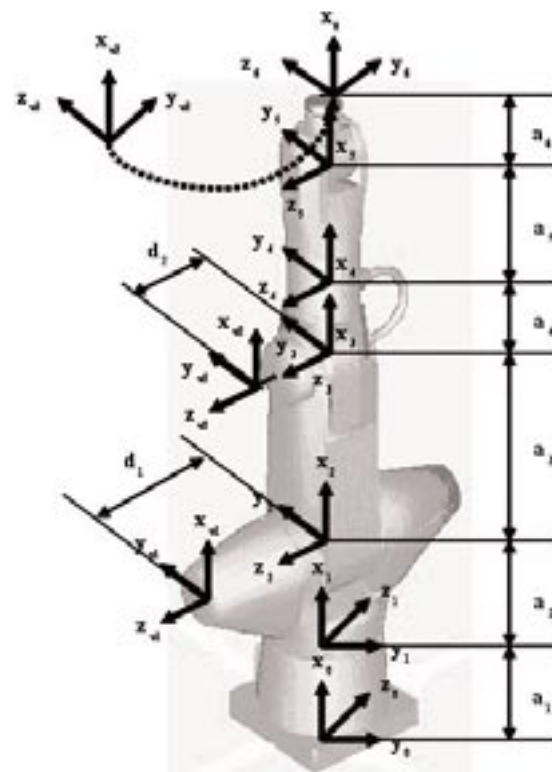


Figura 17. Diagrama del modelo cinemático del robot A465.

El modelo cinemático es:

$$\begin{aligned}
 {}^0_1T &= \begin{bmatrix} c\theta_6 & -s\theta_6 & 0 & a_6 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_6 & -c\theta_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^1_2T &= \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & a_3 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^2_3T &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_4 \\ 0 & c\alpha_4 & -s\alpha_4 & 0 \\ 0 & s\alpha_4 & c\alpha_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^3_4T &= \begin{bmatrix} c\theta_5 & -s\theta_5 & 0 & a_5 \\ s\theta_5 & c\theta_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^4_5T &= \begin{bmatrix} c\theta_2 & -s\theta_2 & 0 & a_2 \\ -s\theta_2 & -c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & {}^5_6T &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_1 \\ 0 & c\alpha_1 & -s\alpha_1 & 0 \\ 0 & s\alpha_1 & c\alpha_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

(Ec.10)

El experimento consiste en calcular visualmente los ángulos  $\theta_2$  (ángulo entre la base y la primera articulación del robot)  $\theta_3$  (ángulo entre la primera y la segunda articulación) que forman parte del modelo cinemático del robot.

Para obtener estos valores usamos las tres marcas visuales y el siguiente proceso:

1. Obtenemos el centroide  $(u_L, v_L)$  y  $(u_R, v_R)$  de las tres marcas visuales.
2. Usando nuestro modelo óptico de visión estéreo obtenemos la posición correspondiente  $(x,y,z)$ , coordinada por los tres puntos visuales. Estos valores se marcan como  $(P_1, P_2, P_3)$ .
3. Con esta información calculamos los valores de los parámetros  $\theta_2, \theta_3$  como sigue:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= (x_1, y_1, z_1), P_2 = (x_2, y_2, z_2), P_3 = (x_3, y_3, z_3) \\
 P'_1 &= (x_2 - x_1)i + (y_2 - y_1)j + (z_2 - z_1)k \\
 P'_2 &= (x_3 - x_2)i + (y_3 - y_2)j + (z_3 - z_2)k \\
 P'_3 &= (x_3 - x_1)i + (y_3 - y_1)j \\
 P'_1 \cdot P'_2 &= (x_2 - x_1) \cdot (x_3 - x_2) + (y_2 - y_1) \cdot (y_3 - y_2) \\
 &\quad + (z_2 - z_1) \cdot (z_3 - z_2) \\
 P'_1 \cdot P'_3 &= (x_2 - x_1) \cdot (x_3 - x_1) + (y_2 - y_1) \cdot (y_3 - y_1) \\
 |P'_1| &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \\
 |P'_2| &= \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (z_3 - z_2)^2} \\
 |P'_3| &= \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2}
 \end{aligned}$$

(Ec.11)

Los ángulos se obtienen mediante:

$$\begin{aligned}
 \theta_2 &= \cos^{-1} \frac{P'_1 \cdot P'_3}{|P'_1| \cdot |P'_3|} \\
 \theta_3 &= \cos^{-1} \frac{P'_1 \cdot P'_2}{|P'_1| \cdot |P'_2|}
 \end{aligned}$$

(Ec.12)

El experimento consiste en mover la segunda articulación del robot A465 (ver Figura 18 ) desde  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , y obtener usando la información visual el ángulo  $\theta_3$  del robot A465.



Figura 18. Experimento variando el ángulo  $q_3$  del robot A465

En la Tabla 3 se muestran los resultados, comparando la primera columna con la última, observamos que el error entre ambas es de tan sólo  $\pm 2^\circ$ . Este rango es aceptable para tareas que no requieran de alta precisión.

$\theta_3$ real	$\theta_3$
-90	-92.7840
-75	-76.7100
-60	-60.7780
-45	-45.6620
-30	-30.6810
-15	-15.7780
0	0.9057
15	13.8890
30	28.6460
45	43.4890
60	58.2490
75	72.7460
90	88.1120

Tabla 3. Resultados obtenidos con el modelo óptico de visión estéreo para diferentes ángulos de  $\theta_3$ .

## CONCLUSIONES

La principal contribución consistió en el desarrollar e implementar un nuevo modelo óptico de estéreo visión, analizando los componentes ópticos del sistema de visión por computadora. Este modelo se probó exitosamente en el robot A465, calculando los ángulos de su modelo cinemático. Nuestro modelo puede usarse en diferentes aplicaciones de visión por computadora como por ejemplo, en control visual, en robots móviles para la reconstrucción en tres dimensiones, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por el Laboratorio de Robótica de los Talleres y Laboratorios de la Escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle, México.

## REFERENCIAS

1. S.M. Seitz & C.R Dyer, *Complete Scene Structure from Four Point Correspondences*, Proc. 5th Int. Conf on Computer Vision, Cambridge MA, EUA, pp. 330-337, 1995.
2. C.J Taylor & D.J. Kriegman, *Structure and Motion from Line Segments in Multiple Images*, *IEEE Trans. on Pattern Analysis. Machine Intelligence*, núm. 17, vol. 11, 1995.
3. J.E.W. Mayhew & J.P Frisby, *3D Model Recognition from Stereoscopic Cues*, MIT Press, 1991.
4. R. M. Haralick and L.G.Shapiro, *Computer and Robot Vision II* (Addison-Wesley Pub. Co., 1993).
5. E. Grosso, G.Metta, A.Oddera & G.Sandini, *Robust Visual Servoing in 3-D Reaching Tasks*, *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 12, núm. 5, pp. 732-741, 1996.
6. S. B. Pollard, J. E. W. Mayhew and J. P. Frisby, *A stereo correspondence algorithm using a disparity gradient limit*, *Perception*, 14:449-470, 1985.
7. E. Trucco & A. Verri, *Introductory Techniques for 3-Computer Vision*, Prentice Hall, pp. 26-28, 1998.
8. R. Szeliski, *From Image to Model (and Beyond): A Personal Restrospective*, *Vision Interface*, núm 97, Kelowna, B.C, Mayo 21, 1997.
9. M. Chavarría, A. Soria & P. Wiederhold, *Percepción monocular para el control de robots*, *Congreso Latinoamericano de Control Automático*, Guadalajara –México, D.F., 2002.
10. R. C. González y R. E. Woods, *Tratamiento Digital de Imágenes*, Addison Wesley / Díaz de Santos, 1996.
11. J. H. Sossa, *Características Invariantes para el Reconocimiento de Formas en Visión por Computadora: una Panorámica*. Instituto Politécnico Nacional, *Centro de Investigación en Computación*, núm. 33, serie Azul, México, 1999.
12. E. Hecht y A. Zajac, *Óptica*, Colección Fondo Educativo Interamericano, 1977.
13. J. Denavit & R.S. Hartenberg, *A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices*, *Journal of Applied Mechanics*, pp. 215-221, 1955.



# Maestrías

Tú decides...  
¡y decides bien!

## DOCTORADOS EN:

- *Administración*
- *Educación*

informes:  
52789500, ext. 2422  
e-mail: oer@ulsa.mx

## MAESTRÍAS EN:

### Área Económico-Administrativa:

- *Administración*
- *Administración de Organizaciones de la Salud*
- *Calidad*

• *Ingeniería Económica y Financiera*

- *Negocios Internacionales*
- *Planeación y Sistemas Empresariales*
- *Tecnologías de Información*
- *Recursos Humanos*

### Área: Educación y Humanidades

#### Educación:

- *Administración Educativa y Gestión*
- *Docencia Universitaria*
- *Educación Superior*

### Filosofía Social

#### Derecho:

- *Área Civil*

informes: 52789500 ext. 2430  
E-mail: lib@ulsa.mx

# UNIVERSIDAD LA SALLE

EXPERIENCIA QUE ASEGURA TU FUTURO

# Simulación del Regenerador de una Unidad de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC)

Ing. Roberto Hernández Enríquez\*, Dr. Daniel Salazar Sotelo\*\*

\*UNIVERSIDAD LA SALLE, Escuela de Ciencias Químicas

\*\*Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: [dsalazar@imp.mx](mailto:dsalazar@imp.mx)

Recibido: Febrero de 2002. Aceptado: Marzo de 2002.

## RESUMEN

Se presentan los resultados de aplicación de un modelo para simular el estado estacionario del regenerador de catalizador en una unidad de desintegración catalítica fluidizada, incluyendo una descripción cinética detallada del comportamiento de la fase densa y de la fase diluida, tanto en combustión parcial como en combustión total. El desarrollo del modelo está basado en considerar que los gases en flujo pistón, a través de las dos fases, y el catalizador en el lecho denso se encuentran bien mezclados y son isotérmicos.

Los balances de materia y energía quedan descritos por sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, para la fase del gas en la cama densa y en la fase diluida, y por ecuaciones algebraicas no lineales para la fase del catalizador en la cama densa. Se ajustaron los parámetros cinéticos para representar un caso industrial y se estudió el comportamiento del modelo al modificar el flujo de aire alimentado.

*Palabras Clave:* FCC, Regenerador, Craqueo Catalítico, Fluidización, Simulación

## ABSTRACT

The application results of a model to simulate the steady state of a catalyst regenerator in a Fluid Catalytic Cracking Unit are presented, including a detailed kinetic description of dense and diluted phase behavior. Both partial and complete combustion are handled. Model development is based on gas plug-flow assumption through both phases, with the dense phase catalyst well mixed and isothermal.

Material and heat balances are described by ordinary differential equations for the gas phase in dense and diluted phases. Algebraic non-linear equations describe the dense phase catalysis behavior. Kinetic parameters were adjusted to fit an industrial case, studying the model tendencies when air flow is changed.

*Keywords:* FCC, Regenerator, Catalytic Cracking, Fluidization, Simulation

## INTRODUCCION

El proceso de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC) tiene por objeto convertir cortes pesados del crudo, provenientes de destilación atmosférica, de vacío y de procesos de coquización o reducción de viscosidad, en fracciones más ligeras y de mayor valor, ya sea como productos o bien como alimentaciones a otras unidades (MTBE, TAME, Isomerización y Alquilación). El proceso FCC contribuye con un alto porcentaje de la gasolina total producida por una refinería [1].

En el proceso FCC, las reacciones de desintegración de los hidrocarburos se llevan a cabo por contacto con un catalizador en el convertidor, donde también se lleva a cabo la separación mecánica de los productos desintegrados del catalizador mediante ciclones, el agotamiento del catalizador para la eliminación de hidrocarburos atrapados en el catalizador mediante arrastre con vapor y la regeneración del catalizador.

Esta regeneración consiste en la combustión del coque que se forma en la superficie del catalizador para reestablecer la actividad catalítica, con lo cual se proporciona el calor necesario en el proceso. El balance energético entre la reacción y la regeneración es de suma importancia en el proceso para asegurar la temperatura necesaria para el craqueo, así como la correcta reactivación del catalizador que permitirá obtener los rendimientos esperados de productos.

El catalizador gastado que entra al regenerador contiene entre 0.8 y 2.5% peso de coque, dependiendo del tipo de alimentación y las condiciones de operación. La combustión elimina el coque hasta niveles menores de 0.1% por medio de la combustión con aire a alta temperatura, manteniendo un estado fluidizado donde existen dos regiones: una fase densa y una fase diluida, con diferentes concentraciones de catalizador.

El aire entra al regenerador por medio de un distribuidor, con suficiente velocidad para mantener la fluidización y asciende a través de la fase densa arrastrando algunas partículas. En los ciclones del regenerador se separan los gases de la combustión que incluyen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_x$  y  $\text{NO}_x$ . Estos gases de combustión salen del regenerador a través de dos etapas de ciclones. En la Figura 1 se puede apreciar un arreglo típico de un regenerador.

### TECNOLOGÍA DEL REGENERADOR

Existen 2 métodos de regeneración en las unidades FCC: combustión parcial y combustión total.

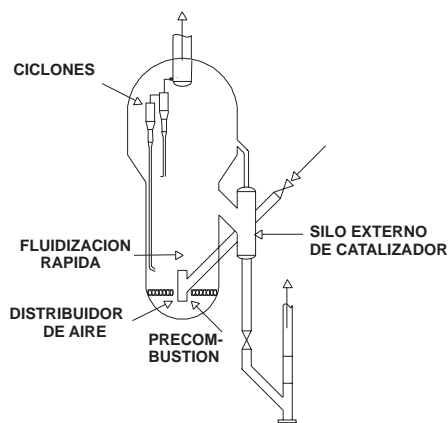


Figura 1. Esquema típico de un regenerador FCC

Algunas unidades FCC que procesan cargas de residuos pesados usan una regeneración en dos etapas. Existen varias tecnologías de regeneración con diferencias en condiciones de operación y en la eficiencia de remoción de carbón. [2].

En el modo de combustión parcial, parte del carbón sobre el catalizador gastado se quema solamente a  $\text{CO}$ . La oxidación de  $\text{CO}$  a  $\text{CO}_2$  genera aproximadamente 2.5 veces más calor que la combustión de  $\text{C}$  a  $\text{CO}$ . Operar el regenerador en modo parcial sirve para no exceder las temperaturas que los internos del regenerador pueden soportar; además, puede permitir procesar cargas más pesadas y mantenerse dentro de los límites de temperaturas en el regenerador. En el modo de combustión parcial, la temperatura en el regenerador se controla regulando el flujo de aire para la combustión.

La combustión total utiliza exceso de oxígeno para completar la combustión del  $\text{CO}$  y una mayor reducción de carbón sobre el catalizador regenerado. El nivel reducido de carbón en el catalizador incrementa la actividad del catalizador y su selectividad. La conversión térmica de  $\text{CO}$  a  $\text{CO}_2$  requiere de un diseño apropiado del regenerador; sin embargo, la mayoría de las unidades FCC usan un catalizador promotor de combustión de  $\text{CO}$  para completar la combustión en la fase densa. La combustión total tiene como principales ventajas el menor contenido de  $\text{CO}$  en el gas de combustión y la mayor liberación de calor.

### MODELO DEL REGENERADOR

El modelamiento y simulación del proceso FCC ha sido objeto de numerosos estudios y publicaciones debido a que la unidad FCC ofrece un gran potencial para incrementar utilidades. Algunos trabajos se enfocan hacia el modelamiento del reactor [3], otros hacia el regenerador [4] y otros más a modelos integrados [5].

Se han propuesto distintos esquemas para modelar el regenerador, algunos autores proponen modelos heterogéneos en los que se consideran todas las interacciones entre la fase del gas y la fase del catalizador (por ejemplo, las velocidades de transferencia de masa y calor entre las fases, las velocidades lineales y el

tamaño de las burbujas por donde fluye el gas, etc.). Otros proponen el empleo de modelos pseudo homogéneos en los cuales, mediante el empleo de simplificaciones basadas en su experiencia al modelar y simular este tipo de reactores, se desprecia la resistencia a la transferencia de masa y calor entre una fase y otra.

Errazu y colaboradores [6] modelaron el estado estacionario del regenerador de una unidad industrial, empleando un modelo C.S.T.R. para el lecho denso del catalizador. En este modelo se desprecia la resistencia a la transferencia de calor entre las fases, pero no así la resistencia a la transferencia de masa. Las pérdidas de calor al exterior son también despreciadas. No se modela la fase diluida por lo que no se toman en cuenta los efectos del catalizador arrastrado, que regresa al lecho denso a través de los ciclones, ni los efectos de la post-combustión del CO en la fase diluida. Además, en el lecho denso sólo se consideró el quemado de coque a CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y se despreció la combustión de CO a CO<sub>2</sub>.

López-Isunza y Ancheyta-Juarez [7] emplearon un modelo heterogéneo en flujo pistón para el estado estacionario del regenerador, con base en el modelo dinámico de López-Isunza [8]. En este modelo se considera la resistencia tanto a la transferencia de masa como de calor entre la fase burbuja (gas) y la fase emulsión (catalizador). También se considera la combustión homogénea y heterogénea de CO a CO<sub>2</sub>. No se modeló la fase diluida y se despreció la pérdida de calor al exterior.

Arbel y colaboradores [9] propusieron un modelo pseudohomogéneo en el cual la cama densa del catalizador se modela como tres reactores continuos de tanque agitado. La fase diluida se modela de igual forma. Se desprecia la resistencia a la transferencia de masa y calor entre las fases del gas y del catalizador. Se toman en cuenta las pérdidas de calor hacia el exterior y las reacciones de combustión de CO a CO<sub>2</sub>. Este modelo se desarrolló en estado dinámico para el estudio de la multiplicidad de estados estacionarios en el regenerador y para estudios de control [9,10].

Krishna y Parkin [11] desarrollaron un modelo pseudohomogéneo en estado estacionario en el

que se incluye tanto la cama densa como la fase diluida. Se desprecia la resistencia a la transferencia de masa y se asume que la cama densa puede considerarse como isotérmica, debido a las condiciones de mezclado. La cama densa se divide en dos fases, la fase del gas que se modela como reactor de flujo pistón y la fase del catalizador, que se modela como reactor de tanque agitado. La fase diluida se modela como flujo pistón y se toma en cuenta la post combustión del CO y el efecto del arrastre de catalizador a la fase diluida.

Los modelos de Errazu y de López-Isunza son heterogéneos, por lo que requieren de mucha información experimental con la que no se cuenta. Además, no consideraron muchos factores importantes para la correcta simulación del regenerador, tales como la fase diluida, la post combustión, las pérdidas de calor al exterior, etc. Los modelos de Arbel y colaboradores y de Krishna y Parkin son pseudo homogéneos, por lo que requieren menor cantidad de datos. Ambos modelos incluyen la fase diluida y los efectos del catalizador arrastrado y la post-combustión del CO, así como las pérdidas de calor al exterior.

En este trabajo se seleccionó el modelo de Krishna y Parkin, debido a que se desarrolló específicamente para evaluar el estado estacionario del regenerador. Por otra parte, se estima que la consideración de flujo pistón es más aproximada a la realidad que el modelo de tres reactores de tanque agitado en serie.

## DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El regenerador se describe por un modelo de tres regiones (ver Figura 2). La primera región es la línea de transferencia del catalizador. La segunda región es la cama densa del catalizador. La tercera región del modelo es la fase diluida sobre la cama densa.

El desarrollo del modelo en estado estacionario se basa en las siguientes suposiciones:

- La combustión de coque solo se lleva a cabo en la fase densa.
- El gas está en flujo pistón a través de la cama y en equilibrio térmico con la cama que lo rodea.

- El catalizador en el lecho denso se encuentra bien mezclado y es isotérmico con coque sobre catalizador uniforme.
- La resistencia a la transferencia de masa de la fase burbuja (gas) a la fase emulsión (catalizador) es despreciable.
- La temperatura del gas que entra a la fase diluida es igual a la temperatura en la cama densa.

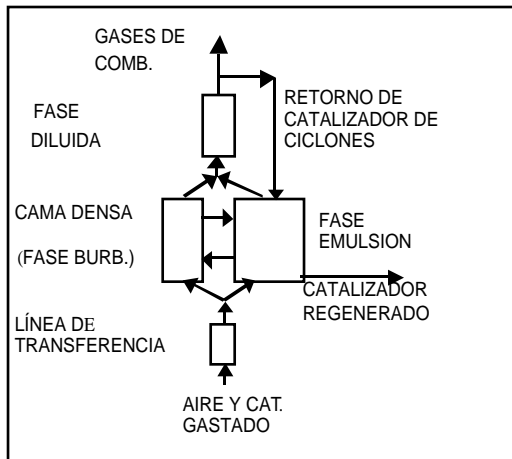
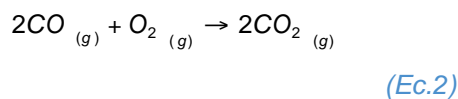
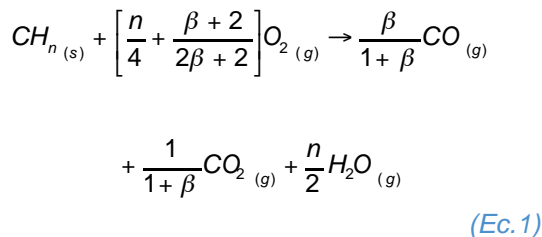


Figura 2. Modelo del regenerador.

- Los ciclones regresan todo el catalizador arrastrado.

Los balances de materia y energía quedan descritos por sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias para la fase del gas, en la cama densa y en la fase diluida, y por ecuaciones algebraicas no lineales para la fase del catalizador en la cama densa. La estequiometría de las reacciones en el regenerador se representa por:



donde  $\beta = K_{\beta} e^{(-E_{\beta}/RT)}$  representa la relación molar CO/CO<sub>2</sub> en el catalizador.

El comportamiento en estado estacionario de la fase gas en el regenerador se describe por una serie de ecuaciones diferenciales ordinarias [12,13].

### FASE DENSA

Por balance de masa en la fase densa se tiene:

$$\frac{dN_{O_2}}{dz} = A \left[ \left( \frac{n}{4} + \frac{\beta + 2}{2\beta + 2} \right) \frac{r_C \rho_p}{PM_C} (1 - \varepsilon) + r_A \varepsilon + r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (Ec.3)$$

$$\frac{dN_{CO}}{dz} = A \left[ - \frac{\beta}{1 + \beta} \frac{r_C \rho_p}{PM_C} (1 - \varepsilon) + 2r_A \varepsilon + 2r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (Ec.4)$$

$$\frac{dN_{CO_2}}{dz} = A \left[ - \frac{1}{1 + \beta} \frac{r_C \rho_p}{PM_C} (1 - \varepsilon) - 2r_A \varepsilon - 2r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (Ec.5)$$

$$\frac{dN_{H_2O}}{dz} = -A (1 - \varepsilon) \left( \frac{n}{2} \frac{r_C \rho_p}{PM_C} \right) \quad (Ec.6)$$

$$\frac{dN_{N_2}}{dz} = 0 \quad (Ec.7)$$

La ecuación de balance de energía es:

$$\frac{dT}{dz} = 0 \quad (Ec.8)$$

La velocidad de reacción del consumo de carbono es (de Lasa, 2000)

$$r_C = - \frac{RTk_C}{P} e^{\left[ - \frac{E_C}{RT} \right]} C_C C_{O_2} \quad (Ec.9)$$

donde se supone una dependencia de primer orden del carbono sobre el catalizador y la concentración del oxígeno. La oxidación del mo-



nóxido de carbono a dióxido de carbono está dada por,

$$r_A = -k_A e^{\left[-\frac{E_A}{RT}\right]} C_{CO} C_{O_2} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$r_{A'} = -k_{A'} e^{\left[-\frac{E_{A'}}{RT}\right]} C_{CO} C_{H_2O}^{1/2} C_{O_2}^{1/2} \quad (\text{Ec. 11})$$

La ecuación (10) es la expresión de velocidad para la reacción homogénea no catalítica y la ecuación (11) representa la reacción heterogénea catalítica.

#### FASE DILUIDA

Las ecuaciones del balance de masa son:

$$\frac{dN_{O_2}}{dz} = A \left[ r_A \varepsilon + r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\frac{dN_{CO}}{dz} = A \left[ 2r_A \varepsilon + 2r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (\text{Ec. 13})$$

$$\frac{dN_{CO_2}}{dz} = A \left[ -2r_A \varepsilon - 2r_{A'} \rho_p (1 - \varepsilon) \right] \quad (\text{Ec. 14})$$

$$\frac{dN_{H_2O}}{dz} = 0 \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\frac{dN_{N_2}}{dz} = 0 \quad (\text{Ec. 16})$$

La ecuación de balance de energía es:

$$\left[ wC_p + \sum_{i=1}^{N_c} N_i \frac{dH_i}{dT} \right] \frac{dT}{dz} = \left[ \Delta H_{CO} \frac{dN_{CO}}{dz} - A \frac{\Delta H_L}{V} \right] \quad (\text{Ec. 17})$$

## RESULTADOS

En este trabajo se simuló el modelo matemático del regenerador en estado estacionario desarrollado por Krishna y Parkin. Para su solución se emplearon los métodos de Runge-Kutta de 4º orden y el de Newton-Raphson.

Se simuló el regenerador de una unidad industrial, tomando una corrida como caso base. Este regenerador tiene un diámetro de 10.2 m y una altura de 16 m. La entrada a los ciclones se sitúa a 11.71 m, mientras que la altura máxima de la fase densa es de 4.42 m. La densidad del catalizador empleada es de 1800 Kg/m³ y el diámetro de la partícula de 70.18µ. La composición del coque que se empleó es CH<sub>0.8</sub> con un contenido de carbono de 93.75% y un contenido de hidrógeno de 6.25%.

De acuerdo con el planteamiento del modelo se simula el regenerador desde una altura de 0 hasta 11.71 m., que es en donde los gases de combustión y el catalizador arrastrado entran a los ciclones. Las pérdidas de calor al exterior se asumen como el 4% del calor generado por la reacción de combustión.

Krishna y Parkin publicaron los valores empleados en su trabajo para las energías de activación, pero no así de los factores de frecuencia; además, dichos valores son para combustión parcial, mientras que el caso problema es la simulación de un regenerador operado en modo de combustión total.

Arbel y colaboradores [9] publicaron en su trabajo los valores para las energías de activación y para los factores preexponenciales. Estos valores fueron modificados para ajustar el modelo con los datos del caso base. La Tabla 1 muestra los valores modificados. La energía de activación de la razón CO/CO<sub>2</sub> se aumentó para que β disminuyera y, por lo tanto, no se produjera mucho CO. La energía de activación de la combustión de CO homogénea se bajó para aumentar su velocidad de reacción.

Tabla 1. Constantes cinéticas modificadas

Parámetro	Valores
$E_C/R$ (K)	18 888.88
$E_A/R$ (K)	35 155.55
$E_{A'}/R$ (K)	13 888.89
$E/R$ (K)	8 890
$K_C$ 1/Kpa.s	3.974E05
$K_A$ mol CO/m <sup>3</sup> .s.Kpa <sup>1.5</sup>	4.935988E13
$K_{A'}$ mol CO/Kg <sub>cat</sub> .s.Kpa <sup>1.5</sup>	11.359269
K	2513

La Figura 3 muestra el perfil axial de concentraciones y la Figura 4, el perfil axial de temperaturas obtenidas.

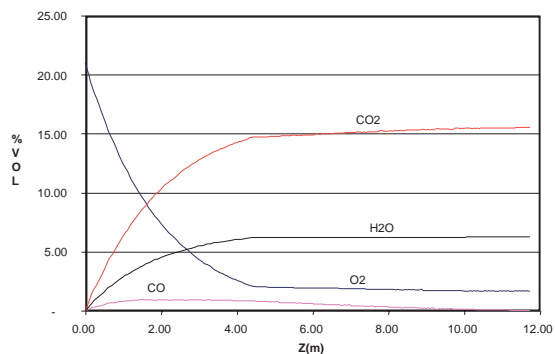


Figura 3. Perfil de concentraciones

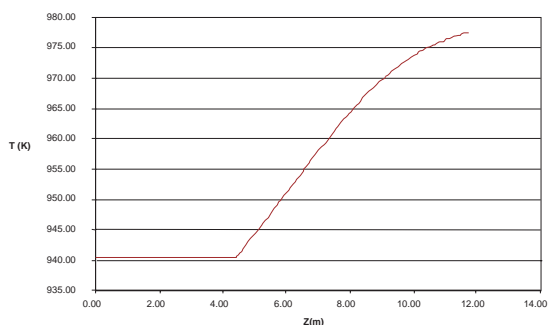


Figura 4. Perfil de temperaturas

El modelo simuló satisfactoriamente el comportamiento de una unidad industrial, ajustando las constantes cinéticas, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la simulación comparados con los datos industriales

PARÁMETRO	UNIDAD INDUSTRIAL	MODELO
Carga de gasóleo al riser(BPD)	25,000	25,000
Densidad del gasóleo (Kg/m <sup>3</sup> )	900	900
Relación C/O	9	9
Coque (%Peso)	5.5	5.5
Flujo aire (NM <sup>3</sup> H)	85000	85000
Fase densa (°C)	667.15	667.34
Fase diluida (°C)	703	704.42
Gases de combustión (%VOL)		
O <sub>2</sub>	1.5	1.67
CO	-	0.048
CO <sub>2</sub>	16.16	15.53
CRC (%Peso)	-	0.0696
Arrastre de cat. (Kg/s)	-	71.07

Cuando se hacen cálculos aumentando los flujos de aire, el modelo predice el comportamiento observado en las unidades industriales donde la temperatura de la fase densa presenta un máximo y después desciende, por un efecto de enfriamiento. Este comportamiento puede apreciarse en la Figura 5, donde se mueve el flujo de aire desde 81,000 hasta 96,000 NM<sup>3</sup>H (metros cúbicos normales por hora).

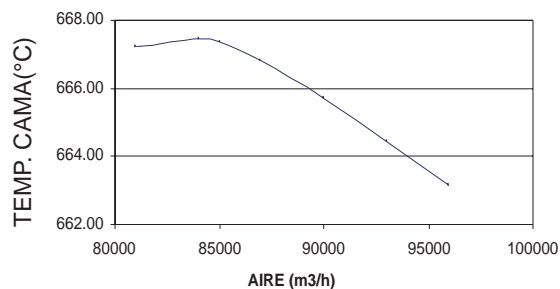


Figura 5. Efecto del flujo de aire sobre la temperatura de la fase densa.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se aplicó el modelo matemático de un regenerador de una unidad FCC en estado estacionario, desarrollado por Krishna y Parkin, comprobando la flexibilidad del método para simular tanto la regeneración en combustión parcial como la combustión total, por medio de ajustes en los parámetros cinéticos.

Este modelo, acoplado con un modelo del reactor, puede describir el comportamiento integrado del convertidor.

### Nomenclatura

$A$  = área de sección transversal del regenerador,  $m^2$   
 $C$  = concentración de la especie  $i$ ,  $kmol/m^3$   
 $C_C$  = contenido de coque sobre el catalizador  
 $C_{ps}$  = capacidad calorífica catalizador,  $kJ/kg\ K$   
 $E$  = energía de activación,  $kJ/kmol$   
 $\Delta H_L$  = pérdidas de calor en el regenerador,  $kJ/s$   
 $\Delta H_R$  = entalpía de reacción,  $kJ/kmol$   
 $H$  = entalpía de gases de combustión,  $kJ/kmol$   
 $N$  = concentración de gases de combustión,  $kmol/s$   
 $P$  = presión, bar  
 $R$  = constante universal de los gases,  $bar\ m^3/kmol\ K$   
 $T$  = temperatura,  $K$   
 $R$  = velocidad de reacción,  $kmol/m^3\ s$   
 $R_A$  = velocidad de reacción homogénea no catalítica de consumo de CO,  $kmol/m^3\ s$   
 $R_A'$  = velocidad de reacción heterogénea catalítica de consumo de CO,  $kmol/kg^3\ s$   
 $R_C$  = velocidad de reacción de consumo de carbono,  $s^{-1}$   
 $PM_c$  = peso molecular del coque  
 $W$  = flujo de catalizador hacia ciclones,  $kg/s$   
 $X$  = eje longitudinal del riser, adimensional  
 $Z$  = eje longitudinal del regenerador,  $m$

### Letras griegas

$\beta$  = relación molar CO/CO<sub>2</sub>  
 $\varepsilon$  = fracción vacía  
 $\rho_p$  = densidad de la partícula catalítica,  $kg/m^3$

### REFERENCIAS


1. Avidan, A. A., Edwards, M., Owen, H., "Fluid Catalytic Cracking, Past and Future Challenges", *Chemical Engineering*, vol. 6, p. 171, 1990.
2. Sadeghbeigi, R., "Fluid Catalytic Cracking Handbook", Gulf Publishing Company, E.U.A., 1995.
3. Jacob, S. M., Gross, B., Voltz, S. E., Weekman, V. M. Jr., "A Lumping and Reaction Scheme for Catalytic Cracking", *American Institute of Chemical Engineers Journal*, vol. 22 (4), pp. 701–713, 1976.
4. De Lasa, H. I., Errazu, A., Barreiro, E., Solioz S., "Analysis of Fluidized Bed Catalytic Cracking Regenerator Models in an Industrial Scale Unit", *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 59, pp. 549–553, 1981.
5. De Lasa, H. I., Arandes, J. M., Azkoiti, M. J., Bilbao, J., "Modelling FCC Units under Steady and Unsteady State Conditions", *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 78, pp. 111–123, 2000.
6. Errazu, A. F., De Lasa, H. I. & Sarti, F., "A Fluidized Bed Catalytic Cracking Regenerator Model. Grid Effects", *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 57, pp. 191–197, 1979.
7. López-Isunza F. & Ancheyta-Juarez J., "Steady State Model of an Industrial FCC Unit", *Computation Chemical Engineering*, vol. 28, pp. s123–s130, 1994.
8. López-Isunza, F., "Dynamic Modeling of an Industrial Fluid Catalytic Cracking Unit", *Computers and Chemical Engineering*, vol. 16, pp. s139–s148, 1992.
9. Arbel, A., Huang, Z., Rinard, I. H., Shinnar, R. & Sapre, A. V., "Dynamic and Control of Fluidized Catalytic Crackers. 1. Modeling of the Current Generation of FCC's", *Industrial Engineering Chemical Research*, vol. 34, pp. 1228–1243, 1995.
10. Arbel, A., Huang, Zu., Rinard, I. H., Shinnar, R. & Sapre, A. V., "Dynamic and Control of Fluidized Catalytic Crackers. 2. Multiple Steady States and Inestabilities", *Industrial Engineering Chemical Research*, vol. 34, pp. 3014–3026, 1995a.
11. Arbel, A., Huang, Z., Rinard, I. H., Shinnar, R., & Sapre, A. V., "Dynamic and Control of Fluidized Catalytic Crackers. 3. Designing the Control System: Choice of Manipulated and Measured Variables for Paratial Control", *Industrial Engineering Chemical Research*, vol. 35, pp. 2215–2223, 1995b.
12. Krishna, A. S., Parkin, E. S., "Modeling the Regenerator in Commercial Fluid Catalytic Cracking Units", *Chemical Engineering Progress*, vol. 81 (4), pp. 57–62, 1985.
13. Arandes, J.M., M.J. Azkoiti, J. Bilbao, y H.I. de Lasa, "Modelling FCC Units Under Steady and Unsteady State Conditions," *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 78, pp. 111–123, 2000.



# XI JORNADAS DE INVESTIGACIÓN




**Estimado estudiante:**



Como ha ocurrido durante los últimos diez años, se están realizando los preparativos para reconocer los trabajos de Investigación que ustedes han realizado en las distintas áreas del conocimiento. Para el 2004 esperamos contar con tu participación para hacer de este un mejor evento y ponemos a tu disposición el siguiente correo electrónico para cualquier comentario o aclaración:  
[jornadas@ci.ulsamx](mailto:jornadas@ci.ulsamx)



**Consulta las bases de la convocatoria en:**  
<http://www.ci.ulsamx/eventos/jornadas>



**Atentamente:**  
M.C. Alejandro Flores Méndez  
Coordinador del Comité  
Organizador

# Life and Earth Environment from an Entropic Point of View

Masaki Hayashi

School of Life Science, Tokyo University of Pharmacy and Life Science

E-mail: [hayashi@ls.toyaku.ac.jp](mailto:hayashi@ls.toyaku.ac.jp)

Honorio Vera Mendoza

Universidad Tecnológica de Puebla

E-mail: [honoriovera@hotmail.com](mailto:honoriovera@hotmail.com)

Recibido: Julio de 2002. Aceptado: Agosto de 2002.

## ABSTRACT

At a first glance it seems that the Second Law of Thermodynamics, the Fundamental Law of Physics, is inapplicable to a system of life and to the environment of Earth. It is understandable, however, if one takes into account that both systems represent themselves non-equilibrium stationary open systems. A deeper understanding to these systems becomes possible if one considers them from an entropic approach. Such considerations could provide interesting educational materials for the beginners of thermodynamics. *Key Word: Thermodynamics, physics, entropy, living organism.*

## RESUMEN

A primera vista La Segunda Ley de la Termodinámica, la Segunda Ley de la Física, parece no ser aplicable a un sistema de vida ni al medio ambiente de la Tierra. Esto se debe a que La Segunda Ley de la Termodinámica esta formulada en un marco de trabajo de un sistema de equilibrio cerrado, mientras que ambos representan, por sí mismos, sistemas estacionarios abiertos no equilibrados. Usualmente éstos no se tratan en el curso introductorio de termodinámica. Un entendimiento profundo de estos sistemas es posible si los consideramos desde el punto de vista entrópico. Tales consideraciones deben proveer interesante materia educativa para principiantes de la termodinámica.

*Palabras Claves: Termodinámica, física, entropía, organismo vivo.*

## 1. LIFE AND ENTROPY

The structure order of a living organism might appear rather mysterious from a naive point of view in physics. Its entropy does not increase and never comes to a thermal equilibrium state, i.e., to a disorder. Actually, the entropy is kept at a low level and apparently does not increase in various biological phenomena such as maintenance and growth of an individual living body, as well as a self-reproduction. In contrast, after death the decomposition of a body starts to diffuse as usual substances do and hence the entropy increases, approaching to a disordered state. Thus it seems as if the second law of thermodynamics were inapplicable to a living orga-

nism [1,2]. The difficulty arising from this physics viewpoint cannot be saved by a biological explanation such as metabolism and/or assimilation of plants. E. Schrödinger gave the following explanation [1]:

### 1.1 Explanation by Schrödinger

Schrödinger argued in his book "What is life?" as "A living organism takes negative entropy (negentropy)", and emphasized the importance of consideration based on an entropy concept. Since a living organism is in a stationary state, the flow of outgoing energy  $E_{out}$  must be equal

to that of the incoming energy  $E_{in}$ . Thus on average one has

$$\frac{dE_{in}}{dt} = \frac{dE_{out}}{dt} \quad (\text{Ec. 1})$$

The incoming energy carries the entropy with it as well. He paid attention to the difference of the incoming entropy  $S_{in}$  and the outgoing one  $S_{out}$  and noticed that:

$$DS = S_{in} - S_{out} \quad (\text{Ec. 2})$$

A living organism is in a non-equilibrium state, and because irreversible processes take place therein, entropy should be generated. Consequently the net entropy accepted by a living organism has to be negative. Thus a living organism maintains its living state by taking "negen-tropy", i.e., by compensating the entropy generated through the irreversible processes.

After all, the living organism throws the entropy to the surrounding and thereby increases the entropy of the surrounding. As a result it preserves its entropy at a lower level hence its ordered (molecular) structures in an ordered state.

### 1.2 Entropic Income and Expenditure in a Living Organism.

A living organism constitutes an open system that exchanges heat and substances with the environment. Moreover it is a stationary system that does not change much in a long period of time. In order that a living organism can maintain its stationarity, it has to discharge outside the same amount of the substances and the energy taken in from outside. They become excretions and abolition heat, respectively, which go out to the environment. Since entropy is newly generated due to the irreversible processes within the system, a living organism has to throw a necessary amount for compensation. As a result, the entropy in the system is preserved at a lower level.

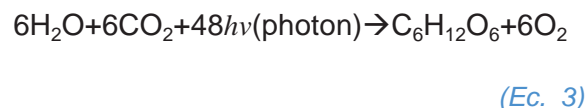
### 1.3 What is the Mechanism by Which Entropy is Thrown Away?

There are two kinds of ways. One way is throwing entropy by attaching it to waste and the other way is attaching it to abolition heat. One cannot throw entropy alone without attaching to anything. A living organism burns, for instance, the carbohydrate in the body and transforms substances such as carbon dioxide and steam into high entropy, and exhausts them outside of the body mainly by breathing. Thus the entropy generated by the activity of a living organism is partly thrown away outside of the body as high entropy waste. The entropy can be thrown away as well in the form of the thermal energy transfer such as the evaporations and/or sweat. In this way a living organism maintains its stationarity.

After all, what are useful for a living organism are those substances possessing not only high energetic states but also low entropic states. In order that a living organism can function, it is necessary not only to take such low entropy substances but also to discharge high entropy substances and heat into the environment. For this purpose it is necessary considering a mechanism of entropy abolition from the environment surrounding living organisms.

### 1.4 Low Entropic Sunlight

The sunlight energy plays a crucial role in maintaining life. The fact that it possess a low level of entropy is physically more important than an energetic aspect. Let us consider here a physical mechanism of photosynthesis in a plant. The photosynthesis of a plant is the assimilation in which glucose is synthesized from carbon dioxide together with water. In photosynthesis reactions sunlight plays an important role. Photosynthesis process in which the energy with low entropy carried by the sunlight is fixed proceeds as:



In general, in the chloroplast of the plant, photosynthesis can proceed by the light with the wavelength of less than 700 [nm]. Namely in the photosynthesis only a part of the visible light

of sunlight is used. This is because in order to make the absorption band of the chlorophyll into excited states it has to absorb such photons having energy higher than certain value. In creating one molecule of glucose, 48 photons are needed. In this photosynthesis reaction, approximately 1/3 of the energy of the photons (with lower entropy) is fixed in glucose. The rest is thrown away into the steam coming from the leaves, together with the entropy generated by the irreversible processes. A plant is alive by throwing outside high entropy of waste by the transpiration of water.

Glucose and oxygen, being the products of the reactions have higher energies compared with those of the raw materials, i.e., carbon dioxide and water, since they have received the energy of light. Although the entropy of raw materials and that of the products do not change very much, the products have higher energy than the raw materials. Thus the ratio of entropy to energy is comparatively low in the products' case. The conversion efficiency of energy is considerably high for such photosynthesis reactions.

In nature animals seek for energy with low entropy in glucose, which is synthesized by plants. The negentropy taken from vegetables and fixed partially by herbivorous animals is used by carnivorous. In this way the lowness of sunlight entropy is being used one by one through the food chain. Since entropy is generated additionally at each stage, smaller number of living organisms can be supported at later stages. A part of these living organisms changed into fossil fuels such as coal and oil after their deaths. Thus, the lowness of sunlight entropy was fixed therein, though only partially.

## 2. ENVIRONMENT AND ENTROPY

### 2.1 Earth is a Stationary Open System.

In the surface layer of Earth, various vital phenomena and social activities are taking place whereby entropy is created. Although entropy continues increasing on Earth, we never reach to a "thermal death". The reason is that Earth, moving within the space of the solar system, receives heat and light from the sun constituting an open system that discharges heat into space.

Such an open system maintains "non-equilibrium stationary state far from the thermal equilibrium one" by taking negentropy from the environment and, at the same time, throwing the generated entropy into the environment. By environment we mean the one extended from the surface of Earth and up to the atmosphere. Since it throws entropy to space it constitutes a non-equilibrium stationary open system as well.

### 2.2 Circulation is Important in the Maintenance of Earth Environment as well as for Life.

In general there are two kinds of stationary open systems. One is a system wherein a simple diffusion process takes place. This type is called first kind open system. The examples for this type are such as flows of falling down water, electric conduction and heat conduction. In this case the system is locally almost equilibrium, and entropy does not increase any more. Such system is not related to any form of life.

Another one is a system where a circulation exists. Such system is called the second kind of open system, and is deeply related to life. In fact life consists of various circulations. In the case of a human body various types of circulations such as blood circulation, lymph circulation, and metabolisms of substances are functioning in mutual harmony.

While maintaining a stationary open system on Earth, circulation plays an important role as well. Three types of circulations can be mentioned, i.e., the one of atmosphere, the one of water, and the one of living creatures.

### 2.3 How does Earth Maintains its Stationary Open System?

First of all, it exists an atmosphere kept by gravity linked to the surface of Earth wherein the circulations of atmosphere and water take place constantly by convection. The extra entropy is carried to the upper layer of the atmosphere by the convection of air together with thermal energy against gravity. Earth throws heat entropy to space as well. Water circulation is responsible for such processes. Heat entropy on the ground is absorbed by the water evaporation. The steam rises to the upper layer of the atmosphere because it is lighter than air (the molecular

weight of water is smaller than that of nitrogen). Then heat is radiated to space together with entropy and the water returns back to the ground as it rains.

On the other hand, matter entropy such as the one discharged by living organisms of Earth and corpses of living creatures are transformed into carbon dioxide and steam, through decomposition, by microorganisms such as bacteria, as well as by small creatures. These carbon dioxide and water are reused for photosynthesis. That is the circulation of living organisms. Finally, the generated entropy of the abolition heat is radiated from clouds in the atmosphere to space as infrared rays by water circulation and by the mechanism of entropy emission from the Earth. The reason why we can survive in such an environment polluted by entropy is by virtue of the strong purification ability of such environment.

#### 2.4 How Much Entropy is Thrown Away out of the Earth Sphere to Space?

Among the solar energy that reaches Earth, the thermal energy  $Q$  that remains on Earth surface is on average, approximately 77 [kcal] at 1 [cm<sup>2</sup>] per year [3]. Average temperature  $T_1$  on Earth surface is about 288 [K]. Therefore the entropy received by Earth from the Sun at 1 [cm<sup>2</sup>] per year is

$$\frac{Q}{T_1} = 266 [\text{cal/K}] \quad (\text{Ec. 4})$$

On the other hand, the residual heat  $Q$  is thrown away to space under an infrared ray form. The temperature  $T_2$  in the upper layer of the atmosphere is about 250 [K], and therefore the entropy discharged out of the Earth sphere is

$$\frac{Q}{T_2} = 308 [\text{cal/K}] \quad (\text{Ec. 5})$$

Thus, the net entropy thrown by Earth at 1 [cm<sup>2</sup>] per year is

$$DS = \frac{Q}{T_1} - \frac{Q}{T_2} = 42 [\text{cal/K}] \quad (\text{Ec. 6})$$

through water circulation and convection in the atmosphere. This way Earth maintains a low entropy level. Of course, the above-mentioned was restricted to the case of solar energy alone, and if we burn coal, oil, and nuclear fuels too, excessively, water circulation and convection in the atmosphere cannot throw the amount of excessive entropy, and thus entropy will increase in the Earth environment.

### 3. CONCLUDING REMARKS

In concluding we stress that the considerations based on the concept of entropy help us to understand life and the global environmental problems much deeper. It is needless to say that the cause of present global environmental problems is due to excessive economic activities of mankind. On discussing such global environmental problems, the considerations from the energetic viewpoint alone are not sufficient and the ones based on the entropic viewpoint are indispensable. The considerations on life from the entropic viewpoint are also useful in such field as food sciences.[4]

The concept of entropy is one of the most difficult for beginners of thermodynamics to understand, because of its abstract character. Adopting concrete examples such as life and/or global environmental problems treated in this article may help to grasp this concept better and feel it more familiar, as the one of energy.

### REFERENCIAS

1. E.Schrödinger, *What is life?—The Physical Aspect of the Living Cell—with Mind and Matter & Autobiographical Sketches*, Cambridge University Press, 1992.
2. Hayashi M. & K. Katsuura, *Physics for Life Sciences* (en japonés), Aichi Shuppan, 1998.
3. A. Katsuki, *Basic Theory of Environment-Based on Physics* (en japonés), Kaimei Sya, 1999.
4. Hayashi M., K. Katsuura, H. Vera Mendoza & Pérez López, *Tecnología y Sociedad*, vol. 1, 1994.



# El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis.

\* Alfredo Ramírez Treviño, Juan Manuel Sánchez Núñez & Alejandro García Camacho

\*Profesores – Investigadores adscritos al Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios Sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD-IPN)

Recibido: Marzo de 2003. Aceptado: Abril de 2003.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable ha generado aparentemente una visión innovadora a la humanidad en este nuevo siglo; toda vez que es un concepto que propone la protección de la naturaleza, además de la equidad social presente y futura.

El desarrollo sustentable no pone a debate ni discute sobre sistemas políticos ni económicos sino que, a partir del medio ambiente, postula un cambio social pacífico y gradual, que de manera organizada y planificada modifique nuestra relación con la naturaleza, con nosotros mismos y con la sociedad. De esta manera, el desarrollo sustentable ha creado una gran adhesión a su favor porque en su discurso ofrece puntos centrales de consenso imposibles de rechazar; sin embargo, esto se debe a una razón muy simple: hace falta análisis por lo que no se observa que la definición quede muy amplia para ser puesta en práctica.

El concepto se acepta como propuesta social pero no puede aplicarse fácilmente a procesos de trabajo específicos; no obstante, es su amplitud lo que permite que existan múltiples interpretaciones en torno a la sustentabilidad.

### El Desarrollo Sustentable

El concepto de desarrollo sustentable, tal como se difunde actualmente, puede ubicarse en 1983, cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por Gro Harlem Brundtland, quien fuera primer ministro de Noruega. El equipo de trabajo, también denominado Comisión Brundtland, efectuó estu-

dios, disertaciones, análisis, debates y consultas públicas, por todo el mundo, durante tres años aproximadamente, finalizando en abril de 1987, con la publicación y divulgación del informe llamado Nuestro Futuro Común mejor conocido como El Informe Brundtland.

En este documento se señala con claridad que la sociedad debe modificar su estilo y hábitos de vida, si no se quiere que la crisis social y la degradación de la naturaleza se extiendan de manera irreversible. Nuestro Futuro Común reconoce que hay asimetrías entre los países y que se profundizan con la pobreza de las naciones en desarrollo; a pesar de esto, la Comisión Brundtland propone objetivos comunes, en un intento de generar una amplia aceptación para unificar las posiciones e intereses de países y sociedades diversas que hacen compleja la interpretación de la idea de sustentabilidad. En el Informe Brundtland se define el concepto de “Desarrollo Sustentable”, de la siguiente manera:

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. Encierra en sí, dos conceptos fundamentales:

- El concepto de “necesidades”, en particular la necesidades esenciales de los pobres a los que debería otorgarse prioridad preponderante;
- La idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social entre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Por consiguiente, los objetivos del desarrollo

económico y social se deben definir desde el punto de vista de su sustentabilidad.<sup>1</sup>

Esta definición es la más conocida y, de hecho, es la raíz de la cual se desprenden otras conceptualizaciones respecto de la sustentabilidad. La intención básica del desarrollo sustentable es crear un proceso que permita el desarrollo social, pero de una manera en la que, para las generaciones venideras, deben seguir permaneciendo los recursos naturales y los ecosistemas que garanticen un bienestar y una calidad de vida adecuados.

El desarrollo sustentable no deja de ser desarrollo, pero con un adjetivo que lo califica: sustentabilidad; es decir, debe tener una serie de atributos y características que le permitan su capacidad de permanecer y reproducirse a niveles cada vez más amplios.

Al hablar de un "tipo de desarrollo que permita satisfacer las necesidades de la generación presente, sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas", es posible observar dos planteamientos; por un lado, existe un componente ético relativo al hombre, pues al pensar en generaciones futuras y no sólo en las generaciones actuales la única razón a la que puede recurrirse es al principio de solidaridad, que es un principio ético; por otro lado, tenemos un componente ecológico relativo a la naturaleza, al hablar de la necesidad de mantener la capacidad de recuperación del ecosistema. Ambos planteamientos se unen en el desarrollo sustentable pensando en una relación en donde los dos salgan beneficiados.

El desarrollo sustentable requiere de una política donde toda actividad productiva se ocupe de satisfacer las necesidades de la población actual, y se preocupe por atender las necesidades de las generaciones futuras, en función de los recursos disponibles, lo que implica orden y límites que deben establecerse a la organización social actual.

A pesar de que en el Informe Brundtland se especifica lo que es Desarrollo Sustentable, el

tema queda abierto a distintas interpretaciones pues, en su apartado de conclusiones, Nuestro Futuro Común señala sólo vaguedades para hacerlo operativo:

En su sentido más amplio, la estrategia para el desarrollo sustentable tiende a promover las relaciones armoniosas de los seres humanos entre sí y entre la humanidad y la naturaleza. La consecución de un desarrollo sustentable requiere:

- un sistema político democrático que asegure a sus ciudadanos una participación efectiva en la toma de decisiones;
- un sistema económico capaz de crear excedentes y conocimiento técnico sobre una base autónoma y constante;
- un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente;
- un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones;
- un sistema internacional que promueva modelos duraderos de comercio y finanzas; y,
- un sistema administrativo flexible y capaz de corregirse de manera autónoma.<sup>2</sup>

A partir de estas recomendaciones se puede establecer que, para lograr la sustentabilidad, es cuestión de buena voluntad, sobre todo de los gobiernos del mundo, ignorando o bien omitiendo deliberadamente, que se vive en un mundo donde los sistemas económicos y políticos contradicen todo principio de sustentabilidad. Lo que cuenta es la sinceridad en la persecución de dichos objetivos y la eficacia con que se corrigen sus desviaciones. En este sentido, el desarrollo sustentable es un proceso de estudio y adaptación, más que un estado definitivo<sup>3</sup> por tanto podemos afirmar que nunca se alcanzará.

Al plantearse de forma tan amplia, el concepto de desarrollo sustentable da espacio, por la falta de certeza en cuanto a la escala geográfica y temporal de su aplicación, a que se genere un debate en torno a su interpretación.

Sin embargo, el desarrollo sustentable se ha convertido en el referente obligado al que se ha sumado la mayoría de las naciones y sus gobiernos; pues el discurso se legitimó, oficializó y difundió ampliamente a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente

<sup>1</sup> CMMAD, *Nuestro Futuro Común*, Madrid, Alianza Editorial, p. 67.

<sup>2</sup> *Ibidem*, pp. 91-92.

<sup>3</sup> *Ibidem*, p. 92.

y Desarrollo, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, conocida como "Cumbre de la Tierra".

La Agenda 21 es un marco de referencia para normar el proceso de desarrollo, acorde con los principios de la sustentabilidad. Fue el resultado más importante de la Cumbre de Río.

De esta forma, desarrollo sustentable ha pasado a ser una expresión que no debe faltar en los discursos políticos o académicos, a sabiendas de que quienes la enuncian por lo regular ignoran cuál es su significado y nunca harán ningún esfuerzo por convertir esas palabras en realidad tangible.

### LOS DISTINTOS ENFOQUES.

Como es lógico, dada su carga moral, el desarrollo sustentable tiene aceptación universal y no tendría por qué presentarse a debate, pero la unanimidad en torno al concepto no ha significado la unanimidad de criterios, de hecho de él se dan varias interpretaciones, algunas incompatibles entre sí. El desarrollo sustentable es un concepto que, por su falsa sencillez, provoca confusiones, algunas verdaderas, otras deliberadas y unas producto de la ignorancia pues, sin conocimiento de causa, actualmente hay grupos, individuos y Estados que declaran ser "sustentables", porque equivale a ser "actual", defensor de la naturaleza y con cualidades morales muy por encima de los mundanos intereses de la política.

Así es como existe una discusión estéril entre lo que es sostenible y lo que es sustentable, se buscan las diferencias entre los términos y existe quien llega a sacar conclusiones sorprendentes aunque, lamentablemente, sin valor alguno; como las siguientes: sostenible se refiere a lo local, sustentable a lo global; sostenible es la teoría, sustentable es la aplicación; sostenible es permanente en el tiempo y el espacio, sustentable es lo inmediato y concreto.

Las disertaciones anteriores son resultado de la falta de información, pues la única diferencia entre una y otra denominación es la traducción que se hizo del término en inglés *sustainable development*, algunos hablantes hispanos lo tradujeron como sostenible y otros como sustentable, de hecho lo que denota el término sustentable es su origen mexicano, pues es en

México donde se emplea, mientras que en el resto del mundo de habla hispana se prefiere hablar de desarrollo sostenible.

Lo que sí es un hecho es la abundancia de definiciones parciales, manipuladas, confusas o erróneas que deforman la idea verdadera. Habiendo así una disputa por la comprensión e interpretación del desarrollo sustentable.

El doctor Paolo Bifani, en su obra Medio Ambiente y Desarrollo, opina que las múltiples definiciones de sustentabilidad por lo general aíslan algunos elementos del cuerpo orgánico conceptual del cual son parte integral, de esta manera Bifani distingue y describe cuatro enfoques:

#### *El enfoque ecologista.*

Este enfoque reduce el concepto a la mera sustentabilidad ecológica, preocupándose solamente de las condiciones necesarias para mantener la vida humana a lo largo de las generaciones futuras y desentendiéndose del aspecto distributivo. Enfatiza los límites ecológicos y la imposibilidad de crecimiento continuo en un planeta finito. No resalta la solidaridad con las generaciones futuras y no considera los aspectos distributivos entre las generaciones actuales.

La idea subyacente es que el desarrollo sustentable requiere que la magnitud del sistema económico se mantenga dentro de los márgenes de la capacidad de carga de la naturaleza. La sustentabilidad sólo puede entenderse como desarrollo sin aumentos cuantitativos por ser éstos imposibles, más allá de una escala que exceda la capacidad de carga.

El enfoque puramente ecológico no identifica los requisitos económicos y sociales de la sustentabilidad, limitándose por consiguiente, a la prescripción de un crecimiento poblacional y económico cero, sostiene que una gran parte de la contaminación y del daño a la naturaleza es causado por las tendencias de la sociedad hacia el incremento de la producción y el consumo.

#### *El enfoque intergeneracional*

En este enfoque el desarrollo sustentable se refiere a la necesidad de preservar la naturaleza, a fin de que las generaciones futuras pue-

dan maximizar sus opciones en su aprovechamiento e incrementar así su bienestar. La definición se centra en la responsabilidad de la actual generación respecto de las futuras. El desarrollo sustentable consiste en ser justo con el futuro, por lo que la generación presente debe desarrollar los medios para que los que vendrán hereden los mismos recursos con los que hoy se cuenta.

El enfoque intergeneracional ignora la posibilidad de aumentar el acervo de recursos por nuevos descubrimientos, mayores conocimientos y avances tecnológicos y la posibilidad de sustituir recursos escasos por otros abundantes.

El enfoque puramente intergeneracional es también controvertido por el énfasis en la solidaridad con el futuro, ignorando el presente. Se ignora el aspecto distributivo, pues hay un énfasis en la equidad intergeneracional, en detrimento de la equidad intrageneracional.

#### *Enfoque económico.*

Este enfoque puede argumentarse a partir del informe Brundtland que dice lo siguiente:

“Vemos la posibilidad de una nueva era de crecimiento económico que ha de fundarse en políticas que sostengan y amplíen la base de recursos del medio ambiente; y creemos que ese crecimiento es absolutamente indispensable para aliviar la gran pobreza que sigue acentuándose en buena parte del mundo en desarrollo”.<sup>4</sup> El crecimiento económico a ultranza se ve como condición del desarrollo sustentable.

Se dice que el desarrollo sustentable debe combinarse con el crecimiento económico, con el fortalecimiento de la competitividad, con una mejor gestión de la naturaleza y con la biodiversidad, así como con un descenso, en términos absolutos, de las emisiones peligrosas para el medio ambiente. Esta concepción apuesta por un “crecimiento inteligente” de la economía, suponiendo que disminuye la presión general sobre el medio ambiente.

Se sostiene que es natural que la humanidad luche por el continuo crecimiento de la produc-

ción y el consumo. La idea básica es que el crecimiento económico es una condición necesaria para aumentar la protección y la renovación medioambiental. El crecimiento económico se considera vital para el desarrollo sustentable del mundo.

#### *Enfoque sectorial*

La sustentabilidad es en esta perspectiva sólo una de las propiedades o criterios para medir el desempeño de una actividad productiva en concreto. En este sentido se refiere a que un sector productivo en específico será sustentable, si es que el proceso productivo no impacta al medio ambiente y, a la vez, sea redituable en lo económico. El enfoque sectorial se limita sobre todo a planear adecuadamente las actividades a desarrollar, realiza planes diversos de uso de recursos naturales, efectúa estudios regionales de ordenamiento de recursos, estudios costo-beneficio de proyectos de desarrollo, estudios de riesgo y de impacto ambiental, con un rango micro de regionalización y seleccionando la tecnología menos dañina a la naturaleza. Además, los procesos productivos deben ser compatibles con la vocación de uso del suelo, a la vez que, en la organización social se toman decisiones consensuadas y los beneficios económicos de la producción se distribuyen equitativamente entre los actores participantes del proceso productivo.

Este enfoque es sumamente restringido, tanto en espacio como en actividad y en número de individuos involucrados; sin embargo, hasta el momento ha sido la única manera de hacer operativas algunas ideas de la sustentabilidad, pero es claro que casos aislados, en pequeña escala y sectoriales, no son, ni llevarán nunca a un desarrollo sustentable. Actividades como la agricultura sustentable, el ecoturismo la industria limpia, la pesca sustentable, etc, son resultado de enfoques sectoriales del desarrollo sustentable.

Un enfoque más que Bifani no considera, pero que también existe, es el de la sustentabilidad por gestión.

#### *Sustentabilidad como gestión.*

El punto de partida de este enfoque es que la humanidad está obligada a cultivar y conservar la tierra como un buen gestor. Los riesgos medioambientales del crecimiento económico no

<sup>4</sup> *Ibidem*, pp. 21-22.

se consideran insuperables y existe un optimismo generalizado sobre la disponibilidad futura de recursos naturales. Según este enfoque, se encontrarán las soluciones tecnológicas para la mayoría de los problemas ambientales. Los cambios ecológicos y económicos graduales producirán los resultados necesarios y asegurarán una gestión aceptable del mundo natural. La política ambiental se ve como un impulso necesario y bienvenido para el cambio, para la renovación técnica, económica y cultural. Se considera que el desafío del desarrollo sustentable es una causa decisiva de innovación y mejoramiento de la estructura económica. La contribución de las nuevas tecnologías a la consecución de objetivos medioambientales es amplia. Se cree que la integración del medio ambiente y la economía se realizarán por medio de revoluciones tecnológicas.

El desarrollo sustentable tiene que ver, por consiguiente, con la formulación, concertación y gestión de un nuevo tipo de políticas públicas, así como con el potenciamiento de los actores sociales colectivos, de tal suerte que las decisiones concertadas y planificadas, que guíen las actuales y futuras inversiones públicas y privadas, tomen en cuenta los criterios de balance y resguardo de la capacidad reproductiva y regenerativa de los distintos tipos de capital: el humano, el natural, la infraestructura física, el económico y financiero y, finalmente, el institucional.

## CONCLUSIÓN

A partir de los principales enfoques podemos observar que las posiciones extremas oscilan entre las que creen que es posible crecer físicamente y aquellas que consideran que el desarrollo sustentable tiene que ver más con la protección y conservación de la naturaleza. Cada uno de ellos es una expresión cerrada, de un punto de vista particular, de un grupo que enfoca "su verdad", pero que no toma en cuenta la verdad que encierran los puntos de vistas de los demás, las diversas interpretaciones se determinan por el contexto socioeconómico, político, científico e ideológico que rodea a quien expone su posición sobre la sustentabilidad. Esto hace concluir que se trata de un concepto difuso, de difícil delimitación y definición absoluta, cuyo atractivo consiste en que pretende solucionar los dos grandes problemas causa-

dos por el crecimiento económico la desigualdad social y la crisis ecológica sin renunciar al desarrollo.

A pesar de su rápida aceptación y divulgación como expresión concentrada de un estilo de desarrollo más humano y equitativo, se destaca el carácter ambiguo de esta tesis, lo que ha condicionado la aparición de múltiples definiciones del desarrollo sustentable, en función de los intereses de los actores y de las circunstancias concretas de cada caso.

A pesar de dichas divergencias, que se mantienen hasta ahora, la discusión ha contribuido, al menos, a la aceptación de que el desarrollo sustentable constituye un concepto multidimensional que involucra, como mínimo, dimensiones económicas, sociales y ambientales. Es decir, se trata de una idea amplia y compleja, que desborda el constructo teórico tradicional de las ciencias y que, a la vez, es una idea que no puede materializarse, por lo que es necesario un ejercicio interdisciplinario de acercamiento y reconocimiento en un intercambio racional de ideas de las diversas ramas del conocimiento en torno a la propuesta de sustentabilidad, pues ésta puede y debe abordarse desde diversos ángulos y saberes para dar solución al deterioro social, económico y ecológico.

El concepto de desarrollo sustentable es un concepto fluido que continuará evolucionando a través del tiempo, e incluso puede cambiar de denominación; sin embargo, todo parece indicar que la idea de fondo, la de hacer compatible el medio ambiente con el desarrollo, seguirá vigente mientras la humanidad no supere esta contradicción, pues la idea de un medio ambiente amenazado, ha pasado a formar parte de la conciencia colectiva.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bifani, Paolo. *Medio Ambiente y Desarrollo*, Universidad de Guadalajara, 699 pp, 1997.
2. Enkerlin, Ernesto C *et al.*, *Ciencia Ambiental y Desarrollo*, Ed. Thomson, México, 666 pp, 1999.
3. Meza, Leonardo (compilador). *Medio Ambiente y Desarrollo*, Fundación Friedrich Ebert, México, 1993.  
Riechman, Jorge *et al.*, *De la economía a la ecología*, Ed. Trotta, 1995.

# Publicaciones ULSA

**E**stadística  
para ejecutivos e  
Investigadores



UNIVERSIDAD LA SALLE

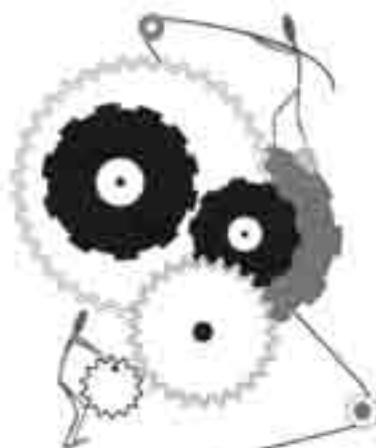
**M**atemáticas  
Básicas y  
Financieras



UNIVERSIDAD LA SALLE

760

**M**ecánica



UNIVERSIDAD LA SALLE

O. Bulbulián

**Q**ímica  
aplicada para  
INGENIEROS CIVILES



UNIVERSIDAD LA SALLE

O. Bulbulián

**C**modelos  
uantitativos  
de Optimización  
*(aplicación de gestión)*



UNIVERSIDAD LA SALLE

O. Bulbulián

++ ++  
-- --  
++ ++  
== ==  
√ √ √ √  
x x x x

# Ecoturismo en México: Arrecifes Coralinos <sup>1</sup>

Ma. del Consuelo Carranza y Simón.  
Investigadora del Área de Ciencias Exactas y Naturales  
Posgrado e Investigación  
UNIVERSIDAD LA SALLE  
e-mail: ccarran@ci.ulsal.mx

Recibido: Julio de 2002. Aceptado: Agosto de 2002.

*Los bosques de coral petrificado  
trenzan sus brazos de cobre  
debajo de la noche de agua.  
Entre las estatuas sin ojos  
aparecen erizos de piel ígnea:  
son las gotas de sangre  
que sangra el sol seco desde lo alto.*

**Maite Villalobos.**

## INTRODUCCIÓN

La Comisión de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1985) –Reporte Brundtland–, se propuso elaborar nuevas formas de evaluar y medir el progreso dirigido hacia un desarrollo sostenible,<sup>2</sup> mismo que, años más tarde, retomaron los participantes a la Conferencia de Río (1992) –Agenda 21. El término “desarrollo sostenible” modificó la concepción de turismo tradicional –depredador de recursos–, por el de un turismo de respeto que permitiera retomar la simbiosis hombre–turismo–naturaleza. Esta modalidad turística busca el desarrollo sostenible, cuyo fin es restaurar, recuperar y preservar el entorno que es objeto de visita. El turismo de naturaleza o ecoturismo es la alternativa que permite convivir con la naturaleza de forma responsable y respetuosa, tomando en cuenta tres requisitos:

a) Contribuir a la conservación local,

- b) Incluir la participación comunitaria significativa y
- c) Ser rentable y autosuficiente.

A) *Una visión general sobre el ecoturismo en México.*

La diversidad biológica, la variedad de ecosistemas y la riqueza arqueológica de México representan una gama de opciones para el desarrollo del ecoturismo en nuestro país. A través de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente (LEGEEPA), se creó el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), que tiene como objetivo armonizar los imperativos ecológicos con el desarrollo económico y social de México, de acuerdo con los patrones de sustentabilidad. Actualmente, el SINAP cuenta con 127 Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Esta riqueza brinda al viajero la posibilidad de elegir desde bellas sabanas, bosques tropicales, de coníferas, oyameles y manglares, hasta el avistamiento de ballenas, santuarios de mariposas monarca o buceo en las aguas claras y cálidas del Caribe mexicano para admirar las caprichosas formas creadas por la naturaleza en los arrecifes de coral. Todo este patrimonio natural y cultural con el que cuenta Méxi-

<sup>1</sup> Trabajo presentado en el VI Congreso Interamericano sobre Medio Ambiente, en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 1999.

<sup>2</sup> Desarrollo sostenible es aquél desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades" (Reporte Brundtland).

co debe aprovecharse, por un lado, para favorecer la sustentabilidad y, por el otro, en beneficio del desarrollo económico local, regional y nacional de nuestro país.

*B) Una visión general sobre los corales (clasificación científica).*

Los corales –cuyo nombre científico es *Colpophyllia natans*<sup>3</sup>– se consideraron plantas hasta el siglo XVIII,<sup>4</sup> siendo en realidad pequeños animales llamados pólipos, que al nacer presentan formas medusoides y, al llegar a la edad adulta, se fijan a un sustrato y cambian de aspecto.

Los filones construidos por colonias de algas calcáreas, y no corales, se desarrollaron hace dos mil años, aproximadamente a mediados de la última era precámbrica; en la paleozoica, los corales, las esponjas y las algas calcáreas hicieron crecer sus comunidades; y, durante la mesozoica, los corales duros se convirtieron en constructores predominantes. Sin embargo, al final de esta era desapareció un gran número de las familias coralinas, y en el período terciario las especies de corales conformaron los filones, presentando similitudes con la especies actuales.



Boca



Base de Pólipo



Pólipo completo de coral



Tentáculos de pólipos

Los pólipos se componen de epidermis y gastrodermis, la capa del no-tejido fino que se encuentra entre éstos es el mesoglea. Cada coral secreta sustancias calcáreas que conforma un duro esqueleto externo. Se dividen en dos tipos: perfore e imperforate; los primeros son los corales que tienen esqueletos porosos con las conexiones entre los pólipos, a través del esqueleto, y los imperforate, que son los de esqueletos sólidos.

El nombre de coral se le da a los miembros de una amplia clase de invertebrados marinos, pero de manera general se puede decir que se trata de pólipos que al reunirse forman las llamadas colonias de coral. Algunas especies de corales establecen una relación celular con ciertas algas, con las que viven simbióticamente,<sup>5</sup> aprovechando los desechos metabólicos de éstas, con el objeto de desarrollar sus propias funciones. A este esqueleto productivo es al que se denomina coral, mismo que se subdivide en dos subclases, según las diferencias que presenta su simetría radial.

La clase *Anthozoa* se divide en tres subclases: la primera subclase –*Octacorallia*–, el pólipo cuenta con ocho tentáculos de ramificación lateral o brazos, en los *Octacorallians* se incluyen las gorgonias (abanicos de mar), los corales de tubo de órgano y los corales suaves, formando colonias. Los miembros de la otra subclase –*Zoantharia*–, raramente se ramifican lateralmente. Estos pólipos se caracterizan porque tienen tentáculos en múltiplos de seis, entre los

<sup>5</sup> Es la asociación en beneficio mutuo.

<sup>3</sup> SEDESOL, *Áreas Naturales Protegidas de México*, México, p. 439, 1993.

<sup>4</sup> Según la información con la que se cuenta fue hasta 1722 que el naturalista Peyssonnel cambió la visión en las investigaciones. Hasta entonces se consideraba al coral como un arbusto marino blando que al contacto con el aire cambiaba de textura y se endurecía. Se pensaba que esta planta sufría una mutación y se convertía en un mineral rojizo. [www.marenostrum.org](http://www.marenostrum.org). Texto de Joseph Ma. Dacosta, 26 de abril de 1999.



que están los corales negros y los corales de Filón—edificio, que también se conocen como “corales duros” o “corales pedregosos”, y el coral de piedra; los *Zoantharians*, pueden desarrollarse solitarios o en colonias. Los corales desarrollan muy diversas formas de crecimiento, como son:



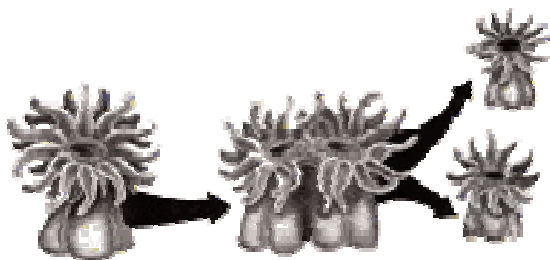
La *Octocorallians*, tiene ocho tentáculos



La *Zoantharians*, cuenta con tentáculos múltiples de seis

### I. Colonias.

Las colonias tienen su origen en la unión de pólipos solitarios; estas colonias tienen un diámetro que va desde uno a tres mm, y se conectan lateralmente por medio de tubos que son una extensión de las cavidades gastrovasculares de los pólipos. Los corales se reproducen sexual y asexualmente, un pólipo puede hacer uso de estas dos formas durante el transcurso de vida. Su reproducción sexual es por fertilización interna o externa, los huevos fertilizados son empollados por el pólipo, que después se convierten en larvas de la libre-natación. Al colocarse la larva en un sustrato se convierte en pólipo.



Reproducción de Corales

La construcción en la que viven los pólipos son los depósitos de sus predecesores, de modo que las distintas construcciones dependen de la especie de que se trate.

### II. Arrecifes Coralinos.

Se encuentran en la parte relativamente superficial del suelo marino. Se constituyen por una acumulación en forma de roca de esqueletos de calcio de animales coralinos, como el alga roja y otros. Los arrecifes crecen de uno a 20 cm por año y son tropicales, se extienden cerca de 30° al norte y al sur del ecuador y habitan únicamente en las aguas no menores a los 20°C (68°F); es decir, en aguas tropicales tibias.<sup>6</sup>

Los arrecifes no se encuentran en aguas profundas sino en las cercanas a la superficie marina, de manera que la luz les penetre fácilmente. La causa de lo anterior radica en que en los arrecifes viven las algas simbióticas llamadas *zooxanthellas* sin las que los corales no son capaces de sobrevivir; éstas requieren de luz para hacer su fotosíntesis. Entre las funciones principales de las *zooxanthellas* está la de proporcionar el carbón a los corales, con el que incrementa su energía. Ya satisfechas las necesidades de carbón, sólo les queda recibir el nitrógeno y el fósforo que requieren estos animales, elementos que absorberán a través de la comida.<sup>7</sup>



Arrecifal de Coral<sup>8</sup>

<sup>6</sup> “Coral”, *Microsoft Encarta 98 Encyclopedia*, Microsoft Corporation, 1993–1997.

<sup>7</sup> Nybakken W. Janes & Webster K. Steven, “Life in the Ocean”, *Scientific American*, vol 9, núm. 3, Nueva York, USA, pp. 72-87, 1998.

<sup>8</sup> [Http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-10b.htm](http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-10b.htm)

La dependencia que tienen los corales de las algas varía dependiendo de las especies y de su localización. Los esqueletos coralinos son la base de los arrecifes, junto con los corales hydrozoas, las algas proveedoras de calcio, los moluscos y las esponjas.

#### a) Formas de Vida.

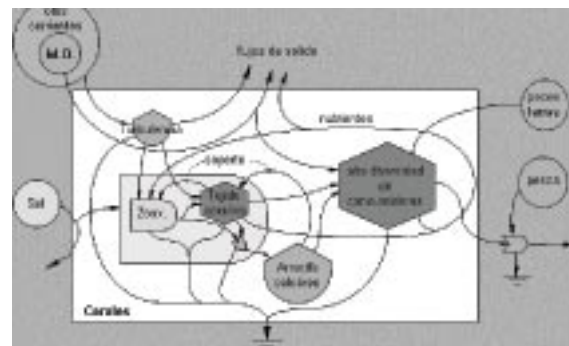
Se tuvo durante mucho tiempo la creencia que los corales se desarrollaban en el fondo de los mares tropicales y que las siguientes generaciones habían crecido encima de los esqueletos muertos del carbonato de calcio. Los arrecifes de coral son ecosistemas con estructuras definidas, compuestas, en una de sus partes, por plantas fotosintéticas, entre las que están las *zooxanthellas*, y algunos consumidores. La otra parte de los arrecifes consiste en pólipos vivientes.

Alrededor de los pólipos hay un esqueleto de calcio que contiene filamentos de algas verdes, sin embargo, no es esta clase de alga la única que cohabita con los corales, hay otra, por ejemplo, que crece en la superficie de los viejos depósitos esqueléticos. Esa alga y otras plantas semejantes se convierten en los productores primarios (de la cadena alimenticia).

Las *zooxanthellas* fotosintéticas y los filamentos de alga verde proveen de alimento energético a los pólipos coralinos. Los animales coralinos sólo se alimentan por la noche, y lo hacen de plancton –*zooplankton*–, al cual capturan con sus tentáculos o brazos; sin embargo, es importante precisar que los animales coralinos no hacen presa al plancton por las calorías que contiene sino por la cantidad de nutrientes que les aporta, fósforo especialmente.<sup>9</sup>

Por medio de la digestión, los corales liberan estos nutrientes que llegan a las algas. El ciclo del coral y las algas consiste en el intercambio de nutrientes, mismos que no podrían obtenerse del agua. Se considera que el 90% del total de la fotosíntesis y del aporte de oxígeno a la atmósfera se realiza en los océanos. El primer eslabón de la gran cadena alimenticia del mundo acuático es el fitoplancton.

En el ecosistema se encuentran peces herbívoros como el colorado pez mariposa, el golfillo de mar, el pepino del mar, y las estrellas, así como numerosas especies de moluscos que se alimentan de algas. Escondidos en las cuevas, detrás de los arrecifes y sobre las rocas, se pueden hallar diversos animales y tiburones. Las burbujas salen de los arrecifes, millones de peces nadan en grupos de día sobre las murellas de calcio y de noche duermen en su interior, entre estos animales están los *pteroceasiotile*. Los numerosos micro habitantes y la productividad del arrecife soportan una gran diversidad de vida marina que hace de los arrecifes coralinos una manifestación ecológica muy atractiva para cualquier ser humano.<sup>10</sup> Al morir los corales, los esqueletos de piedra calcárea son invadidos por algas no simbióticas de vida.



Ecosistema de arrecifes de coral M.O. partículas de materia orgánica en el agua <sup>11</sup>

#### b) Clases de arrecifes.

De acuerdo con la teoría de Charles Darwin, los arrecifes coralinos son de tres tipos: el filón de franja –orla–, de barrera y de atolón. Los de franja se extienden hacia la superficie de la orilla de la playa de una isla o de tierra firme; se encuentran comúnmente en las islas del Pacífico Sur, las islas hawaianas y en partes del Caribe. Los de barrera están más lejos de la orilla, con un canal o un lago entre el arrecife y la orilla, pueden admirarse en el Caribe y en la zona Indo-Pacífico, como es el caso del gran filón de la barrera australiana nortea, catalogado como el filón más grande del mundo con una extensión de 2 mil kilómetros. Los de atolón son islas coralinas, normalmente consisten en un arrecife estrecho con forma de herradura, en el centro

<sup>9</sup> Coral Reef, Microsoft Encarta 98, Enciclopedia, Microsoft Corporation, 1993-1997.

<sup>10</sup> *Íbidem*

<sup>11</sup> <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-10b.htm>

del cual se encuentra una laguna poco profunda, el atolón más grande es el Kwajalein, que rodea una laguna y mide noventa y siete kilómetros de largo.

#### Tipos de Filones



De Franja

De barrera

De atolón

#### c) Sistemas arrecifales más importantes del Mundo

El mayor sistema arrecifal a nivel mundial es la Gran Barrera Arrecifal, localizada en la costa oriental de Australia y los arrecifes aledaños del sudeste asiático, tanto por su tamaño como por su riqueza de especies. El segundo en importancia se ubica frente a las costas de Belice, junto con los arrecifes de Quintana Roo, México, Guatemala, y Honduras. El del Mar Rojo, aunque es uno de los más visitados, no es comparable a los anteriores ni por su tamaño ni por su estado de conservación.<sup>12</sup>



Zonas Arrecifales del planeta

#### d) Arrecifes del Caribe Occidental

El Sistema Arrecifal del Caribe Occidental se encuentra a lo largo de las costas de México, Belice, Guatemala y Honduras. Su extensión es de aproximadamente mil kilómetros y está conformado por una gran variedad de ecosistemas. La porción mexicana es de tipo bordeante; en la parte norte hay arrecifes relativamente someros que van desde Cancún hasta Punta Marona y,

finalmente, un importante desarrollo arrecifal profundo desde Puerto Aventura hasta la frontera con Belice.<sup>13</sup>

La costa occidental de Cozumel presenta arrecifes profundos, mientras en la oriental se encuentran porciones con macizos y canales. Al final está el Banco Chinchorro, que es una plataforma arrecifal de forma ovalada que cuenta con un importante desarrollo y una gran diversidad de ambientes.

En Belice los ecosistemas arrecifales son considerados únicos en el hemisferio occidental por su tamaño y variedad, así como por el desarrollo de los corales en condiciones prístinas.

Entre las características geofísicas que presentan, se encuentra la conformación de un arrecife de barrera casi continuo en el borde de la plataforma y un complejo laberinto de parches arrecifales sobre una laguna arrecifal amplia y relativamente profunda.

En la costa norte, cerca de la frontera con México, en el Cayo Ambergris, y al sur entre Placentia y Punta Icacos, se encuentran los arrecifes bordeantes de Belice. Además, se presentan tres plataformas arrecifales: Turneffe Island, Lighthouse Reef y Glovers Reef.

El desarrollo arrecifal en Guatemala está limitado por la influencia fluvial que ejercen los ríos Motagua y Dulce sobre la Bahía de Amatique, por lo que los arrecifes presentan un menor grado de desarrollo y su distribución es más aislada en comparación con el resto de la zona. Sin embargo, estos son de gran interés científico por ser representativos de comunidades coralinas viviendo bajo presiones ecológicas naturales<sup>14</sup>.

En Honduras los arrecifes se dividen, por su ubicación, en dos grupos: los localizados en las islas de la Bahía, donde hay arrecifes de plataforma, bordeantes y de parche; y los de las islas de la Mosquitia, donde se hallan arrecifes bordeantes y de parches. Ambos grupos presentan una gran diversidad tanto en las zonas someras como en las profundas, contando con porciones de canales y macizos de gran belleza.

<sup>12</sup> INE, "Conservación y uso de los arrecifes en México", *Gaceta Ecológica*, núm. 42, p.33.

<sup>13</sup> *Idem.*, p. 33.

<sup>14</sup> *Op.cit.*, Conserva.

e) Arrecifes Mexicanos

Los casi diez mil kilómetros de litoral de nuestro país son bañados por aguas que presentan diferentes características, y que han permitido la gran diversidad de ecosistemas, flora y fauna marina. México cuenta con grandes formaciones arrecifales, como las que van desde el sur del Caribe mexicano, donde forman parte del sistema arrecifal beliceño, y que de manera discontinua llegan hasta Yucatán, a la plataforma continental de Campeche y frente a Veracruz. En el Golfo de México existen 30 formaciones arrecifales, las más importantes son: la Blanquilla, Isla de Lobos y de Enmedio, en la zona de Tampico-Tuxpan; la Gallega, la Galleguilla, Anegada de Adentro, Isla Verde, Sacrificio y Pájaros, en Veracruz; Chopas, Enmedio, Anegada de Afuera, Cabezo y Rizo; en la Plataforma de Campeche; Arcas, Obispo, Triángulos, Banco Nuevo, Banco Inglés, Arenas y Alacrán, además de los arrecifales caribeños.<sup>15</sup> Al sur de la Península de Baja California, entre La Paz y Cabo San Lucas, se encuentra Cabo Pulmo, arrecife considerado como el más norteño de todo el Pacífico Oriental.

La gran diversidad de corales formadores de arrecife, de acuerdo con la información de los investigadores Horta-Puga y Carricart-Gavinet, es de 63 especies, 46 de las cuales viven en el Atlántico y 17 en el Pacífico. México cuenta con once áreas naturales arrecifales protegidas:

➤ **Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano:** se localiza en el estado de Veracruz –en los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado–, su superficie es de 52,239 ha. Este sistema arrecifal está formado por 17 arrecifes, 11 de los cuales se encuentran frente a Antón Lizardo y los seis restantes enfrente del Puerto de Veracruz. Al noroeste se unen con el Sistema Arrecifal Veracruzano Norte –cuya ubicación es enfrente de la Laguna de Tamiahua–, y al este con el Sistema Arrecifal de Campeche y Yucatán.

La importancia de este sistema radica tanto en su tamaño, como en el número de especies que en él habitan. Entre las que se encuentran peces de mil formas y colores, esponjas, erizos,

estrellas, además de barreras de coral de fuego, cuernos de alce y arroz, conglomerados, redondos de coral, de cerebro y estrella, entre otros. Está formado por bajos, islas y arrecifes que se localizan en la parte interna de la plataforma continental del Golfo de México, elevándose desde profundidades cercanas a los 40 m. Presenta diferencias en las zonas expuestas al movimiento del oleaje y las zonas protegidas. Se decretó Parque Nacional en 1992.

**Amenazas:** deterioro por la sobreexplotación del coral dada la importancia económica que representa para los pobladores de las zonas costeras los corales y las conchas; así como la contaminación y la pesca mecanizada.

➤ **Parque Nacional Arrecifal Alacranes:** se localiza en el estado de Yucatán, a 130 km de la costa del Municipio de Progreso. Su superficie total es de 333,768 ha, y la zona de núcleo es de 31,669 ha. Lo constituyen cinco islas llamadas: Pérez, Chico, Lagarta, Deserto y Desterrada. La vegetación que se encuentra en estas islas es de dunas costeras. Cuenta con 24 especies de corales pétreos, localizados en la barrera, la laguna central y la costa occidental. Este atolón es el más norteño en el banco de Campeche, la forma de las islas que lo conforman es cambiante debido a las tormentas y las variaciones de dirección del viento. En 1994 fue decretado Parque Nacional.

**Amenazas:** explotación pesquera inmoderada, turismo no regulado, contaminación proveniente del lavado con detergentes tóxicos en los tanques de los buques, además de la contaminación por el petróleo.



Coral <sup>16</sup>

<sup>15</sup> [Http://www.txinfinet.com/mader/ecotravel/mexico/ecologia/98/0398golf1.htm](http://www.txinfinet.com/mader/ecotravel/mexico/ecologia/98/0398golf1.htm)

<sup>16</sup> <http://www.aquadec.net/spanish/austral/aust1.htm>

➤ **Parque Nacional Cabo Pulmo:** Se encuentra frente al municipio de Los Cabos, al sureste del estado de Baja California Sur, con una superficie de 7,111ha. Este arrecife es el único que se localiza en las aguas del Pacífico Este, sus formaciones coralinas representan un tipo de hábitat cuyas características ecológicas son importantes si se toma en cuenta su alta productividad biológica. En el fondo se localiza parte de una terraza marina que viene de tiempos geológicos, considerándosele uno de los arrecifes más antiguos del Pacífico americano, de acuerdo con restos paleontológicos encontrados recientemente.

En él viven una maravillosa fauna marina, como son los peces plateados, las mantarrayas y peces multicolores. Sin embargo el crecimiento de los arrecifes es más lento ya que éstas son aguas menos cálidas que las del Caribe. Se decretó Parque Nacional en 1995.

**Amenazas:** existe una presión adversa sobre los recursos del arrecife por las actividades que se desarrollan en la zona, por ejemplo, la pesca comercial y deportiva, el buceo deportivo y el turismo en general, la sobreexplotación de los recursos naturales -flora y fauna- y el aumento de la población en el área.

➤ **Parque Nacional Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc:** está en el estado de Quintana Roo –en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez–, su superficie es de 8,673.06 ha. Se localiza en tres polígonos: a) Costa Occidental de Isla Mujeres: 2,795 ha. b) Punta Cancún: 3,301 ha., y c) Punta Nizuc: 2,576 ha. Las formaciones coralinas más importantes son: Los Cuevos, Cuevas de Don Miguel, Chitales, El Túnel, La Bandera, La Iglesia, Punta Cancún y Punta Nizuc. En las cercanas a Isla Mujeres están: Los Manchones y El Garrafón. Los parches coralinos se desarrollan a profundidades entre los cinco y 12 m, en lo que se ha llamado barrera arrecifal interior. En las aguas más profundas –entre 20 y 25 m– existen formaciones de gran tamaño, donde pueden admirarse peces de diversos colores, corales cerebro, estrella, cuerno de alce, lechuga y más de 30 especies coralinas. En este parque marino la superficie terrestre es muy pequeña, ya que constituye únicamente el islote llamado “La Carbonera” en Isla Mujeres y, en Punta Cancún, se

encuentran tres pequeños islotes en donde se tiene el único registro en el país de dos especies de golondrina de mar (*Anous minutus* y *A. stolidus*), que anidan en ellos. Fue decretado Parque Nacional en 1996.

**Amenazas:** actividades turísticas no controladas, acciones en las operaciones de embarcaciones, pesca fortuita, contaminación del agua por aceites, aguas jabonosas y desperdicios, por construcciones al margen de la regulación establecida, además de las presiones sociales por la continua demanda de nuevos permisos para realizar actividades dentro del Parque, etc.



*Cresta arrecifal<sup>17</sup>*

➤ **Parque Nacional Arrecifes de Cozumel:** Se localiza en el estado caribeño de Quintana Roo –en los municipios de Cozumel y Quintana Roo– frente a las costas del estado. Alberga las formaciones arrecifales más importantes del Caribe mexicano, mismas que fueron reconocidas como las más bellas del mundo. Sus ecosistemas son: arrecifes coralinos, pastizales marinos, camas de algas, manglares, dunas costera, playas arenosas, playas rocosas, etc. Su superficie es de 11,988 ha. Su fauna es principalmente acuática, en él se hallan representados casi todos los grupos faunísticos, volviéndose un área de reservorio tanto de especies de flora, como de fauna marina. Algunas de las especies que alberga se encuentran en peligro de extinción o amenazadas, por lo que están sujetas a protección. En sus aguas transparentes y poco profundas viven esponjas rojas, cafés, amarillas y estrellas de mar, así

<sup>17</sup> Autor: Javier de la Maza Contreras

como conglomerados de coral de fuego, de cerebro, de lechuga y cuerno de ciervo.

**Amenazas:** Degradación de las estructuras coralinas, reducción de la biodiversidad, sobre-explotación pesquera, contaminación del agua y pérdida de hábitat originada por la elevada afluencia turística, la falta de educación ambiental, el crecimiento irracional de la infraestructura turística y la falta de la aplicación de la normatividad y en el desmedido crecimiento de prestadores de servicios. Dos puntos fundamentales son: la falta de educación ambiental y de los mecanismos que regulen las actividades. En particular, el acelerado desarrollo de la infraestructura turística y urbana a lo largo de la costa, combinado con el escaso cumplimiento a la normatividad ambiental existente, representa actualmente la mayor fuente potencial de deterioro para los ecosistemas arrecifales y para el entorno natural en general.

**Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro:** Se localiza en el estado de Quintana Roo, –en el municipio de Othón P. Blanco–, contando con una superficie de 144,360 ha. Los corales forman un cordón arrecifal que conforma la estructura morfológica. La composición de las especies coralinas se encuentra representada por haxacorales, octacorales e hidrozoarios que hacen un total de 93 especies, así como por la gran diversidad de tipos de corales, de gorgonáceos e hidrozoarios. A diferencia de los otros arrecifes mexicanos, éste no se desarrolla sobre la plataforma continental o insular, sino sobre una profunda cresta submarina. Es el arrecife más grande y presenta múltiples formaciones coralinas muy desarrolladas, constituyendo un sistema arrecifal en sí mismo. Es una de las zonas más productivas por la explotación de especies de alto valor económico. Esta Reserva fue reconocida por la UNESCO, previo análisis de la UICN<sup>18</sup> y la aprobación de la Oficina del Consejo Internacional de Coordinación del Programa MAB-UNESCO.

**Amenazas:** Principalmente la pesca ilegal de caracol rosado, las actividades turísticas no reguladas y el emblanquecimiento de corales, lo que modifica el entorno.

➤ **Parque Nacional Isla Contoy:** Se ubica en el estado de Quintana Roo –en el municipio de Isla Mujeres–, en el extremo poniente del canal de Yucatán, siendo su límite el Golfo de México y el Mar Caribe. Sus ecosistemas son: manglares, selva baja caducifolia y dunas costeras. La ausencia de agua dulce en la isla reduce el número de especies terrestres. Se considera el principal refugio de aves del Caribe mexicano. Alberga una de las colonias más relevantes de la costa atlántica de nuestro país, en ella se encuentra el pelicano café, anidan las tortugas marinas carey, la caguama y blanca. La flora marina es diversa y abundante, especialmente en Ixlache, arrecife que forma parte del Gran Arrecife Mesoamericano, –segundo en importancia en el mundo.

**Amenazas:** Incumplimiento de las normas en el Parque, inadecuada disposición de residuos sólidos, pesca prohibida, violación al reglamento respecto a las actividades de anclaje de embarcaciones, uso de snorkel, etc. Se decretó Parque Nacional en 1998.

➤ **Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an:** se localiza en el estado de Quintana Roo –en el litoral del estado, en los municipios de Carrillo Puerto y Solidaridad–, cuenta con una superficie de 528,147 ha. Sus ecosistemas: bosque tropical caducifolio, bosque tropical subperennifolio, vegetación acuática, subacuática y dunas. En la barrera se encuentran 60 especies de corales.

Forma parte del segundo más largo del mundo, en esta reserva existen diversos ambientes marinos representativos de las costas del estado. Esta Reserva fue reconocida por la UNESCO, previo análisis de la UICN<sup>19</sup> y la aprobación del Bureau del Consejo Internacional de Coordinación del Programa MAB-UNESCO.

➤ **Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos:** Ubicado en el estado de Quintana Roo, se decretó área natural protegida, con el objeto de preservar las especies de coral, peces, moluscos, crustáceos y otros organismos marinos. Forma parte del Gran Arrecife Mesoamericano. Se localiza en la Costa Caribe del municipio de Benito Juárez. En la laguna

<sup>18</sup> Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

<sup>19</sup> Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

arrecifal se desarrollan pastos marinos que retienen sedimentos, lo que evita la erosión de la costa y disminuye la fuerza del oleaje. En esta laguna y en el área arrecifal viven numerosas especies de peces, invertebrados y plantas, algunas de las que se encuentran amenazadas o sujetas a protección especial. Se decretó Parque Nacional en 1998.<sup>20</sup>

Se estima que en corto tiempo y siguiendo la política ambiental actual se sumarán a las anteriores tres Áreas Naturales más, con lo quedarán protegidas prácticamente todos los sistemas arrecifales más importantes de nuestro país.

- **Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.**
- **Parque Nacional Arrecifes de Puerto Aventura–Tulum y Punta Maroma**
- **Parque Nacional Arrecifes del Banco de Campeche.**<sup>21</sup>

#### *Turismo ecológico en los arrecifes coralinos.*

La importancia del turismo se puede valorar en todo el mundo, ya que es una fuente principal de ingresos para muchos países. El ecoturismo, en cierto sentido, busca continuar con estos beneficios además de exaltar el cuidado del medio ambiente. Como se puede concluir, el provecho que ofrece esta modalidad turística es en favor de la humanidad entera y no se limita a las generaciones presentes.

Según los datos otorgados por SEMARNAP, el turismo contribuyó con el 11% del producto bruto mundial en el año de 1995.<sup>22</sup> Es un tanto difícil determinar cuánto fue el ingreso económico del ecoturismo, principalmente porque es una empresa nueva y porque en muchas ocasiones se realiza de manera individual. Sin embargo, se ha calculado que la tasa de crecimiento del ecoturismo es cercana al 20% anual, con lo que en pocos años se comenzarán a notar sus resultados en el producto interno bruto de cada país.

Los arrecifes, como ya se anticipó al inicio de este trabajo, cuentan con un gran potencial ecoturístico, ya que su belleza y su poca exploración funcionan como ganchos para miles de turistas de naturaleza. Y si a lo anterior se suma que las playas son uno de los destinos más visitados, se concluye que con organización, normatividad y servicios necesarios, los arrecifes coralinos pueden estar fácilmente al alcance de todo visitante.



*Corales*<sup>23</sup>

México, como ya se estudió, es un país que alberga a lo largo de su territorio litoral inmensas formaciones coralinas que son materia del ecoturismo. Uno de los casos es el de Cozumel, en donde cerca del 70%<sup>24</sup> de los turistas tienen como principal atracción el buceo en el Parque Marino.

Según la SEMARNAP, los objetivos primordiales del ecoturismo radican en valorar los servicios ambientales, entre los que están:

- ❖ La biodiversidad como patrimonio apreciable de la población.
- ❖ Servicios escénicos y paisajísticos.
- ❖ Hábitat de especies carismáticas.
- ❖ Información biológica, cultural, evolutiva y ecológica.
- ❖ Calidad y valor agregado a los productos turísticos.
- ❖ Elementos y oportunidades de recreación.

<sup>20</sup> Toda la información sobre Áreas Naturales Protegidas se obtuvo de: <http://www.ine.gob.mx/unacnp/listan>

<sup>21</sup> INE, "Conservación y Uso Sustentable de los Arrecifes en México", México, pp. 24-25.

<sup>22</sup> *Ibidem*, p. 30.

<sup>23</sup> <http://www.aquadec.net/spanish/austral/aust10.htm>

<sup>24</sup> Autor. Claudio Contreras Koob.

El ecoturismo tiene muchas ventajas, ya que plantea la concientización y acercamiento con el medio ambiente, el cuidado y protección de los ecosistemas; además de contribuir con el crecimiento económico de las naciones y de implicar una forma de uso con bajos costos de oportunidad. Entre otras de sus ventajas está también la generación de empleos en la población local, que por convertirse en un centro turístico, incluye sueldos bien remunerados.

A diferencia del turismo convencional, el ecoturismo, por la naturaleza de lo que abarca, no está sujeto a modelos de actividades que limiten su ejercicio, ya que sus espacios territoriales son mayores; sus vías de realización, variadas y, favorablemente, sus necesidades económicas, menores.

El ecoturismo no puede verse como un desarrollo fragmentado e independiente en cada Área Natural Protegida donde se lleva a cabo, sino como un todo complementario que lleva a la nación entera hacia el perfeccionamiento ecológico y ambiental. Ello implica establecer políticas ambientales eficaces a escala nacional que, a la vez, se sumen a las internacionales.

Para la implantación de una política ambiental concerniente a esta modalidad turística se requiere el establecimiento de reglamentos y zonificación, así como de medios de evaluación del impacto ambiental, procesos de interacción aplicables a los lugares de visita e infraestructura.

Con la construcción de las Áreas Naturales Protegidas se instauran los mecanismos de concurrencia entre los diferentes órdenes del gobierno, el sector privado y la población local, de manera que los beneficios del ecoturismo en el ANP no se cierran a un ámbito de la sociedad. Los resultados se mostraron rápidamente y el crecimiento ha sido muy favorable en comparación al tiempo transcurrido, hecho que nos lleva a un futuro esperanzador.

El número sobresaliente de Áreas Naturales Arrecifales con que cuenta México, hace de vital importancia el desarrollo del ecoturismo en zonas coralinas para asegurar el patrimonio

natural, que estará protegido por la legislación, por los turistas y por los nativos.

#### Peligros que corren los corales:

La belleza natural que nos ofrecen los corales está en constante peligro por la ruptura inconsciente que logra la mano del hombre. Es por tanto necesario evaluar con frecuencia el desarrollo de las actividades que se realicen en la ANP, así como la aplicación de los programas de manejo y demás reglamentaciones.

Entre los principales peligros está la contaminación de agua, el calentamiento de las mismas y el choque de las embarcaciones. El último de los problemas se presenta constantemente debido a la inconsciencia e irresponsabilidad de los barcos pesqueros. Como fue el caso de un barco camaronero que este año quedó varado por una falla mecánica y dañó mil 57 metros del Parque Nacional de Islas Mujeres.

En marzo de 1998 se multó a Norwegian Cruise Lines por destrozar mil 500 m. cuadrados del Gran Arrecife Maya, el segundo más grande de todo el mundo.<sup>25</sup> Muchos otros daños se podrían mencionar, pero baste con los dichos.

#### 1. La decoloración de los corales:

Los arrecifes coralinos recientemente fueron afectados por la decoloración o emblanquecimiento, que implica la pérdida de los animales simbióticos llamados *zooxanthellas*. En 1979 y 1980 distintos incidentes causaron el emblanquecimiento de los arrecifes cercanos a Okinawa, de la isla del este, del noreste de Australia y del mar Caribe. Pero una pérdida mayor se dio en 1982 y 1983 en los arrecifes del este de África, Indonesia y la costa oeste de América Central y Suramérica.

Los sucesos de emblanquecimiento más dañinos y terribles ocurrieron durante un periodo de tres años, de 1986 a 1988, en áreas de

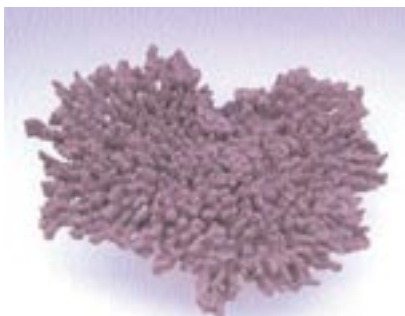
<sup>25</sup> [http://www.conexis.es/mpontes/coralreef/america\\_tropical/mexico.htm](http://www.conexis.es/mpontes/coralreef/america_tropical/mexico.htm)



Taiwán, Hawai, Fiji, isla Mayotte y el largo y magnífico sistema arrecifal de la Barrera. La causa de estos hechos es, en gran medida, desconocida. Los principales acercamientos llevan a la contaminación, al calentamiento global y a la radiación ultravioleta como posibles orígenes, sin embargo no se tiene total seguridad de que sea alguna de ellas.<sup>26</sup>

Las más recientes investigaciones indican que la causa debe ser el inusual calentamiento de las aguas. La temperatura óptima para el crecimiento de los corales se encuentra entre los 26 y los 27°C, de manera que temperaturas cercanas a los 29°C causan estrés en los corales y aumentan la velocidad en la fotosíntesis del *zooxanthellas*, creando grandes concentraciones de toxinas libres en el tejido de los corales. Parece que estos pólipos y corales estresados pueden expulsar a las *zooxanthellas*, dando lugar al emblanquecimiento.

Los corales decolorados son difícilmente regenerados, un arrecife toma varios años para recuperarse y, subsecuentemente, la reparación total se convierte en algo imposible. Sin las *zooxanthellas*, los corales están imposibilitados para tener su depósito, es decir, su esqueleto de carbonato de calcio, mismo que hace posible la fundación de un arrecife coralino. No sólo los corales sino todos los organismos coralinos pueden potencialmente perder su hábitat, debido a incidentes de decoloración, de la misma manera en que el esqueleto de carbonato de calcio está expuesto a la erosión o corrosión del arrecife.



*Coral Tabla*



*Corales*<sup>27</sup>

## 2. Principales peligros que corren los corales cuando se ejercita el buceo:

- El uso de lancha y el anclaje sobre ellos.
- El hecho de que al entrar al mar, o para descansar, se llegan a pisar los corales causándoles daños.
- La pesca en los arrecifes, que puede provocar la muerte de los peces al atorarse las redes.
- La extracción de objetos del arrecife, tanto vivos como muertos, con lo cual se afecta el curso natural del hábitat, en el que los

<sup>26</sup> Microsoft Encarta 98, Enciclopedia, *Op. cit.*

<sup>27</sup> <http://www.aquadec.net/spanish/austral/aust.htm>

corales muertos sirven de alojamiento para los animales vivos.

- ❑ El acercamiento a los corales vivos es menor al metro de distancia, así como cuando se tocan, sin saber que la menor presión puede causar su muerte.
- ❑ El acercamiento de las motos para agua a una distancia menor a los 50 m. del arrecife.

La belleza de los corales es comparable a su fragilidad, ya que cualquier tipo de alteración del medio provoca una ruptura de difícil o imposible regeneración. La simple turbulencia de las aguas, la sobrepesca, la sedimentación –procedente de la deforestación y de las granjas–, son actos que durante muchos años no fueron legislados para la protección de los ecosistemas, cuando han sido las fuentes principales de los daños a corales.

#### E) Programas Mexicanos de Protección.

En los últimos años el gobierno mexicano ha desarrollado una serie de programas preventivos para proteger a los arrecifes coralinos de todos los peligros a los que están expuestos. Uno de los más grandes logros se dio en junio de 1997, cuando el Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, se reunió con los presidentes de la República de Guatemala, de la República de Honduras y con el Primer Ministro de Belice para presentar una iniciativa que protegiera a los masivos arrecifes coralinos que cada uno de estos países tiene. Evento en el que se suscribió la Declaración Conjunta de Tulum.<sup>28</sup>

##### 1. Marco Institucional y Jurídico.

- La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), desde su creación (1994) estableció una estructura coordinadora que ha permitido la integración, planeación, gestión y manejo de los recursos naturales, de forma coherente con los procesos de transición de los medios de producción, tomando siempre en cuenta los costos ambientales.

- El Instituto Nacional de Ecología (INE) es la organización responsable de la planeación, manejo, aprovechamiento, conservación, preservación y restauración de los recursos y ecosistemas marinos.
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es el organismo que coordina las políticas nacionales para la conservación de la biodiversidad biológica.
- El Instituto Nacional de Pesca (INP), es el encargado de la investigación sobre los recursos, preservación y conservación de especies acuáticas bajo la protección especial de su hábitat.
- La Secretaría de Marina vigila, protege y resguarda la Zona Económica Exclusiva.
- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes se encarga de regular y administrar las actividades realizadas en los puertos, el registro de embarcaciones y el tráfico marino en cualquier modalidad.
- Las secretarías de Turismo y de Desarrollo Social se encargan de planificar y regular el desarrollo de las actividades en centros turísticos y urbanos de las zonas costeras.<sup>29</sup>

El marco jurídico, respecto a los diferentes aspectos de los mares y los recursos naturales, se encuentra sustentado en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El instrumento central de la gestión ambiental en México es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA), expedida en 1988 y reformada en 1996. En esta ley se integraron temas como: conservación de la biodiversidad, delitos ambientales, ordenamiento ecológico y lo relacionado con los recursos naturales. Es importante comentar que diversas leyes inciden en la regulación del aprovechamiento de los recursos marinos y costeros, como son: la de Pesca, la Forestal, la de Aguas Nacionales, la de Bienes Nacionales y la Federal del Mar, entre otras. De la LEGEEPA emanan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son el instrumento de política ambiental con el que se protege al medio marino y a sus recursos.

<sup>28</sup> <http://www.presidencia.gob.mx/pages/disc/jun97/05jun97.htm>

<sup>29</sup> Todos los datos anteriores se obtuvieron de: SEMARNAP, "México. Sustentabilidad de los océanos, políticas nacionales e internacionales", México, pp. 9-16, 1999.

La NOM-059-ECOL contempla lo relativo a las especies terrestres y marinas sujetas a alguna modalidad de protección especial y regula su preservación. De las 41 especies de mamíferos marinos reportados en México, 14 se incluyen en esta norma, así como diez especies de reptiles marinos, 23 especies de peces y 32 especies de invertebrados.

Existen otras 46 NOM que regulan el manejo de actividades pesqueras o extractivas y controlan los procesos de transformación, importación y pesca deportiva, así como el aprovechamiento y la conservación de los recursos pesqueros, la sanidad acuícola y los productos de la pesca. En estas normas también se busca la regulación y fomento sanitario industrial; sin dejar de lado lo relacionado con la seguridad, higiene y medio ambiente laboral. Además, hay normas vinculadas indirectamente con los medios marinos, dirigidas a moderar los efectos adversos derivados de los aprovechamientos forestales sobre flora y fauna silvestre, suelos y cuerpos de agua.<sup>30</sup>

Otro instrumento jurídico que apoya la ordenación de estas zonas son los Estudios o Manifestaciones de Impacto Ambiental.

## 2. Programas de Manejo Integrado.

Entre los esfuerzos del Gobierno Mexicano por preservar, cuidar y proteger la vida marina se halla el Manejo Integrado de Áreas Costeras y Marinas, que incluye los siguientes programas:

- ♦ Ordenamiento Ecológico en Zonas Costeras.
- ♦ Ordenamiento Ecológico Marino.
- ♦ Manejo Integral de Zonas Costeras.

A través de estos tres programas se busca salvaguardar las zonas costeras que presentan un importante crecimiento económico, turístico y de acuicultura, al igual que establecer los lineamientos y previsiones a los que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en las zonas marinas y costeras. El objetivo de estos programas es el

de ser un principio precautorio en el manejo de los ecosistemas, de los recursos y de cualquier proceso hidrológico.



*Los erizos (strongilocentrotus franciscanus) son importantes depredadores de algas que ayudan a mantener el equilibrio en los arrecifes coralinos<sup>31</sup>*

El coral ha sido utilizado a lo largo de la historia para la fabricación de medicinas, como complemento nutritivo y como fuente de variados platillos culinarios. También ha sido objeto de inspiración de artistas contemporáneos y antiguos. Por citar uno de los casos, pueden mencionarse los versos que Ovidio dedicó a los corales, en los que sostiene que son plantas suaves que, al sacarse del mar, se endurecen.

## CONCLUSIONES

La opción ecoturística abre al hombre en este milenio, la posibilidad de acercarse a los lugares poco explorados de su gran casa, es decir del planeta. Además de hacerlo consciente de la responsabilidad que tiene con lo que es más indefenso que él.

El establecimiento de las diferentes normas ha sido un gran paso, sin embargo son perfectibles, éste ha sido sólo el inicio en el camino de la planificación del hombre. El desproporcionado crecimiento poblacional implica un mayor número de recursos y de servicios para abastecer las necesidades de los consumidores; problema en el que el ecoturismo tiene una doble función:

- a) Concientizar a más individuos sobre la importancia del cuidado del medio ambiente.
- b) Establecer nuevos programas turísticos correspondientes a la demanda.

<sup>30</sup> *Ibidem.*

<sup>31</sup> Autor. claudio Contreras Koob.

El microcosmos de los arrecifes coralinos otorga al mundo una belleza incomparable, decenas de colores brillantes en las pieles de los peces, cuevas de innumerables salidas y crustáceos de distintas especies. Y aunque la existencia de un arrecife puede considerarse un privilegio para el país que lo hospeda, es mayor el privilegio de aquella nación que se comprometa a protegerlos de cualquier daño y los muestre a propios y foráneos con toda la luz que poseen.

Las políticas ambientales de cada país, en referencia a los arrecifes coralinos, tienen matices distintos, pero comparten la base sobre la que se edifican. Así, a modo de corolario, se agrega que los principios de manejo de los arrecifes deben inclinarse a:

- ❖ Delimitar el número de visitantes según la conveniencia con el medio.
- ❖ Conservar los ecosistemas inalterados y no afectar la estructura de los mismos.

- ❖ Ubicar, ordenar y legislar cualquier tipo de actividad que se realiza cerca de las zonas, ya sea turística, comercial o pesquera.
- ❖ Establecer proyectos de restauración y recuperación ecológica para las zonas dañadas.
- ❖ Reglamentar la construcción de áreas recreativas.
- ❖ Ofrecer los adecuados servicios turísticos con fines de promoción y organización.
- ❖ Buscar nuevas vías para obtener ingresos que financien la conservación, restauración y vigilancia de los ecosistemas.
- ❖ Evitar la producción de sedimentos en cualquiera de los casos que los afecten.

Sólo si se consideran estos objetivos podrá iniciarse una regla en la que se respete el medio ambiente y se logren los fines de los hombres. Y sólo cuando queden instauradas estas bases de cuidado, el ser humano podrá contemplar, con la sensibilidad de un niño, la formación de piedra que se genera en el mar y, tal vez, volver a ver en ella la cabeza de medusa, como lo hicieron los antiguos.

# Planeación y Desarrollo de Web Site

Bibiana Solórzano Palomares

Escuela Mexicana de Arquitectura, Diseño y Comunicación

UNIVERSIDAD LA SALLE

Recibido: Mayo de 2003. Aceptado: Julio de 2003.

## INTRODUCCIÓN

Con el advenimiento de la red mundial de información (World Wide Web) la posibilidad de una forma de presentación, sólo electrónica, de diversos documentos ha surgido como resultado de la evolución de Internet. Al terminar la década de los años sesenta, el Internet se usaba sólo para la transmisión de información escrita, en reducidos círculos científicos. A principios de los años ochenta, se inicio la transmisión de graficas e imágenes. Es demasiado pronto para saber cuál será el efecto final de la red en las publicaciones domésticas y corporativas; sin embargo, no hay duda de que el material que alguna vez se imprimía en forma rutinaria para su presentación, tiende a convertirse en una forma puramente electrónica. Con el Web, ciertas potencialidades clave de la PC en red han logrado su primera síntesis real. Más que ser tan sólo el facsímil en pantalla de un material impreso, el documento Web es algo único, que no puede realizarse de ningún otro modo. El medio es una vez más el mensaje. Además, el Web es un medio de interactividad. El potencial del Web para reemplazar ciertos aspectos de la comunicación impresa, se basa en el hecho de que puede ser la mejor opción para el diseño, presentación y realización de proyectos.

Un sitio Web es un sistema de publicación y distribución como ningún otro en la historia. Aunque su forma está muy lejos de ser establecida (nuevos navegadores y otras tecnologías parecen surgir con cada estación del año), existen ya, de manera muy clara, ciertas ventajas de la publicación basada en el Web:

1. El Web permite el uso de una forma de publicación "en el momento preciso". La información se distribuye sólo cuando se solicita. No hay inventarios que requieran almacenarse, y no se tienen desperdicios relacionados con la sobreproducción.
2. El Web proporciona acceso a una audiencia global. No tiene un lugar centralizado, y no

hay fronteras. Cuando un usuario se conecta a cualquier parte del Web, se conecta esencialmente a la totalidad del mismo.

3. Una página Web permite a los usuarios interactuar con la información y con el proveedor. La información significativa fluye en ambas direcciones.
4. El Web está creando "comunidades de intereses". Una de las consecuencias más impactantes de la revolución de Internet ha sido crear la posibilidad de generar comunidades virtuales, de gente que comparte un interés o una situación en común. Estos grupos auto selectivos son audiencias naturales para ciertos mensajes y servicios.
5. El Web es un fenómeno de innovación en varios aspectos. El tamaño del público Web sigue aumentando de modo exponencial y la base tecnológica que lo soporta está apenas llegando a su fase más dinámica de crecimiento. Mejoras en el ancho de banda, herramientas de desarrollo y software para el soporte de sitios con seguridad, harán del Web un medio masivo progresivamente más estable e integral.

Apenas en 1994, pocos diseñadores profesionales estaban involucrados en diseño para el Web. Ese medio no había alcanzado su actual popularidad, y las posibilidades de conseguir un nivel de complejidad gráfica en el diseño de páginas eran en verdad escasas. Aunque se habían tenido mejoras significativas para liberarse de las limitantes de los primeros navegadores del Web y los primeros dialectos de HTML, el Web es aún un lugar muy primitivo para la mayoría de los diseñadores. El éxito del Web obedece más a su penetración que a la calidad de su contenido o su forma.

Los controles tipográficos se limitan a establecer márgenes, a teclear retornos de carro al finalizar un renglón y a elegir entre un pequeño conjunto de tamaños de tipos previamente

definidos; la especificación de fuentes particulares es arriesgada en el mejor de los casos; las imágenes se limitan a la resolución de la pantalla y están muy forzadas, tanto en sus paletas de color como en el tamaño del archivo; el soporte para estructurar páginas (definición de rejillas o entramados, columnas y capas) es muy básico e involucra un montaje provisional significativo del código HTML para obtener los resultados de diseño deseados.

A medida que los diseñadores se familiaricen con lo que se puede o no se puede hacer formalmente en HTML, también deben redefinir su proceso de diseño para adaptar nuevos elementos alcanzados por el Web, tal como programación de computadoras, diseño de interacción y mantenimiento de software. A medida que los programas de diseño de páginas fueren a los diseñadores a representar su papel con respecto a la tipografía y el proceso de pre-prensa, el diseño de páginas Web obligará a adaptarse a ciertos aspectos de la codificación en computadoras.

La presencia de ordenadores en los escritorios de los diseñadores, desde mediados de los años ochenta, ha revolucionado el proceso del diseño y su enseñanza en tres aspectos principales:

1. Las palabras, fotografías e ilustraciones, se han liberado de su relación física con superficies como el papel y las diapositivas. Descompuestas en secuencias de unos y ceros por un programa informático, se tornan fáciles de manipular e independientes de la resistencia tangible de un material, además de que se consigue reducir significativamente los costos.
2. El lenguaje tradicional de la comunicación visual no incluye verbos. Productos habituales como las instrucciones y los manuales se presentan secuencialmente, con el soporte adicional de flechas y otras figuras simbólicas. El empleo de estos símbolos y otros recursos gráficos es posible gracias al acuerdo sobre su uso convencional entre el artista y el espectador. Por primera vez en la historia podemos introducir en el ordenador programas como Hypercard, Director y Flash, que permiten diseñar una narración de texto e imágenes y, lo que es más importante, vincularla a una red de conexio-

nes hipertextuales. El tiempo y la interactividad están de nuestra parte.

3. Al conjunto de canales tradicionales de comunicación (impresión, radio, cine y televisión) se ha añadido recientemente Internet, con sus consecuencias para la vida cultural, educativa y social; unas consecuencias que resultan imposibles de predecir.

## DISEÑO EFICIENTE EN EL WEB

El diseño de un sitio Web eficiente es una tarea compleja y requiere mucho tiempo. Sólo la construcción del primer prototipo de un sistema puede llevar meses de esfuerzo. El sitio debe ser suficiente tanto técnicamente como en su diseño de navegación, y debe funcionar en amplia variedad de configuraciones computacionales. Obtener un diseño correcto para un sitio, la primera vez, es un reto considerable. Las siguientes guías sirven para evitar algunos de los principales errores que se producen en el diseño del Web.

1. **Ancho de banda.** No importa qué tan bien logrado esté el diseño de un sitio, o cuán útil sea la información que en él se suministre, se usará poco si no se despliega en un tiempo razonable. Nada alejara más rápido a los visitantes que un sitio lento. Debido a que gran cantidad de usuarios de Internet se conectan con módems lentos, es importante que toda página Web tenga un tamaño mínimo. Una regla práctica estándar para la velocidad de transmisión, pensando en los usuarios de bajo nivel, es de alrededor de 1 kilobyte de datos por segundo. Para que una página web llegue en 30 segundos (espera medianamente larga) la página completa no debe tener más de 30K.
2. **Requerimientos del usuario y pruebas de los diseños.** Los sitios Web deben diseñarse para ser usados, no sólo admirados. El usuario por lo regular acude a un sitio por una razón, y con expectativas acerca de lo que podrá conseguir. Entre más pronto comprendamos las metas de los usuarios, mejor adaptado estará el sitio a dichas metas. La única manera efectiva de ver si un diseño satisface las necesidades de los usuarios, es hacer que éstos lo sometan a prueba y lo observen con detenimiento. La frecuente retroalimentación con los usuarios durante el

ciclo de diseño es el sello del buen diseño de interacción.

3. **Analizar bien las nuevas tecnologías.** El Web está en constante evolución, con nuevas tecnologías de formato y agregados que aparecen a diario. Si se diseña para el Web es casi imposible no estar al pendiente de la tecnología de vanguardia, y es natural querer aprovecharla. Pero, a la mayoría de los usuarios de la red no les importa la tecnología Web. Muchos sólo actualizan su software cuando ya no pueden hacer las cosas sencillas que desean.
4. **No hay que sobrepasarse.** HTML, Javascript, Shockwave, Flash, Streaming Vídeo y otras tecnologías pueden agregar mucho atractivo a un sitio, pero también pueden tomar el lugar del propósito del sitio y robar la atención del usuario, convirtiendo los atractivos en riesgos. Se debe tener cuidado en la colocación de elementos llamativos en la página sólo porque están disponibles. Estos elementos suelen ser bastante grandes y sólo deberían utilizarse para mejorar el contenido del sitio, no para distraer la atención.
5. **Un sitio Web nunca se termina.** El medio está hecho a la medida para la evolución del contenido, y es inevitable agregar nueva información con regularidad. No se debe pensar en cada página como una nueva composición. En lugar de ello, conviene crear un formato que facilite la transformación constante de todas las secciones del sitio. Con el uso de una rejilla para ayudar a definir el arreglo de las páginas, agregar una página se convierte simplemente en asunto de aplicar un diseño. También hay que tomar en cuenta que el número y los nombres de las selecciones del sitio evolucionarán. Así mismo es recomendable diseñar paneles de navegación que puedan cambiarse con facilidad para reflejar nuevas arquitecturas del sitio.
6. **Utilizar diferentes plataformas.** El error más grande que cometen los diseñadores primerizos del Web es elaborar sitios Web en una sola máquina, usando sólo un navegador para probarlos. Las páginas Web aparecen de manera sorpresiva en muchas formas de máquina, y de navegador, así que es esencial verificar el trabajo en diversas máquinas durante el desarrollo.
7. **No hacerlo todo.** Al principio del Web era

imposible, con poco esfuerzo, dominar todos los aspectos de la tecnología Web. El diseño de un sitio implica habilidades significativas en diseño gráfico, aplicaciones de software, HTML, programación orientada a objetos, escritura, edición, administración y mantenimiento de sistemas. La única manera sana de trabajar en este creciente medio es hacer equipo y delegar responsabilidades. Se aprenderá mucho más acerca del Web trabajando con expertos en otras áreas, que si se estudiaran esos temas de manera aislada.

8. **Ofrecer opciones en las páginas.** Muchos usuarios visitan el Web usando, de manera deliberada o no, navegadores antiguos. Otros más eligen visualizar las páginas Web en su mayor parte empleando el modo sólo texto. Es buena práctica construir un sitio a fin de que funcione para todos los que lleguen a él sin los medios para verlo con todas sus características, así como proporcionar vistas alternativas del contenido cuando sea posible. Con un poco de programación es posible detectar qué navegador está usando un visitante y si se dispone de ciertos agregados. Muchas tareas de HTML, tales como las que crean recuadros, ofrecen una manera de proporcionar dichos agregados para usuarios sin los medios necesarios.
9. **Aprovechar la memoria caché.** Un sitio bien diseñado tendrá muchas páginas que compartan elementos comunes. Paneles de navegación, elementos gráficos y de texto pueden aparecer en casi cada página del sitio. Esta repetición no sólo ayuda a estructurar el contenido del sitio, sino que también reduce grandes dividendos en su desempeño. Puesto que un elemento gráfico se almacena de manera local en la caché del disco del usuario la primera vez que se despliega, se puede emplear una y otra vez sin perder tiempo esperando que llegue por la red. El diseño de elementos debe considerar siempre su posibilidad de reutilización, es preferible evitar cambios innecesarios. Demasiada variedad casi siempre significa pérdida de tiempo para el usuario.
10. **Entender qué se puede y qué no hacer.** A pesar de todos los intentos para hacer que lo parezca, una página Web no es una página impresa. Muchos diseños de sitios fallan debido al intento de los diseñadores por simular la apariencia y el aspecto de una hoja impresa. Regularmente, los intentos por

limitar el medio a la apariencia de un impreso dan como resultado una descarga muy lenta y páginas difíciles de actualizar. El diseño del Web siempre implica un equilibrio entre desempeño y calidad visual.

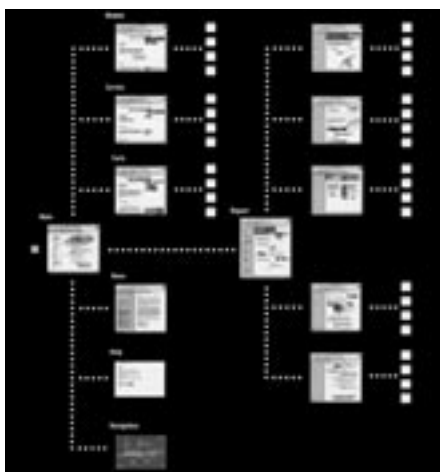
## CONCEPTOS BÁSICOS

### ARQUITECTURA, UBICACIÓN Y NAVEGACIÓN DE SITIOS WEB.

Que la exploración de un sitio sea placentera o frustrante depende mucho de su estructura, de la claridad de sus jerarquías de información y de la relevancia y versatilidad de sus hipervínculos. Para navegar con éxito, los usuarios deben saber dónde están, confiar en su meta y saber que pueden regresar con facilidad. Esto depende de una exitosa organización de la información y de hacerla clara mediante el diseño de controles de navegación.

### RED O ÁRBOL

Los sitios Web se componen de páginas conectadas por múltiples hipervínculos. El número, la dirección y organización de estos vínculos determinan la arquitectura de información de un sitio. El diseño de una arquitectura de sitio requiere de un cuidadoso equilibrio entre facilidad de acceso, y la necesidad de establecer categorías y subcategorías de información para beneficio del usuario.



Para la mayoría de las situaciones de diseño, la estructuración comienza con el aislamiento de las distintas categorías de información que se incluirán. Estas categorías deberían prever las clases de acceso que el público espera.

Después se dividirán repetidamente en niveles jerárquicos sucesivos hasta que se establezca una forma de árbol. Los árboles ofrecen tres beneficios principales:

El primero, poder extenderse con facilidad. Agregar una nueva área a un sitio requiere sólo de modificaciones menores de las páginas de más alto nivel (agregando un vínculo de gráficos adicional).

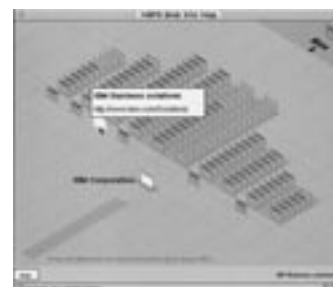
El segundo, un árbol es un concepto familiar para la mayoría de los usuarios (más que una red estructurada libremente), así proporciona un buen modelo mental para los usuarios del esquema. Finalmente, un árbol impone orden de navegación.

Para llegar a una página en la parte baja en la jerarquía del sitio, los usuarios deben pasar por varios niveles intermedios. Estas páginas intermedias dan un contexto para quienes las siguen y llegan a ser señas familiares para el camino de regreso.

Los árboles dan un modelo ideal para la información estructurada, aunque por lo regular son demasiado rígidos para ser el único soporte de la navegación. La mayoría de los sitios usarán una estructura que también contenga un arreglo de vínculos transversales y de regreso.

En un diseño exitoso, estos vínculos estarán limitados en número, conduciendo sólo a páginas clave para la navegación y evitando cuidadosamente la confusión en la jerarquía del sitio.

### MAPAS DEL SITIO



Cuando el usuario llega por primera vez a un sitio no tendrá idea de su tamaño, contenido u organización; además, necesita tener una idea del terreno que pisa, para saber qué regiones del sitio existen y cómo se interrelacionan.



Un enfoque obvio consiste en proporcionar un mapa. Los mapas son muy útiles en sitios extensos con muchos temas y subtemas. Un mapa puede transmitir de inmediato el tamaño del sitio, mostrar las subcategorías bajo un encabezado de sección principal y dar un camino útil para usuarios que quieran recorrer una extensa jerarquía del sitio sin perder su ubicación. Un mapa de sitio puede adoptar muchas formas: una lista tipográfica, un esquema, una combinación de ambas o incluso una secuencia animada.

## PÁGINA INICIAL



La página inicial o de apertura puede establecer el tono de la publicación entera e introducir a los usuarios a la estructura del sitio y sus métodos de navegación. Al igual que la portada de un libro o una revista, atrae al observador y permite vislumbrar el contenido. Algunos sitios incluyen una tabla de contenido o un limitado índice en la primera página. Otros constan de una sola imagen o de una breve animación de apertura.

La elección correcta para un inicio de sitio puede depender de varios factores: la naturaleza de la información del sitio; la frecuencia con la que los visitantes vuelven a él; la frecuencia con la que cambia la información del sitio. En sitios muy conocidos y visitados con frecuencia, no hay lugar, ni necesidad, para una página de portada por separado. En lugar de ello, se recibe a los usuarios con una página de contenido restringida y manejable que les permite comenzar a recuperar su información de inmediato.

## REFERENCIAS CRUZADAS

Hay dos aproximaciones básicas para las referencias cruzadas. Una es separarlas todas, enviándolas a otros artículos o sitios y la otra es incrustarlas en el texto.

Una encuesta interactiva interroga a los lectores sobre sus puntos de vista acerca de un tema de controversia expuesto en el texto principal. Se dan también lugares de conversación (chat rooms), tableros de mensajes electrónicos (bulletin boards) y vínculos externos al sitio. Al mantener vínculos al exterior del artículo se estimula a los lectores a continuar y a buscar información afín por separado.

## VÍNCULOS CON CÓDIGO DE COLOR



El color es una de las señales más comunes y eficientes para detonar vínculos de texto donde hacer clic. En los primeros días del Web el color de los vínculos de texto estaba determinado exclusivamente por una configuración del navegador y se encontraba fuera del control del diseñador. Esta limitante se ha superado, pero la noción de que el texto en color implica un hipervínculo está muy arraigada en la mayoría de los usuarios. Aunque algunas personas aún abogan por un color estándar, sin cambios, para vínculos de texto, la aplicación de color al texto es una de las pocas variables tipográficas que los diseñadores gráficos tienen para dar vida a una página. Que un vínculo esté en azul o en rojo es menos importante que asegurar que sobresalga del texto restante.

Que el Web llegaría a ser un medio de comunicación comercial en el ámbito mundial, integrando los mundos de la edición de publicaciones, el correo electrónico, el vídeo digital y

las tecnologías de bases de datos interactivas quizá no se previó por sus fundadores. Se concibió para que científicos e investigadores comprendieran información técnica, el Web y su lenguaje de descripción de páginas HTML; se diseñó para transportar el contenido en forma legible más que para apoyar elaborados diseños de página. Un buen diseño de página Web aún se presenta principalmente a pesar del medio y, como en sus inicios, la promesa del medio sobrepasa mucho su rendimiento real. Pero todo mejora con rapidez.

### FORMATO HTML BÁSICO (LENGUAJE DE MARCADO DE HIPERTEXTO)



El punto de arranque básico de una página Web es la ventana misma del navegador. El contenido formateado HTML (Hyper Text Markup Language) se presenta en un flujo lineal, y cada página Web se vierte esencialmente en la ventana del navegador lineal y de arriba hacia abajo. Esta calidad de flujo de la transmisión de la página Web matiza mucho el diseño del lenguaje HTML que es una forma de lenguaje de marcación, un enfoque para describir el esquema de la página mediante la incrustación de un código de formato directamente en el contenido de la página. Cada código de formato en HTML es en esencia un modo que comienza, afecta el aspecto de cierta cantidad de contenido y luego termina.

A medida que la información llega al navegador, se coloca en secuencia a través y hacia abajo de la página, elemento por elemento, hasta que se encuentre ya sea el borde de la página o bien un fin de línea explícito. Como resultado, el diseño de una página Web, como se describe en HTML, debe articularse en estricta secuencia.

### ESTRUCTURACIÓN CON TABLAS

Si hay un elemento que haya revolucionado el diseño de las páginas Web, éste tendría que ser la tabla.

Introducidas por primera vez en 1995, las tablas dieron una manera de dividir la ventana del navegador en varios bloques de dimensiones fijas que permanecían sin afectarse por la forma de la ventana del navegador. Con las tablas, los diseñadores tuvieron un terreno más familiar. Finalmente podía crearse una especie de rejilla para permitir a determinados diseñadores exhibir un grado de complejidad gráfica en el Web, impensable hasta entonces.



Las tablas HTML nunca pretendieron servir como herramientas de diseño de propósito general. Se diseñaron, de acuerdo con su nombre, para exhibir datos tabulares simples, tales como estadísticas, y cifras financieras. La mayoría, si no la totalidad de las propiedades de las tablas, se basan en este uso. Dos propiedades de las tablas condujeron a su transformación en herramientas de diseño de página: primero, las celdas podían ajustarse a cualquier tamaño; por consiguiente, las tablas podían ocupar la página entera. Segundo, los bordes de una tabla podían hacerse invisibles, que se comportaran, de alguna manera, como una rejilla de diseño tradicional.

### COLOR EN EL WEB

El Web es un medio único en el que la tecnología usada para crear la comunicación, la PC, es la misma que se usa para que el lector la visualice. Pero, con las muchas sutiles diferen-

cias entre marcas y configuraciones de computadoras, a los diseñadores de Web se les dificulta prever cómo aparecerá su trabajo, en las máquinas de los distintos usuarios. Un área clave es el color. Puesto que hay poca estandarización en las computadoras se dispone de ciertas técnicas y tecnologías que hacen del color en plataforma cruzada una posibilidad.



Los diseñadores que trabajan en el mundo de la impresión han aprendido por dolorosas experiencias que los colores que ven en pantalla de la computadora serán muy diferentes de los que al final saldrán impresos. Para superar esto, han aprendido a prever cómo se verán ciertos colores cuando aparezcan en tinta. También aprendieron el valor de elegir colores a partir de un sistema de color predefinido, tales como los sistemas Pantone o Trumatch, diseñados para aprovechar las tecnologías de la producción final.

Irónicamente, los diseñadores de Web han tenido que enfrentar problemas similares aun cuando el material básico de una página Web se hace y exhibe en lo que parece ser el mismo medio, la pantalla de la computadora. La razón es que los sistemas de computación competidores desarrollaron diferentes modelos de visualización de color que, a su vez, reflejan ciertas diferencias en su hardware y en su evolución en el tiempo.

El arte de diseñar una página Web es crear la experiencia de que es uniforme para todo el público. Una página debería parecer la misma si se crea en Windows, Unix o Mac, o si se visualiza en pantallas en color de 24 u 8 bits.

La comprensión del papel que desempeña el color en el diseño de una página Web es crucial, no sólo por su importancia para la calidad de la imagen, sino también debido a que el color es un factor clave en la determinación del

tamaño de archivo de la imagen y, por tanto, de la velocidad con la que se desplazará por la red.

La administración del color requiere de un conocimiento fundamental de cómo se representan las gráficas de mapas de bits por la computadora. Esto significa comprender la relación de la profundidad de color de la imagen con el número de colores disponibles para presentarla, y el papel que desempeñan esas paletas en el mapeo de color de una máquina a la siguiente.

## PROFUNDIDAD DE COLOR



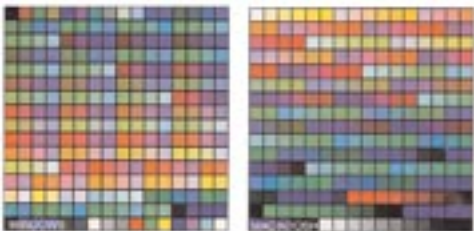
Las imágenes en color en una computadora vienen en dos tamaños estándar: 24 bits o "color verdadero", y 8 bits o "color indizado". Las imágenes en color verdadero contienen píxeles que se describen como intensidades de los primarios aditivos: rojo, verde y azul. Estas descripciones de color son exactamente las empleadas por un monitor de computadora, de modo que una imagen de 24 bits puede representarse con completa exactitud. El resultado es un nivel de calidad casi fotográfico.

Por otro lado, las imágenes en color indizado tienen sus colores descritos en referencia a una paleta fija y con frecuencia muy limitada. El almacenamiento de los colores de manera separada de la imagen da como resultado reducciones significativas en la cantidad de memoria requerida para almacenar la imagen.

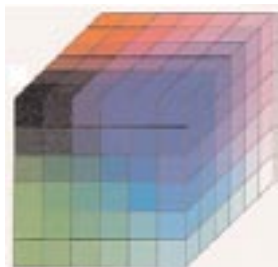
Las computadoras también vienen en variedades de 8 y 24 bits, pero en este caso estos términos se refieren a la capacidad de la computadora para exhibir el color. Una computadora con 24 bits de color será capaz de mostrar cualquier gráfica de 24 bits o menos con una completa resolución de color. Por otra parte, una máquina de 8 bits tendrá dificultades para exhibir con exactitud las imágenes con gran cantidad de información de color. Una imagen de color verdadero llevada a este ambiente, por ejemplo, tendrá que disminuir su escala de colores a fin de que pueda verse.

## PALETAS SEGURAS DEL SISTEMA

Cuando una imagen que contiene imágenes se está descargando de la red en una máquina con solo 8 bits de color, debe exhibirse mediante el uso de la paleta del sistema de la computadora. Por desgracia, las paletas del sistema de los dos entornos de computación más populares del mundo no son las mismas, de modo que el aspecto de un elemento gráfico visto en un entorno puede no ser el mismo cuando se observa en el otro. En respuesta a esta situación, los diseñadores Web han llegado a depender de una paleta que utiliza sólo aquellos colores comunes tanto en paletas de los sistemas Mac como Windows. Conocido como el "Cubo de Color Netscape" o la "paleta 6x6x6", este conjunto de 216 colores ha llegado a ser el estándar de color para Web. Las imágenes mapeadas a esta paleta (lo que se hace de modo automático por los principales navegadores Web) serán idénticas sin importar el tipo de la plataforma.



## EL CUBO DE COLORES



Los 216 colores de la paleta segura del Web se representan en tres cartas de color. Cada carta es idéntica para las unidades de mezcla de color usadas para identificar los colores. Los elementos gráficos incluidos en la página Web provienen de varias fuentes diferentes, como digitalizadores (escáner), captura de video digital, sistemas de dibujo y pintura, y software de procesamiento de imágenes. Estos dispositivos y paquetes de software a menudo pueden definir el color en diferentes unidades, así que es

conveniente pensar en los colores Web seguros en diversos formatos.

## ESCALA DE COLOR DE 8 BITS

Muchas aplicaciones gráficas definen el color como valores RGB especificados en un intervalo de 0 a 255; el 0 representa la ausencia de color y el 255 intensidad máxima. Esta escala se basa en la manera en que las computadoras y el hardware de las mismas representan intensidades de color; como un byte (u 8 bits) de información. Un color RGB, o de 24 bits, tendrá 1 byte por componente de color disponible para describir su mezcla.



## ESCALA HEXADECIMAL

Cuando se especifica el color en el lenguaje Web, HTML, se requiere de números aún más enfocados al lenguaje de máquina. Con base en el número 16, el sistema numérico hexadecimal también es la base para especificar el color del tipo Web, los colores de fondo y ciertas características de estructuras de formato Web como tablas y recuadros.

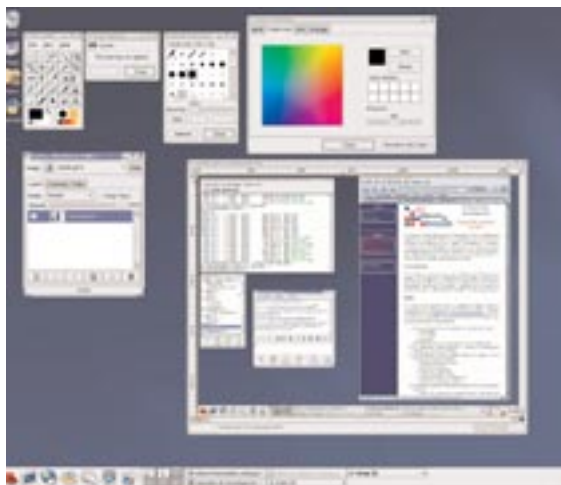
Mientras que los sistemas de diseño interactivo de páginas Web pueden alejar a los usuarios de luchar con este formato, la mayoría de los diseñadores quieren ser capaces de introducirse al código básico HTML y editar el color de manera directa. Los números hexadecimales son una manera de representar números en base 16, en lugar de hacerlo en nuestra familiar base 10. En lugar de los 10 símbolos usados en nuestro sistema de conteo [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9], el hexadecimal emplea 16 símbolos [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F].

## FORMATOS GRÁFICOS

Al diseñar para la Web, la primera prioridad es reducir el tiempo de descarga de archivos al

mínimo. Para determinar un tamaño aceptable de una página Web, los diseñadores centran su atención en los miembros menos privilegiados de su público objetivo, usuarios con módems lentos (14.4 kbps). Ellos recibirán una página a casi 1K por segundo. Por esto, la mayoría de los diseñadores trabajan muy duro para mantener las páginas por debajo de los 40K (40K para todo el texto, gráficos y códigos HTML de formato). Lo que hace posible superar esta aparentemente absurda limitante, es la compresión de imágenes. La tecnología de compresión permite que las imágenes sean comprimidas de manera considerable antes de su transmisión, y que se restauren de nuevo dentro del navegador del usuario. Para diseñar una página Web, es obligatorio comprender los dos enfoques básicos de la compresión que son apoyados por el Web y los tipos de archivos que usan.

#### ARCHIVOS GIF (FORMATO DE INTERCAMBIO DE GRÁFICOS)



Los archivos GIF (Graphic Interchange Format) son perfectamente adecuados para gráficos que sean planos, geométricos y de color uniforme. Se emplean sólo para áreas de fondos sólidos, pancartas y tipos de pantalla. Los archivos GIF están limitados a 8 bits de color y usan un proceso denominado "codificación por longitud de paso" (*run-length encoding*) para comprimir una imagen, convirtiéndola en una serie de segmentos de línea horizontal de color continuo. Al no representar cada píxel individualmente, este enfoque da ahorros de hasta 10:1.

La cantidad de ahorro de un archivo GIF está en función directa de su distribución de color.

Las formas horizontales se comprimen mejor que las que son predominantemente verticales, y las formas verticales lo hacen mejor que las dispuestas en ángulo. Las imágenes de tono continuo, como los gradientes, tienen pocas pasadas horizontales, se comprimen en forma deficiente y deben evitarse.

#### GIF DE PIXEL SIMPLE

El elemento indispensable que usan los diseñadores de página para manipular el espacio es el GIF de píxel simple. Con él se aprovecha el soporte de archivos GIF para la transparencia y la capacidad de los navegadores, para redimensionar imágenes después de que llegan por la red.

El GIF de píxel simple (o GIF espaciador) es un gráfico de 1 píxel por 1 píxel establecido con transparencias o del mismo color que el fondo de la página. Éste puede colocarse en cualquier lugar de la página y ajustarse para ocupar cualquier cantidad de espacio vertical u horizontal.

#### ANIMACIÓN GIF

En la medida que el ancho de banda de la red aumenta, las posibilidades para la animación en tiempo real de las páginas Web mejoran. Pero para muchas aplicaciones una opción muy sencilla y efectiva es el archivo GIF animado.

Comenzando con Netscape 2.0, los navegadores han empezado a tratar los archivos GIF de imágenes múltiples como secuencias animadas. Cuando un archivo GIF de imágenes múltiples llega al navegador del usuario se carga de inmediato su primer "cuadro", acto seguido, el segundo cuadro del archivo reemplaza al primero.

Cada cuadro subsecuente se carga por turno hasta que el contenido del archivo se agota. Además de los recuadros de animación, el archivo puede contener información de cuántas veces debería repetirse dicha animación, si se repetirá en forma indefinida, o cuánto tiempo debería transcurrir entre cada recuadro.

Los efectos de animación GIF rara vez son refinados y su desempeño dependerá del usuario y de la conexión a la red. Pero, si se emplea con cuidado, la animación GIF puede

ser bastante efectiva con sólo un pequeño tamaño de archivo. Un beneficio adicional es que a diferencia de algunos otros formatos de animación, las animaciones GIF no requieren de agregados especiales.

### GIF TRANSPARENTE GIF89A

Para muchos diseñadores de sitios, una herramienta principal para obtener complejidad visual mientras mantienen los tamaños de archivos dentro de los límites, es el archivo GIF transparente. Una imagen GIF que parece flotar por encima de una página Web, sin borde ni fondo. A un número específico de la paleta de colores GIF (#89) se le asigna que sea del mismo color que el fondo de la página, lo que le da a la imagen un aspecto de transparencia. Las páginas Web, hasta muy recientemente, han admitido el uso de sólo dos capas de información. La capa del primer plano, que mantiene el núcleo del contenido de la página, y la capa del fondo, limitada a un solo color o a una imagen gráfica sencilla. El tipo de archivo Gif89a permite crear gráficas de mapas de bits que tienen un color particular configurado para ser transparente. Estos elementos, cuando se colocan sobre el fondo, permiten que el color o imagen subyacentes se muestren a través de ellos. Como resultado, pueden crearse relaciones complejas entre texto e imagen (o entre imagen e imagen) sin tener que tratar la página entera como una enorme gráfica. Una vez que el fondo de una página se ha descargado, pueden seguir pequeños GIF transparentes.

### ARCHIVOS JPEG (GRUPO DE EXPERTOS FOTOGRÁFICOS)



La compresión JPEG (*Joint Photographic Expert Group*) se destina para imágenes que contienen grandes áreas de color de tono continuo. Esto hace a la compresión JPEG la elección natural para imágenes fotográficas. A diferencia de los archivos GIF, los cuales trabajan sólo con

imágenes de color de 8 bits o menos, los archivos JPEG suponen que una imagen es de 24 bits o "millones" de colores". Dependiendo de la elección de configuración de la calidad (Photoshop ofrece cuatro: baja, media, alta y máxima), el tamaño de imagen puede reducirse en alguna parte de entre 10:1 hasta 100:1. Junto con el hecho de que las imágenes en pantalla son apenas de 72 puntos por pulgada, este grado de reducción permite que lleguen imágenes a pantalla completa en tan solo 50 Kilo-bytes.

La compresión JPEG se basa en ciertas propiedades del ojo humano, en particular el hecho de que la visión humana es más sensible a los cambios graduales en brillo y color que a cambios bruscos a corta distancia. La compresión JPEG divide una imagen en ciertas zonas y descarta de manera selectiva la información de color que hay en áreas demasiado sutiles para ser percibidas por el ojo. Al hacer esto la compresión JPEG altera permanentemente la imagen. Cuando la imagen se reconstruye después de ser abierta en un navegador o programa de imagen, se verá, después de una inspección, bastante diferente de su estado original. Los esquemas de compresión que tienen esta propiedad se describen como incompletos, con pérdidas (*lossy*). En contraste, las técnicas de compresión que restauran una imagen intacta (como la codificación por longitud de paso) son conocidas como "sin pérdidas" (*loss-less*). Es importante tener presente esta distinción cuando se use la compresión JPEG. Es esencial que sólo se aplique una vez por imagen, cuando toda la edición y modificación esté completa.

Los formatos de archivos GIF y JPEG han existido durante varios años y continúa su evolución. Los archivos GIF, por ejemplo, vienen en dos presentaciones: el obsoleto formato Gif87a y el más versátil formato Gif89a. Una adición bastante reciente a la familia JPEG es el archivo JPEG progresivo (P-JPEG). Este formato es básicamente un archivo JPEG convencional, pero ofrece compatibilidad para entrelazado adicional. El apoyo a este formato está ganando aceptación en la mayoría de los principales navegadores. También se le conoce como ProJPEG.

Una prometedora extensión al archivo GIF, aunque todavía no admitida por los navegadores actuales, es el formato PNG (Gráficos Por-

tátiles en Red).

Es un formato de archivo de imágenes utilizado en la red, que facilita la compresión sin pérdidas de 10 al 30%. Además, permite trabajar con la transparencia a través de canales alfa. También permite que el brillo de la imagen se adapte a las distintas plataformas o sistemas operativos, y permite también el entrelazado.

Este formato promete una mejora significativa sobre el archivo GIF, al ofrecer una codificación de longitud de paso más eficiente, 24 bits de color en vez de 8 y corrección gamma para mejorar el color de plataforma cruzada.

## EL SOFTWARE DE COMPONENTES Y WEB

La más moderna tendencia en programación, llamada programación basada en componentes, está extendiendo su alcance hacia World Wide Web. En la actualidad se libra una batalla por el derecho de ser la norma definitiva en cuanto al funcionamiento de los componentes en Web. Los componentes son pequeños programas que pueden ensamblarse para formar una aplicación modular en tiempo real (conforme a lo que se necesite). La belleza de los componentes es que pueden escribirse en lenguaje de plataforma cruzada y después compilarse para trabajar en plataformas específicas. Por ejemplo, si se requiere de un revisor ortográfico para una hoja de cálculo, puede usarse un componente y no tener que adquirir un programa grande, como Microsoft Excel, para tener esa función.

La programación basada en componentes llegó al Web en forma de una lucha por la aceptación de estándares entre el lenguaje de programación Java, de Sun, la tecnología OpenDoc de Apple e IBM, y la tecnología de Microsoft anteriormente llamada OLE.

Básicamente, Netscape Navigator decidió utilizar los applets de Java y su propio JavaScript para darle extensiones a las funciones básicas del navegador.

La batalla es sobre dos modelos de cómo crecerán los navegadores Web y, por tanto, de cómo se usará el software de componentes para mejorar las páginas. Microsoft depende del Modelo Distribuido de Objetos Componentes (DCOM, Distributed Component Object Model),

en tanto que Netscape, Apple, IBM y Sun, se han puesto de acuerdo con la Arquitectura Común de Corredor de Solicitudes de Objetos (COBRA, Common Object Request Broker Architecture) del Grupo de Administración de Objetos. Estos modelos rivales nos obligan a decidir qué navegador usar, pero se tiene que publicar las páginas tanto para Internet Explorer como para Netscape Navigator (así como para otros de menor capacidad, como Lynx de Unix y Mosaic de NCSA). Afortunadamente las tecnologías hacen lo mismo, permitiéndonos ver objetos colocados en HTML, como animaciones GIF, realidad virtual y objetos de Shockwave (como ilustraciones de FreeHand y animaciones de Director). La diferencia está en cómo lo hacen.

## PLUG-INS (SUB-PROGRAMAS)

Netscape Navigator empezó a reforzar las capacidades de su navegador y de los archivos (llamado auxiliar), que despliegan y reproducen archivos ajenos, a los cuales se hace referencia en el HTML. Los plug-ins (o sub-programas) son específicos de cada plataforma; se tiene que saber en qué sistema operativo de computadora funcionará el plug-in, no todos funcionan en todos los sistemas. La ventaja de usar plug-ins es que los diseñadores de Web pueden controlar en qué parte de la página aparecen los datos y cómo éstos se relacionan con otros textos y gráficos HTML en la página (debido a que el objeto de archivo ajeno está incorporado en el HTML). El plug-in reconoce los datos gracias a la extensión del nombre del archivo.

El problema es que el diseñador debe tener el plug-in, o acceso a un reproductor que funcione en su computadora, para disfrutar las imágenes y el sonido mejorados producidos por el objeto incorporado. Los plug-ins tienden a desaparecer y a ser reemplazados por los applets Java, JavaScript, OpenDoc y ActiveX. Éstas son tecnologías de programación, no sólo aplicaciones de una sola función. Amplían la funcionalidad del servidor Web y la del navegador del cliente, debido a que están escritas en la página Web e invocan programas externos para operar conforme se necesite. El objetivo es integrar el sistema operativo de la computadora con el navegador en forma más completa, de modo que el diseñador pueda usar datos basados en Inter-

net con aplicaciones más locales.

## JAVA Y JAVASCRIPT

Lo más candente que haya llegado al Web es el lenguaje de programación Java, que Sun Microsystems introdujo para hacer los programas portables. Tener la capacidad de crear funciones interactivas y dinámicas que se reproduzcan en cualquier computadora, que sean relativamente fáciles de crear, que estén libres de virus y relativamente a prueba de malos manejos, es algo muy poderoso. Java se usa para escribir programas totalmente compilados, que hacen cosas que pueden agregarse a las páginas Web, como un contador de visitantes y un reloj analógico. JavaScript es útil para escribir pequeñas series de instrucciones en el HTML, que se usan para procesar acciones sencillas del usuario, como la forma en que se despliegan los documentos basados en HTML (barras de título desplazables, botones destellantes, mensajes que se desplazan, etcétera). Los applets de Java son programas que requieren navegadores que entiendan su lenguaje, ya que la virtud de este lenguaje es que se interpreta en tiempo real. Existen dos navegadores que entienden Java: el HotJava de Sun y el Netscape Navigator 2.0 y superior. Microsoft inventó un competidor, llamado ActiveX, el cual tiene soporte en su navegador, Internet Explorer.

## ACTIVEX

ActiveX es una serie de tecnologías que permiten crear páginas Web más interactivas. ActiveX es un subconjunto para conectividad de la tecnología OLE de Microsoft, que permite abrir programas externos y crear documentos activos dentro de otro documento.

ActiveX contiene códigos que lanzan aplicaciones identificadas como los programas originales para objetos en páginas Web, como archivos de Shockwave Director y PDF de Adobe, de modo que pueden verse y manipular más tipos de archivos dentro de Internet Explorer.

Los documentos ActiveX, construidos dentro de las futuras versiones de Internet Explorer, permitirán a los usuarios interactuar con datos locales y de la red en forma casi transparente. Aunque los controles ActiveX son más flexibles

que los plug-ins, están limitados a los ambientes Windows, debido a que usan el sistema de registro Windows para identificar las extensiones de archivo.

## OPENDOC

OpenDoc es una herramienta de programación basada en componentes, semejantes a ActiveX, pero disponible para la mayoría de las plataformas. Apple desarrolló OpenDoc, pero actualmente lo soporta CI Labs, asociación no lucrativa con más de 2,000 miembros, IBM entre ellos. OpenDoc se basa en la tecnología Component-Glue, de modo que escribe directamente con las especificaciones de OLE. OpenDoc se apoya en COBRA, para distribuir objetos en múltiples plataformas y así, actualmente, es mucho más compatible con sistemas Windows, Macintosh, OS/2 y Unix que ActiveX.

## HERRAMIENTAS DE MULTIMEDIA

Trabajar en tres dimensiones con movimiento en tiempo real (lo que se conoce como realidad virtual) abre nuevas perspectivas.

Estas nuevas perspectivas no se han desarrollado del todo. El problema es el ancho de banda y la compatibilidad de los navegadores. Se trata de programas enormes, de miles de kilo bites. Aun en las líneas de comunicación más veloces, estas comunicaciones se empanatan cuando se transmiten por las conexiones más rápidas de hoy en día.

Las bases de datos controlan el contenido de los sitios, la información de derechos de autor, durante la producción del sitio, crean plantillas para páginas Web y manejan el tráfico de transmisión. Las bases de datos multimedia, abren automáticamente la información enviada mediante correo electrónico y almacenan imágenes, pies de fotos y texto en campos separados. Debido al creciente tamaño y cantidad de las páginas HTML, fragmentos de código Java y archivos de audio y video que conforman los sitios Web, el diseñador necesita una base de datos para administrar el almacenamiento y uso de los elementos de multimedia.

Hay cuatro tipos de bases de datos disponibles para administrar sitios Web: Las bases de datos relacionales tradicionales, como Oracle y



FileMaker Pro; las bases de datos orientadas a objetos, como ObjectStore de ObjectDesign; las bases de datos de especialidades, Cinebase.

## TRANSMISIÓN DE AUDIO

Una de las nuevas tecnologías más emocionantes que están saliendo de los talleres de desarrolladores de multimedia es la capacidad de los navegadores para reproducir datos de sonidos conforme los reciban. Esta tecnología se basa en un tipo de datos llamado MIME, en la que la computadora envía primero el paquete de datos para que el navegador pueda interpretar la información conforme ésta llegue fluidamente a través de la línea. La ventaja de este sistema es que los usuarios no tienen que esperar a almacenar grandes cantidades de datos para disfrutar la música y que los servidores no tienen que utilizar grandes cantidades de espacio de almacenamiento para procesar los sonidos, lo que significa que una hora de música puede guardarse en un archivo de 3.6 Mb.

La música en vivo requiere de dos partes de software: el del servidor y el del reproductor. Por lo general, el software del servidor se tiene que comprar y el del reproductor se puede bajar de forma gratuita.

## VIDEO DIGITAL

Existen dos formatos de compresión de video que luchan por el poder en Web: QuickTime y MPEG. El video digital no tiene la calidad de imagen del video convencional, ya que las computadoras personales (tanto Mac como Intel) no soportan el ancho de banda requerido para transmitir todos los datos involucrados. El video digital también se llama animación, pues la imagen se envía una por una en una sola pasada, sin entrelazar y a la mitad del número de cuadros por segundo de video convencional (por lo general, el video digital se transmite a 15 cuadros por segundo).

Para ahorrar ancho de banda, las imágenes en la pantalla son pequeñas, (regularmente de 160 por 120 píxeles). Hay tres formas de comprimir video digital para Web: Cinepak, TrueMotion—Se Indeo. Los archivos de video digital se guardan como .mov, .moov, .qt, .avi, .mpeg y .mpg. QuickTime (.qt y .moov o .mov) es el for-

mato de archivo más común para archivos que combinan audio y video.

MPEG es un nuevo medio que empieza a ofrecer video y audio combinados en un solo archivo. Con el surgimiento de los módems de cable, se verán más transmisiones en vivo que usen tecnología de compresión MPEG. Netscape soporta los siguientes plug-ins para ver y crear animaciones de video digital: Action por Open2U, Cine Web de Digigami, CoolFusion de Iterated Data Systems, InterVU de InterVU, Inc., MovieStar de Intelligene at Large, QuickTime for Netscape de Apple Computer y ViewMovie de Ivan Cavero Belaunde.

## ANIMACIÓN

Hay cuatro formas muy populares de ofrecer animación en las páginas Web: envío de servidor (*Serve-push*), GIF's animados (Archivos GIF compuestos por múltiples cuadros), un applet de animación Java y Macromedia Shockwave.

El envío del servidor utiliza comandos incorporados en el HTML que crean una conexión abierta entre el servidor y el navegador. Macromedia, Inc., ha abierto el camino a la producción de presentaciones animadas. El programa Director es único por la forma en que almacena las secuencias animadas, ya que controla las rutas que siguen los objetos junto con la transformación de su apariencia, en vez de simplemente grabar transmisiones de cuadros por segundo. Esto hace que Director sea más pequeño y más comprimido que las películas animadas comunes.

## IMÁGENES TRIDIMENSIONALES Y REALIDAD VIRTUAL

Actualmente hay gran competencia para ver cuál estándar de animación tridimensional se convertirá en el Lenguaje de Mercado de Realidad Virtual (VRML, Virtual Reality Markup Language). El Grupo de Arquitectura de VRML ha recibido dos propuestas: Moving Worlds, de Silicon Graphics, Sony, WorldMaker y Apple, entre otras, y Active VRML de Microsoft. Las dos propuestas se basan en los actuales formatos de archivos .WRL (Word) y agregan innovaciones como eventos cronometrados, animación en dos y tres dimensiones, interacción del

usuario con objetos, efectos de sonido, detección y generación automática de cuadros.

El diseñador puede crear la ilusión de una tercera dimensión en la pantalla de dos dimensiones de la computadora usando un nuevo lenguaje de marcado derivado del HTML, denominado VRML.

### PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA



El Web es una excelente forma de compartir trabajos entre organizaciones, si se resuelve el problema de las fuentes y del diseño. Adobe Systems tiene una solución denominada Formato de Documento Portable (PDF *Portable Document Format*). Adobe inventó el PostScript, lenguaje de descripción de impresión. El PostScript Encapsulado (EPS, *Encapsulated PostScript*), se desarrolló como forma de imprimir objetos basados en vectores usando el PostScript. Los archivos PDF usan el PostScript para imprimir documentos a un archivo, con fuentes e imágenes incorporadas. Los archivos PDF necesitan un lector que pueda traducir el PostScript y desplegar el archivo. Adobe Acrobat, entre muchas aplicaciones de software competidoras, puede crear y desplegar archivos PDF.

La versión de Adobe Acrobat®, puede transmitir archivos PDF por Internet, con vínculos de hipertexto, animaciones, películas, etc., que pueden leerse por un plug-in PDF en Netscape Navigator y en Internet Explorer directamente en Web.

Ahora, el diseñador puede usar el Web para distribuir electrónicamente documentos, con su diseño y todas sus características de multime-

dia intactos.

### CONCLUSIONES

Actualmente, podemos considerar a la Televisión, como el medio masivo de información por excelencia; sin embargo, este último con un sinnúmero de trabas, candados, restricciones y limitantes. El desarrollo del Web es infinito, con sus canales dirigidos tanto al público en general, como lo que es más importante, al individuo. Su crecimiento ha sido logarítmico, con las computadoras (*hardware*) a precios cada vez más accesibles y lugares públicos de Internet, día a día es mayor el número de personas que acceden a este medio. Por lo que en muy poco tiempo, se convertirá en el medio de difusión, información y desarrollo por excelencia, desplazando a la Televisión como medio pasivo de comunicación. Por esto, en nuestra labor como Diseñadores Gráficos, lo antes posible que entendamos, desarrollemos y transmitamos estos conocimientos, tendremos la oportunidad de integrarnos a este fenómeno Mundial.

### BIBLIOGRAFÍA

1. McKelvey Roy. *Gráficos para el Hiperespacio, Diseño para Internet*. MC Graw Hill, México D.F., 2000.  
Kahn Paul y Lenk Krzysztof *Mapas de webs*, MC Graw Hill, Singapur, 1999.
  2. Pring, Roger. *www.color: 300 usos de color para sitios web*, Barcelona, Gustavo Gili, 2001
  3. Fleming Jennifer, *Web Navigation, Designing the User Experience* O'Reilly, Cambridge, Massachusetts, 1998.
  4. Kahn Paul, *Intermedia: A Retrospective*, Video, EUA, 1999.
  5. Nelson Ted, *Computer Lib, Dream Machines*, Microsoft Press, 1987.
- Páginas sugeridas de sitios y compañías que ofrecen productos para el diseño electrónico:  
Desig Grafics. Image production. Disponible en: [Http://hotwired.lycos.com/webmonkey/design/graphics/index.html](http://hotwired.lycos.com/webmonkey/design/graphics/index.html), sept. 2003.  
Páginas sugeridas.  
World Wide Web Consortium (W3C). Disponible en: [Http://www.w3.org/](http://www.w3.org/)  
Web Design Resources. Disponible en: [Http://www.windweaver.com/searchpage7.htm](http://www.windweaver.com/searchpage7.htm)  
Sitio de Adobe. Companies. Several products for digital imaging. Disponible en: [Http://www.adobe.com/](http://www.adobe.com/), agosto 2003.  
Macromedia Authoring & Interactive Media pools. [Http://www.macromedia.com/software/](http://www.macromedia.com/software/), agosto 2003.

# *Incidencia del uso de servicios integrados en el consumo de productos turísticos extrahoteleros*

*Marisol Vanegas Pérez, Omar Salvador Alvarez, Ruben López Barajas  
Juan Boggio Vázquez & Doraly Vázquez Ramírez  
Instituto de Investigaciones Turísticas  
UNIVERSIDAD LA SALLE CANCUN*

*Recibido: Julio de 2002. Aceptado: Enero de 2003.*

## **I. INTRODUCCIÓN.**

En los últimos años, fundamentalmente a partir de 1997 y con un comportamiento creciente, se han hecho cada vez más frecuentes y evidentes algunas “señales” que justifican la preocupación de los prestadores de servicios extrahoteleros sobre el comportamiento de la actividad, reflejándose en la disminución significativa de la afluencia de clientes y los niveles de consumo.

Al evaluar este fenómeno podemos identificar varias causas que, en diferente grado y proporción, pudieran determinar este comportamiento. Por una parte, en el último lustro se observa un incremento significativo en el porcentaje de visitantes que usan servicios integrados y de éstos, una proporción creciente opta por la modalidad de todo incluido. Cabe esperar, en estos casos, cambios en la estructura y los niveles de consumo de alimentos y la selección de actividades complementarias. Por otra parte, la Organización Mundial de Turismo ha alertado sobre cambios en el comportamiento y los hábitos de consumo de los viajeros internacionales que comienzan a manifestarse como tendencia. Por último, sería necesario evaluar en qué medida la propia evolución cuantitativa y cualitativa de la red extrahotelera se ha venido adecuando a la cambiante realidad del mercado.

Con el objetivo de fundamentar y confirmar la relación entre estos fenómenos y a solicitud de CANIRAC, el Instituto de Investigaciones Turísticas de la Universidad La Salle ha realizado un estudio orientado a dimensionar la incidencia de estos factores y así llegar a conclusiones más sólidas que permitan prever consecuencias a

futuro y proponer escenarios alternativos modificados.

## **II. IMPORTANCIA DEL TURISMO EN LA ECONOMÍA ACTUAL**

La importancia de la actividad turística por sus efectos económicos, sociales, culturales y ambientales en el nivel mundial y de las comunidades concretas que en ella intervienen, como receptoras o emisoras de visitantes, es un hecho que, ante la evidencia de las cifras, pocos se atreven a cuestionar.

El turismo en el 2000 dio empleo a 230.8 millones de personas en el mundo, el 9,4% del total de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada, con una derrama económica en el año 2000 superior a los 475 mil millones de dólares. La actividad turística contribuyó con el 8% del total de las exportaciones mundiales, lo que representa el 37% del total de las exportaciones por servicios; atrajo cerca del 12% del total de las inversiones de capital mundial. Al cierre del 2001, se registraron 689 millones de viajeros internacionales. Considerando en conjunto, los flujos internacionales y domésticos, alrededor del 4% de la población hace turismo, y se calcula que para el 2020 sea el 7%. Según estudios de la Organización Mundial del Turismo (OMT) en los próximos 20 años se espera una tasa de crecimiento del 4% anual en llegadas internacionales. En el caso de América se esperan tasas ligeramente superiores de crecimiento: América del Sur del 4.9%, Centroamérica del 4.1% y el Caribe del 4.5%.

### III. EL TURISMO EN EL CARIBE MEXICANO

El Caribe Mexicano, tras un proceso que se inicia a finales de los años sesenta, es hoy uno de los centros turísticos más importantes del mundo por los ingresos que genera, la calidad, diversidad y magnitud de su oferta hotelera y extrahotelera; así como por las repercusiones sociodemográficas y culturales que le han acompañado en su desarrollo. El crecimiento turístico del estado de Quintana Roo, con apenas 32 años de iniciado, es un fenómeno que conserva vitalidad; los pronósticos menos conservadores aseguran el crecimiento sostenido para los próximos 20 años, derivado en parte por la confluencia de las características del mercado internacional, las tendencias en las pautas de consumo que se van haciendo dominantes y el propio patrimonio turístico de la región

#### CRECIMIENTO EN LA OFERTA DE CUARTOS. 1997-2001

DESTINO	1997	1998	1999	2000	2001
Cancún	22,855	23,393	24,610	25,368	26,194
Riviera Maya	7,245	7,407	12,653	14,870	18,731
<b>TOTAL</b>	<b>30100</b>	<b>30800</b>	<b>37263</b>	<b>40238</b>	<b>44,925</b>

Fuente: Asociación de Hoteles, Fideicomisos Estatales, Dirección de Turismo-Sedetur

El aeropuerto internacional de Cancún se ubica como el primer aeropuerto en recepción de vuelos internacionales en todo el país. Adicionalmente, el estado se distingue desde hace más de 10 años por la captación de más de la tercera parte de las divisas que ingresan al país por concepto de turismo.

En Quintana Roo, el 91% del PIB corresponde a los servicios y de ello el 58% al subsector turístico-comercial. En Cancún, el 86% de la PEA ocupada lo está en servicios turísticos o vinculados a esta actividad. En los últimos años la infraestructura turística del estado ha incrementado aún más su ritmo de crecimiento, lo que ha generado una mayor presión de la inversión; la Riviera Maya, por ejemplo, presenta tasas de crecimiento en la oferta de cuartos de cerca del 500% en los últimos 4 años, pasando de 4,000 cuartos en 1997 a cerca de 19,000 en 2001.

El crecimiento en el volumen del turismo y en la oferta de alojamiento, haría pensar que la oferta de servicios complementarios, tours, restaurantes, centros comerciales, etc, crecería en la misma proporción; sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado que las nuevas modalidades de operación y venta de productos turísticos, están ocasionando una reducción en la movilidad interna del viajero, una disminución del gasto promedio de viaje y de la estancia promedio, entre otros factores. Buen número de empresarios, dedicados tradicionalmente a atender mercados de turistas, son excluidos de la cadena de valor, básicamente al no poder competir en precios y al ver afectados sus resultados financieros por el incremento que representa en los costos de operación las comisiones, en ocasiones impuestas, de las agencias que operan como canales de distribución y que de forma progresiva se han apoderado del mercado. Cancún y la Riviera Maya no son la excepción sino por el contrario, ejemplos significativos de esta tendencia.

Como resultado de este proceso creciente de concentración, en el año 2001, 13 agencias mayoristas controlaron el 72 % del mercado que visitó la región. De ellas, sólo 6 agencias controlaron el 55 %.

Núm. de agencias	1999	2001
	Control de mercado	
13	70 %	72 %
6	52 %	55 %

Bajo estas condiciones, es obvio que los productos y servicios no considerados en el paquete de ofertas de estas agencias presentarán serias dificultades para insertarse en la selección de consumo de casi el 70 % de los turistas que viajan al destino.

### IV. INCIDENCIA DEL USO DE SERVICIOS INTEGRADOS EN EL CONSUMO DE PRODUCTOS TURÍSTICOS EXTRAHOTELEROS

El crecimiento que presenta el uso de servicios integrados en los visitantes a la región se corresponde con la tendencia internacional en el uso de estos servicios.

Se considera como “servicios integrados” a la modalidad de viaje que incluye los servicios de pasaje aéreo, transfer in/out, alojamiento y al menos dos alimentos diarios. Se incorpora en este concepto el “todo incluido” (TI) como la particularidad que incluye todos los alimentos y bebidas dentro del hotel, además de otros servicios básicos.

La modalidad del “todo incluido” para los hoteles ha adquirido una posición cada vez más prominente en el mercado turístico internacional. Comenzó en la década de los años 30 (Holidays Camps, de Inglaterra), se desarrolló con los Club Mediterranée en la década de los 60 y se ha expandido en varios formatos similares hasta la actualidad.

El mayor éxito de esta modalidad, de acuerdo con la literatura consultada, se encuentra asociado a la obtención de resultados económicos superiores. Se afirma que la operación del TI es beneficiosa a partir de un 65% de ocupación y por encima del 80% se puede catalogar de excelente. Los hoteles con esta modalidad cuentan generalmente con una ocupación mayor, respecto de los tradicionales.

La rapidez con que se ha diseminado este producto ha provocado en algunos momentos cierto temor y un grupo de interrogantes respecto al impacto que puede provocar en los destinos, sus comunidades e industrias locales.

El desarrollo alcanzado por el TI en el Caribe tuvo sus orígenes en Jamaica, cuando en 1976 dos empresarios (Gordon Stewart y John Issa), copiaron la versión del Club Med hacia el Caribe para las cadenas Sandals y SuperClub. Las mejoras introducidas fueron tan significativas que les propiciaron algunas ventajas competitivas.

Las instalaciones TI del Caribe cuentan con determinados elementos que las sitúan, según opinión de algunos especialistas, por delante de sus homólogas europeas en áreas como marketing, segmentación del mercado y diseño del producto, con lo cual marcan pautas en su desarrollo. En este sentido, el ejemplo de SuperClubs resulta evidente, al contar con cinco marcas dirigidas a segmentos específicos. Las instalaciones de este tipo en el Caribe Insular son consideradas actualmente como el seg-

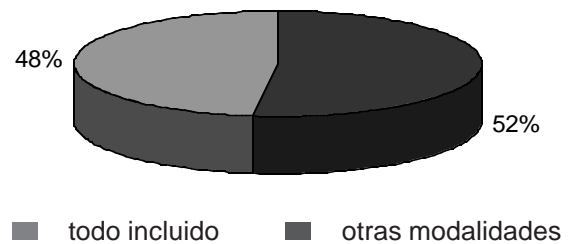
mento de más éxito y mayor rentabilidad dentro del sector de alojamiento.

La expansión del TI en el Caribe ocurre fundamentalmente a partir de la pasada década, donde de alrededor de 600 habitaciones existentes en 1980 se pasó a unas 35,000 en 1996, con un crecimiento aún más significativo en los últimos años, con 40 mil habitaciones en 1999 y más de 50,000 para finales del 2001.

La modalidad TI también se ha venido posicionando del Caribe Mexicano. En la Riviera Maya abarca las 2/3 partes de la oferta de alojamiento. En el caso de Cancún, esta modalidad ha mantenido un crecimiento sistemático en los últimos años y en la actualidad representa el 29% de la oferta de alojamiento, según cifras oficialmente declaradas.

En la actualidad, en el Caribe Mexicano hay un total de 44,704 habitaciones, de las cuales 21 326 se ofertan bajo la modalidad TI, para un 48 %.

Destino	Tot hab	En TI	%
Cancún	26,194	7,566	29%
Riviera Maya	18,731	13,823	74%
<b>Total</b>	<b>44,925</b>	<b>21,389</b>	<b>48%</b>

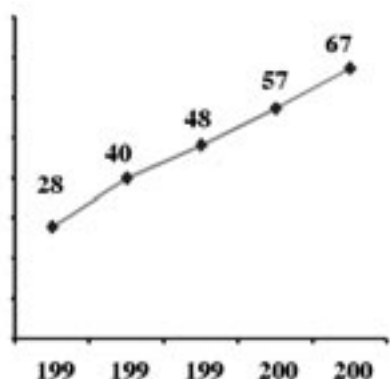


Si la oferta de TI es significativa por sí misma, habría que agregar que en la clasificación “otras modalidades” se incluye un grupo importante de turistas que no viajan en plan de TI pero lo hacen en algún paquete que incluye, entre otros servicios, dos y hasta tres comidas, por lo cual el efecto de los servicios integrados en el uso y consumo de servicios complementarios supera el efecto que pudiéramos esperar sólo por el crecimiento de la oferta de TI.

La proporción de visitantes que viajan a la región en las diferentes modalidades de servicios integrados ha mantenido también un ritmo ascendente, en lo fundamental a partir del año 1997 en el cual se produce el primer incremento significativo. En el año 2001 creció un 10% respecto del año 2000.

Dinámica de la participación de servicios integrados en el total de viajeros a la región

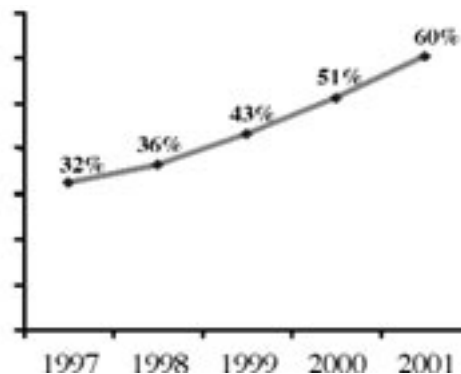
Año	% de tur con serv integ
1997	28 %
1998	40 %
1999	48 %
2000	57 %
2001	67 %



En el caso particular de Cancún se observa una tendencia muy similar a la anterior, aunque ligeramente inferior en valores absolutos. La proporción de servicios integrados en el año 2001, que alcanzó el 60 % del total de turistas, creció alrededor del 28% respecto del año 97 y 9% del año 2000 al 2001.

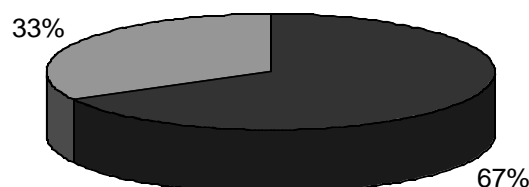
Dinámica de la participación de servicios integrados en el destino Cancún

Año	% de tur con serv integ
1997	32%
1998	36%
1999	43%
2000	51%
2001	60%

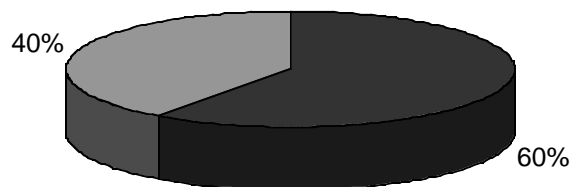


Proporción de turistas que viajan con servicios integrados al cierre del 2001

TOTAL DE LA REGIÓN



DESTINO CANCÚN

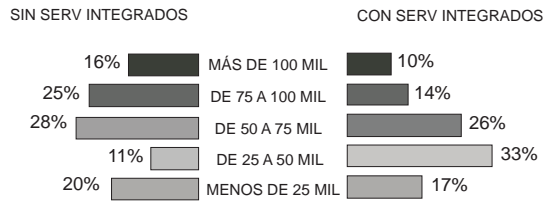


■ con servicios integrado  
■ sin servicios integrados

IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS TURISTAS SEGÚN MODALIDAD DE VIAJE

Los estudios de caracterización realizados por el Instituto de Investigaciones Turísticas muestran diferencias, en ocasiones significativas, en determinadas características y hábitos de consumo del segmento de turistas que viajan con servicios integrados respecto a los turistas que viajan en modalidad tradicional, lo que puede apreciarse en el análisis comparativo que se presenta a continuación sobre el comportamiento de algunos indicadores seleccionados.

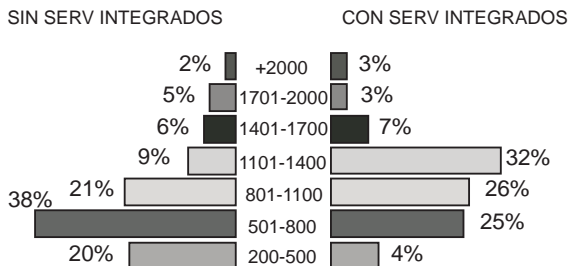
## INGRESOS



Los segmentos cuyos ingresos superan los 50 mil dólares alcanzan el 69 % en los viajes sin servicios integrados, mientras que el 50 % de los viajeros con servicios integrados se agrupan en rangos de ingreso menor a los 50 mil dólares anuales.

Lo anterior indica que la selección de la modalidad de viaje responde en buena medida a los niveles de ingreso y consecuentemente a la disposición de gastos en el destino. Este elemento, conjugado con el creciente número de viajeros con servicios integrados incide de forma preponderante en los resultados que se observan en la disminución del consumo en la red extrahotelera.

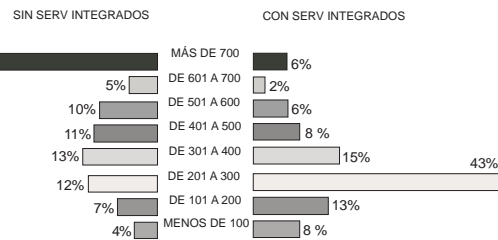
## COSTO DEL PAQUETE



El precio del paquete con servicios integrados es superior en los rangos más altos, lo cual se corresponde totalmente con la cantidad de servicios que incluye este concepto. Dentro del paquete "sin servicios" integrados pueden clasificarse desde los más sencillos, que sólo incluyen pasaje aéreo, transfer y alojamiento. Las diferencias más significativas se observan en el rango de 1,101 a 1,400 dólares

Visto sólo en el costo del paquete, se corrobora lo enunciado en el punto anterior, sobre la decisión de viajar en esta modalidad de acuerdo a la variable ingreso.

## GASTO POR PERSONA



En este indicador se presentan las mayores diferencias entre uno y otro segmento. Es evidentemente el desplazamiento hacia los mayores rangos de gastos en servicios complementarios del grupo que viaja sin servicios integrados y que, por la propia característica de su modalidad, accede a la compra de productos complementarios. En este grupo, el 51 % de los turistas gastan 500 dólares o más durante su estancia.

Así mismo, la mayor proporción en rangos bajos para el grupo con servicios integrados ratifica la tendencia observada. El 64% de estos viajeros gasta 300 dólares o menos y sólo alrededor de 14% gasta más de 500 dólares.

Esta información por sí misma explica en buena medida el fenómeno que analizamos, pero la comparación conjunta de los comportamientos expresados, en los gráficos anteriores, reafirma con mucha mayor fuerza el criterio expresado en el sentido de que un mayor o menor gasto en servicios complementarios depende, en gran medida, de la modalidad en que se viaja y que ésta, a su vez, corresponde con los niveles de ingreso del turista.

## V. CARACTERIZACIÓN DE LA RED RESTAURANTERA EN CANCÚN

De acuerdo al análisis anterior, resulta evidente que el crecimiento en la utilización de servicios integrados como modalidad de viaje al destino representa una clara incidencia en la compra de productos y servicios complementarios, especialmente los servicios de alimentos y bebidas extrahoteleros.

Considerando las instalaciones extrahoteleras de la zona hotelera y del centro de la ciudad,

en el destino Cancún hay un total de 138 restaurantes con 23,698 sillas (ver cuadro siguiente).

En la zona hotelera se encuentra el 68% de los restaurantes y el 74% de las sillas, mientras que en el centro de la ciudad se concentran el 32% de las instalaciones y el 26% de las sillas.

Locación	Restaurantes*	%	Sillas	%
Zona hotelera	94	68%	17,551	74%
Ciudad	44	32%	6,147	26%
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100%</b>	<b>23,698</b>	<b>100%</b>

(\*) Restaurantes extrahoteleros de la zona hotelera y los del primer cuadro de la ciudad, que pudieran considerarse de alguna manera con orientación a segmentos de mercado de turistas

En lo que respecta a la zona hotelera, no se aprecian cambios notables en los dos últimos años en lo que a cantidad de restaurantes se refiere, sin embargo, la situación de la ciudad es algo diferente ya que su propio crecimiento y consolidación ha propiciado la apertura de nuevos restaurantes, los cuales representan un incremento de cerca del 16% respecto de las capacidades de la ciudad y alrededor de 4 % respecto de la capacidad total del destino.

Pero aún considerando que en los cuatro últimos años se mantiene estable la capacidad restaurantera y, a pesar de que el turismo crece en 12% en ese período, el crecimiento en la proporción de viajeros con servicios integrados es mucho más dinámica.

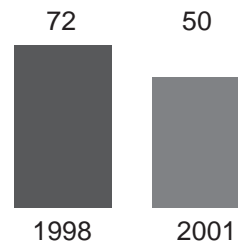
La relación de turistas sin servicios integrados (potencialmente consumidores de servicios de restaurantes) disminuye de forma progresiva, de tal manera que en tres años disminuye en 30 %, como puede apreciarse en la siguiente tabla:

Año	Núm. Turistas	% sin serv integ	Núm. Tur sin serv int
1998	2'664,199	64 %	1'705,087
2000	2'985,465	49 %	1'462,877
2001	3'000,000	40 %	1'200,000

Al relacionar a los turistas potencialmente consumidores con la capacidad instalada puede observarse que, en el año 1998, la demanda era de 70 turistas por silla de restaurante, mientras que en el año 2001 este indicador disminuye a 50, para dar 30 % de decremento.

Relación de turistas sin servicios integrados (potencialmente consumidores) respecto a la capacidad de servicio instalada.

1	2	3	4
Año	Núm. Sillas	Núm. Tur sin serv int	Relación 3/2
1998	23,698	1'705,087	72
2001	23,698	1'200,000	50



## VI. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAZAS COMERCIALES EN LA ZONA HOTELERA DE CANCUN

Las señales de contracción que muestra la red restaurantera se hace también patente en las plazas comerciales.

Como eslabón de la red extrahotelera del destino, en este comportamiento incide también, como observaremos más adelante, el incremento en el uso de servicios; sin embargo, el análisis de las plazas comerciales presenta al menos tres especificidades que resulta necesario diferenciar.

Por una parte, la oferta de las plazas comerciales no coincide exactamente con los servicios incluidos en los paquetes turísticos, por lo cual la incidencia de servicios integrados se manifiesta de forma diferente. Por otra parte, a diferencia de la red restaurantera, en el caso de las plazas se observa una mayor dinámica en el crecimiento de la oferta comercial.

Por último, cabe destacar que durante los últimos años se estableció el supuesto de que el crecimiento en el número de cuartos y del volumen de turistas al destino tendría una incidencia directamente proporcional en la afluencia a plazas comerciales; sin embargo, las empresas hoteleras han desarrollado estrategias financieras orientadas a incrementar los recursos y nivelar los costos. Una de ellas ha sido la



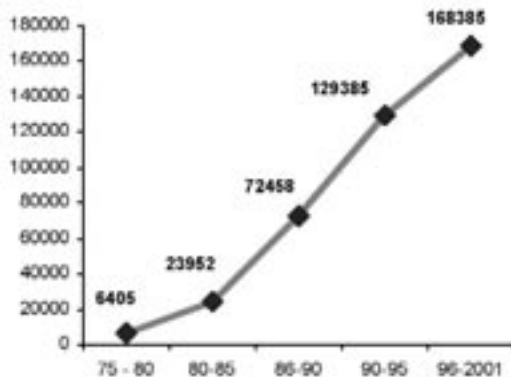
de incrementar los metros cuadrados dedicados a la actividad comercial dentro de sus propias instalaciones. Esta situación ubica a las propiedades hoteleras y más aún, a las que venden modalidades integradas como un competidor emergente que agudiza los impactos previsibles.

De esta manera, la disminución que se observa en el consumo estaría condicionada no sólo por la disminución del mercado potencial como resultado del aumento de servicios integrados, sino también en el propio crecimiento de la oferta.

En la zona hotelera de Cancún hay un total de 26 plazas comerciales con 168,385 m<sup>2</sup> construidos, de los cuales 109,450 –que representan un 65%– están dedicados a la actividad comercial.

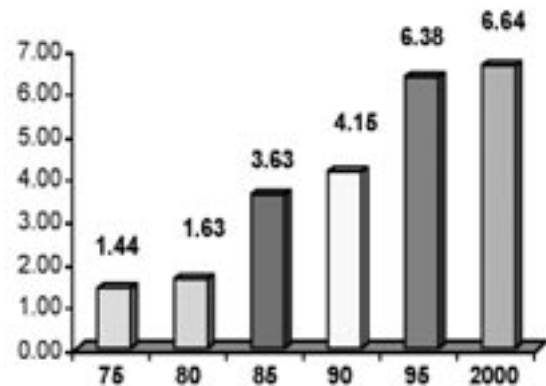
La dinámica de los centros comerciales ha presentado un crecimiento significativo durante todo el período. En algunos incluso se ha triplicado la cantidad existente en el período anterior, lo que puede observarse en el siguiente gráfico:

Año	metros <sup>2</sup>	
	inc	acumulado
75-80		6,405
81-85	17,547	23,952
86-90	48,506	72,458
91-95	56,927	129,385
96-200	39,000	168,385



Así mismo, puede observarse que, de forma permanente, la oferta comercial ha crecido en mayor proporción que la propia capacidad hotelera del destino. Expresado en metros cuadrados por habitación, se observa un crecimiento significativo, fundamentalmente en el quinquenio del 90 al 95 donde se produce un crecimiento del 25% sobre la capacidad existente:

Año	habitac	m <sup>2</sup> comerc	m <sup>2</sup> /hab
75	1,322	1,905	1.44
80	3,930	6,405	1.63
85	6,591	23,952	3.63
90	17,470	72,458	4.15
95	20,278	129,385	6.38
2000	25,368	168,385	6.64



En paralelo al crecimiento de la oferta se produce un decrecimiento en el **mercado potencial** de plazas comerciales.

En el año 1997, el 76% de los turistas que visitaban Cancún asistían a plazas comerciales al menos una vez durante su estancia. En la actualidad, esta cifra es del 64%.

En el año 1997 el 32% de los turistas que visitaban Cancún lo hacían en la modalidad de servicios integrados. En la actualidad, esta cifra es del 60%. El 90% de los turistas que visitan plazas comerciales, de forma independiente, realizan alguna compra. En el caso de los tours de compras esta cifra es del 70%

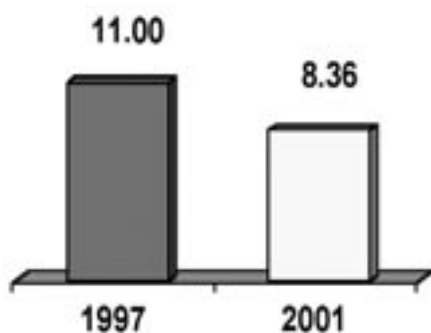
La combinación de estos datos arroja que aunque el número de turistas del año 2001 respecto a 1997 se incrementa en un 14%, el

mercado real en plazas comerciales se reduce en alrededor del 11%.

### Relación oferta – demanda

Al relacionar los turistas potencialmente consumidores con la oferta comercial, puede observarse que en el año 1997 la demanda era de 11 turistas por metro cuadrado de oferta, mientras que en el año 2001 este indicador disminuye a 8.36 para un 25% de decremento.

m <sup>2</sup> comerciales	1997	2001
en plazas comerciales	143,385	168,385
en hoteles	8,000	10,000
total m <sup>2</sup> comerciales	151,385	178,385
turistas	1'665,449	1'491,530
<b>turistas/m<sup>2</sup> comercial</b>	<b>11.00</b>	<b>8.36</b>



El efecto conjunto del crecimiento de la oferta y la disminución de la demanda ha generado diferentes impactos en la actividad de plazas comerciales entre las que destacan:

Alrededor del 18% de locales cerrados, equivalente a 17,000 metros cuadrados comerciales.

Disminución de 1,020 empleos (0.06 empleados por metros cuadrados comerciales)

Una inversión improductiva de 122 millones de pesos (7,200 pesos de inversión por metro cuadrado)

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evolución de la actividad turística evidencia una dinámica de incremento sostenido, situación que, para los próximos años, supone

convertirse en uno de los sectores más importantes de la economía mundial.

El acelerado crecimiento en los flujos de viajeros supone un incremento en las inversiones y en las ofertas habilitadas para el turismo.

Al margen de las operaciones de las empresas turísticas en los destinos, la gran preocupación estriba en las vías de acercamiento y conexión entre los flujos de demandas y las ofertas instaladas.

Las empresas responsables del control de los flujos de viajeros y canales de distribución, han logrado concentrar los mercados y con ello controlar las condiciones de intercambio.

Los prestadores de servicios turísticos son forzados a aceptar condiciones de precios, de pagos que en buena medida afectan la operación y el tipo de producto ofrecido.

Todo este comportamiento deriva del modelo de desarrollo turístico predominante que privilegia las captaciones de recursos y exportaciones *in situ*, ignorando las propias condiciones de operación de la actividad.

La demanda turística no es ajena a los cambios en la estructura de valores del individuo. Este cambio requiere, cada vez más, nuevos tipos de satisfactores que en ocasiones la empresa no puede ofrecer de manera inmediata, perdiendo competitividad.

En Cancún, como en la mayoría de los destinos turísticos importantes del mundo, las altas tasas de crecimiento en la oferta generan un patrón de competencia muy alto, lo que en ocasiones conlleva a obtener mercados vía reducción de precios, forzando a las compañías a buscar nuevas alternativas operacionales que se ajusten al nuevo patrón de costos.

El sector hotelero ha iniciado en los años recientes la transformación en modalidades de operación más ajustadas a la realidad imperante, en donde las modalidades de servicios integrados constituyen, en buena medida, una vía para mantener los resultados financieros.

Sin embargo, un destino con las dimensiones del nuestro cuenta con una amplia oferta

complementaria y extrahotelera de servicios turísticos, los cuales están siendo seriamente afectados por estas nuevas políticas de operación.

Los elementos que caracterizan este fenómeno son reducción en el gasto promedio, reducción en los días de estancia, disminución de la movilidad interna del viajero y reducción en los niveles de ingreso, entre otros aspectos.

Las empresas extrahoteleras, en particular los servicios de restaurantes, experimentan una fuerte disminución en sus ingresos y márgenes de utilidad, disminución proporcional de su participación de mercado y en ocasiones se enfrentan a la inminencia del cierre.

Ante esta realidad, las empresas restauranteras y de plazas comerciales tendrán que accionar en los siguientes sentidos:

- A. Adecuarse rápidamente a los cambios en el mercado y fortalecer su orientación al decreciente grupo de turistas que viajan sin paquetes, así como fortalecer sus estrategias de negociación y alianza con empresas de alojamiento y de viajes, a fin de lograr una determinada participación en el mercado del grupo de turistas que viajan con servicios integrados.
- B. Rediseñar y adecuar su oferta hacia productos con una mayor diferenciación que lo ubique en mejor posición competitiva, disminuyendo en lo posible el papel del agente intermediario y el poder que tiene sobre el producto y el precio.
- C. Profundizar en los estudios de factibilidad para la ampliación o creación de nuevas instalaciones, de manera que se reduzca al mínimo la improvisación que puede con-

ducir a un incremento injustificado de las capacidades y, con ello, agravar aún más la desproporción existente. Esta recomendación tiene especial énfasis para el caso de plazas comerciales, debido a la dinámica de su crecimiento en los últimos años. Así mismo, las plazas deberán fortalecer sus estudios de mercado orientando adecuadamente a los inversionistas y locatarios sobre los giros de mayor demanda.

- D. Iniciar un proceso de renegociación de contratos y pagos de comisiones que se sustente más objetivamente en la realidad financiera que presenta el sector.

Este equipo de investigación no quisiera concluir el presente documento sin advertir, aún ante la posibilidad de que resulte infructuoso, el hecho de que resulta necesario establecer normas que regulen las ofertas de alojamiento relacionadas con las diferentes modalidades de servicios integrados y en particular de TI. Una alternativa para ello radica en mantener las asignaciones de uso de suelo que obtuvieron los proyectos de origen y que en su momento correspondían con la vocación económica de los mismos.

En el caso particular de los restaurantes, de continuar las tendencias observadas a lo largo del estudio, relacionadas con la disminución progresiva del mercado potencial, que en los últimos tres años se redujo en 30%, serán suficientes cinco años más para provocar una crisis total en la red extrahotelera de alimentos con las consecuencias que esto implicaría en el orden económico y social.

Las empresas turísticas en su conjunto y las instancias de gobierno deben reconocer que un destino turístico sano es aquel en el que todos los sectores tienen igualdad en las posibilidades de acceder al mercado.

# Publicaciones ULSA



**REVISTA ACADEMICA**

FACULTAD DE DERECHO  
DE LA UNIVERSIDAD LA SALLE

**Artículos de fondo:**  
 Análisis de la Ley de Acceso a la Información Pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 Reyes de la Cruz y LA SALLE  
 D. Julio Pineda Arriaga  
 El desarrollo de la Ley de Acceso a la Información Pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 México y la legislación de acceso a la información  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 Los derechos de acceso a la información pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 La Ley de Acceso a la Información Pública en México  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 La administración de acceso a la información pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Opiniones:**  
 La Ley de Acceso a la Información Pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
 SER y ACCESIBILIDAD. LA Ley de Acceso a la Información Pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Resumen:**  
 Historia de México Académico  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Artículos Legales:**  
 El acceso a la información pública y el derecho  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Resumen de temas:**  
 El acceso a la información pública  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Artículo de fondo:**  
 El acceso a la información pública en México  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso  
**Artículo de fondo:**  
 El acceso a la información pública en México  
 Dr. Juan Carlos López y Alonso



- REVISTA ACADEMICA
- REFLEXIONES UNIVERSITARIAS
- SIEMPRE UNIDOS
- LOGOS
- REVISTA MEDICA
- VERA HUMANITAS

# *X Jornadas de Investigación. Premio Hno. Salvador González 2003.*



Resúmenes de trabajos ganadores de la Medalla al Premio "Hermano. Salvador González" del 1er. lugar en categoría avanzada.

*Área: Ciencias Sociales y  
Administrativas*

*Categoría: Avanzada*

*Título del Trabajo:*

*Proyecto de Sistematización del Programa de Vinculación Museo-Escuela del Antiguo Colegio de San Ildefonso*

*Autor: Rodríguez Villanueva, Ricardo Alberto  
e-mail: [joebeto@yahoo.com](mailto:joebeto@yahoo.com)*

*Escuela: Ciencias de la Educación  
Asesor: Rafael Rendón Padilla*

El siguiente proyecto desarrolla una sistematización del programa de vinculación museo-escuela, de la Coordinación de Servicios Pedagógicos del Antiguo Colegio de San Ildefonso (ACSI), con la finalidad de fundamentar la propuesta del museo concerniente a brindar un espacio alternativo de aprendizaje para los alumnos que lo visitan; esto se realizó en el marco de las prácticas educativas del área de Comunicación y Tecnología Educativa de la Licenciatura en Ciencias de la Educación en el museo.

La necesidad de sistematizar y brindar mayor calidad en el servicio se detectó después de la observación y gracias al conjunto de entrevistas informales con la encargada del proyecto, la Lic. Ma. de Lourdes Quijano, quien apuntó la no existencia de documento alguno que respaldara al proyecto y que, por tanto, todo aquello que se

realizaba se relacionaba con su desempeño personal en la institución. Además, comenzó a trabajar realizando una difusión de este programa y preparando el material necesario para los docentes: visitas previas y material de apoyo.

Se encontró que la Ley General de Educación y el Plan Nacional de Educación 2001–2006 presentan algunas líneas que fundamentan la existencia del programa de vinculación y, además, se analizaron las normas de certificación Mexicana ISO 9000:2000 para garantizar la necesidad de sistematizar un proyecto de servicios como el que presta el Antiguo Colegio de San Ildefonso.

*Área: Educación y Humanidades*

*Categoría: Avanzada*

*Título del trabajo:*

*Estrategias para la enseñanza de la historia en el manejo del contenido del bloque IV: La Revolución Mexicana en el sexto grado de Educación Primaria*

*Autor: Fernández Miranda, Reyna Nallely  
e-mail: [blinqui800@hotmail.com](mailto:blinqui800@hotmail.com)*

*Escuela: Ciencias de la Educación,  
Asesor: Francisco Javier García Chávez*

El proyecto Estrategias para la enseñanza de la Historia en el manejo del contenido del Bloque IV: la Revolución Mexicana en el sexto grado de Educación Primaria se inscribió en la línea temática número 3 "Experimentación de una propuesta didáctica". Esta investigación se centró en una propuesta que permitió la búsqueda y recopilación de información que contribuya a la enseñanza de la Historia y a la organización y recuperación de lo relevante de los contenidos de la Revolución Mexicana, a través del uso de cuadros sinópticos, esquemas, mapas conceptuales y cuadros para concentrarla.

Este proyecto surgió de los resultados obtenidos en el diagnóstico aplicado a los alumnos del 6° "A" de la Escuela Jonás Edward Salk, identificando que la asignatura de Historia ocupaba el sexto lugar dentro de sus preferencias; por ello se diseñaron cinco sesiones para trabajar con los contenidos de la Revolución Mexicana y para efectuar un análisis de las mismas, a fin de identificar su pertinencia y el aprendizaje de estos contenidos.

Asimismo se realizó una revisión de los elementos normativos y conceptuales de la Historia, y de los documentos editados por la Secretaría de Educación Pública, para identificar su papel en la Escuela Primaria, las estrategias para su enseñanza y para el contenido de la Revolución Mexicana y, de esta manera, lograr una vinculación entre las sugerencias para su enseñanza, las habilidades a desarrollar con esta asignatura y las estrategias de búsqueda y recopilación de información, con la finalidad de dar continuidad al enfoque de la Historia.

### Área: Ingeniería y Tecnología

#### Categoría: Avanzada

*Título del Trabajo:*

*Análisis de la estructura del vehículo Mini Baja West 2001 a través del método del elemento finito*

*Autor: Romero Sánchez, Jorge & Cepeda García, María del Mar*

*e-mail: [jromero@webxmedia.com](mailto:jromero@webxmedia.com)*

*Escuela: Ingeniería*

*Asesor: Miguel Ángel Herrera Domínguez*

En este trabajo se presenta la optimización del diseño del vehículo Mini Baja West 2001, en aspectos como: peso, seguridad, fabricación y comportamiento estructural ante situaciones extremas de uso. El análisis de las circunstancias a las que se expone el vehículo es muy complicado, debido a la gran cantidad de suposiciones y propuestas de ecuaciones matemáticas que no nos ofrecen un diagnóstico 100% confiable, por lo cual, dicho análisis se realizó utilizando el método del elemento finito. Con la ayuda del software ALGOR, se estudió la simulación mecánica de un evento, comparando la estructura del Mini Baja West 2001 contra

un prototipo en situaciones idénticas. Dichas simulaciones fueron:

- ❖ Recorrido por un camino sinuoso,
- ❖ Salto desde una altura de 1.5 m,
- ❖ Choque frontal contra un árbol,
- ❖ Choque trasero por otro vehículo de peso y dimensiones semejantes,
- ❖ Volcadura completa del vehículo.

En cada evento se utilizaron variables cercanas a la realidad como la fricción, la gravedad, las propiedades de los materiales, las densidades, el peso, los momentos de inercia etc., esto con el fin de obtener un resultado con un mayor grado de certeza y de tener un punto preciso de comparación para futuras modificaciones de diseño.

### Área: Ciencias de la Salud

#### Categoría: Avanzada

*Título del trabajo:*

*Evaluación de la capacidad inmunogénica y protectora de la Porina OmpF de salmonella enterica Serovar Typhi<sup>1</sup>*

*Autor: Cervantes Barragán, Luisa Constanza del Rosario*

*e-mail: [lluisa\\_c@yahoo.com](mailto:lluisa_c@yahoo.com)*

*Escuela: Ciencias Químicas*

*Asesor: José Antonio García Macías*

La fiebre tifoidea es una enfermedad infecciosa con gran incidencia en países en vías de desarrollo, como México. Las vacunas disponibles son imprácticas o inaccesibles para utilizarse en zonas endémicas, por ello la Unidad de Investigación Médica en Inmunoquímica del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional siglo XXI IMSS, ha desarrollado la vacuna ISIPOR, constituida por las porinas de la membrana externa de Salmonella enterica serovar Typhi. Estas proteínas inducen una protección del 90% al reto con 500DL50 de S. typhi en ratones. Para estudiar la participación de los

<sup>1</sup> Realizado en la Unidad de Investigación Médica en Inmunoquímica, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional siglo XXI.

componentes de la mezcla proteica se expresó de manera recombinante la porina OmpC (OmpCr), protegiendo el 40% contra 100DL50 de *S. typhi*.

En el presente trabajo se purificó y caracterizó la porina OmpF a partir de una cepa de *Salmonella typhi* deficiente de la porina OmpC, y se realizaron ensayos de protección que demuestran que OmpF protege el 60% contra 100DL50 de *S. typhi*. Por otro lado, se evaluó la capacidad protectora de la mezcla de OmpCr y OmpF, comparándola con la de las porinas purificadas de la cepa silvestre. La mezcla protege 80% contra 100DL50 de *S. typhi* y sólo 20% contra 500DL50, mucho menor a las porinas purificadas de la cepa silvestre.

Estos resultados demuestran que la presencia de ambas porinas es necesaria para la protección que produce la vacuna, que la porina induce mayor protección que la porina OmpCr y que las proteínas purificadas de la cepa silvestre son más eficientes en la inducción de protección.

## Área: Ciencias Naturales y Exactas

### Categoría: Avanzada

#### Título del trabajo:

*Análisis conformacional de sulfuros orgánicos que contienen el grupo Difenilfosfinoilo mediante sus propiedades atómicas integradas*

Autor: Cárdenas Rodríguez, Julio César  
e-mail: [crdenas@lycos.com](mailto:crdenas@lycos.com)

Escuela: Ciencias Químicas,

Asesor: Gabriel Eduardo Cuevas González Bravo<sup>2</sup>

El efecto anomérico en el segmento S-C-P<sup>3</sup>, fue descubierto en 1982 por el Dr. Eusebio

Juaristi<sup>4</sup> y aún existe controversia sobre el origen de dicha preferencia conformacional del 2-difenilfosfinoil-1,3-ditiano.<sup>5</sup> Recientemente se realizó un estudio, en el marco de la teoría de átomos en moléculas,<sup>6</sup> que apoya la existencia de interacciones electrostáticas del tipo C-H-O-P como el origen de la preferencia conformacional de dicho heterociclo.<sup>7,8</sup> En este trabajo se da evidencia de la aplicación general de dicha propuesta, realizando la optimización geométrica a nivel B3LYP/6-31G(d,p) y estudiando también la topología de la densidad electrónica del 2-dimetilfosfinoil-1,3-ditiano y el dimetilfosfinoil(metansulfanil)-metano en el marco de la teoría de átomos en moléculas. Se emprendió también el cálculo y análisis de la energía, la población electrónica y la carga de todos los átomos de los conformeros relevantes. Dicho estudio se realizó con la finalidad de conocer qué núcleos son los responsables de la barrera rotacional de los enlaces en estos sistemas y proponer una aproximación sistemática al estudio del efecto anomérico y el análisis conformacional. Los resultados aquí presentados permiten concluir que la conformación observada es resultado de una competencia entre la estabilización del sustituyente y de la cadena o el anillo correspondiente.

En el caso del dimetilfosfinoil-metansulfanilmetano y del 2-dimetilfosfinoil-1,3-ditiano la transferencia de densidad electrónica de la cadena hacia el átomo de fósforo mediante una interacción electrostática del tipo C-H-O-P y la capacidad del sustituyente para estabilizarla, a costa de la cadena / anillo, es el origen de la preferencia conformacional del sistema estudiado.

<sup>2</sup> Trabajo realizado en la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad La Salle (ULSA) y en el Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

<sup>3</sup> Juaristi, E.; Valle, L.; Mora-Uzeta, C.; Valenzuela, B. A.; Joseph-Nathan, P.; Fredrich, M. F. *J. Org. Chem.*, núm. 47, p. 5038, 1982.

<sup>4</sup> Juaristi, E.; Valle, L.; Valenzuela, B. A.; Aguilar, M. A. *J. Am. Chem. Soc.* núm. 108, p. 2000, 1986.

<sup>5</sup> Juaristi, E.; Cuevas, G. *The Anomeric Effect*; CRC Press: Boca Raton, sección 7.3, 1995.

<sup>6</sup> Bader, R. F. W. *Atoms in Molecules-a quantum theory*; Clarendon Press: Oxford, 1990.

<sup>7</sup> Cuevas, G. *J. Am. Chem. Soc.*, núm. 122, pp. 692-698, 2000.

<sup>8</sup> a) Mikolajczyk, M.; Balczewski, P.; Wroblewski, K.; Karolak-Wojciehowska, J.; Miller, A.; Wieczorek, M. W.; Antipin, M. Y.; Struchkov, Y. T. *Tetrahedron* núm. 40, p. 4885, 1984.

b) Mikolajczyk, M.; Graczyk, P.; Wieczorek, M. W. *J. Org. Chem.* núm. 59, p. 1672, 1994. (c) Graczyk, P.; Mikolajczyk, M.; Plass, M.; Kolbe, A., *J. Mol. Struct.* núm. 416, p. 179, 1997.



Resúmenes de trabajos ganadores del 1er. lugar en categoría básica.

*Área de Ciencias de la Salud*  
*Categoría: Básica*

*Título del trabajo:*

*Presencia de la Asociación Simbiótica Mutualista denominada Micorriza en especies vegetales.*

*Autor: Corona Sámano, Guillermo*

*e-mail: [billygcs@yahoo.com.mx](mailto:billygcs@yahoo.com.mx)*

*Escuela: Preparatoria*

*Asesora: María Patricia Guadarrama Chávez*

La investigación consistió en determinar la presencia de hongos micorrizógenos arbusculares, y conocer el porcentaje de colonización micorrizica en plantas de ambientes cultivados y naturales, con el fin de saber en dónde se da la presencia del hongo micorriza en plantas.

Los beneficios que aporta este tipo de hongo tienen que ver con el aumento en biomasa de las plantas, pues les suministra una serie de nutrientes importantes para su desarrollo, como el fósforo en 80% y el nitrógeno en 25% aproximadamente.

Se compraron seis plantas de ornato, para representar a las plantas cultivadas, y se buscaron seis especies de plantas en sistemas naturales que se obtuvieron de la Reserva del Pedregal de San Ángel, perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Ciudad Universitaria.

Se hizo el método de tinción a todas las raíces de las plantas, para que posteriormente se crearan las preparaciones y después se apreciaran en un microscopio óptico para elaborar la técnica de colonización de presencia/ausencia.

*Área: Educación y Humanidades*  
*Categoría: Básica*

*Título del Trabajo:*

*Los Créditos de responsabilidad social, ¿contribuyen a la formación integral en los*

*alumnos de Ingeniería Mecánica de la Universidad La Salle?*

*Autor: Lona Valenzuela, Georgina\*; Crosby Quintero, Anaid; Ramírez Díaz, Yambe Denisse; García Ley, Vanesa Grisset; Elías Hernández, Raquel & Mercado Cuevas, Karina*  
*e-mail: [ginalona@hotmail.com](mailto:ginalona@hotmail.com)*

*Escuela: Ciencias de la Educación*

*Asesor: Rafael Rendón Padilla*

El presente trabajo tiene como objetivo determinar si la realización de los créditos de responsabilidad social, dentro de los primeros cuatro semestres del curso de Ingeniería Mecánica, contribuye significativamente en la formación integral de los estudiantes de la ULSA, ya que comparando el ideario Lasallista con la formación real y vivencial de los estudiantes, se observa que el ideario no se lleva a cabo del todo. Una de las estrategias propuestas para la formación integral y, específicamente, para la contribución pro-social de los estudiantes hacia la sociedad, es la aplicación de un programa llamado "créditos sociales" que representan una obligatoriedad para los estudiantes de 1º a 4º semestres, comprometiéndolos a cubrir cierto número de créditos antes de pasar al 5º semestre, siendo su castigo, en caso de no cumplirlos, no poder continuar sus estudios dentro de la Universidad. La inquietud surge a partir de esta obligatoriedad y la relación que tiene la presente estrategia con la formación integral que se pretende alcanzar. El estudio se enfocó en los estudiantes de Ingeniería Mecánica por ser una de las carreras de corte físico-matemático, en donde los estudiantes (por su perfil) tendrían menos materias humanísticas dentro de su plan de estudios y menor contacto con su sociedad. Se dividió a los alumnos en dos grupos: los que van de primero a cuarto semestre y los que cursan del quinto en adelante, incluyendo egresados. El estudio fue principalmente cualitativo, en el que se aplicaron entrevistas y observaciones de campo, esencialmente. Posteriormente se hicieron diversos cuadros comparativos con distintas categorías, que se presentan dentro de los resultados, llegando así a las conclusiones en donde se observa que el programa de "créditos sociales" en Ingeniería Mecánica contribuye a un "despertar" de la realidad en la que los estudiantes viven y no a una verdadera formación integral, como se pretende.



---

## DIRECTORIO ULSA

### RECTOR

Mtro. Raúl Valadez García

### VICERRECTOR ACADÉMICO

Ing. Edmundo Barrera Monsiváis

### VICERRECTOR DE FORMACIÓN

Lic. Martín Rocha Pedrajo

### DIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Mtra. Ma. Elena Escalera Jiménez

### COORDINADORA GENERAL 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.Mario Farías Elinos

### JEFE DEL ÁREA DE CIENCIAS DE LA SALUD

Q.F.B. Judith del Carmen Pacheco Yépez

## INVESTIGADORES

Dr. Eugenio Ambartsumov

Dra. Mariana Bernárdez Zapata

Dr. Ohannes Bulbulián Garabedian

Lic. Ma. del Consuelo Carranza y Simón

Dr. Salvador Cerón Aguilar

Mtro. Francisco Durán y Martínez

M. en C. Mario Farías Elinos

M. en C. Alejandro Flores Méndez

I.Q. Ma. Concepción Fortes Rivas

Mtra. Ma. Bertha Fortoul Ollivier

Q.F.B. José A. García Macías

Dr. Eduardo Gómez Ramírez

Dr. Hugo González Hernández

M. en C. Miguel Hernández Infante

Mtro. Alejandro Mendoza Martínez

Mtra. Alma R. Hernández Mondragón

Lic. Alberto Lima Sánchez

Mtro. Fernando Martínez Luna

Q. Irene Montalvo Velarde

Dr. Marco A. Moreno Armendáriz

M. en C. Judith del Carmen Pacheco Yépez

Dr. Francisco Pellicer Graham

Dra. Rosa Miriam Ponce Meza

Med. Adrián Rondán Zárate

Mtro. Rafael Ruíz Ramírez

Dr. Daniel Salazar Sotelo

Lic. Ma. Magdalena Balcázar Cavero

M.I. Fernando Vera Badillo

Arq. Francisco Mendiola y Gómez Caballero

Lic. Verónica Bátiz Álvarez

Mtra. Guadalupe Morales Meza

Revista del Centro de Investigación  
Adquisición de Números Anteriores

Nombre/Name		
Domicilio/Address		Ciudad/City
País/Country	Teléfono/Telephone	Código Postal/Zip Code
Ocupación/Occupation	Fecha/Date	Firma/Signature
Fax		E-mail

Números anteriores disponibles:			
	<b>Volumen I</b>		<b>Volumen II</b>
	Núms. 1, 3	\$ 10	Núm. 5
	Núm. 4	\$ 35	Núms. 6, 7 y 8
	<b>Volumen III</b>		<b>Volumen IV</b>
	Núms. 9, 10, 11 y 12	\$ 50	Núms. 13, 14 (doble)
			\$ 90
			Núms. 15, 16
			\$ 99
	<b>Volumen V</b>		<b>Volumen VI</b>
	Núms. 17, 18 (doble)	\$ 99	Núm. 20
	Núm. 19	\$ 99	\$ 99

Forma de Pago:

a) En efectivo. En caja ULSA con cargo a la clave **C5001 Revista de Investigación.**

b) Por depósito bancario y envío de la ficha vía FAX a los teléfonos: **5515-7631**

	Cuenta en M.N.	Cuenta en Dlls.
Banco	Banamex	Banamex
Número de Sucursal	0141	0141
Número de Cuenta	0692097	9085533

Para adquisición de números anteriores, indique cuáles desea: \_\_\_\_\_

Pegue aquí su ficha de depósito y envíe por FAX 5515 -7631



