

Año 13 Núm. 25

# Administración y Organizaciones



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**Rector General:** Dr. Enrique Fernández Fassnacht

**Secretario General:** Mtra. Iris Edith Santa Cruz Fabila

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO

**Rector de la Unidad:** Dr. Salvador Vega y León

**Secretaria General de la Unidad:** Dra. Beatriz Araceli García Fernández

## DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

**Director:** Dr. Alberto Padilla Arias

**Secretaria Académica:** Mtro. Jorge Alsina Váldez y Capote

## DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ECONÓMICA

**Jefe:** Dr. Federico Jesús Novelo Urdanivia

### DIRECTORA DE LA REVISTA

Martha Margarita Fernández Ruvalcaba

### DIRECTOR FUNDADOR

Ricardo A. Estrada García

### COMITÉ EDITORIAL

Anahí Gallardo Velázquez

Felipe de Jesús Martínez Álvarez

Germán S. Monroy Alvarado

Ma. Magdalena Saleme Aguilar

Pedro Solís Pérez

Graciela Carrillo G.

Ayuzabet de la Rosa

Gloria Baca Lobera

### DISEÑO DE PORTADA

DG Mónica Zavala Medina

### ILUSTRACIÓN DE LA PORTADA

Grabado: "Derrame", 2010 Autora: Rossana Cervantes Vázquez

El propósito general de la revista **Administración y Organizaciones** es proveer, al investigador y al administrador interesado en su mejor práctica, los últimos temas de discusión académica, así como las herramientas y la información necesaria para su desarrollo en las organizaciones. Los artículos se seleccionan cuando discuten nuevas aproximaciones conceptuales, metodologías, modelos, técnicas recientes y casos de estudio, así como las tendencias de significancia práctica para el administrador profesional. No necesariamente reflejan la posición oficial de los editores o del Departamento de Producción Económica de la UAM-X.

### Administración y Organizaciones

Publicación semestral del Área Estrategia y Gestión de las Organizaciones, Departamento de Producción Económica, DSCH.

Editor responsable: Dr. Federico J. Novelo Urdanivia

Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo No 04-1999-072617054100-102. Certificado de Licitud de Título: 11320. Certificado de Licitud de Contenido: 7923

Impresor: Mercadográfico, Calz. de Tlalpan 1188, Col. Zacahuitzco, C.P. 03550, México, D.F.

Distribuidor: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960, México, D.F.

Teléfonos: (55) 54837100, 54833459 Fax: 54837235

revista\_ayo@correo.xoc.uam.mx

<http://bidi.xoc.uam.mx>

Registrada en: Latindex: <http://www.latindex.unam.mx>, EBSCO: <http://www.ebscohost.com>

Diciembre 2010

Año 13 Número 25 / ISSN: 1665-014X

Tiraje: 500 ejemplares

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable. Los Manuscritos son arbitrados por respetados revisores invitados y consejeros, y deben someterse por duplicado en el formato aprobado de la Revista. No serán retornados. Las guías de los manuscritos incluyen los requisitos y están disponibles por solicitud.

## CONTENIDO

<b>Presentación</b> .....	5
Gloria I. Baca Lobera	
Ana Elena Narro Ramírez	
Laura P. Peñalva Rosales	

## Administración



<b>Hermenéutica de un Sistema Complejo</b>	
<b>Un ejemplo: El culto a Guadalupe</b> .....	7
César Mureddu Torres	
<b>Gestión pública: complejidad y simulación</b> .....	37
Myriam Cardozo Brum	
<b>Modelo de simulación para un fenómeno de la cooperación</b> .....	53
Gloria I. Baca Lobera	
Irene Sánchez Guevara	
<b>Aplicación de simulación Monte Carlo en un sistema de Inventarios Dinámico</b> .....	65
Vicente Ángel Ramírez Barrera	
Ángel Eduardo Ramírez Nieves	
<b>Las técnicas de simulación en el proceso de la capacitación del personal como parte de un sistema complejo</b> .....	81
José Luis Zarazúa Vilchis	
Elvia Espinosa Infante	
<b>Evaluación de políticas de reemplazo en granjas de explotación porcina de gran escala usando simulación</b> .....	97
Marco A. Montufar Benítez	
Marco A. Serrato García	
Luis M. Plá Aragonés	
Diego Braña Varela	

<b>Desarrollo de una aplicación destinada a la clasificación de información textual y su evaluación por simulación</b> .....	119
Cristal Karina Galindo Durán	
Mihaela Juganaru-Mathieu	
Carlos Áviles Cruz	
Héctor Javier Vázquez	
<b>Un problema de distribución-inventario resuelto con simulación dinámica</b> .....	133
Ana Elena Narro Ramírez	
<b>Convocatoria al No. 27 y Lineamientos para autores</b> .....	149

# Presentación

Gloria I. Baca Lobera\*  
Ana Elena Narro Ramírez\*  
Laura P. Peñalva Rosales\*

El propósito de este número es presentar algunos trabajos que dan cuenta de los diversos enfoques para la conceptualización, análisis y aplicación de lo que se entiende por sistemas complejos y por simulación en el campo particular de la administración y las organizaciones.

Los sistemas complejos presentan entre sus propiedades más importantes las siguientes: están formados por redes de individuos (hormigas, células, empresas, organizaciones) cuyo comportamiento colectivo da lugar a patrones de comportamiento complejos difíciles de predecir; producen y utilizan información tanto de señales externas como internas; y se adaptan, esto es, cambian su comportamiento para mejorar su probabilidad de sobrevivir o de tener éxito por medio de procesos de aprendizaje.

A pesar de no ser un campo totalmente establecido, ya que aún existen varias definiciones que no se han logrado consensar, es un hecho que poco a poco el estudio de la complejidad como disciplina de intención científica va tomando un carácter específico y un lugar importante en las ciencias sociales. Por otra parte, los métodos de simulación computacional han resultado ser una herramienta importante para descubrir y describir diversos fenómenos en el campo particular de la toma de decisiones, ya que pueden imitar la operación de procesos o sistemas completos con su complejidad inherente, con las ventajas que este hecho representa.

En este número presentamos ocho trabajos con diversos enfoques. Cesar Mureddu nos presenta su visión sobre el fenómeno de la persistencia del culto a la Virgen de Guadalupe, que no deja de ser interesante y de actualidad, desde el punto de vista de los sistemas complejos. Myriam Cardozo, por su parte, hace una revisión de las diversas escuelas de análisis para este tipo de sistemas y propone la que de ellas le parece más adecuada para aplicar al estudio de la gestión pública desde su complejidad.

Con un carácter experimental-computacional, Gloria Baca e Irene Sánchez proponen un modelo de simulación para un fenómeno complejo de la cooperación, en donde las reglas de comportamiento obedecen a tres diferentes juegos de suma diferente de cero.

---

\* Coordinadoras del número

6 Como parte del uso de la simulación en la toma de decisiones, Vicente Ramírez presenta una aplicación del método Monte Carlo a un sistema de inventarios dinámico. Con el mismo enfoque, José Luis Zarazúa y Elvia Espinosa describen un proceso de capacitación desde una perspectiva sistémica, en su trabajo revisan distintos tipos de técnicas de capacitación diferenciando las técnicas de simulación en cuanto a la aplicación de los principios de aprendizaje. Por su parte, Marco A. Montufar, Marco A. Serrato García, Luis M. Plá Aragonés y Diego Braña Varela presentan una aplicación de la simulación de eventos discretos (SED) usando ARENA en la administración de granjas reproductoras de gran escala. También se ha incluido el trabajo de Cristal Galindo Durán, Carlos Áviles Cruz, Mihaela Juganaru de Mathieu y Héctor Javier Vázquez relativo al apoyo a la toma de decisiones mediante un clasificador de información textual desarrollado empleando la simulación. Por último, Ana Elena Narro nos presenta un modelo de simulación

dinámica para un problema de distribución-inventario, en el que construye una política de operación que conduce a la disminución de costos, trabajando en tres etapas encadenadas: *transporte, inventario en los almacenes y distribución-inventario*.

Con respecto a nuestra portada, podemos decir que aunque los científicos no logran entender por completo los mecanismos que subyacen en los fenómenos de comportamiento colectivo inteligente que se observan en colonias de hormigas, de abejas, de aves, de peces etc.; los artistas pueden describirlos para que cualquiera sea capaz de disfrutar el resultado en un conjunto como el que ilustra la portada de este número que corresponde al grabado denominado "Derrame" de la diseñadora Rossana Cervantes, que a nuestro juicio representa una fusión entre el arte y la ciencia.

# Hermenéutica de un Sistema Complejo

## Un ejemplo: El culto a Guadalupe

---

César Mureddu Torres\*



### RESUMEN

En este artículo se propone la reconstrucción del sentido de la aparición de la Virgen de Guadalupe y la persistencia de su culto, en tanto que puede ser considerado como un hecho social, desde la perspectiva de la sociología del conocimiento, para trabajarlo como un sistema complejo. Para ello se utilizan algunas herramientas de esa disciplina, acompañadas de otras que proceden de la psicología analítica profunda. Se hace referencia a que el hecho puede tener sentido en el seno de dos cosmovisiones distintas, aquella que tenía vigencia en el pueblo donde esto ocurrió en el Siglo XVI y en aquella otra, la cosmovisión cristiana, cuya una vigencia puede constar hasta el día de hoy.

## ABSTRACT

This paper proposes a reconstruction of the meaning of apparition of Our Lady of Guadalupe and the persistence of her cult, as a social fact that can be taken as a complex system from the perspective corresponding to the Sociology of Knowledge. Cosmovision, (Worldview) as Weltanschauung was applied reconstructing the meaning of this fact within the thinking of the original people where the apparition happened as well as within the Christian Worldview.

---

**Palabras clave:** Guadalupe, Culto, Cosmovisión, Culto Indígena, Cristianismo, Metodología, Sistemas Complejos, Sociología del Conocimiento, Psicología Analítica

**Key words:** Guadalupe, Cult, Worldview, Native Cult, Christianity, Methodology, Complex Systems, Sociology of Knowledge, Analytic Psychology

## Introducción

Resalta mejor la riqueza del ejemplo que el presente artículo trabaja, desde la complejidad y el método que para tal fin hemos trabajado a lo largo de veinte años, con la simple exposición de los pasos de dicho método, descrito y aplicado en los trabajos realizados al interior del área de investigación denominada Polemología y Hermenéutica. En efecto, no hay mejor forma de introducir el estudio que ahora se presenta que describir los pasos metodológicos y seguirlos de la manera más clara posible. Se pretende con ello lograr que el lector que siga esta exposición tenga claro lo que se pretende y lo que se aplicará para lograrlo. En los casos que hablamos de la complejidad nada es mejor que observarla y estudiarla mediante un ejemplo.

Esta introducción comenzará declarando y describiendo los distintos elementos que intervienen en el estudio, con la intención de resaltar lo que, a juicio del autor, constituyen las manifestaciones más claras de la complejidad, tratando de hacerla patente en el caso que nos ocupa. Por ello, antes que nada debemos admitir que el Culto a Guadalupe, en tanto que lo podemos tomar como objeto de estudio, es un hecho incontrovertible que sucede, sin mi anuencia, esto significa que comparte lo propio de cualquier hecho social o natural, es decir, este tipo de hechos ocurren se dan sin mi advertencia o con ella, con mi consentimiento o sin él. Lo que lleva a afirmar que el objeto que se pretende estudiar se da de manera independiente de lo que el investigador opine sobre él, sea que previamente se haya formado una opinión científica o ideológica.

Este primer aspecto es de suma importancia, pues

significa que no se va a tomar como objeto de estudio un hecho imaginario, inexistente, sino algo que ocurre y acaece en una determinada realidad social, que en ese caso coincide con el país en que nos encontramos, en México. Con esta segunda evidencia empírica comienzan las dificultades de la complejidad, por lo que se tiene que hacer un esfuerzo considerable para determinar tanto lo que trae consigo el hecho a estudiar, como lo que acompaña, lleva o le es propio, en este caso, del sujeto que intenta conocerlo o estudiarlo. Comenzaremos por resaltar lo que trae consigo el hecho a estudiar, con ello veremos una parte de la complejidad, más allá de que están coincidiendo, en un determinado espacio cognoscitivo, un hecho a ser conocido, mediante su estudio y un sujeto que intenta estudiarlo para conocerlo.

Desentrañar brevemente lo que trae consigo el hecho es de suma importancia, porque nos ayudará a determinar algunos grados de dificultad propios de la complejidad, en una situación concreta. En tal sentido podemos distinguir en el Culto a Guadalupe, como hecho, que se trata de algo que ocurre en este momento. Lo podemos ratificar al consultar las estadísticas y saber que son más de tres decenas de millones de personas las que acuden al año a ese sitio, con lo que lo convierten en uno de, si no el más, visitado de los sitios de peregrinación, compartiendo y superando a otros, de igual o diferente denominación religiosa, como puede ser La Meca o el Vaticano.

Sin embargo, el que ocurra ahora no es más que un efecto, es decir que estamos observando, todavía ahora, el efecto de un hecho que como tal es pretérito, ya no existe, es histórico, es decir sucedió en otro momento,

en el lejano 1531, cuando cuentan las crónicas que se apareció una Señora que dejó como recuerdo, lo que se considera su imagen. Sin embargo, su fuerza es de tal magnitud que aun hoy hay varios millones de personas que hacen perdurar su efecto en el tiempo.

Ya aquí tenemos la oportunidad de observar algunos rasgos propios de la complejidad: estas diferencias entre lo que ocurrió y pasó y lo que permanece aun observable en el presente, debido a un mismo hecho, que lo conserva y lo transforma, y que, sin embargo, perpetúa el pasado, implica ya una complejidad no indiferente en el transcurrir del tiempo, como determinante de lo caduco y cambiante de los hechos que conocemos.

Pero la complejidad aumenta todavía más si a la breve exposición de lo que trae consigo el hecho, añadimos ahora lo que es propio del sujeto. En este caso se trata de un investigador que pertenece por nacimiento a la comunidad cultural que habita en el mismo sitio geográfico, México, en el cual se da y se dio el hecho que se trata de estudiar. Por tanto, no se trata de un extranjero. Sin embargo, está formado en el manejo y aplicación de estructuras cognitivas propias de la cultura occidental europea, como son la filosofía clásica, la sociología, la historia y la psicología, lo que, de alguna manera interfiere en la posibilidad de una relación directa con los hechos de la cultura popular, ya que media dicha formación en la percepción misma que de ellos pudiera hacerse. Incluso se encontrara la interferencia, aun tratando de aplicar lo propio de un acercamiento fenomenológico. Es verdad, sin embargo, que el propio derrotero intelectual mencionado

implica revalorar, indagar y estudiar algunas de las manifestaciones culturales precortesianas, a partir del estudio de la lengua predominante en la época de la Conquista, el náhuatl. No obstante ello, no desaparece la mediación cognitiva, aunque la tempere.

Al moldeamiento cultural y cognitivo occidental-europeo, específicamente cultivado por los estudios universitarios, clásicos del ámbito europeo, hay que añadir la constitución de la propia estructura psíquica, dentro y en virtud de la cual están funcionando las operaciones mentales capaces de establecer los pasos para el estudio y conocimiento de un determinado hecho, natural o social. De tal forma que, en el caso particular de esta indagatoria están interviniendo o interfiriendo la propia ecuación psíquica del observador, que lo hace ser más proclive a detenerse en determinado tipo de dato, al cual le da particular valor, rechazando otro que no vaya tan acorde con esa ecuación<sup>1</sup>. De esta forma un investigador, cuya estructura psíquica presente rasgos de un tipo psicológico predominantemente intuitivo-sentimental, con disposición intravertida, diferirá en su acercamiento a un hecho cualquiera, de aquel abordaje que haga otro investigador, cuyos rasgos psicológicos lo acerquen a un tipo sensorial, con disposición extravertida, pues en este segundo caso los datos, e incluso los elementos a los que tenderá su atención y a los que dará preeminencia serán distintos. Probablemente nos encontraríamos frente a las contradicciones que normalmente se han podido observar entre lo eminentemente teórico-matemático y lo concretizada y materialmente empírico. Sin embargo no

<sup>1</sup> La ecuación de que se habla responde a la teoría de Carl G. Jung, planteada en su obra *Tipos Psicológicos*, A esta obra remiten los tipos fundamentales detectados por este autor, como son: Sensorial, intuitivo, sentimental y racional, todos ellos pueden operar bajo el predominio de la intra o extra versión, mencionados en este trabajo..

es la intención de este escrito profundizar en las diferencias psicológicas propias de los tipos<sup>2</sup>.

Como puede observarse la complejidad tiende a crecer, en el momento mismo en el que aceptamos que todos los elementos mencionados concurren, en cuanto intentamos cercar un determinado hecho para convertirlo en un objeto de estudio. Bien podríamos afirmar que en el estudio concienzudo y puntilloso de un solo hecho social, como el que nos ocupa se dan cita elementos que proceden del universo entero, como son el tiempo y el espacio, la duración, la cultura, la educación, el psiquismo humano.

Frente a tales dificultades que presenta la complejidad, que hemos intentado caracterizar, o bien la realidad en su concreción nos es incognoscible, o se puede intentar aproximarnos a ella, declarando, desde el inicio, que no se trata de un conocimiento omni-abarcativo, sino de aproximaciones metodológicas, que tienden a hacernos conscientes de la dificultad, pero que avanzan, en lo posible, en el establecimiento de una ruta de indagación del sentido.

Para ello, lo primero que tenemos que hacer, metodológicamente hablando consiste una reconstrucción, por tratarse en su origen de un hecho histórico. Sólo en la medida en que podamos aproximarnos a un sentido del hecho inicial, semejante al que le otorgaron quienes vivieron cuando aquello ocurrió, podremos establecer un primer basamento de sentido, que nos permita ir más allá, es decir, más cercano a lo quizás para los mexicanos de

hoy pueda representar su sentido. En ese aspecto, es innegable que vienen a nuestro auxilio elementos e instrumentos que proceden de múltiples disciplinas sociales, como la historia, el análisis de documentos y textos, el cotejamiento de situaciones contemporáneas a lo sucedido, la historiografía, la sociología y la psicología

Por tanto, nos es dado afirmar que, al momento en que intentamos decir algo de la realidad de los hechos sociales, nos encontramos con una tarea extremadamente complicada, por tratarse de una función humana muy compleja relativa a una realidad igualmente compleja<sup>3</sup>.

Es necesario reiterar una vez mas que se toma el hecho denominado Guadalupe sin la intención de determinar la validez o verdad de un hecho con relación al marco de fe religiosa que lo recibió y que actualmente aun lo valida. Tampoco hay la intención de establecer su autenticidad histórica, sino únicamente guía a este estudio el ánimo de establecer su sentido -o sentidos- sociológicamente hablando y su complejidad como realidad social incontrovertible, cuando se la intenta conocer.

## 1. Síntesis metodológica y actitudes iniciales de indagación:

### 1.1. En cuanto al sujeto que indaga

Lo primero que se debe tener en cuenta, haciendo un breve recorrido por lo dicho en la introducción, da pié para

<sup>2</sup> Para una mejor aproximación a las consecuencias de la Psicología Analítica Profunda de Carl G. Jung, en este aspecto, proponemos que se consulte su obra: *Tipos Psicológicos*, Buenos Aires, Edit. Suramericana, 1964

<sup>3</sup> Cfr. Rolando García *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, Gedisa, 2006

delinear algunos pasos metodológicos que son necesarios, para un acercamiento a la complejidad:

- a. Determinar el modo como se “recorta” y aísla el hecho que se quiere indagar
- b. Al presentarse este hecho con diversos elementos que lo componen, algunos quedan dentro por el recorte y otros quedan fuera
- c. Lo anterior se realiza en función de múltiples determinaciones que atañen a quien investiga, como son: procedencia, convicciones, formación, experiencias previas, pero sobre todo,
- d. Andamiaje teórico que sirve para efectuar el enfoque desde donde se está haciendo el recorte
- e. Por último, la apertura y capacidad de diálogo que pudiera presentarse con otras disciplinas para quienes el hecho en cuestión pudiera ser, también, objeto de estudio

## 1.2. En cuanto al hecho a estudiar

Antes de iniciar la exposición de los elementos estudiados, es necesario dejar en claro condiciones propias de algo tan complejo, en el contexto del occidente cristiano, como es el culto a la Virgen María.

- a. En efecto, por tratarse de un hecho que atañe a las convicciones religiosas propias de este cuenco cultural, es del todo punto necesario que no son pocos los ámbitos divinos y humanos que se dan cita en tan elevado *mysterium fidei*, independientemente de profesar o no la fe cristiana. No puede dudarse del

calificativo asignado, como misterio, porque en sí mismo está conectado con el misterio del principio de la vida, en general y de la vida humana, en particular. Es decir, se conecta con el *protomysterion* por antonomasia, con nuestro propio enigma. Con estas expresiones lo único que se quiere resaltar es la complejidad de la complejidad, pues de una u otra forma el ser humano, en este caso está concernido en el objeto de estudio que pretende construir. En efecto, si el fenómeno religioso en su conjunto es uno de los espacios del interior humano más oscuro y enigmático, dentro de él, la cámara que guarda los arcanos que se refieren al principio femenino de la vida, en su conjunto y de la vida humana en particular, resulta, si es posible, todavía más enigmática, oscura y, probablemente, laberíntica<sup>4</sup>, por lo que no puede seros extraña la fascinación que ejerce.

- b. Para realizar el análisis mencionado, se propone que nos acerquemos a este hecho vestidos con algunas actitudes adecuadas, ya que en tanto que humanamente observable inició en el México Colonial del siglo XVI, apenas diez años después de la caída de Tenochtitlan: en primer lugar, debemos estar apercebidos de que a lo largo de la historia de los pueblos se pueden rastrear algunas manifestaciones de la irrupción de algo que puede ser denominado divino, este hecho técnicamente hablando se denomina, con Levy Bruhl, manifestaciones *numinosas*, o manifestaciones de lo *numinoso*<sup>5</sup>.
- c. Por tanto, la primera de las actitudes consiste en aceptar

<sup>4</sup> Rosario Castellanos, *El eterno Femenino*, México, F.C.E., 1975

<sup>5</sup> Lucien Levy Bruhl, *La Mentalité primitive*, Paris, Alcan, 1922., *L'Âme primitive*, Paris, Alcan, 1927., son algunas de las obras en la que se trata de ello.

el tremendo efecto de claro-oscuro que rodea a todas ellas.

- d. En segunda instancia, tenemos que estar en guardia contra las sobresimplificaciones y las univocidades que, a veces, nos asaltan como verdaderas tentaciones intelectuales,
- e. debemos contar con la apertura mental suficiente como para aceptar que ni el fenómeno religioso ni la irrupción de lo femenino, en esta esfera, son hechos simples, y,
- f. por último, debemos esperar que el sentido original de lo sucedido pueda ser objeto de una reconstrucción plausible

De los apercebimientos o actitudes planteadas puede derivarse el contenido general del presente escrito y el orden que se seguirá en esta exposición. En efecto, en las siguientes páginas se presentarán algunas consideraciones en torno al fenómeno religioso denominado Guadalupe, tratando de llevar a cabo los pasos metodológicos brevemente mencionados en la introducción.

- Iniciaremos por un breve recuento histórico de lo que dicen que ocurrió. La fuente fundamental para rehacer los hechos es un documento del siglo XVI, cuya autenticidad está perfectamente probada y su autoría ha sido admitida en forma unánime, se trata del Nican Mopohua de Antonio Valeriano, su traducción literal sería Aquí se cuenta, por ser las primeras palabras del texto. De este escrito se presentará sólo una glosa breve del contenido, en lo que se refiere al hecho mismo de las apariciones.
- Una vez homologado el conocimiento en torno a este

hecho y a su carácter histórico, avanzaremos en el análisis de algunos elementos que servirán para una aproximación hermenéutica: en primer lugar, se aplicarán al hecho algunos instrumentos del análisis socio-cognoscitivo, con lo cual se pretende resaltar el sentido del momento en que se suscitó; una vez determinado el posible sentido general del momento histórico, pasaremos a ponderar lo ocurrido, para ello se utilizarán instrumentos del análisis de la psique humana y, por último será analizado brevemente el contenido lingüístico de algunas expresiones utilizadas en el escrito del siglo XVI.

Como puede entenderse, el Culto a Guadalupe lo tomaremos como ejemplo, para observar en él esa complejidad y polisemia propias de los hechos sociales y como ocasión de ejercitar en el análisis del mismo, algunos de los pasos del proceso metodológico que hemos denominado *hermenéutica social*<sup>6</sup>

Mediante dicha aplicación metodológica se podrán esclarecer alguno de los diversos niveles de complejidad en las relaciones lógicas que establezcamos, podremos, también postular diversos niveles del sentido que puedan admitir los hechos que observemos. La transformación de un hecho social denominado Guadalupe en un objeto de estudio obliga a un tratamiento exhaustivo y delicado, de ahí la importancia del método, puesto que se está transformando una determinada práctica social viva, como el culto y devoción, en una construcción mental constituida por relaciones lógicas razonablemente elaboradas.

<sup>6</sup> Cfr. César Mureddu, Rosa de Gpe. Romero, *Actuar humano, cosmovisión y hermenéutica*, en *Aportaciones al Estudio de la Cosmovisión*, Fernando Sancén, Coord., México, UAM-X, 2009, pp. 91 a 104

## 2.- Recuento Histórico

En el momento actual, las inmediaciones de la Basílica de Guadalupe están siendo sometidas a una remodelación completa, que pretende dignificar el entorno urbano, arquitectónico y de servicios, para satisfacer las necesidades de más de 20 millones de peregrinos que anualmente visitan dicho lugar. Difícilmente podrán encontrar en México un sitio que al año reciba tal cantidad de visitantes. Lo anterior quiere decir que es incuestionable la vigencia de Guadalupe en la vida cotidiana de México. Es posible, por ejemplo, que para alguien que quiera dejar de beber le sea más fácil temperar las exigencias de sus amigos bebedores diciendo que le prometió a la Virgen no beber que diciendo que está en un programa de Alcohólicos Anónimos. En el lenguaje coloquial ustedes participarían a un diálogo similar a este: “Orale, vente, vamos a tomarnos unas copas”, dirían los elocuentes encaminadores al vicio. A lo que respondería nuestro juicioso y convencido aprendiz de abstemio: “No puedo, ando jurado”. Con esta expresión se acabarían las insistencias, pues todos saben que no hay nada más valioso que la palabra empeñada a la Virgen, bajo juramento.

¿Qué es, en qué consiste tal veneración? ¿Se trata de una devoción a una advocación mariana? ¿Qué es para el mexicano medio tal presencia?

Es fácilmente comprensible que una cosa es la respuesta oficial y otra, diferente o no, la respuesta popular. Para empezar a ubicar nuestro problema, he aquí un resumen de lo que parece ser que ocurrió.

En los primeros días del mes de diciembre del año 1531, en cuatro ocasiones diferentes, en un camino cerril

que comunicaba al antiguo asentamiento de Tlatelolco con la ciudad de Tenochtitlan, a esa sazón ya denominada México, se apareció una Señora a un macehual, es decir a un natural de estas tierras, de habla náhuatl. El lugar en el que se apareció se encuentra ubicado en la cima de uno de los cerros del borde norte del antiguo lago, denominado Tepeyacac que significa Punta del cerro (*Tepetl*= Cerro; *Yacatl*= Punta). Este personaje cuyo nombre cristiano es Juan Diego y su nombre náhuatl es *Cuauhtlatoa* (*Cuahтли*= Aguila; *Tlatoa*= hablar) que significa Aguila que habla, se encargó de llevar ante el primer Arzobispo de México, el franciscano Juan de Zumarraga, la petición de la Señora. Se trataba de erigir en ese mismo sitio una Capilla o Ermita; de hecho la Señora dijo que quería que allí le ‘levantaran su casa sagrada’, o si se quiere ‘su templo’. Eso en náhuatl se dice *nechquechilizque noteocaltzin* (*nech*= a mí; *quechilizque*= levanten; *no*= mío(a); *teo*= sagrada; *calli*= casa; *tzin*= terminación de respeto, que pasó generalmente al castellano como diminutivo).

Como puede comprenderse la petición era totalmente entendible para un personaje de la jerarquía eclesiástica de la época. Pero, por ello mismo, la petición era inadmisibles, a menos que de verdad se tratará de un peticionario totalmente reconocido por la misma jerarquía. La petición fue, más bien, rechazada. Con cortesía, si se quiere, pero ante una enérgica negativa, Juan Diego tuvo que aceptar que la encomienda que le fuera dada por la Señora no obtuvo respuesta. Se inicia así un ir y venir de este personaje, al que se le complican las cosas, hasta la enfermedad de un tío suyo.

Piensa primero cumplir con el encargo del tío moribundo y después irá a cumplir con el encargo de ella,

que no se entristezca su corazón que sólo le de un poco más de tiempo. La respuesta de quien dijo ser la Madre del Verdadero Dios deja sin argumento a Juan Diego. Ella le dice que no deje que su corazón se aflija por enfermedad alguna, ni por situación aflictiva o punzante, que por eso esta ella allí, ¿No estoy aquí yo, que soy tu madre? (*Cuix amo nican nica nimonantzin?*).

Con ello se desencadena el último gran gesto, la irrupción colectiva de la fuerza *numinosa*, al hacer crecer, en la punta de aquel cerro pedregoso, donde antes la había visto, las más hermosas y variadas flores, en un diciembre en el que las heladas habían sido particularmente intensas. Recogió las que pudo y quiso y con ellas en el hueco de su mantón o ayate, hecho de algodón silvestre, se regresó a donde aguardaba la Señora. Ella las tomó en sus manos y lo envió, por último, con su encargo a ver al señor obispo.

Después de larga espera y averiguaciones, al cabo de mucho tiempo lo llevaron ante el obispo y ahí, al soltar las puntas del manto y hacerlo caer por delante, apareció pintada la imagen de la Señora, tal como él la había visto en la cumbre del cerro. Ante la maravilla, que vieron el obispo, su ayudante y traductor, el Canónigo Juan González y los demás cercanos al prelado cayeron de rodillas.

A partir de ese momento Juan Diego se dedicó a cuidar el lugar donde se le apareciera la Señora y vivió allí, como ermitaño, promoviendo y contando lo que le había sucedido.

No fue aceptado el culto inmediatamente. La tilma de Juan Diego permaneció mucho tiempo doblada en una gaveta de la catedral... Todavía hoy pueden verse los efectos del doblez prolongado.

Se tiene noticia que las autoridades eclesiásticas de la época, sobre todo durante todo el siglo XVI asistieron, entre incrédulas y recelosas, a lo que estaba sucediendo en el Cerro del Tepeyac. De esa época de recelos y de miedos data el nombre con que fue denominada la advocación, de forma que pudiera ser asimilada a la nueva modalidad religiosa que frailes Menores, Predicadores y Agustinos pretendían extender en las tierras conquistadas.

La narración está elaborada con la frescura propia de esta lengua autóctona de América, con una fluidez y elegancia que sólo se encuentra en los hablantes nativos del náhuatl clásico, lo que permite ubicar al escrito en los albores de la Conquista de México, es decir durante el siglo XVI.

No es cuestión de extendernos más en la autenticidad del escrito y en las múltiples controversias que sobre tal cuestión se han desatado<sup>7</sup>. Más importante que eso será el intentar reconstruir el sentido sociológico del hecho. Probablemente allí encontremos la verdadera reminiscencia indígena en el culto a Guadalupe y, por más que parezca extraño, quizás encontremos un sentido más adecuado para que nosotros comprendamos mejor lo que ocurrió.

<sup>7</sup> Son famosos algunos nombres que estuvieron ligados a los estudios historiográficos del hecho Guadalupano, tales como: Lorenzo Boturini, que hizo un recuento de los documentos civiles de Antonio Valeriano, en el siglo XVIII, Joaquín García Icazbalceta, quien a solicitud del Arzobispo Primado de México Dn. Pelagio Antonio de LaBastida y Dávalos, hace un estudio de los hechos de que se tenga registro en torno a Guadalupe en el siglo XIX, Dn. Ángel María Garibay uno de los impulsores más entusiastas del estudio del náhuatl y de los documentos guadalupanos, Dn. Mario Rojas Sánchez, uno de los más autorizados traductores del Códice Valeriano, como se le conoce, también, entre los expertos. En fin la lista es muy amplia.

### 3.- Hacia una reconstrucción sociológica del hecho 'histórico':

El eje fundamental del enfoque sostenido en este escrito se aleja del tratamiento fundamentalmente historiográfico, cuyos elementos básicos se presentaron en el primer punto. Al desplazar el énfasis hacia una visión sociológica del hecho histórico, debemos estar apercibidos respecto al entorno que tal mirada supone. No se tratará de determinar el rango de veracidad de los testimonios, ni tampoco la autenticidad de las fuentes. Se trata, más bien, de postular una mirada reconstructiva a una situación pasada, para extraer el sentido que pudo tener el hecho entre quienes vivieron aquellas circunstancias en las que el hecho se dio. Aquí puede apreciarse el efecto del recorte del que se habló al realizar el resumen metodológico.

En efecto, se debe esclarecer, dado que el enfoque es sociológico, el hecho, como sistema complejo, se recorta en virtud de la teoría de la sociología del conocimiento, por considerar que aporta mejores instrumentos. Sin agotar el tema, se remarca que, en este caso, se utilizará el supuesto del funcionamiento de estructuras cosmovisivas al interior de una sociedad concreta dada.

De partida se advierten dos modos de interpretarlo:

- a. Una mirada correspondería a la cosmovisión judeo-cristiana, propia del pensamiento occidental europeo;
- b. la otra sería la que corresponde a la cosmovisión tolteca-náhuatl, propia del pensamiento indígena del altiplano mexicano, vigente cuando sucedió el hecho. Ambas son posibles.

Se presenta, a continuación, primero la más conocida, por lo mismo será más esquemáticamente, pues

es más fácil de comprender, por ser más cercana a nosotros. Corresponde a la forma en que fue reconstruido el sentido del hecho, en los términos de los cánones judeo-cristianos. Nos encontramos frente a la posibilidad de la aparición milagrosa de la Madre de Dios, de la Sma. Virgen María, Madre de Nuestro Señor Jesucristo, Salvador de la humanidad.

#### A.- Interpretación de Guadalupe al interior de la cosmovisión judeo-cristiana.

Bajo una reconstrucción sociológica del hecho histórico tenemos que la cosmovisión cristiana, en la modalidad católica del Concilio de Trento le otorga un sentido específico, lo incorpora entre sus propios elementos nómicos, normativos y significadores. Con ello quita lo perturbador que pudiera tener para la sociedad tales manifestaciones en la vida cotidiana. En esa manera lo asemeja a otras manifestaciones en las que pudo haber intervenido la figura de María. Como ejemplo, baste recordar lo que la piedad popular atribuyó a la presencia de la Sma. Virgen María cuando el Apóstol Santiago desfallece ante las dificultades que ofrecieron los pueblos hispanos a la evangelización. La tradición cuenta que la Virgen consuela a Santiago, en las orillas del Ebro, al pensar el Apóstol que no había ya nada más que hacer.

Si se ve bajo esa perspectiva se puede interpretar el hecho de formas verdaderamente bellas. La que nos ofrece Michelle Guerin, O.S.U. en su participación en el Primer Encuentro Internacional sobre Símbolos y Arquetipos en el Hombre Contemporáneo es un exponente feliz de esta manera de aproximarnos interpretativamente a un hecho

como el que nos ocupa. Para ella, desde el título de la ponencia indica ya el modo como va a ser encuadrado el trabajo hermenéutico: *Our Lady of Guadalupe, Great Mother of the Aztecs*. Más expresivo que el título resulta lo que la madre Guerin toma de la narración del Nican Mopohua: “*I am ... Tonantzin, the mother of the True God by whom all live*” Yo soy Tonantzin la Madre del Verdadero Dios por quien se vive”<sup>8</sup>. El que la madre Guerin tome estas palabras como inicio de su interpretación ya es una enorme luz, en torno a la interpretación cristiana y católica del hecho. No cabe la menor duda, se trata de la madre de Dios, del verdadero Dios “*in huel nelli Teotl-Dios in Ipalnemohuani...*”, dirá el Nican Mopohua<sup>9</sup>.

La interpretación dada por Guerin continúa enriqueciendo el contexto cristiano y llega a su punto culminante cuando compara los dos principios femeninos que habían estado operando en el contexto mexicanotenochca: el principio femenino oscuro y despiadado, que era conocido también como *Tonantzin*, ‘nuestra madre’, pero bajo el aspecto de la que está vestida de un faldellín de serpientes, anudado con cráneos, *Coatlicue* es decir la madre tierra, que acoje y deshace en su seno a quien muere, por un lado, pero que también da la vida, comenzando por los frutos de la tierra, principalmente el maíz. Es esta modalidad la que es destronada y anulada, durante la misma guerra de conquista. En vez de ella ahora, diez años después de la destrucción del mundo azteca, se presenta la parte luminosa, la parte bondadosa la Madre de Dios, que a la vez es madre de los hombres, la nueva *Tonantzin*, no ya bajo la advocación de la tierra, sino bajo la mirada

de Dios, del verdadero Dios, de Aquél por quien se vive. Frente a *Coatlicue* surgió, entonces, Guadalupe.

Para lograr este propósito interpretativo Michelle Guerin echó mano de las herramientas que construyera el ingenio perspicaz y agudísimo de Carl Gustav Jung. No está en mi ánimo discutir lo que tan bella y elocuentemente realizó la piedad cristiana de Michelle Guerin apoyada por el conocimiento del alma humana que, desde la misma perspectiva cristiana, aunque protestante, generó el sabio de Bollingen.

Bajo esta esquemática exposición se puede afirmar que el cristianismo atribuye el sentido numinoso de la aparición de Guadalupe a la presencia de María, como Madre buena, Madre de Dios y Madre de los hombres. Es esta la interpretación que prevaleció socialmente, en virtud de un pensamiento oficial y de una labor evangelizadora y ministerial. El pensamiento oficial prevaleció en función del ejercicio del poder, la evangelización lo ratificó al legitimar a la fuente misma del poder. Sobre ambos se construyó el sentido cristiano que ha sido otorgado al hecho guadalupano.

El predominio histórico y social de tal sentido, fue mostrando con el correr del tiempo otras capacidades de significatividad. Por ejemplo, se le atribuye el poder por el que fue creada la moderna nación Mexicana. En efecto, las luchas libertarias entre criollos y españoles, en la Nueva España del siglo XVIII, que culminaron con la guerra de independencia, tuvieron como expresión del conflicto algunos de los elementos cristianos, incluyendo el culto a la Virgen. La devoción hispana a Santiago, encuentra su

<sup>8</sup> Michelle Guerin, *Our Lady of Guadalupe, Great Mother of the Aztecs*, en *Símbolos y Arquetipos en el Hombre Contemporáneo*, Memorias del Ier Encuentro, México, UAM-Xochimilco, 1991, pp 85 y ss.

<sup>9</sup> Don Antonio Valeriano, *Nican Mopohua*, Trad. Del P. Mario Rojas, México, 1978, vers. 26, p. 15

correlato en la devoción a Santo Tomás- Quetzalcóatl, por parte novohispana; la devoción a la Virgen de los Remedios, se encuentra con la devoción novo-hispana a la Virgen de Guadalupe<sup>10</sup>.

La primera contrastación, entre la devoción a los apóstoles no fue tan fecunda, por más que fue muy socorrida su argumentación; sin embargo, la segunda emerge sociológicamente como el gran elemento que cohesiona la nueva nacionalidad, al amparo de la visión oficial predominante en un México de reciente independencia<sup>11</sup>.

Es curioso constatar que algunos de los más acérrimos defensores de la fuerza de Guadalupe en el terreno político no le conceden validez histórica. Uno de los casos más representativos de esta situación, propia de los albores independentistas, le pertenece a Fray Servando Teresa de Mier, personaje contradictorio y, sin embargo, clave para comprender otras muchas situaciones de la sociedad novohispana en vísperas de la independencia y en los primeros tiempos de esa nueva situación.

En efecto, Fray Servando pasa por tres etapas diferentes respecto al hecho que comentamos. En un primer momento lo hace ser una manifestación originaria del cristianismo primitivo... De esta suerte la imagen de Guadalupe estaba en la capa del apóstol Tomás cuando llega a estas tierras a evangelizar, durante el siglo primero de nuestra era, según lo expresó en el sermón de la Fiesta de Guadalupe, 12 de diciembre de 1794<sup>12</sup>.

Conforme va pasando el tiempo, Fray Servando adopta otras posiciones, según se presentan las circunstancias. Movidio por el segundo juicio que se le va a seguir en España, una vez desterrado, Fray Servando no duda en adoptar la posición del cosmógrafo de Indias, Don Juan Bautista Muñoz, al enfrentarse al juicio de la Real Academia de Historia. Por ello afirma que tal hecho es una piadosa fábula iniciada por Antonio Valeriano<sup>13</sup>.

Por último, no se puede negar que Fray Servando es el autor del nacionalismo criollo, que se apropia tanto del pasado indígena, como del mismo hecho guadalupano, con el fin de legitimar su llegada al poder<sup>14</sup>.

Se puede, entonces concluir que la forma de interpretar el hecho guadalupano, desde el pensamiento cristiano oficial tiene también diversas etapas, desde una inicial perplejidad, hasta una fascinante mezcla de intereses que van cohesionando a quienes se liberan de los lazos de España, hasta constituir una nación, que ve en esa imagen a la Madre de Dios, a la Madre de los Mexicanos, a la Madre de la Patria, que está presente en las principales luchas de sus hijos, como fue el estandarte de Miguel Hidalgo, o el estandarte de Zapata y la estampa en los sombreros de los soldados del sur, durante la Revolución de 1910.

Pasemos ahora a una disquisición un poco más pormenorizada, desde el otro posible punto de vista, el análisis de la lengua en que se dijo lo que aquí ocurrió, el náhua-tolteca. Al término de la misma se hará la aplicación

<sup>10</sup> Cfr. David Brading, *Los orígenes del nacionalismo mexicano*, México, Ed. Era, 1980, pp. 43-96

<sup>12</sup> Cfr. *Ibidem*

<sup>13</sup> Cfr. J.E. Hernández y Dávalos, *Colección de documentos para la historia de la Guerra de Independencia de México, de 1808 a 1821*, 6 vols., México, 1879, vol. III, pp. 5-68, (citado por Brading, Op. Cit.), existen borradores del sermón.

<sup>14</sup> Juan Bautista Muñoz, *Memorias sobre las apariciones y el culto de Nuestra Señora de Guadalupe de México*, Madrid, 1817

de esos mismos instrumentos de análisis psicológico que elaborara Jung, procurando no desvirtuar el sentido posible del hecho.

## **B.- Interpretación de Guadalupe al interior de la cosmovisión nahua-tolteca.**

A diferencia de lo que propuso Michelle Guerin, este análisis no iniciará poniendo el énfasis en el doble sentido, positivo y negativo, que a juicio de Carl Gustav Jung tiene todo arquetipo. Es perfectamente claro que toda manifestación que viene de la profundidad de la psique humana tiene esa doble dimensión. Es igualmente claro que el propio ser humano es capaz de esa doble dimensión. En efecto, cada quien puede dar testimonio de que al mismo tiempo se es capaz de la más excelsa bondad y solidaridad y de la más atroz de las maldades, no sólo contra los demás, sino contra sí mismo.

Aceptado lo anterior, una reconstrucción de la dimensión social que permita acceder a un posible sentido del hecho Guadalupano en México, debe partir de la reconstrucción de la estructura general que daba sentido a la vida cotidiana de los seres humanos, entre quienes se dio el hecho. No parece adecuado iniciar necesariamente por la doble dimensión (terrible y bondadosa) de la figura materna. Incluso esta doble dimensión puede ser incorporada en el interior de una estructura de significatividad mayor si cambiamos un poco el énfasis de la mirada. Veamos el hecho desde lo que estaba ocurriendo a los pueblos mesoamericanos en el correr de los dos años más difíciles de toda su historia, 1519 a 1521.

Para ello tratemos de responder a una pregunta que resulta aparentemente simple, pero al enmarcarla en una consideración más amplia, quizás adquiriera su propia importancia. Antes que nada pensemos, por un instante que al llegar las huestes de Cortés a México, todo tenía nombre en ese lugar, nuevo para ellos. Lo anterior quiere decir que Cortés y sus acompañantes hispanos se encontraron con una colectividad humana que poseía una cultura y una civilización totalmente establecidas y plenamente desarrolladas.

Para comprender mejor el sentido de lo dicho, la sociología del conocimiento nos proporciona una valiosa ayuda. En efecto, siguiendo a esta disciplina, podemos tener en cuenta que, por el nombre, las cosas adquieren un lugar y un sentido para el ser humano. Es decir, por el lenguaje, por la denominación las cosas naturales y el mismo ser humano adquieren un lugar en el universo, las cosas y el ser humano pertenecen, así, a un cosmos<sup>15</sup>. Las cosas naturales han adquirido, por el lenguaje, una determinada relación para con el propio ser humano que, al nombrarlas, las ordena y las rescata del caos. Hasta aquí la consideración inicial para comprender la pregunta aparentemente simple: Para una colectividad humana, que posee todo el sistema nómico propio de una cosmovisión determinada, como eran los pueblos mesoamericanos precortesianos, ¿qué sentido pudo haber tenido la irrupción de una forma nueva de denominar y de dar sentido a las cosas, impuesta por la victoria de las armas?

No interesa aquí hacer reivindicaciones a posteriori, no se trata de renovar la vieja discusión de la legitimidad o no de la conquista que España hiciera de las tierras

<sup>15</sup> Cfr. Berger Peter y Thomas Luckmann, *La Construcción Social de la Realidad*, Buenos Aires, Amorrortu, 1969

americanas. Tal pretensión, además de ser inútil, sería un simple ejercicio retórico, todo lo más. Si nos atenemos a los métodos, relativamente más seguros, del penoso camino de la hermenéutica, lo menos que se puede intentar, consiste en reconstruir los trazos generales de una estructura de significatividad<sup>16</sup>, que otorgaba sentido al actuar humano cotidiano de aquellos seres humanos entre quienes se dio el hecho Guadalupeano.

Se trata, entonces de esbozar estos trazos generales de una estructura de significatividad en el contexto de los pueblos mesoamericanos que, entre otras cosas, sufrieron el choque de dos maneras de interpretar al hombre y a su estancia en el mundo. Si el hecho 'Guadalupe' sucede diez años después de que Tenochtitlan sucumbe, a pesar de su heroica defensa, es posible pensar que alguna relación puede haber entre uno y otro, ya que 10 años no representan valor alguno, en un proceso social global, como el que inició con la caída de Tenochtitlan.

Es legítimo, entonces, preguntar ¿qué ocurrió sociológicamente hablando? Por un lado, los testimonios historiográficos nos muestran el choque violento de varios elementos contrapuestos dentro del mismo contexto cosmovisivo nahua-tolteca. Tal es el caso de los distintos aliados que, según las diversas narraciones de la gesta, fueron sumándose a las huestes al mando de Cortés cada vez más numerosas. Esto nos lleva a pensar y a indagar en torno a los elementos que podrían dar sentido a la posible fractura interna que posibilitó las alianzas, a la vez que propició el debilitamiento cosmovisivo y su caída final. A continuación se enuncian los puntos básicos, de una interpretación diversa, que puede ser fundamentada en

algunos elementos historiográficos y documentales. Dado el tipo de escrito que ahora se presenta, es posible que no puedan ser desarrollados todos con el mismo detalle.

- 1º) El hecho histórico llamado 'La Conquista de México' puede ser interpretado como un derrumbe cosmovisivo de las estructuras ordenadoras del mundo náhuatl-mexica.
- 2º) A este hecho, anteceden otros hechos históricos cuyo sentido puede apuntar a una lucha cosmovisiva al interior del mundo mesoamericano, la cual se da con mucha antelación a la llegada de las huestes hispanas. Pueden ser aducidos, por lo menos dos tipos de hechos claramente discernibles: -Sistematicidad de los Sacrificios Humanos, el hecho llamado Tlacaehlel (1398-148?) y los Presagios Funestos, el retorno de Quetzalcóatl
- 3º) De ser así, el derrumbe cosmovisivo que sufrieron los pueblos mesoamericanos tiene una doble raíz, americana indígena, por un lado e hispana, por otro, ambas encontraron su expresan histórica por la vía bélica.
- 4º) A este derrumbe cosmovisivo y a la implantación de un nuevo orden cósmico responde el hecho Guadalupe, de manera diferenciada.

Veamos ahora a cada uno de ellos. Probablemente el resultado final permita comprender mejor este avance interpretativo:

- 1.- Respecto al primer punto, por el que se puede afirmar que la Conquista de México fue un derrumbe cosmovisivo, es fascinante y sumamente esclarecedor el abordaje que realizara Juan Jesús Arias, en el mismo

<sup>16</sup> Cfr. Goldmann Lucien, *Genèse et structure*, en *Marxisme et sciences humaines*, Paris, ed. Idees, pp. 17-30  
-*Le Dieu Caché*, tr.esp. *El hombre y lo absoluto*, Barcelona, Península, pp. 7 y ss.

Encuentro Internacional en el que Michelle Guerin presentó su interpretación de Guadalupe<sup>17</sup>. En ese enjundioso escrito Arias García nos invita a considerar los elementos que rodean a la Conquista bajo el enfoque del fin de un mundo<sup>18</sup>. El caos imperó en lo que había sido antes un cosmos ordenado. Todo el destino humano había sido dirigido por un ideal místico-guerrero, diría León Portilla<sup>19</sup>. Mediante una breve y atinada selección de textos contenidos en la Historia de las Indias de Nueva España y Islas de Tierra Firme, de Fray Diego Durán y otros reunidos por la paciencia de León Portilla, por ejemplo en la Visión de los Vencidos, Juan Jesús Arias logra transmitirnos ese primer rasgo, la sensación del fin del mundo, del fin del sentido, del fin de un destino al interior de un marco interpretativo de lo que se asume como existente.

Sin embargo, en la interpretación de Juan Jesús Arias sólo se aducen y glosan los Presagios Funestos, que sucedieron antes de la llegada de los españoles. Por todos los testimonios que sobre ellos se tienen, dejan ver con claridad que hay una espera. Se espera que retorne Quetzalcóatl a tomar cuentas. Pero cuentas ¿de qué?, ¿por qué? Ello nos lleva al segundo punto.

2.- Sacrificio humano como práctica sistemática. Si se tiene presente el Libro II de la Historia General de las Cosas de la Nueva España<sup>20</sup>, comprenderá lo que implica la frase: el Sacrificio Humano como Práctica Sistemática. La investigación antropológico-histórica de las antiguas culturas ha dejado en claro que no

existe cultura alguna en la cual no se haya presentado el sacrificio humano. Sin embargo, no existe noticia de civilización antigua alguna que haya hecho girar toda la interpretación de la vida humana en torno a la muerte ritual. Esta terrífica gloria es propia del pueblo mexica-tenochca, del pueblo azteca.

Existen algunas imprecisiones, popularmente sostenidas, respecto a los pueblos mesoamericanos. Es necesario puntualizar ciertos elementos, para que resulte clara una posible interpretación de lucha cosmovisiva y cultural en Mesoamérica antes del contacto con Europa. Antes que nada es necesario aclarar que no es lo mismo México que Mesoamérica. Tampoco significan lo mismo 'cultura nahua' y 'cultura azteca'. No es lo mismo, por último, hablar del mundo mexica-tenochca, que hablar del mundo tolteca.

Por Mesoamerica se puede entender una región cultural que se extendió en el altiplano central del actual territorio mexicano, abarcando hacia el sur hasta la región centroamericana de las actuales repúblicas guatemalteca y nicaragüense. En esa región, todavía en el momento actual existen más de 52 lenguas, lo que nos remite a un número semejante de posibilidades culturales. En la antigüedad, antes de que se presentaran las formas universalizadoras del occidente cristiano, por lo menos podemos encontrar dos grandes predominios culturales, que se expresan lingüísticamente: el maya y el náhuatl. En el caso que nos ocupa sólo trataremos de uno, del ámbito lingüístico cultural náhuatl. A él

<sup>17</sup> Juan Jesús Arias García, *Tonantzin y Guadalupe: La continuidad de México* en *Simbolos y Arquetipos en el Hombre Contemporáneo*, Memorias del Ier Encuentro, México, UAM-Xocnimilco, 1991, pp.109 y ss.

<sup>18</sup> Cfr. Arias García, loc. cit. p. 125

<sup>19</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *La Filosofía Náhuatl*, México, UNAM, pp. 248 y ss.

<sup>20</sup> Cfr. Fr. Bernardino de Sahagún, *Historia General de las cosas de la Nueva España*, México, ed. Porrúa, 1992

pertenecieron muchísimos pueblos, de entre los cuales haremos mención de varios de ellos. Sin embargo, la comparación fundamental se establecerá entre dos: el tolteca y el azteca, los cuales no fueron contemporáneos.

Aun cuando existe el problema de no contar con fuentes primarias en torno a los Tolteca, siguiendo a los informantes de Sahagún se puede decir que tanto los Tolteca como los Azteca son hablantes nahuas. Respecto a los primeros, diversas tradiciones indígenas nos remiten a su antigüedad mítica. Es entre ellos donde florece la cultura del maíz, en virtud de la presencia del gran forjador de una nueva humanidad, Quetzalcóatl. A él se remiten todas las bondades que llegaron a saber hacer estos magníficos hacedores o trabajadores. Tal fue, incluso, el sentido genérico que se dio a la palabra 'tolteca' maestro artista. Dirigidos por un acendrado afán espiritual.

Es de importancia suma resaltar este sentido espiritual tolteca, ya que en él podemos encontrar el rasgo fundamental del conflicto cosmovisivo. Si nos atenemos al texto de los informantes de Sahagún conservado en el Códice Matritense de la Real Academia de la Historia<sup>21</sup>, no puede ser más claro el mensaje:

“Eran cuidadosos de las cosas  
de dios,  
Sólo un dios tenían,  
Lo tenían por único dios,  
Lo invocaban,

Le hacían súplicas,  
Su nombre era Quetzalcóatl  
El guardián de su dios,  
Su sacerdote,  
Su nombre era también  
Quetzalcóatl.  
Y eran tan respetuosos de las  
cosas de dios,  
Que todo  
lo que les decía el sacerdote Quetzalcóatl  
Lo cumplían, no lo  
deformaban.  
El les decía, les inculcaba:  
-“Ese dios único,  
Quetzalcóatl es su nombre.  
Nada exige,  
Sino serpientes, sino  
mariposas  
Que vosotros debéis  
ofrecerle,  
Que vosotros debéis  
sacrificarle”<sup>22</sup>

No sólo es importante el monoteísmo que explícitamente se resalta en este texto, más cercano a lo que pretendemos mostrar es el precepto sacrificial, expreso, de elementos de la naturaleza, sin aludir, en forma alguna, al sacrificio humano.

Esta clara concepción trascendente y espiritual de la divinidad es propia de los tolteca, cuya presencia en Mesoamérica está datada, desde, por lo menos, el siglo

<sup>21</sup> Cfr. Folio 176r

<sup>22</sup> Ibidem

VI de nuestra era. Sahagún recibió testimonios de sus informantes que atañen a tiempos anteriores<sup>23</sup> Sin embargo, no se trata aquí de hacer el recuento histórico para determinar la antigüedad de los tolteca<sup>24</sup>. Basta resaltar que la tradición religiosa más pura y antigua de la expresión lingüístico-cultural nahua pertenece a los tolteca y éstos, una vez destruida su ciudad, Tollan Xicocotitlan en el siglo XI de nuestra era<sup>25</sup>, la diseminaron por muchas partes de Mesoamérica, llegando hasta la lejana región Maya.

Del siglo XI al XIII se dió la dispersión (y quizás extinción) tolteca y, al mismo tiempo, ocurrieron nuevas migraciones nahuas. A una de éstas, a la última, pertenece el pueblo mexica-tenochca o azteca, que llega a asentarse a la antigua zona lacustre del altiplano central mexicano en los últimos años del siglo XIII, fundando su ciudad, Tenochtitlan, el año 1325. Mucho se sabe de la peregrinación de este pueblo, de sus hazañas y su belicosidad, de la fiereza que muestran para poder sobrevivir en un islote del lago, poblado únicamente por víboras de cascabel. Es a este pueblo al que le corresponde un período ascensional durante todo el siglo XIV, que llegará a su máximo esplendor un siglo después de fundada su ciudad. En efecto, a partir de 1427, los demás pueblos nahuas de las orillas del Lago de México quedarán sujetos al poderío azteca. Es la hazaña de un pueblo joven que desafía a los más antiguos asentamientos nahuatlato, es decir hablantes

nahua, e impone su visión, por la fuerza de las armas. Frente a la antigua tradición religiosa tolteca, de corte monoteísta, que manifiesta un profundo conocimiento del corazón humano y lo empuja a ofrecer a la divinidad los frutos de la tierra y los pequeños animales, prevaleció una revisión a fondo de la historia y de la religión de estos pueblos<sup>26</sup>, a partir de la fecha enunciada, 1427, reinando entre los Azteca el Tlatoani Izcóatl, una vez que se demostró la superioridad bélica de los mexica-tenochca. Esa revisión supuso un giro y una legitimación. Con ella se logró hacer prevalecer una interpretación místico-guerrera de dimensión cósmica: la tarea más alta y noble que debe relizar el ser humano, durante su estancia en esta tierra, consiste en sostener el orden del cosmos, mediante la prevalencia del sol y de la luz que de él recibimos. Por encima de otras interpretaciones en torno al destino humano se eleva el sostener al sol mediante la ofrenda masiva de corazones humanos.

La visión pacífica y espiritual propia del pensamiento de Quetzalcóatl, fue sustituida por la visión que otorga al sacrificio del corazón, un sentido materializado y objetivado, mediante la incisión quirúrgico-ritual de abrir el hipocóndrio izquierdo y abstraer el miembro cardíaco, en una operación que duraba escasos segundos<sup>27</sup>. La constatación de una flagrante contradicción entre una enorme carga espiritual y la terrífica práctica del sacrificio humano, lleva a Laurette

<sup>23</sup> Cfr. Fr. Bernardino de Sahagún, Op. Cit., Lib. VIII, Cap. V y Lib. X, Cap. XXIX

<sup>24</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *Los Antiguos Mexicanos*, México, F.C.E., 1961, pp. 23 y ss.

<sup>25</sup> Cfr. *Anales de Cuauhtitlán*, folio 4

<sup>26</sup> *Textos de los informantes de Sahagún*, Vol. VIII, fol. 192,v.; AP I, 73. Citado por León Portilla, *Filosofía Náhuatl*, pp.251-252. No se encontró el texto en la edición normal de la obra de Sahagún.

<sup>27</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *Los antiguos Mexicanos*, loc. Cit. Y *La Filosofía Náhuatl*, pp. 249-258

Séjourné a pensar en una traición<sup>28</sup> perpetrada por los azteca, en contra del pensamiento de los antiguos tolteca, contra el legado espiritual de Quetzalcóatl.

Tal interpretación externalizada del sacrificio del corazón no fue admitida por todos. No todos los pueblos asentados en el altiplano asumieron como válida la vocación místico-guerrera, victimal humana y sanguinaria de los mexica-tenochca. El triunfo de Izcóatl sobre los Tecpaneca de Azcapotzalco, Xochimilco y Coyoacán permitió a los azteca poner sus reglas de juego. El gran artífice de tal cambio en la interpretación fue Tlacaelel.

Poco se sabe de este personaje rodeado de un hálito mítico, en pleno momento histórico. Sabemos que fue consejero de tres tlatoanime azteca: Ixcóatl, Motecuhzoma y Axayácatl. Es a él a quien el pueblo azteca le debe el replanteamiento de su destino. Sin embargo, no sólo Tenochtitlan, también Tlacopan y Culuhacan signaron la alianza y, con ella se determinó la necesidad de reglamentar la guerra, de concebirla en el marco más amplio del mantenimiento del sol. A los habitantes de las comarcas vecinas Tlaxcala, Tecoac, Heuxotzingo, Atlixco, Cholula y Tliuhquitépec les cupo el honor de ser considerados como "pan caliente que acaba de salir del horno, blando y sabroso"<sup>29</sup> para sostén del Sol-Guerrero de los azteca, para Huitzilopochtli. Fue así como los Tecpaneca y los Acolua unieron sus destinos a los Tenochca. Los demás pueblos quedaron como campos proveedores de víctimas propiciatorias.

Si se interpreta el hecho como una desviación

monstruosa del pensamiento de Quetzalcóatl, entonces es posible que los presagios que antecedieron a la llegada de los europeos a costas continentales de América hayan sido puestos en un marco interpretativo muy complejo y difícil. Por ello, Moctecuhzoma II, llamado Xocoyotzin, no yerra al contemplar todo aquello como el anuncio del ocaso. Se sienten, efectivamente, puestos ante una rendición de cuentas. Si el gran Rey Acolua de Texcoco, Netzahualcóyotl, lo intuye y lo expresa en muchas de sus poesías, es probable que también Moctecuhzoma II supiese el sentido del cambio dado a la historia y a la religión entre ellos.

Si así están las cosas al momento en que son avistadas en el horizonte marino las casas flotantes, si todo esto se está ventilando al interior de la cosmovisión mexica-tenochca, por efecto de otros seguidores de Quetzalcóatl, que veían no sólo traicionado su legado, sino impuesto a sus pueblos el tributo horrendo de la sangre de sus hijos, no es de extrañar lo que de ahí se siguió, tal como lo consignan los hechos históricos.

3.- Doble raíz del derrumbe cosmovisivo Mesoamericano a la llegada de las huestes hispanas.

Si algo puede ser reconstruido con relativa seguridad es el testimonio que dan algunos de los que presenciaron la heroica defensa y caída de Tenochtitlan. No es lo mismo el testimonio que dan los acompañantes de Cortés, que el recibido de quienes los ayudaron. Sin embargo, no hace falta más que reconstruir el contexto general, para comprender lo que ocurrió.

<sup>28</sup> Cfr. Laurette Séjourné, *Pensamiento y religión en el México antiguo*, México, F.C.E., 1957 especialmente pp. 35-55

<sup>29</sup> Cfr. Fr. Diego de Durán, O.P., Op. Cit. t.I., p 242

La gran mayoría de los pueblos sometidos al Señorío Azteca, en el altiplano, en un radio de aproximadamente 250 kilómetros alrededor de la ciudad de Mexico-Tenochtitlan, no recibieron de buen grado el ser tratados como sementera de víctimas. Tal es el caso de las poblaciones nahuas asentadas en torno a la laguna antes de la llegada de los tenochca. Casi todos ellos fueron llevados a aceptar tanto la nueva interpretación de la religión, como el nuevo sesgo de la guerra. Hay explícitos testimonios de Texcoco, Huexotzinco, Tlaxcala de no estar de acuerdo con esa modalidad interpretativa.

Es unánime el testimonio hispano del invaluable apoyo recibido de parte de los habitantes de las cabeceras de Señoríos mencionados. No es concebible la hazaña llevada a cabo por medio millar de soldados españoles, sin el apoyo de más de 250,000 guerreros y 50,000 labradores que sirvieron de apoyo logístico para cegar y emparejar los vados y los canales que permitieran el paso de bestias y hombres. Las cifras podrán variar. Se podrá pensar que Fernando de Alva Ixtlilxóchitl<sup>30</sup> al escribir sobre las gestas de la Conquista tuvo la necesidad de redimir, ante la mirada hispana, la memoria de su antepasado. Sin embargo, el propio Cortés en su Tercera Carta de Relación, da un testimonio que no puede inducir a duda, pues al referirse sobre la bravura de la guerra, durante la segunda marcha sobre Tenochtitlan, a la letra dice:

*“La cual crueldad nunca en generación tan recia se vio ni tan fuera de toda orden de naturaleza como en los naturales de estas partes. Nuestros amigos (obviamente se refiere a los aliados indígenas) hubieron este día muy gran despojo, el cual en ninguna manera les podíamos resistir, porque nosotros éramos obra de novecientos españoles, y ellos más de ciento cincuenta mil hombres...”*<sup>31</sup>

Los testimonios de los informantes de Sahagún y otras fuentes como el mismo Bernal Diaz, o Fr. Francisco de Aguilar dejan la misma impresión, aunque no exista el testimonio del número. En el caso de Sahagún nos dice que al retornar Cortés de la costa, resuelto el conflicto con Pánfilo de Narváez, cuando pasa por Tepeaca le sigue una enorme muchedumbre. “... muchísimos de Tlaxcala y de Cempoala. Eran muchos, numerosísimos, en excesiva muchedumbre, muy muchos”<sup>32</sup>. Para que no quede duda de que eran aliados en guerra, añade el testimonio: “No venían como quiera: venían como guerreros, venían con sus insignias, venían con sus aderezos de guerra: sus escudos, sus macanas, sus lanzones de palo que al hombro traían”<sup>33</sup>.

Si se añade que De Alva Ixtlilxóchitl nos dice con cuantos hombres ataca cada uno de los capitanes de Cortés y él mismo, la imagen general se torna clara. A Pedro de Alvarado lo acompañan 50,000 guerreros procedentes de Otumba y de Tulancingo; a Cristóbal de Olid lo acompañan 50,000 de Tziuhnahuc y de las

<sup>30</sup> Fernando de Alva Ixtlilxóchitl, *Relación de la venida de los españoles y principio de la ley evangélica*, en Historia General de las cosas de Nueva España, México, Ed. Porrúa, pp. 825-882

<sup>31</sup> Hernán Cortés, *Tercera Carta de Relación*, en Historia de Nueva España, México, Ed. Miguel Angel Porrúa-Sría. de Hacienda, Tomo III, 1980, Ed. Facsimilar.

<sup>32</sup> Fr. Bernardino de Sahagún, Op. Cit., Lib. XII, Cap. XXII, N° 1

<sup>33</sup> *Idem*, N° 2

regiones del Norte; a Gonzalo Sandoval lo acompañan 50,000 de Chalco y de Quauhnahuac<sup>34</sup>. Es verdad que puede discutirse si el apoyo mayor vino de Tlaxcala, Huexotzingo, Cholula, o más bien de Texcoco, para este autor, es obvio que el peso fundamental y decisivo lo tuvo la vieja capital Acolhua, la ciudad del Señor Netzhuacóyotl, capital intelectual del mundo náhuatl contemporáneo a la Conquista: Texcoco, que fue la ciudad de su bisabuelo, aliado de Cortés.

Todavía hay un testimonio adicional, el cual implica hasta una controversia histórica. Para De Alva Ixtlilxóchitl, la ayuda continuó con 50,000 guerreros acolhua, que le envía su hermano Ahuaxpitzoctzin, dos o tres días después de que Cortés iniciara el ataque a Tenochtitlan por tierra y agua. Este nuevo contingente fue dividido entre los principales capitanes españoles e indígenas. El propio Ahuaxpitzoctzin tomó para sí 30,000 hombres. Diez mil los envió a Alvarado, que atacaba la ciudad por el lado norte, por la calzada a Tlacopan; otros 10,000 a Gonzalo Sandoval, que hacía el ataque por la calzada de Iztapalapa. Según nuestro autor, se apoya en D. Alonso Axayacac y en otros testimonios pintados y orales, que niegan que fuese Tococoltzin quien envió este nuevo contingente. Pero en fin, esa controversia historiográfica no es el centro de nuestra argumentación<sup>35</sup>.

Quien lo haya mandado, si vinieron por fuerza o por convicción, si seguían a sus superiores o eran movidos por su propia voluntad, es cuestión que no ha de dilucidarse en este escrito. En todo caso es otro el

aspecto que interesa resaltar.

En efecto, todos los testimonios aducidos hasta este momento van dirigidos a un solo punto: La ciudad capital del Señorío Mexica-Tenochca fue atacada durante ochenta días y, finalmente, vencida un 13 de Agosto, día de San Hipólito Mártir del año 1521 por un ejército inmenso, compuesto por un máximo de 700 soldados españoles y cientos de miles de guerreros de diversos señoríos, fundamentalmente del mundo de habla náhuatl, sujetos a los Mexica.

El arrasamiento de la ciudad que cautivara a los primeros hispanos que la vieron por primera vez resplandeciendo frente al sol naciente, fue total. Todavía hoy podemos ver que los antiguos edificios fueron arrasados hasta sus cimientos. No quedó vestigio alguno de su antiguo esplendor a flor de tierra. La destrucción de la ciudad y con ella del predominio azteca en el mundo náhuatl marcaron el fin del mundo mexica, como acertadamente lo denominó Juan Jesús Arias<sup>36</sup>.

Por tanto, se puede decir que el derrumbe cosmovisivo que sufrieron los pueblos Mesoamericanos, a la llegada de los españoles a América en el siglo XVI, procede de una doble raíz: una raíz indígena, que no estuvo de acuerdo con una concepción religiosa que implantó el sacrificio humano como práctica ritual cotidiana y sistemática. Se puede asignar, significativamente un motivo para tal enfrentamiento: tal práctica contradujo total y frontalmente a las antiguas enseñanzas de los tolteca. Por otro, una raíz europea, que puede decirse judeo-cristiana, que reacciona de manera horrorizada

<sup>34</sup> Cfr. Fernando de Alva Ixtlilxóchitl, Loc. Cit., nn. 76-82, pp. 834-835

<sup>35</sup> Cfr. Fernando de Alva Ixtlilxóchitl, Op. Cit., n.108. P.839

<sup>36</sup> Cfr. Juan Jesús Arias, Loc. Cit.

frente a tal práctica religiosa, pero por medio de la estratagema y del uso de una política totalmente clara de lo que significa el dividir para vencer, toma como ocasión las divergencias y conflictos existentes y, al fin, con el triunfo militar logra deshacer el orden social, el orden cultural y, finalmente el orden político existente.

En ambos casos, tanto por parte del mundo indígena, como por parte del mundo hispano, el lenguaje con que se expresan las divergencias de opiniones, para con los mexica, es común: la guerra. La guerra implica la destrucción total de una de las partes del conflicto y la aceptación total de una manera prevalente. De no darse ese proceso el conflicto no se resuelve.

En resumen, un mundo asentado en una tradición religiosa espiritual y profundamente humanista, como lo demuestra la aspiración fundamental, el Toltecáyotl, al ser traicionada por una visión belicista, revestida de un destino sublime, como es el destino cósmico de sostener al sol, mediante el sacrificio cruento de miles de seres humanos, provoca una reacción de rechazo muy profundo entre los otros herederos de la tradición tolteca. Ellos al constatar la presencia de soldados venidos de otras latitudes, entran en alianza para su liberación y para salvaguardar la prevalencia de sus principios. Sin saberlo, fuera totalmente de su comprensión, caen en la red de la política propia de una potencia en expansión, como lo fue la España de los siglos XV y XVI, capaz de presentar ya, por primera vez en la historia moderna, un perfil de intereses de

corte internacional y mundial, global diríamos hoy, que, por aquel entonces, apenas se iniciaba.

De esta manera, el derrumbe cosmovisivo fue perpetrado desde una doble perspectiva, pero ambas con la fuerza de las armas. El resultado de ello fue el fin del mundo prehispánico. Su derrumbe dejó a los habitantes autóctonos de Mesoamérica sumidos en la orfandad más profunda, la orfandad respecto a los principios de significatividad que habían dado fuerza para elevarse por encima de las dificultades de la vida; valor para enfrentar a aquellos que no compartían sus convicciones; sentido a cada uno de los actos, por pequeños que fuesen, realizados a lo largo de un día, de una semana, de un mes, de un año o de una vida entera.

Este fenómeno social, por el cual dejan de tener sentido los actos que se realizaban en el cotidiano vivir, la sociología del conocimiento, siguiendo a Durkheim<sup>37</sup> lo denomina: anomia.

- 4.- El conflicto intercultural que originó la anomia colectiva, llevaba, necesariamente, a un suicidio social. Sólo una irrupción por encima de los elementos en juego podría resolver el problema. El hecho 'Guadalupe' responde, de manera diferenciada, tanto al derrumbe cosmovisivo como a la implantación de un nuevo orden cósmico y social. Con esta afirmación llegamos al último punto de esta posible interpretación. Para poder dar respuesta a ambos requerimientos este hecho debe ser interpretable desde marcos nómicos, es decir, estructuras cosmovisivas distintas. Debe tener sentido

<sup>37</sup> Emile Durkheim, *El suicidio*, México, Ed. Coyoacán, 1997, Lib. II, Cap. V, pp. 206-223

y dar sentido tanto al interior de las estructuras cristianas, como al interior de las estructuras mesoamericanas precortesianas. Esa es la apuesta sociológica que aquí se pretende sostener.

Iniciemos por la forma más sencilla, la judeo-cristiana, que ya fue analizada en la primera parte de este apartado. La aparición de una figura femenina a un macehual<sup>38</sup>, en los primeros días de diciembre del año de 1531, fue interpretada como la aparición de la Sma. Virgen María, en el marco de las apariciones que estaban totalmente dentro del modo de pensar y vivir hispano y cristiano. Tal es la manera como pasó a la tradición cristiana, presentada en la primera parte de este trabajo.

Veamos ahora, que elementos tenemos para sustentar una posible interpretación, tanto desde los marcos referenciales cristianos, como desde los marcos referenciales propios de la cosmovisión nahua, en su manifestación tolteca. Ya que hemos planteado que el hecho 'Guadalupe' responde a ambas tradiciones cosmovisivas de manera diferenciada.

Es el mismo texto del Nican Mopohua el que nos da los elementos fundamentales para avanzar en una interpretación diferenciada de lo acontecido. Son dos pasajes del texto los que nos sirven de manera extraordinaria para ese propósito: los versículos 26 y 208. En el primero la Señora se identifica con Juan Diego, el sábado por la mañana, cuando lo llamó por vez primera. El segundo es la identificación que ella da de sí misma a Juan Bernardino, tío de Juan Diego, cuando lo visitó y lo curó de su enfermedad. En este

trabajo sólo se presenta el texto del primero.

### A.- Análisis del versículo 26 del Nican Mopohua

En el versículo 26 del escrito fuente de la tradición, el elemento clave procede de los títulos que ella aduce, de los modos en que a ellos se refiere y de lo que tales títulos podrían significar a los oídos de un cristiano formado en la teología clásica, como fray Juan de Zumárraga y a los oídos de un natural, que vivió su primera infancia bajo el influjo de la teología y de la teodicea tolteca.

Transcribimos primeramente el versículo en el original náhuatl y, después su traducción castellana elaborada por uno de los nahuatlatos más reconocidos respecto de la tradición guadalupana, el P. Mario Rojas. He aquí las palabras que, según el texto, dijo la Señora al presentarse a Juan Diego:

*“Maxicmatti, ma huel yuh ye in moyollo,  
noxocoyouh, ca nehuatl in  
nicenquizcacemicac ichpochtli Sancta Maria, in  
inantzin in huel nelli Teotl Dios, in  
ipalnemohuani, in teyocoyani, in tloque  
nahuaque in ilhuicahua, in tlalticpaque”.*

La traducción literal castellana sería:  
*“Sábelo, (estate bien seguro en tu corazón) ten por  
cierto, mi hijo pequeño, que yo soy la perfecta  
siempre Virgen Sancta María, madre del  
verdaderísimo Dios, por quien se vive, autor de las  
personas, señor del cerca y del junto, del cielo y de  
la tierra”.*

<sup>38</sup> *macehual*, significa 'merecido' y hace referencia al sacrificio de los dioses, por el cual inició el Quinto Sol.

De lo dicho, ¿qué elementos son claros para un castellano en ese contexto?, indudablemente: “*Sancta María, Inantzin nelli teotl-Dios*”. En las mismas palabras dichas ¿qué elementos son claros para una persona formada en la tradición nahua-tolteca, aun en aquella que fue deformada por los mexica-tenochca? “*In inantzin in a) ipalnemohuani, b) in teyocoyani, c) in tloque nahuaque, d) in ilhuicahua, e) in tlalticpaque*” Estos cinco atributos de la divinidad, eran perfectamente conocidos por cualquier miembro de la cultura nahua tolteca. En efecto, para un hablante nahua del inicio del siglo XV esos cinco atributos eran tan claramente referibles a Dios, como realidad trascendente y espiritual, como eran conocidos para los cristianos del siglo XV los principales atributos que el Símbolo de Nicea propone a la fe cristiana: “*Credo in Unum Deum Patrem Omnipotentem, Factorem Coeli et Terrae, visibilium et invisibilium et in Unum Dominum Jesum Christum Filium Dei Unigenitum*”. De la misma forma que el Símbolo Nicénico fue la expresión sintética de la fé cristiana en una divinidad trascendente y personal, expresada en latín; en el mundo náhuatl sucedió exactamente lo mismo, es decir, estos atributos fueron la expresión sintética de la fe en una divinidad trascendente y personal, expresada en náhuatl.

Sigamos con el paralelismo. En el caso del Símbolo Cristiano, el sujeto de tales atributos es: Jahweh Sebaoth, si lo vemos en el contexto veterotestamentario. Es Dios Creador y Padre de Nuestro Señor Jesucristo, Primera y Segunda de las personas de la Santísima Trinidad, cuyo vínculo amoroso, el Espíritu Santo, Tercera Persona, será descrito al final del Símbolo como procedente del Padre y

del Hijo, esto, si lo vemos en el contexto cristiano. En la tradición de la teología cristiana podemos hacer la síntesis mnemónica que por siglos vivificó la fe del pueblo, diciendo que el Dios Cristiano es Padre-Creador; Hijo-Redentor y Espíritu Santo-Amor.

¿Qué emerge de la fórmula de fe expresada en náhuatl? ¿A quién se refieren esos atributos? ¿De quién se está hablando? Si seguimos la reconstrucción teológica que hace Miguel León Portilla<sup>39</sup>, para un miembro de la comunidad cosmovisivo-cultural de habla náhuatl de los inicios del siglo XVI, al escuchar esos atributos los referiría, sin duda alguna al Principio Supremo de todo lo que existe. Ese principio, indecible, inenarrable, que no se puede abarcar por más que se quiera, que escapa a toda denominación, porque por muchas palabras que de él se digan no se expresa nada con ellas, recibe, al igual que en el contexto judaico, una denominación simbólica: Ometéotl, Dualidad Divina o Fuerza Dual Creadora. Para los nahuas este camino seguido por el lenguaje, con el cual trataban de atrapar lo inatrapable, por vía de símbolos, era totalmente connatural a ellos, tanto por el uso de la lengua, como por el uso de la escritura pictográfica, de ahí lo que se decía del Tlacuilo o escribano..

El conjunto de los atributos que, como título adjetival de la función Madre, que la Señora pronuncia, son los que normalmente atribuyó la tradición nahua-tolteca a Ometéotl. Analizaremos uno por uno, en su propio contexto:

***In ipalnemohuani:*** Este primer atributo, es una de las denominaciones más frecuentes de la divinidad, entendida como principio de vida. Sería algo semejante

<sup>39</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *La Filosofía Náhuatl*, México, Ed, UNAM., pp. 148-178

a lo que utilizara Pablo al designar a Dios, como Aquel en quien vivimos... La tradición nahua-tolteca dice de Ometéotl que es *Ipalnemohuani*, con lo que quiere decir: Aquel por quien se vive. En efecto descomponiendo la palabra se obtiene lo siguiente: Es una forma verbal semejante al participio activo: el verbo es *nemohua*, verbo impersonal que se traduce como 'se vive'; a esa radical del verbo le anteceden dos partículas: "I", que es la forma de referirse a la tercera persona, cuando interviene en la composición de otras palabras, puede ser posesivo suyo o de si, o nominativo activo; le sigue una forma preposicional activa semejante a nuestra preposición 'por', 'mediante', "pal"; viene el verbo "nemohua", y le sigue la forma de sufijo participial: "ni". El conjunto suena, entonces así: 'IPALNEMOHUANI'-"Aquel por quien se vive"<sup>40</sup>.

**In teyocoyani:** Este segundo atributo, al que se refiere la Señora y de quien dice ser Madre, también es muy frecuente en la literatura nahua al referirse a Ometéotl. Uno de los testimonios más puros que se conservaron a pesar de los avatares de la guerra, corresponde a lo que se conoce como Historia Tolteca Chichimeca<sup>41</sup>. El original data de 1540, escrito en la ciudad de Tecamachalco, en el Estado de Puebla. Ahí se encuentra la palabra que utiliza la Señora, once años antes y se dice el contexto en que era utilizada.

En ese texto dice directamente "*Ometéotl in Teyocoyani*". La palabra a que nos estamos refiriendo es, como suele ser en las lenguas aglutinantes, una palabra compuesta, en este caso es un participio activo,

por el sufijo "Ni", como lo vimos en el caso anterior; el verbo es *yocoya*, 'hacer', 'formar', con el sufijo ni, *yocoyani*, es el que hace. Por último tenemos el "Te" inicial, que se refiere a las personas, como si fuera un pronombre genérico, que incluye a la gente, a todos. Al juntar los elementos, tenemos, entonces: 'IN TEYOCOYANI'-"El hacedor, (componedor o creador) de los hombres".

**In tloque nahuaque:** Al igual que en el caso de *Ipalnemohuani*, Tloque-Nahuaque es una fórmula que aparece casi en toda la literatura nahua al referirse al Principio Supremo, sin embargo, el aspecto es diferente. En este caso nos encontramos con otra de las actividades propias de la divinidad, afín al principio de sostén y de conservación que el occidente cristiano ha atribuido a la acción divina. En nuestro caso la palabra es una fórmula difrasística, como el normal en el uso del náhuatl, con la cual se conforma mejor la imagen que quería transmitir. "Tloc" y "náhuac" son las palabras raíces. La primera significa 'cercanía' y la segunda 'circuito' o 'anillo'. Al hacer el análisis lingüístico, León Portilla resalta el carácter posesivo que tiene el sufijo "e", que entra en composición con las dos palabras, lo que significa que son tuyas, de él tanto la cercanía, como lo que queda comprendido en el anillo. De esta forma podemos decir que le pertenece lo que hace que las cosas mantengan su fuerza de cohesión. Al juntar los elementos que constituyen a este difrasismo, tenemos que *IN TLOQUE-IN NAHUAQUE*, suena, como "Aquel a quien le pertenece

<sup>40</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *Filosofía Náhuatl*, p. 168

<sup>41</sup> *Historia Tolteca Chichimeca*, Ed. Facsimilar Kirchhof, Güemes, Reyes García, FCE-Gobierno de Puebla, 1992, p.36, 4° Párrafo.

la fuerza de cohesión”<sup>42</sup>.

**In ilhuicahua, in tlalticpaque.** Estas dos palabras generalmente eran precedidas por otra, tal como aparece en uno de los Huehuetlatolli (Palabras de los Ancianos), traducido por Angel María Garibay, citado por León Portilla<sup>43</sup>: Totecuyo, “Nuestro Señor”. ‘*Ilhuicahua*’, significa “Señor del Cielo”, ‘*Tlalticpaque*’, “Señor de la Tierra”. En el pasaje mencionado de los *Huehuetlatolli*, se añade un elemento más de forma que la frase completa reza: *Totecuyo in ilhuichua, in tlalticpaque, in mictlane*.

La traducción clásica de estos atributos, referidos también al Principio Supremo Ometéotl sería: “Señor del Cielo, de la Tierra y del Inframundo”. Con lo cual los tres planos verticales del universo nahua son posesión de Él. En el caso que nos ocupa, la Señora se refiere al Señor de la dualidad más clara para la percepción en la atención cotidiana: cielo y tierra.

Si juntamos, entonces, todos los atributos que adornan Aquel de quien dice ser Madre la Señora que se apareció a Juan Diego, tenemos que ella dijo ser la Madre del Verdadero Dios, por quien se vive, hacedor (autor) de los hombres, Señor de la fuerza de cohesión, Señor del Cielo y de la Tierra.

Hasta aquí hemos sacado algunas reflexiones del versículo 26 del Nican Mopohua. En ellas hemos visto que las palabras pronunciadas por la misteriosa doncella dan pié para interpretar que tal figura, que se apareció a Juan Diego, fue la Madre de Dios, *Sancta María* (así, en

latín), o la Madre de *Ometéotl*, entendido éste como la energía dual originaria y creadora. Pero entonces, ¿quién es? ¿de quién es esta aparición que alude a alguien anterior incluso a la dualidad indiferenciada? Ya el P. Bernardino de Sahagún tiene recelo de lo que ocurrió unos años antes de que iniciara su magnífica obra de recuperación de la memoria. En efecto, en el Apéndice del Libro XI de su obra, en el número séptimo se explaya en torno a la advocación, cuyo análisis estamos haciendo ahora. El meticuloso franciscano dice:

“Cerca de los montes hay tres o cuatro lugares donde solían hacer muy solemnes sacrificios, y que venían a ellos de muy lejanas tierras. El uno de éstos es aquí en México, donde está un montecillo que se llama Tepeácac, y los españoles llaman Tepeaquilla, y ahora se llama Ntra. Señora de Guadalupe; en este lugar tenían un templo dedicado a la madre de los dioses que llamaban Tonantzin, que quiere decir Nuestra Madre; allí hacían muchos sacrificios a honra de esta diosa, y venían a ellos de muy lejanas tierras, de más de veinte leguas, de todas estas comarcas de México, y traían muchas ofrendas; venían hombres y mujeres, y mozos y mozas a estas fiestas; era grande el concurso de gente en estos días, y todos decían vamos a la fiesta de *Tonantzin*; y ahora que está allí edificada la Iglesia de Ntra. Señora de Guadalupe también la llaman *Tonantzin*, tomada ocasión de los Predicadores que a Nuestra Señora la Madre de Dios la llaman *Tonantzin*. De dónde haya nacido esta *Tonantzin*, no se sabe de cierto, pero esto sabemos de cierto que el vocablo significa de su primera

<sup>42</sup> Es importante resaltar que los dos atributos: Ipalnemohuani y Tloque Nahuaque, en los escritos conservados en el vol. VI del *Códice Florentino*, conocidos como *Huehuetlatolli*, aparecen casi en cada página al referirse a la divinidad, como fuente de las normas de acción. No sólo es la autoridad de los mayores, es la autoridad de Nuestro Señor, Por Quien se vive, Señor del Cerca y del Junto.

<sup>43</sup> Cfr. Miguel León Portilla, *Filosofía Náhuatl*, p. 168

imposición a aquella *Tonantzin* antigua, y es cosa que se debía remediar porque el propio nombre de la Madre de Dios Señora Nuestra no es *Tonantzin*, sino Dios y Nantzin, y vienen ahora a visitar a esta *Tonantzin* desde muy lejos, tan lejos como de antes, la cual devoción también es muy sospechosa, porque en todas partes hay muchas iglesias de Nuestra Señora, y no van a ellas y vienen de lejanas tierra a esta *Tonantzin*, como antiguamente<sup>44</sup>.

Algo malició el espíritu católico tridentino que animó a muchos, o a todos, los misioneros que llegaron a tierras americanas, poco después de la Conquista. ¿Por qué Guadalupe?

La advocación hispana está bajo el cuidado de los frailes menores de Extremadura y expresamente Sahagún dice que fueron los Predicadores, los dominicos quienes llamaban *Tonantzin* a Nuestra Señora. Sin embargo, la autoridad máxima de la naciente Iglesia Mexicana era un fraile franciscano, fray Juan de Zumárraga, cuando ocurrieron los hechos que ahora analizamos. ¿Qué pudo haber ocurrido que dio pie a denominar Guadalupe a esta advocación de María en tierras de América?

Probablemente se conecte con otras prácticas como el sacrificio humano sistemático. En efecto, entender el auto-sacrificio, el sacrificio del corazón, como la materialización extractora de la víscera cardíaca, cerró todos los caminos de mutuo aprecio y aceptación, entre cristianos e indígenas nahua mexicana<sup>45</sup>. Del mismo modo que interpretar al cristianismo como una doctrina y no como un contacto vivo con la Divinidad cerró cualquier

posibilidad de compartir una experiencia más allá de la expresión racional del dogma. No quedaba otro camino que renacer a un orden nuevo. Esta empresa sólo podía ser llevada a cabo por la Madre.

Otra vez, el espíritu diligente del sabio de Bollingen nos permite entrever lo que pudo haber significado la presencia de Tlecuauhtlapcupeuh en el contexto de la Conquista. Para Jung, psicológicamente hablando, la presencia de la Madre, en tanto que arquetipo, la denomina 'La Gran Madre', y "...proviene de la historia de la religión y abarca las más distintas configuraciones del tipo de una diosa madre. En principio no interesa a la psicología, pues la imagen de una "Gran Madre" en esa forma sólo raramente y en muy especiales condiciones aparece en la experiencia práctica"<sup>46</sup>.

Justamente lo que Jung desecha como no interesante para la psicología es lo que interesa resaltar, cuando se trata de la anomia como fenómeno sociológico. En efecto, lo que Tlecuauhtlapcupeuh (Guadalupe) realiza en el contexto del derrumbe social, cultural, cosmovisivo y, en último término psicológico, es la recomposición del mundo. Por ello, la Señora, ante la aflicción de Juan Diego por la enfermedad mortal de su tío, le consuela con estas palabras:

*"Cuix amo nican nica nimonantzin? Cuix amo nocehuallotitlan, necauhyotitlan in tica? Cuix amo nehuatl in nimopaccayeliz? Cuix amo nocuixanco nomamalhuazco in tica? Cuix oc itla in motech monequi?"*

<sup>44</sup> Fr. Bernardino de Sahagún, Op. Cit. México, Ed. Porrúa, pp.704-705

<sup>45</sup> Queda para otro momento plantear las conclusiones del versículo 208 del Nican Mopohua, que contribuyen a aclarar lo que aquí sólo se enuncia

<sup>46</sup> Carl G. Jung, Op. Cit., p. 69

Lo que se traduce:

*¿Qué acaso no estoy yo aquí que soy tu Madre?  
¿No estás bajo mi sombra y resguardo? ¿No soy  
yo la fuente de tu alegría? ¿No estás en el hueco de  
mi manto, en el cruce de mis brazos? ¿Tienes  
necesidad de alguna otra cosa?'*<sup>47</sup>

Las frases que pronuncia la Señora no dejan lugar a dudas. Es la Madre que llega, cuya sola presencia consuela al hijo del terrible abandono y de la orfandad sufrida. Es la Madre de los Dioses y de los hombres. Es el principio femenino cósmico global que irrumpe ante la destrucción total de una colectividad humana que fue capaz de dirigir su vida hacia el culto y la veneración de tal principio: Ometeotl, aun cuando lo hizo de manera materialista y concreta.

## Conclusiones

Se puede, entonces, concluir el culto a Guadalupe, es un hecho social de tal riqueza que ha podido dar, durante más de cuatrocientos, años respuesta diferenciada a exigencias cosmovisivas de muy distinta índole. El resultado que tenemos fue y sigue siendo un hecho social asombroso. En ella el pueblo de México encuentra a la autora de su nuevo modo de vivir. Poco importa que se tenga un espíritu particularmente religioso, incluso, poco importa que sea católica la denominación de la convicción religiosa que se practique. En ella se reconoce a la Madre de México y de todos los Mexicanos, sin exclusión de raza, afiliación política o credo religioso. Todo Mexicano, en este sentido cosmovisivo, cultural y de vida cotidiana es

fundamentalmente guadalupano.

El que algunos mexicanos la consideren en el estricto sentido una aparición de la Sma. Virgen María, a la usanza de la fe católica más pura, y por lo mismo le dediquen un culto de devoción, acorde a los principios teológicos más exigentes y otros la lleven en su corazón o colgada a su cuello como una protección divina, o como tal la pongan en cualquiera de las situaciones imaginables, como los autos, los sitios de trabajo, los autobuses, buscando en ella al principio femenino de la divinidad, que brinda protección materna a sus hijos, no hace más que apuntar hacia la riqueza enorme de una presencia simbólica, numinosa, psicológicamente cargada de afectividad y, por lo mismo, sociológicamente eficaz en cuanto al otorgamiento de sentido.

Podríamos ampliar un poco más las consideraciones presentadas ahora de manera muy sintética y así diferenciar también algunos niveles de relaciones lógicas que nos permiten otorgar a este tipo de hecho complejo tal diversidad de sentidos.

Los distintos niveles de elaboración lógica, que presentamos a continuación, se anclan en los datos históricos que nos permiten reconstruir algunos hechos referentes a la manera en que concibió la vida cotidiana aquella comunidad cultural, cuya cosmovisión predominaba en estas tierras a la llegada de los españoles. Es con esta base que podremos reconstruir también algunos niveles de sentidos muy distintos, atribuibles, todos ellos de manera razonable, al hecho social llamado Guadalupe, objeto de nuestro estudio en esta ocasión.

Sin ánimo de establecer un orden de importancia,

<sup>47</sup> Antonio Valeriano, *Nican Mopohua*, v. 119

sino más bien de mayor o menor accesibilidad a la observación empírica, el primer nivel se puede ubicar en aspectos muy externos y, por ende, observables actualmente por su manifestación innegable.

En este sentido se ubica lo femenino y materno que todo mexicano atribuye a esta advocación, aun cuando no lo traduzca todo mundo en una verdadera devoción. Aun así, es fácil constatar, al interior de las familias mexicanas, que siempre habrá una Guadalupe, abuela, madre, tía, esposa, hermana o hija. Este dato indica sociológicamente la trascendencia cotidiana de una determinada significatividad ligada a la femineidad atribuida a tal nombre.

El siguiente nivel de sentido es más profundo y también más difícil de observar, por la pérdida que ha sufrido el uso de la lengua náhuatl en la cotidianeidad actual mexicana. En la esfera de lo consciente el uso de esta lengua está restringido a una minoría étnica del centro del territorio mexicano actual. Sin embargo, todavía se observa la reminiscencia indígena del sentido femenino y materno que se le atribuye en México a *Tonantzin*. Este fenómeno se observa en dos niveles bien por el uso cotidiano del 'nana' o 'nanita', netamente indígena referido a la madre, todavía vigente en la actualidad y no sólo en el lenguaje infantil, bien por el uso de la fórmula '*Tonantzin Guadalupe*', que ha vuelto de nueva cuenta y ahora con mayor frecuencia, por los privilegios otorgados a las modalidades lingüísticas regionales, ante la amenaza de erosión identitaria en tiempos de la globalización.

El tercer nivel, el estrictamente histórico/cultural es, si se puede, de una mayor dificultad de rastreo, ya que

implica el re-acomodo de los datos históricos comunes a todos los mexicanos, propios del efecto que en nosotros dejó nuestra deformación oficial de la Historia Patria. En ella claramente se han dado pocas oportunidades para equilibrar el peso cosmovisivo de ambas raíces, la indoamericana y la europea, entre otras, que se dan cita en cualquier nacido en estas latitudes. Por el precario equilibrio cosmovisivo que prevalece entre ellas se tiende a obtener respuestas extremas de aceptación o rechazo, generalmente excluyente, pero no de una síntesis interpretativa del cosmos. Por tal razón, es más fácil observar generalmente los efectos perniciosos de la figura femenina abusada y disminuida<sup>48</sup>, que el efecto restaurador del cosmos propio de *Tlecuauhtlapcupeu*, a no ser que nos tomemos el tiempo para observar la conducta y la reacción general de las personas al asistir, en un día cualquiera, a la Casa que la Señora mandó construir y no digamos cuando es el día de su fiesta. Este tipo de sentido nos lleva al siguiente nivel.

El cuarto nivel que nos interesa resaltar es el específicamente psicológico. En este nivel, los mexicanos tenemos en casa la oportunidad de observar el efecto social, fundamentalmente colectivo, del impacto de un arquetipo. En este caso estamos hablando del efecto al interior de la psique humana del arquetipo femenino por excelencia, la Madre Cósmica, en virtud del efecto de tranquilidad que otorga a la estructura de la psique humana el equilibrio de la energía que fluye en su interior. Al asistir a este fenómeno masivo es dable observar el efecto en la estructura psíquica, por la incorporación a la vida cotidiana del arquetipo de la femineidad, bajo la figura de la madre cósmica que pasó a ser después (política y socialmente) madre de todos.

<sup>48</sup> Tal es el sentido de la Chingada, hecha famosa por octavio Paz en el *Laberinto de la Soledad*

Del análisis hecho tanto del material narrativo de lo que ocurrió en 1531, como de los elementos cosmovisivos que predominaban en ese momento, así como también de lo que aun ahora ocurre, se podrían seguir otras muchas conclusiones, las cuales podrían tocar lo más variado y disímbolo de la vida cotidiana. En efecto, se podría ver la organización del trabajo, al analizar el sentido de la imagen de Guadalupe presidiendo una nave industrial, o al acompañar los viajes de un taxi acomodada, de manera artística y casi milagrosa, en el tablero del auto, o en un altar al frente de un microbús, la podremos observar en el mercado presidiendo las actividades comerciales y hasta en el rincón peligroso y oscuro que las vecinas quisieron arrancar a los usos deshonestos e, incluso,

delictivos.

Casi infinita es la capacidad de la nutrida trama de relaciones lógicas que pueden ser establecidas, al intentar comprender un hecho social, introduciendo en él cierto orden que nos permite trabajarlo como un sistema complejo. Sin embargo, como pudo observarse en el análisis realizado, todo parte de la posibilidad de recortarlo y aislarlo de forma tal que se pueda reconstruir el sentido que, razonablemente, pudo haber tenido para quienes les tocó vivir en ese momento e incorporarlo a su cotidianidad y nombrarlo en la lengua de su diario vivir. Muy probablemente para ellos les pareció enfrentar una vivencia totalmente transparente en su sentido, exigida por las condiciones de su vida cotidiana. este trabajo..

# Modelo de simulación para un fenómeno de la cooperación

---

Gloria I. Baca Lobera\*

Irene Sánchez Guevara\*



## RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados obtenidos de la simulación computacional con base en la técnica de Modelo Basado en el Agente (MBA), para mostrar un *proceso de aprendizaje en una red de relaciones interpersonales*. Estas relaciones se modifican a partir de la imitación del individuo más exitoso. Se simula la dinámica del juego de dos personas de suma diferente de cero, con tres variantes: *el dilema del prisionero, el juego del gallina, y el juego de la confianza*. El trabajo computacional mostró los comportamientos en relación a estados estacionarios finales que muestran una mayoría cooperadora. Se observó una diferencia en el comportamiento de cada uno de los modelos estudiados para alcanzar el equilibrio. Este tipo de simulaciones puede llegar a ser una forma novedosa de pensar que nos permita estudiar y entender algunas conductas que se observan en las sociedades.

---

\* Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco). [gbaca@correo.xoc.uam.mx](mailto:gbaca@correo.xoc.uam.mx), [isabiro@yahoo.com.mx](mailto:isabiro@yahoo.com.mx)

<sup>1</sup> El juego “del gallina” (en inglés: *game of chicken*). Un ejemplo del *juego del gallina* se encuentra en la película: Rebelde Sin Causa de 1955.

## ABSTRACT

This paper presents the results of computer simulation techniques from an Agent-Based System to show a *learning process in a web of interpersonal relationships*. These relationships are modified by the imitation of the most successful individual. The model simulates the dynamics of the two-player non-zero-sum, with three variants: the prisoner's dilemma, the chicken game, and the trust game. The computer simulation showed the behavior of individuals in relation to final fixed states with a majority concluding cooperative. Differences in the behavior of each of the models analyzed to reach equilibrium were observed. Such simulations may constitute a new mindset that allows us to study and understand certain conducts that are present in societies.

---

**Palabras clave:** fenómenos emergentes, cooperación, simulación y teoría de juegos  
**Keywords:** emergent phenomena, cooperation, simulation and game theory

# 1. Introducción

De acuerdo con Crozier/Friedberg la acción colectiva es un constructo social, en tanto que no es natural, y uno de los problemas fundamentales que plantean es precisamente el surgimiento y mantenimiento de la cooperación entre los individuos para cumplir objetivos comunes, no obstante los individuos tengan intereses divergentes. Los resultados de la acción colectiva se pueden contraponer a las voluntades de los individuos, pero esto no se debe a las propiedades intrínsecas del problema "objetivo", sino a la estructura social del campo de acción, es decir, a las propiedades de los sistemas de la acción organizada. El ejemplo es el clásico *Dilema del Prisionero*; a continuación se describe una versión:

La policía atrapa a dos criminales que han cometido un delito grave. No existen pruebas fehacientes de que estos dos hombres hayan cometido ese crimen y lo único que puede demostrar la policía es que son sospechosos. La policía les hace la misma propuesta a cada uno de los prisioneros, a los que ha hecho encerrar en celdas distintas: La situación para cada uno de ellos es negar los hechos o incriminar al otro. Si los dos niegan, la policía carece de pruebas y sólo podrá encerrarlos en la cárcel por un año por delitos menores. Si uno de los prisioneros denuncia al otro, se le libera aún cuando el denunciado niegue el crimen, al cual se le condena a 20 años de cárcel. Si ambos se denuncian mutuamente serán condenados a 10 años. La siguiente matriz describe la situación:

		Pillo Dos	
		Confiesa	No confiesa
Pillo Uno	Confiesa	(-10, -10)	(0, -20)
	No confiesa	(-20, 0)	(-1, -1)

Conocer los resultados o pagos no cambia nada la lógica que lleva a la decisión de traicionar, lo cual es consecuencia de la estructura del problema, es decir, la falta de comunicación y el pago alto que se obtiene por la traición. Sólo si se da la capacidad de la confianza se podría cambiar la situación.

El objetivo de este trabajo es analizar de manera experimental los comportamientos de interacciones sociales modelados como un juego, en cuanto a la cooperación y la interdependencia de los actores que persiguen intereses, en el mejor de los casos divergentes y en el peor, contradictorios, se recurre al estudio de *la máquina artificial* que propone Herbert Simon. Es por ello que en el presente trabajo se utiliza la simulación Basada en Agentes, para tres diferentes juegos: el Dilema del Prisionero, el Juego del Gallina y el Juego de la Confianza, cada uno en una estructura de red de interrelaciones sociales.

## 2. La simulación en las Ciencias Sociales

El estudio de sistemas formados por un gran número de actores con patrones de interacciones variables, representa serias dificultades para una modelación y solución matemática. Una herramienta primordial de investigación de la teoría de la complejidad es la simulación por computadora (Axelrod, 219,1997). A esta clase de

simulaciones se les conoce como Modelación Basada en el Agente (MBA). La MBA son sistemas modelados como una colección de entidades autónomas, que toman decisiones, llamados agentes. Cada individuo o agente evalúa su situación y toma una decisión basado en ciertas reglas. Los agentes pueden ejecutar varios comportamientos propios al sistema que representan, por ejemplo, producir, comprar, no cooperar. Las interacciones que se repiten entre los agentes son una característica de este tipo de modelaciones, los métodos computacionales permiten explorar su dinámica. A un nivel básico un modelo basado en el agente consiste de un sistema de agentes y de las relaciones entre ellos. Los modelos basados en los agentes, por muy simples que sean, pueden exhibir patrones de comportamiento complejos y dar información valiosa sobre al dinámica del sistema real que tal modelo emula. Una característica relevante es que los agentes son capaces de evolucionar, permitiendo que emerjan comportamientos que no se anticiparon con anterioridad, como por ejemplo, aprender a cooperar cuando observan que esto es lo más conveniente. Esta metodología es un enfoque epistemológico, más que una herramienta técnica. La forma de pensar consiste en la descripción del sistema desde la perspectiva de las unidades que lo constituyen. Sin embargo, por un lado su fácil implementación en algún lenguaje computacional, puede paradójicamente, llevar a interpretaciones equívocas, pues aunque la MBA es técnicamente simple, es también conceptualmente profunda. Esto puede ocasionar que se use de forma inadecuada.

Los fenómenos emergentes son el resultado de las interacciones de las entidades individuales que forman el

sistema. Por definición, no se pueden reducir a las partes del sistema: el total es más que la suma de las partes. Un fenómeno emergente puede tener propiedades que están desacopladas de las propiedades de sus partes constituyentes. Por ejemplo, un embotellamiento en una avenida de una gran ciudad, que resulta del comportamiento e interacción entre los conductores individuales, puede estar moviéndose en la dirección opuesta a la de los automóviles que lo causan. Las características de los fenómenos emergentes suelen ser impredecibles e ininteligibles: los fenómenos emergentes pueden ser contrarios a la intuición. La naturaleza de la MBA constituye la forma canónica para modelar los fenómenos emergentes: en la MBA, se modela y simula el comportamiento de las unidades constituyentes (los agentes o actores) y sus interacciones, capturando la emergencia de abajo hacia arriba (bottom up) cuando se ejecuta la simulación.

La Modelación Basada en Agentes se puede usar en alguna de las siguientes situaciones:

- Cuando el comportamiento de los individuos es no lineal y está caracterizado por reglas del tipo SI\_ENTONCES.
- El comportamiento individual exhibe algún tipo de memoria, de dependencia de la trayectoria, de correlaciones temporales, como son el aprendizaje y la adaptación.
- Las interacciones entre los agentes son heterogéneas y pueden generar efectos de red.

Debido a que la MBA genera fenómenos emergentes, es interesante, plantearse el problema de lo que significa la explicación de tales fenómenos. El objetivo de usar la

MBA es defender una nueva forma de aproximarse a los fenómenos sociales, no desde una perspectiva tradicional de modelación sino para redefinir el proceso científico de forma total.

### 3. Construcción del modelo

En la literatura sobre comportamientos colectivos podemos encontrar un gran número de aplicaciones. Para este trabajo se consideró la MBA y las interacciones que obedecen al modelo de un juego de dos personas con suma diferente de cero, cuyas estrategias son cooperar o no cooperar. Cuando se juega una sola vez, el resultado depende sólo de los valores relativos de los pagos que se obtienen por estrategia, y el posible equilibrio o los equilibrios. Estos juegos se modelan matemáticamente por medio de una matriz de pagos y las estrategias de cooperar C, y no cooperar, NC, como se muestra en la siguiente matriz:

		<b>Jugador 2</b>	
		Coopera (C)	No coopera (NC)
<b>Jugador 1</b>	Coopera (C)	(R, R)	(S, T)
	No coopera (NC)	(T, S)	(P, P)

Bi-matriz de pagos y las estrategias de cooperar C, y no cooperar, NC, con dos jugadores que juegan una sola vez.

En la matriz de pagos, la primera componente de cada entrada corresponde al pago del jugador 1 y la segunda, al pago del jugador 2. Si los dos jugadores eligen la estrategia cooperativa, ambos obtienen el pago R; si el jugador 1 coopera y el jugador 2 no, el jugador 1 recibe el

pago S, y el jugador 2, el pago T. Si ambos no cooperan recibirán P.

La relación entre los pagos: T, R, P y S define tres tipos de situaciones particulares, de acuerdo a Kollock:<sup>2</sup>, son:

- 1 *Dilema del Prisionero*, cuya relación de pagos es:  $T > R > P > S$
- 2 *El Juego de la Confianza*, cuya relación de pagos es:  $R > T > P > S$
- 3 *El Juego del Gallina*, cuya relación de pagos es:  $T > R > S > P$

**El Dilema del Prisionero**, se caracteriza por la desigualdad:  $T > R > P > S$ , es el que más se ha utilizado para el estudio de los dilemas sociales. Como se puede observar en este juego, el mejor pago se obtiene cuando uno de los jugadores no coopera NC (traiciona), mientras que el otro si coopera (C) con un pago igual a T; el siguiente mejor resultado, es cuando ambos cooperan con un pago de R, seguido por la mutua traición, con un pago de P, y por último, el peor pago que se puede obtener es cooperar mientras que el otro jugador no coopera, con un pago de S. Ya que la estructura del juego es simétrica (en el sentido de que si se intercambian los jugadores de lugar el resultado es el mismo), los dos jugadores saben que es mejor traicionar, esto define la estrategia dominante (nc,nc) y corresponde al equilibrio de Nash, aún cuando estarían en una mejor posición si ambos cooperaran.

		<b>Jugador 2</b>	
		Coopera (C)	No coopera (NC)
<b>Jugador 1</b>	Coopera (C)	(R, R)	(S, T)
	No coopera (NC)	(T, S)	(P, P)

<sup>2</sup> Kollock, P. (1998). SOCIAL DILEMMAS: The Anatomy of Cooperation. Ann. Rev.Social. 24:183-214.

En cambio, la estructura del **Juego de la Confianza** resulta del cambio de los valores de los pagos, que cumplen con la siguientes desigualdades:  $R > T > P > S$ . En este caso se considera que la cooperación mutua es mejor resultado que la traición unilateral. El término confianza se debe al hecho de que una persona preferirá cooperar si está segura de que el contrincante cooperará también. Sin embargo, si cree que el contrincante no cooperará, la decisión consecuente es no cooperar. El dilema radica en que una persona estaría dispuesta a cooperar si tuviera la confianza de que el oponente lo haría también.

Se puede pensar que este juego lleva de forma inevitable a la mutua cooperación y que por tanto no tiene ningún dilema. De hecho, la cooperación no es una estrategia dominante, y si la persona cree que el oponente no cooperará, él tampoco lo hará. Este juego presenta dos equilibrios de Nash (en estrategias puras) entendidos como la mejor estrategia (el pago máximo) que puede obtener cada jugador sobre la base de lo que eligen los otros jugadores. En este caso, la mutua cooperación es un equilibrio óptimo, mientras que la mutua traición, aún siendo un equilibrio de Nash, es deficiente, en el sentido de que hay otra mejor solución, puesto que  $R > P$ . La clave de este juego es la confianza que se puede tener en las acciones de los otros jugadores. Este juego no ha tenido mucha atención, sin embargo, puede representar muchas situaciones sociales. Por ejemplo, con respecto al trabajo en equipo: se presume que el resultado es mejor si cada uno de los integrantes hace su parte de la mejor forma posible, pero si todo el trabajo va a recaer sobre una sola persona, lo mejor es no hacerlo.

		Jugador 2	
		Coopera (C)	No coopera (NC)
Jugador 1	Coopera (C)	(R, R)	(S, T)
	No coopera (NC)	(T, S)	(P, P)

El tercer caso, el **Juego del Gallina**, se caracteriza por la desigualdad en los pagos:  $T > R > S > P$ . Este juego se puede ejemplificar con la siguiente situación: dos autos avanzan uno contra el otro, el primero en desviarse (el que coopera) se gana el sobrenombre de gallina, mientras que el que continua, es decir, el que traiciona, además de tener el camino libre, gana prestigio. Si los dos se traicionan el resultado es obviamente desastroso para ambos. Si ambos se desvían, serán gallinas. En este juego se presentan dos equilibrios de Nash: (C, NC) y (NC, C).

		Jugador 2	
		Coopera (C)	No coopera (NC)
Jugador 1	Coopera (C)	(R, R)	(S, T)
	No coopera (NC)	(T, S)	(P, P)

Es importante resaltar el hecho de que en los juegos del gallina y en el de la confianza no hay una sola estrategia dominante como en el juego del dilema del prisionero. En los juegos del gallina y de la confianza lo que elija el otro jugador es crucial para determinar el mejor resultado posible; en el de la confianza se debe elegir lo que hizo el otro jugador, mientras que, en el del gallina se tiene que hacer lo opuesto al otro jugador.

En lo que sigue se utiliza estos tres juegos para hacer la simulación computacional cuando se juegan de manera iterativa.

## 4. Metodología de la simulación computacional

Para la simulación computacional de los tres modelos, se utilizó un programa desarrollado en el lenguaje de programación QuickBASIC,<sup>3</sup> que simula una red de interacciones con N vértices que representan a los N jugadores y k aristas por jugador; una arista  $(i,j)$  indica que el jugador i interactúa con el jugador j. Se determinó que el número de aristas k oscile entre 2 y 9, cuando hay más de 10 nodos. En cada iteración cada jugador elige cooperar C, o no cooperar NC, y obtiene una recompensa constituida por la suma de k pagos de acuerdo a los pagos de las estrategias, para cada uno de los modelos.

A partir de una red inicial de interacción elegida aleatoriamente, esta red evoluciona con base en las reglas del modelo propuesto por Eguíluz V. M. et al<sup>4</sup> (2006, 284), que consta de tres etapas:

**Etapas 1:** La interacción. Cada jugador i juega con k vecinos recibe un pago agregado  $\pi_i$ , si el jugador i juega con j, entonces el jugador j juega con el jugador i, además juega la misma estrategia (C o NC) con todos los jugadores que tienen ligas con él.

**Etapas 2:** Reajuste de la estrategia. Cada jugador actualiza su estrategia, imitando al vecino que recibió el mayor pago de entre todos ellos, incluyéndolo a él (si hay más de un vecino con el pago mayor, se selecciona al azar uno de ellos);

**Etapas 3:** Reajuste del vecindario. Si el jugador i imita a un

NC, entonces el agente i reemplaza esta liga con ese agente por una nueva que apunta a un socio elegido al azar de toda la red. Este proceso modifica la red.

Además, el juego es sincronizado, esto es, en cada paso los jugadores deciden sus estrategias con anticipación y entonces juegan al mismo tiempo.

Se consideró una red con  $N = 100$  nodos, cada uno interactúa con un número fijo K de vecinos, las interacciones están representadas por las aristas. Se simuló computacionalmente para diferentes proporciones iniciales de jugadores que cooperan, con incrementos de 0.1, esto es, se inició la simulación con 1 de cada 10 jugadores que eligen cooperar, y se itera el juego aproximadamente 100 veces, con las mismas condiciones. Se define un estado cooperador cuando la mayoría elige cooperar y no existen incentivos para cambiar de estrategia, aunque coexistan jugadores que no cooperan (los denominados *free riders*). En cada iteración se registra cuántos de las 100 iteraciones terminan como estados cooperadores.

Los valores de la densidad de jugadores de cooperadores iniciales se incrementan desde 0.1 hasta 0.9, mientras que los valores de K van desde  $K = 2$  hasta  $K = 9$ . La simulación termina cuando ningún jugador tiene incentivos para modificar su juego. Ello determina un equilibrio. El programa cuenta el número de jugadores que terminó como cooperador o no. El estado final del juego va a ser un estado cooperador si la mayoría de los jugadores al terminar son cooperadores.

<sup>3</sup> QuickBASIC, 4.0

<sup>4</sup> Víctor M. Eguíluz, Martín G. Zimmermann, Camilo J Cela-Conde y Maxi San Miguel. Cooperation and the Emergence of Role Differentiation in the Dynamics of Social Networks *American Journal of Sociology* 110, 977-1008 (2006).

## 5. Resultados de la simulación

### El dilema del prisionero:

Para este juego se eligieron pagos que cumplen con la siguiente desigualdad:  $T > R > P > S$ , que corresponde al modelo del dilema del prisionero:

Matriz de pagos		Jugador B	
		C	NC
Jugador A	C	(2 2)	(0 3)
	NC	(3 0)	(1 1)

En la gráfica de la figura 1 se muestran los resultados que se obtuvieron para la matriz de pagos anterior. En dicha gráfica, se observa el comportamiento de la red para diferentes valores del parámetro K (número de vínculos por nodo). Por ejemplo, para un valor de  $K = 2$ , mientras se incrementa la densidad de jugadores que eligen cooperar al inicio, el estado final de cooperación, interpretado como la probabilidad de alcanzar un estado final cooperador, se incrementa.

Lo anterior, no sucede para valores K mayor que 2, ya que para  $K = 3, 4... 7$ , la probabilidad de alcanzar estados cooperadores resulta inversamente proporcional al número de vínculos K. Por ejemplo, para  $K = 5$ , y una densidad inicial de 0.6 (6 de cada 10 jugadores eligen al inicio cooperar) la probabilidad de estado final cooperador es de  $1/128 = 0.00952381$  (de 128 veces que se iteró el juego, sólo una vez se obtuvo un estado final cooperador y 127 veces no cooperador). En el cuadro 1 se muestran los resultados para valores de  $K = 2, 5$  y 9 con densidades (proporción de cooperadores) de .1, .2, ..., .9.

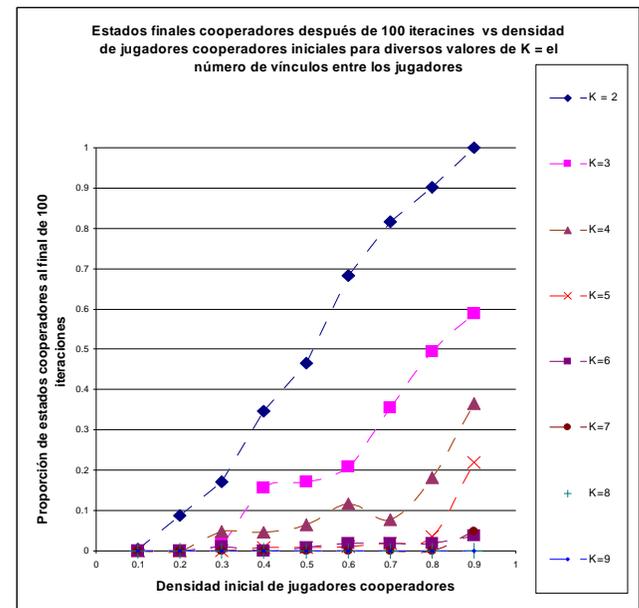
Cuadro 1

Resultados de la simulación para diferentes estados iniciales de densidad de cooperadores y para tres valores K, número de aristas o vínculos por nodo.

estados iniciales C	K = 2	K = 5	K = 9
0.1	0.00381679	0	0
0.2	0.08791209	0	0
0.3	0.17171717	0	0
0.4	0.34615385	0.00775194	0
0.5	0.46601942	0.00757576	0
0.6	0.68269231	0.00952381	0
0.7	0.8172043	0.01869159	0
0.8	0.90243902	0.03636364	0
0.9	1	0.21875	0

Figura 1

El juego del dilema del prisionero. Porcentaje de estados finales de cooperadores después de 100 iteraciones para diferentes valores K de vínculos entre nodos. Cada punto representa el resultado de aproximadamente 100 corridas.



**El juego de la confianza:**

Para llevar a cabo la simulación se fijaron los pagos que caracterizan a este juego, tal como se muestra en la siguiente matriz:

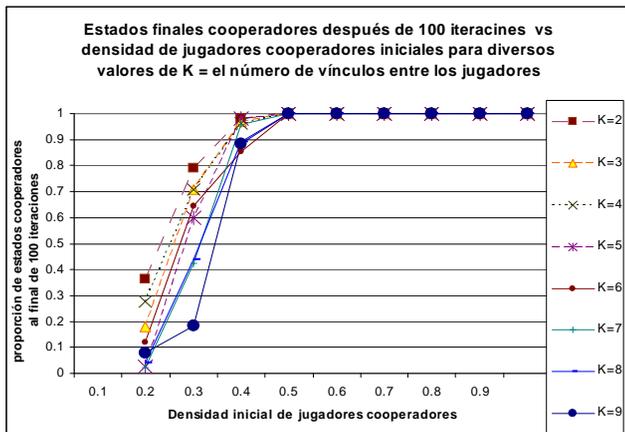
Matriz de pagos

		Jugador B	
		C	NC
Jugador A	C	(3 3)	(0 2)
	NC	(2 0)	(1 1)

La figura 2 muestra los resultados que se obtuvieron para el juego de la confianza, se puede observar un rápido aprendizaje hacia la cooperación, independientemente del número de vecinos con los que se juega. Ello se debe a que los pagos que se obtienen cuando ambos jugadores cooperan son los más altos. Sin embargo, para valores bajos de la densidad inicial de jugadores cooperativos 0.1 y 0.2, independiente de los valores de K, la probabilidad de

**Figura 2**

El juego de la confianza. Porcentaje de estados finales de cooperadores después de 100 iteraciones para diferentes valores K de vínculos entre nodos.



alcanzar estados cooperadores finales es baja, aunque presenta un crecimiento rápido para alcanzar la probabilidad de uno.

**El juego del gallina:**

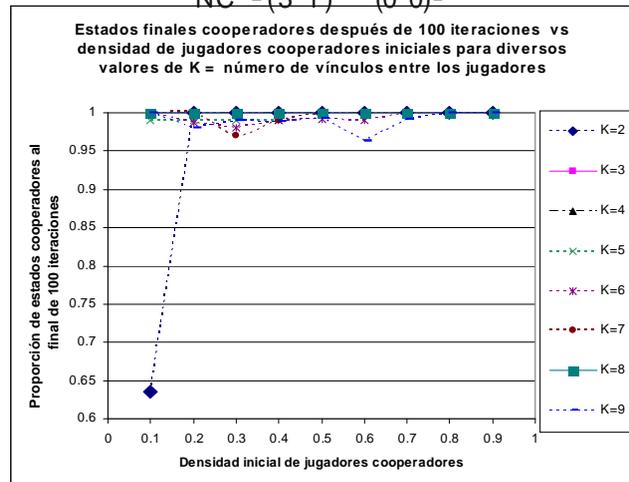
Para finalizar, se hizo la simulación para los valores de la siguiente matriz:

Matriz de pagos

		Jugador B	
		C	NC
Jugador A	C	(2 2)	(1 3)
	NC	(3 1)	(0 0)

**Figura 3**

El juego del gallina. Porcentaje de estados finales de cooperadores después de 100 iteraciones para diferentes valores K de vínculos entre nodos.



## 6. Discusión

El juego que más se ha estudiado es el del *Dilema del Prisionero* debido a que representa, de manera metafórica, el comportamiento en la toma de decisiones racional en situaciones de conflicto. Los resultados de la simulación computacional muestran que en este modelo la cooperación no siempre se alcanza, de hecho, entre mayor es el número de vínculos por jugador, la fracción de estados cooperativos finales es menor. Por ejemplo para una  $K = 5$ , número de vínculos por nodo, y una densidad inicial de 9 cooperadores por cada 10 jugadores, sólo el 20% de las 100 iteraciones resultaron con mayoría de jugadores cooperadores.

En el juego de la confianza, que se caracteriza por la situación de que si el otro jugador coopera, la mejor estrategia a elegir es cooperar y, de la misma manera, si el otro traiciona lo mejor es traicionar. En la presente simulación, los resultados mostraron que a mayor densidad inicial de jugadores cooperadores, sin importar el número de vínculos, los estados cooperativos alcanzan más del 90% a partir de 4 de cada 10 jugadores que cooperan inicialmente.

Por último, en el juego de la gallina la mutua traición es altamente castigada en los pagos, ello propicia que la mejor estrategia es elegir la estrategia contraria, es decir, si uno de los jugadores traiciona, es preferible que el otro coopere. En consecuencia el proceso de aprendizaje para la cooperación se presenta de forma drástica independiente del número de vínculos y de la densidad inicial de cooperadores.

Los tres juegos estudiados son muy diferentes entre sí, como lo muestran los resultados de las tres simulaciones;

el juego del dilema del prisionero tiene un único equilibrio de Nash, que además es en estrategias estrictamente dominantes, y que resulta en un pago Pareto inferior a otro de los posibles. Cooperar aquí, pese a que sería socialmente eficiente, no está en el interés de los individuos, que coincide con el resultado simulado, lo individual domina a lo social y la cooperación no se establece en la mayoría de los jugadores, independiente del número de vínculos y del número de jugadores que cooperan inicialmente. El segundo ejemplo, el de la confianza, posee dos equilibrios de Nash (dos en estrategias puras, más otro en estrategias mixtas). Uno de ellos domina en el sentido de Pareto al otro. No hay conflicto entre los incentivos sociales y los individuales, pero puede haber un problema de coordinación. En cualquier caso, “cooperar” no sería paradójico, resultado que se puede observar claramente en la simulación. Por último, en el juego de la gallina, también hay dos equilibrios de Nash (de nuevo, dos en estrategias puras, y uno más en estrategias mixtas), ninguno de ellos está dominado en el sentido de Pareto (excepto el equilibrio en estrategias mixtas), y por tanto el problema aquí es, si acaso, de reputación. Por tanto, la emergencia de la “cooperación” en estos tres juegos significa cosas diferentes.

## 7. Conclusiones

- Los resultados muestran que la simulación del tipo Modelación Basada en el Agente (MBA) es robusta debido a que refleja las características teóricas de los juegos. De esta manera, la simulación puede ser un mecanismo para entender la dinámica particular de cada

- de uno de los juegos y las diferencias que hay entre ellos.
- La metodología propuesta por la Modelación Basada en el Agente, ofrece una herramienta apropiada para la simulación de los fenómenos sociales, en particular para los fenómenos que se dan en las relaciones interpersonales. En este trabajo se simuló la forma en que surge, o no, la propiedad emergente de la cooperación en una red de relaciones interpersonales, a partir de reglas sencillas basadas en la elección racional. No obstante, por su fácil implementación computacional los resultados que se obtienen corresponden a la profundidad de la teoría de los sistemas complejos.
  - Este tipo de simulaciones ilustran dos principios. En primer lugar, se tiene que las estrategias por sí solas no garantizan un buen resultado y en segundo lugar es importante considerar las condiciones exactas en las que van a ser utilizadas. En un mundo de jugadores que se adaptan, o que aprenden al modificar sus estrategias, un jugador totalmente racional debe tener en cuenta lo que los otros jugadores van a elegir, y no el caso clásico de optimizar la propia ganancia. En segundo lugar, las simulaciones ofrecen una amplia posibilidad para el control de la eficacia de las ideas estratégicas en entornos que pueden ser de muy diversos tipos. Lo que puede ser de interés para el estudio de las organizaciones y de la sociedad en general.

## Bibliografía

- Axelrod, Robert. "On Six Advances in Cooperation Theory," Publicado en *Analyse & Kritik*, 22 (July 2000), pp. 130-151.
- Axelrod, R. (2003) La complejidad de la cooperación Modelos de cooperación y colaboración basado en los agentes. FCE
- Binmore Ken, (1987) Teoría de Juegos, Mc Graw Hill.
- Gilbert N. Troitzch K.G. (2005) Simulation for the Social Scientist
- Second Edition Open University Press, McGraw-Hill Education, McGraw-Hill House. England
- Kollock, P. (1998). SOCIAL DILEMMAS: The Anatomy of Cooperation. *Ann. Rev.Social.* 24:183-214.
- Mero Lászlo (1996) Los azares de la razón, Paidós Contextos, Barcelona.
- Víctor M. Eguíluz, Martín G. Zimmermann, Camilo J Cela-Conde y Maxi San Miguel. (2006) Cooperation and the Emergence of Role Differentiation in the Dynamics of Social Networks *American Journal of Sociology* 110, 977-1008.
- Pavard, B. Dugdale, J. An Introduction to Complexity in Social Science GRIC-IRIT, Toulouse, France. [www. Irit.fr](http://www.Irit.fr)-An Introduction to Complexity in Social Sciences.

# Aplicación de simulación Monte Carlo en un sistema de Inventarios Dinámico

---

Vicente Ángel Ramírez Barrera<sup>1</sup>

Ángel Eduardo Ramírez Nieves<sup>2</sup>



## RESUMEN

La principal herramienta con que se cuenta actualmente en las ciencias sociales, y en cualquier otra ciencia, es la computadora. Su aplicación en áreas organizacionales, administrativas, empresariales y comerciales ha traído cambios profundos. El propósito de este trabajo es demostrar cómo la simulación Monte Carlo en computadora digital coadyuva a tomar decisiones en un sistema dinámico de inventarios y a corregir apreciaciones subjetivas. Los primeros resultados obtenidos con la información proporcionada mostraron inconsistencias en el comportamiento del sistema por lo que se procedió a reconsiderar los datos dados y correr nuevamente el modelo de simulación; esta vez, con resultados satisfactorios.

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, varbar@correo.xoc.uam.mx

<sup>2</sup> Profesor-Investigador Universidad Tecnológica del Estado de México

## ABSTRACT

The main tool we currently have in the social sciences, and in any other science, is the computer. Its application in areas organizational, administrative, business and trade has brought profound changes. The purpose of this paper is to demonstrate how Monte Carlo simulation in digital computer helps to make decisions in a dynamic system and correct inventory subjective judgments. The first results obtained with the information provided showed inconsistencies in the behavior of the system so we proceeded to reconsider the data given the model and run simulation again, this time successfully.

---

**Palabras clave:** Computadora, decisión, inventario, simulación y sistema.  
**Keywords:** Computer, decision, inventory, simulation and system.

## Introducción

La principal herramienta con que se cuenta actualmente en las ciencias sociales, así como en cualquier otra ciencia, es la computadora. Ésta por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y amplia flexibilidad para simular la realidad, abre una nueva expectativa para observar, analizar y conocer fenómenos de las diversas áreas sociales. Con el ordenador electrónico se pueden solucionar problemas que no es factible resolver con otros medios. Algunos experimentos que se han realizado para solventar problemas por medio del procesador electrónico de datos son: simulación de procesos de producción, simulación para entrenamiento de personas, simulación dinámica no lineal de sistemas sociales, etc. En especial, las aplicaciones de la computadora en las áreas organizacionales, administrativas, empresariales y comerciales han traído cambios profundos, principalmente con el surgimiento de una nueva clase social e intelectual de personas que además de usar al ordenador electrónico, lo comprenden, lo dominan, y por tanto, piensan de manera diferente acerca de lo que es el conocimiento ahora; es decir, este dispositivo electrónico ha venido a modificar la estructura misma del conocimiento.

El poder de la computadora en la solución de problemas se halla en su capacidad para modelar y simular sistemas, aun cuando sean complejos o dinámicos; es tan sorprendente su potencial en este sentido, que por su uso, importancia y calificado nivel intelectual, la rama de la ciencia computacional ha llegado quizás a superar a las dos ramas tradicionales de la ciencia, la experimental y la teórica. El vertiginoso ascenso de esta ciencia se debe sin

duda a los impresionantes adelantos que ha habido tanto en el hardware como en el software de la computación. De esta manera, a través del procesador electrónico se han podido enfrentar problemas que antes no podían abordarse. Este nuevo método de análisis de sistemas que permite el ordenador electrónico, en especial en las ciencias sociales como la economía, las ciencias políticas, la administración, etc., está revelando nuevos aspectos de la realidad que se viven ahora.

Generalmente en las ciencias sociales no se pueden realizar pruebas debido a motivos éticos; sin embargo, los modelos de simulación en computadora son un nuevo modo de hacer ensayos y a veces son la única ruta a seguir. Por ejemplo, en el caso de la administración, si se realizan observaciones precisas de sistemas reales en las organizaciones y luego se simulan en un ordenador electrónico los modelos de esos sistemas, se avanza tanto en la parte teórica como en la eficacia de esas organizaciones y de sus sistemas, porque los modelos de computación son una nueva forma de hacer “experimentos” para resolver problemas, tomar decisiones, innovar y obtener conocimiento.

La computadora, como herramienta para estudiar sistemas dinámicos, cumple un importante papel para establecer la necesaria precisión en ellos, pues se pueden hacer modelos computarizados con algoritmos que simulen su conducta a través del tiempo. El comportamiento del estado del sistema se determina mediante la identificación de sus elementos o partes, el establecimiento de las relaciones que existen entre éstos y la definición de sus límites. Una vez identificados los elementos del sistema, se recomienda seleccionar aquellos que sean los principales

causantes de su comportamiento; esto es, los que permitan determinar el espacio del estado del sistema, omitiendo toda clase de aspectos irrelevantes. Cuando se cuenta con esta información se está en posibilidad de construir modelos que representen la estructura del sistema, para luego, simular su comportamiento en un procesador electrónico y, como se trata de un modelo de un sistema dinámico, al representar sus elementos y relaciones, hay que hacerlo en un estado de interacción.

Cabe recordar que las computadoras son máquinas y que, aun en los estudios de simulación, no se puede dejar de lado el juicio humano en relación con los datos y los programas que se introducen en el ordenador electrónico; por tanto, siempre hay que tener presente que un procesador electrónico es un instrumento en manos humanas y no una caja negra con cualidades mágicas que pueda crear por si sola una realidad o conocimiento nuevo. Si esto sucede, entonces con toda seguridad se está confundiendo la simulación con la realidad. Al intentar simular sistemas, y para que las simulaciones sean eficaces, se deben emplear modelos sencillos que los representen, si no lo que se haría es simplemente tratar de imitar ciegamente esos sistemas pero sin alcanzar comprensión alguna de su comportamiento. A través de la simulación en computadora es factible obtener un cuadro más preciso de las conductas de los sistemas al establecer correlaciones entre sus diferentes partes y conocer por qué o cómo se dan estas<sup>3</sup>.

## Planteamiento del Problema

El proceso mental de la mayoría de las personas utiliza conceptos que, después de ser manipulados mentalmente, crean nuevos arreglos de la realidad. Estos conceptos no son, de hecho, el sistema real sino abstracciones basadas en su experiencia, la que ha sido filtrada y modificada por la percepción del individuo y por los procesos organizacionales donde está inmerso. De esta manera, *... la mente humana está bien adaptada para construir y usar modelos que relacionan objetos en el espacio... Pero si se enfrenta con los modernos sistemas sociales y tecnológicos sin ayuda, entonces no tiene la capacidad adecuada para construir e interpretar los modelos dinámicos que representan a esos sistemas ni para analizar sus cambios a través del tiempo* (Forrester, 1980, p. 3-2).

Algunos de los defectos existentes que puede haber en los modelos mentales de la gente acerca de los sistemas pueden ser eliminados. Esto es, se puede entender razonablemente mejor la realidad de un sistema cuando el modelo que lo representa se puede expresar como un diagrama o por medio de ecuaciones, cuando sus suposiciones subyacentes pueden ser analizadas, cuando se puede presentar a otras personas y éstas lo entienden y cuando se puede determinar su patrón de comportamiento a través del tiempo. Además, con la transcripción de esas representaciones en instrucciones para la computadora ayuda al proceso mental de los sujetos a entender como varían los sistemas en el tiempo.

<sup>3</sup> Un modelo que explica y correlaciona los datos de una manera cuantitativa y descriptiva, sin ir a las razones profundas por las cuales existen tales correlaciones, se denomina fenomenológico. La creación de un modelo fenomenológico es el primer paso hacia una comprensión más profunda de lo que ocurre en un sistema (Pagels, 1991; p. 88).

La simulación es un proceso de solución que se sigue paso a paso. Las ecuaciones o las instrucciones dadas para calcular el siguiente paso en el tiempo son denominadas “el modelo de simulación”. Actualmente estos modelos están recibiendo mucha atención por parte de quienes toman decisiones; cuando se trata con problemas suscitados en sistemas cuyas soluciones analíticas están más allá del alcance de las matemáticas actuales o es muy costoso hacer una experimentación física del mismo, entonces se gira la atención hacia un proceso de simulación en computadora.

La simulación en un ordenador electrónico es un “experimento” que proporciona una solución que no es la óptima; sin embargo, si otorga un conjunto de aproximaciones que son soluciones factibles para el problema o bien un conjunto de posibles patrones de conducta para el sistema en un futuro. Con la simulación en computadora digital es posible registrar la historia a través del tiempo de la operación simulada del sistema; esto es, se registran los coeficientes y condiciones iniciales de los valores numéricos que fueron seleccionados en un principio y se guarda información sobre las diferentes condiciones y cálculos (paso a paso) como una respuesta de la conducta que sigue el sistema a través del tiempo que se simula. Además, hay que considerar que el costo de uso de las computadoras actualmente es tan barato que no importa cuán grande sea el número de simulaciones que se hagan del modelo del sistema, éste será mínimo y los cálculos muy rápidos.

Desde hace más de 30 años que el Sr. Gonzalo Tlacxami Almaraz es dueño, junto con dos de sus hermanos, Raúl y Antonio, de la refaccionaria para autos y

camiones “Almaraz”. Esta está ubicada en el kilometro 20.5 de la carretera federal México – Toluca, en la entrada al pueblo de Cuajimalpa. La Refaccionaria Almaraz es un sistema constituido por sus dueños, los diferentes tipos de refacciones y productos que venden; además, se puede clasificar como abierto porque interactúa y tiene relación con elementos del ambiente (proveedores, clientes, contadores, representantes de la Delegación Política de Cuajimalpa de Morelos, etc.). Además, es un sistema dinámico porque cambia constantemente su estado debido a las transacciones comerciales que lleva a cabo. En la Refaccionaria Almaraz se suscitó un problema de inventarios de amortiguadores para los autos Chevy de la marca Chevrolet, por lo que se procedió a utilizar simulación por el método de Monte Carlo para encontrarle una solución. El problema sentido era cuándo hacían el pedido a su proveedor y, principalmente, el tiempo en qué se los entregaban. Los dueños solicitaron apoyo a los autores de este trabajo para analizar esta situación.

## Objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es: “Demostrar cómo la técnica de simulación Monte Carlo en computadora digital coadyuva a una toma de decisiones adecuada en un sistema dinámico de inventarios”.

## Metodología

El método que se siguió fue, primero, una entrevista personal donde los dueños expresaron sus opiniones respecto del problema sentido y sus experiencias, según su

memoria, sin recurrir a la revisión de documentación. Después de un primer análisis, sobre la base de la información proporcionada, y ante resultados adversos, se procedió a revisar una muestra de sus registros; con estos datos se determinó nuevamente la demanda semanal y el número de semanas desde que se coloca el pedido hasta que se entregan los juegos de amortiguadores en la Refaccionaria. Por último, se propusieron valores para el punto de pedido y la cantidad pedida con el propósito de observar la variación en el comportamiento del sistema de inventario. En cada uno de las simulaciones se realizaron corridas que comprenden diez años de operación, es decir, 520 semanas simuladas, y se obtuvieron las estadísticas correspondientes.

## Marco conceptual

*La técnica de la simulación ha sido por mucho tiempo una importante herramienta* (Thierauf & Grosse, 1970, p. 470 y Hillier & Lieberman, 2010; p. 871) que permite *probar con anticipación los resultados de algunas de las decisiones que se piensan tomar en las organizaciones* (Bierman et al, 1994; p. 559) y, de hecho, *ya existe un gran número de empresas en todo el mundo que han implantado modelos de simulación en computadoras para*

*seleccionar cursos de acción en áreas financieras, de mercadotecnia, producción, inventarios, etc.* (Prawda, 1996; p. 315).

La simulación<sup>4</sup> en computadora es una técnica cuya aplicación tiene como fin obtener conocimiento nuevo o resolver problemas de decisión imitando la operación o comportamiento dinámico de un sistema, que se está proponiendo o que existe en la realidad, mediante la construcción de un dispositivo experimental numérico o un modelo matemático y/o lógico, donde se sustituyen las propiedades esenciales de aquellos por expresiones matemáticas o lógicas, para luego representar su conducta en una computadora a través de la dimensión tiempo.

La simulación actualmente es una técnica relevante de la Investigación de Operaciones, debido principalmente al gran desarrollo tecnológico que se ha dado en el ámbito de las computadoras en los últimos sesenta años. En los procedimientos cuantitativos de la Investigación de Operaciones se utiliza ampliamente el ordenador electrónico por la flexibilidad con que pueden representarse los modelos matemáticos y/o lógicos, más la gran capacidad que tiene de almacenar datos y su rapidez de procesamiento<sup>5</sup>.

Cuando se quiere conocer, mejorar o cambiar el funcionamiento de un sistema, la mejor manera de hacerlo

<sup>4</sup> Naylor (1971; p. 16) en su obra expone dos definiciones de simulación, la primera es más formal que la segunda como se puede ver a continuación:

a) "x simula a y" si y sólo si: 1), x e y son sistemas formales; 2), y se considera como el sistema real; 3), x se toma como una aproximación del sistema real; 4), las reglas de validez en x no están exentas de error.

b) Simulación de un sistema (o un organismo) es la operación de un modelo (simulador), el cual es una representación del sistema. Este modelo puede sujetarse a manipulaciones que serían imposibles de realizar, demasiado costosas o imprácticas. La operación de un modelo puede estudiarse y con ello, inferirse las propiedades concernientes al comportamiento del sistema o subsistema real.

<sup>5</sup> También debido a que actualmente están al alcance de cualquier persona que necesita tomar una decisión o solucionar un problema que no se pueda resolver porque no se cuenta con modelos matemáticos analíticos que permitan obtener resultados óptimos debido a la complejidad que presentan, a las relaciones estocásticas que existen entre sus componentes o a la ausencia de información y datos.

es observándolo y luego simulándolo en un procesador electrónico de datos. La observación permite analizar al sistema en su estado actual y recopilar datos, generalmente en un intervalo de tiempo dado. Esto proporciona información importante acerca de la operación del proceso o comportamiento del sistema bajo estudio. Después, se puede representar como un conjunto de relaciones matemáticas y lógicas entre los elementos y subconjuntos que lo conforman con el fin de simular su comportamiento; esto es, para imitar al sistema es necesario contar con un modelo de simulación<sup>6</sup>. Este modelo posteriormente es traducido a lenguaje de computadora, construido en un paquete de simulación o representado en una hoja de cálculo electrónica para ser ejecutado en un ordenador electrónico, donde se simulará el desempeño real del sistema a través del tiempo.

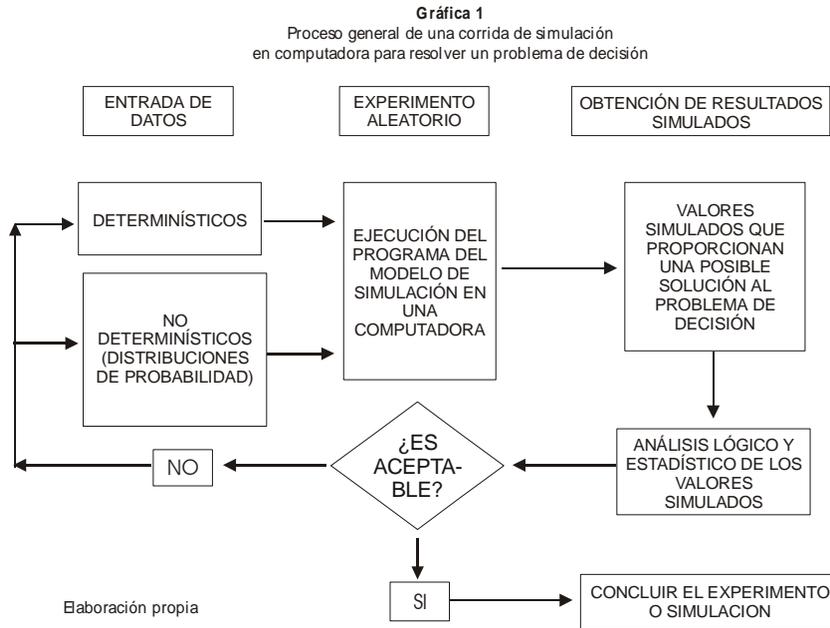
La simulación de un sistema en computadora se considera como un experimento de tipo estadístico o de muestreo cuyos resultados deben analizarse mediante pruebas estadísticas adecuadas. La técnica de la simulación no es un método de optimización, su aplicación implica realizar estudios donde se hace la pregunta: ¿Qué sucedería si...? En particular, la técnica de la simulación se emplea ampliamente en la administración de todo tipo de organización para estudiar o analizar sistemas donde no se pueden usar métodos analíticos que permitan determinar con exactitud soluciones óptimas. Es decir, apoyándose en esta técnica y haciendo uso de ordenadores electrónicos se puede imitar la operación de sistemas para proporcionar,

a quien es responsable de tomar decisiones, de alternativas de solución, no óptimas, para los problemas que se generan en dichos sistemas.

El procesador electrónico de datos, dada sus características de alta velocidad y gran capacidad de memoria, como ya se mencionó, puede simular la operación de un sistema por mucho tiempo, inclusive por varios años, en tan sólo algunos minutos. Al registrar el desempeño de la operación simulada de un sistema se podrán considerar varios tipos de diseño del sistema o cursos de operación de un proceso perteneciente al sistema, que permitirán evaluar varias alternativas antes de decidirse por una de ellas.

Las ventajas de la simulación son: su aplicación directa, que no afecta al sistema en su operación; menor costo que la sustitución del sistema real por un nuevo diseño propuesto; más fácil de aplicar que los métodos analíticos y; una vez construido el modelo de simulación, éste se puede ejecutar en una computadora cuantas veces se desee para analizar diferentes valores de los parámetros, diversas políticas propuestas o algunos nuevos diseños del sistema. Al realizar la simulación mediante un ordenador electrónico, los valores de inicio son de tipo controlado y los proporciona generalmente quien está interesado en resolver el problema o quien toma las decisiones para que se solucione; mientras que los valores de tipo probabilístico se generan mediante algún proceso aleatorio. El proceso general de una corrida de simulación en computadora se muestra en la gráfica #1.

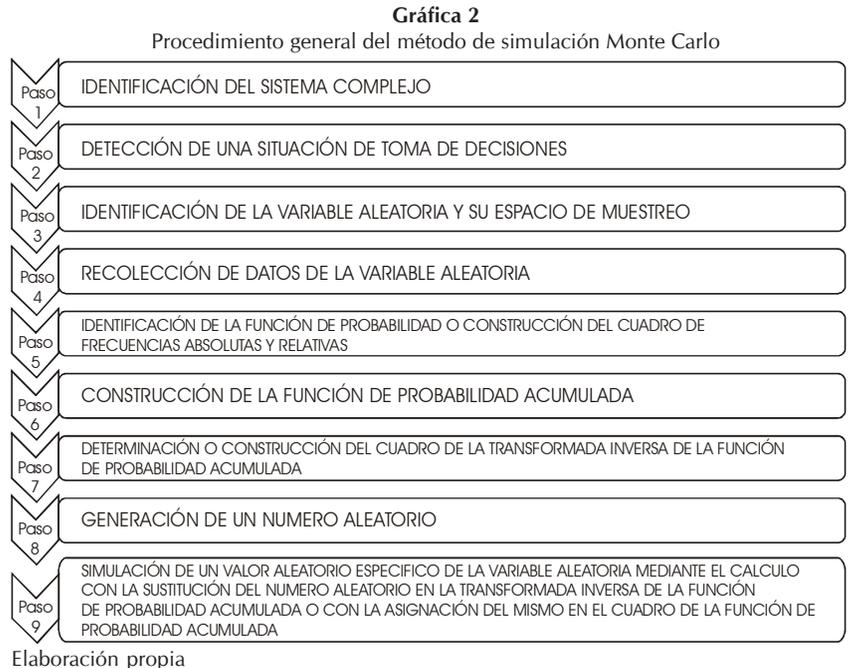
<sup>6</sup> Winston (2005; p. 1145) define al modelo como *la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del proceso o sistema real o propuesto, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre sus objetos o componentes de interés.*



mediante la simulación de un proceso estocástico cuyos momentos o distribuciones de probabilidad satisfacen las relaciones matemáticas del problema (Naylor, 1971; p. 15). Recibió el nombre de Monte Carlo en referencia al Casino de Monte Carlo, ubicado en el Principado de Mónaco, al que se considera “la capital del juego de azar”. La ruleta es un generador de números aleatorios. En la gráfica #2 se expone el procedimiento que se sugiere aplicar cuando se usa el método Monte Carlo.

## Método de Monte Carlo

El uso de la simulación por el método de Monte Carlo se remonta a fines de 1940, cuando John von Neumann y Stanislaw Ulam acuñaron el término “análisis de Monte Carlo” para aplicarlo a una técnica matemática que usaban entonces para resolver ciertos problemas de protección nuclear que eran, o demasiado costosos para resolverse experimentalmente o demasiado complicados para ser tratados analíticamente. El análisis de Monte Carlo involucra la solución de un problema matemático probabilístico,



## Resultados

En el momento de la entrevista, los dueños expresan que su proveedor no les surte adecuadamente. Según su opinión, la cantidad que se vende de juegos de amortiguadores para este tipo de auto por semana, es la que se expresa en el cuadro #1.

**Cuadro 1**

Distribución de la demanda semanal de juegos completos de amortiguadores para autos Chevy de la marca Chevrolet

Demanda semanal (Juegos amortiguadores)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
1	0.05	0.05
2	0.25	0.30
3	0.35	0.65
4	0.20	0.85
5	0.15	1.00
Total	1.00	

Elaboración propia

Respecto al tiempo que transcurre entre la colocación de un pedido y la entrega de la mercancía por parte del proveedor, estiman que fluctúa entre dos y cinco semanas, como se puede observar en el cuadro #2.

**Cuadro 2**

Distribución de semanas desde que se coloca el pedido hasta la entrega de los amortiguadores en la Refaccionaria Almaraz

Numero de semanas	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
2	0.20	0.20
3	0.50	0.70
4	0.20	0.90
5	0.10	1.00
Total	1.00	

Elaboración propia

Es obvio que se trata de un problema de inventarios con demanda y tiempos de entrega de la mercancía no determinísticos, donde los dueños están interesados en el tiempo de anticipación en que deben formular el pedido a su proveedor, Refaccionaria California, con el propósito de contar con existencia del producto, para siempre satisfacer la demanda aleatoria de su clientela. Dada la situación anterior, para determinar el comportamiento no determinístico del sistema de inventarios, la demanda aleatoria y las pérdidas por escasez de los juegos de amortiguadores para autos Chevy se procedió a realizar una simulación Monte Carlo.

En el cuadro #3 se determinan los intervalos de números aleatorios para simular la cantidad demandada de juegos de amortiguadores para autos Chevy de la marca Chevrolet y, en el cuadro #4, se especifican los intervalos de números aleatorios para simular el número de semanas de entrega de los juegos de amortiguadores por parte del proveedor.

**Cuadro 3**

Asignación de números aleatorios para simular la demanda de juegos de amortiguadores para autos Chevy de la marca Chevrolet

Intervalo de números aleatorios	Asignación simulada de la demanda
$0.0000 \leq D < 0.05$	1
$0.0500 \leq D < 0.30$	2
$0.3000 \leq D < 0.65$	3
$0.6500 \leq D < 0.85$	4
$0.8500 \leq D < 1.00$	5

Elaboración propia

**Cuadro 4**

Asignación de números aleatorios para simular las semanas desde que se coloca el pedido, hasta la entrega de los amortiguadores en la Refaccionaria Almaraz

Intervalo de números aleatorios	Asignación simulada de semanas de entrega
$0.0000 \leq D < 0.20$	2
$0.2000 \leq D < 0.70$	3
$0.7000 \leq D < 0.90$	4
$0.9000 \leq D < 1.00$	5

Elaboración propia

Para llevar a cabo la primera simulación en computadora se ha considerado el punto de pedido ( $R = 5$ ), la cantidad por pedido ( $Q = 10$ ) y la existencia en inventario ( $II = 15$ ) de juegos de amortiguadores.

En el cuadro #5 se puede observar una muestra de los resultados iniciales y finales de la primera simulación en computadora, realizada con datos recolectados según la apreciación subjetiva de los dueños, del comportamiento del inventario semanal de juegos completos de amortiguadores para autos Chevy durante diez años. Los encabezados de las columnas por sí mismos muestran las relaciones matemáticas y lógicas utilizadas en la simulación Monte Carlo en hoja de cálculo Excel. Las estadísticas obtenidas de esta primer corrida (véase cuadro #6) señalan que el inventario promedio al inicio de semana fluctúa, con un 95% de confianza, entre tres y cuatro juegos de amortiguadores, sin embargo, en la mayoría de las semanas no hay existencia y el coeficiente de variación es muy grande (109.84%); en cambio, la demanda promedio por semana es prácticamente constante (tres juegos de amortiguadores) con un coeficiente de variación de

36.09%, y; las ventas perdidas son de casi dos juegos de amortiguadores por semana, aunque según la moda la más de las veces no hay pérdida, pero su coeficiente de variación de 108.07% implica alta variabilidad en este concepto.

**Cuadro 6**

Estadísticas descriptivas del inventario a inicio de semana, de la demanda semanal y de las pérdidas por escasez

Concepto	Inventario	Demanda	Pérdida
Media	3.521154	3.05962	1.56154
Error típico	0.16961	0.04844	0.074
Mediana	2	3	1
Moda	0	3	0
Desviación estándar	3.867698	1.10451	1.68756
Varianza de la muestra	14.95909	1.21995	2.84784
Curtosis	-1.10939	-0.73756	-1.0662
Coefficiente de asimetría	0.622185	0.26937	0.56105
Rango	15	4	5
Mínimo	0	1	0
Máximo	15	5	5
Suma	1831	1591	812
Cuenta	520	520	520

Elaboración propia

Ante el alto valor de los coeficientes de variación obtenidos en las variables de inventario al principio de semana y la pérdida de ventas semanal, se concluyó que algo no estaba bien. Se procedió a revisar los datos proporcionados y a realizar nuevas simulaciones. Después de un número suficientemente grande de intentos se dedujo que la apreciación que tenían los dueños en la entrega del producto por parte del proveedor en el momento en que la proporcionaron era probablemente errónea. Un nuevo acercamiento con ellos condujo a la posibilidad de recabar datos de los registros de la Refaccionaria. El comportamiento que se detectó de la demanda semanal de juegos de amortiguadores varía con respecto a la opinión

**Cuadro 5**

Resultados de la simulación de diez años del inventario semanal de juegos completos de amortiguadores para autos Chevy de la marca Chevrolet

Número de semana	Inventario inicio de semana	Numero aleatorio (demanda)	Demanda semanal simulada	Inventario final de semana	Ventas perdidas x escasez	Colocar pedido	Cantidad pedida Q=	Número aleatorio (entrega)	Número semanas simuladas	Cantidad entregada
1	15	0.7546	4	11	0	NO	0		0	0
2	11	0.8845	5	6	0	NO	0		0	0
3	6	0.1472	2	4	0	NO	0		0	0
4	4	0.7312	4	0	0	SI	10	0.1590	2	0
5	0	0.9109	5	0	5	NO	0		0	0
6	0	0.2980	2	0	2	NO	0		0	10
7	10	0.6854	4	6	0	NO	0		0	0
8	6	0.7823	4	2	0	NO	0		0	0
9	2	0.5587	3	0	1	SI	10	0.3763	3	0
10	0	0.1575	2	0	2	NO	0		0	0
11	0	0.9081	5	0	5	NO	0		0	0
12	0	0.6843	4	0	4	NO	0		0	10
13	10	0.8810	5	5	0	NO	0		0	0
14	5	0.4662	3	2	0	SI	10	0.1270	2	0
15	2	0.1462	2	0	0	NO	0		0	0
---										
505	0	0.8104	4	0	4	NO	0		0	0
506	0	0.8381	4	0	4	NO	0		0	0
507	0	0.1650	2	0	2	NO	0		0	10
508	10	0.9998	5	5	0	NO	0		0	0
509	5	0.2717	2	3	0	SI	10	0.1681	2	0
510	3	0.6873	4	0	1	NO	0		0	0
511	0	0.7162	4	0	4	NO	0		0	10
512	10	0.1431	2	8	0	NO	0		0	0
513	8	0.9274	5	3	0	NO	0		0	0
514	3	0.7893	4	0	1	SI	10	0.9870	5	0
515	0	0.2345	2	0	2	NO	0		0	0
516	0	0.6073	3	0	3	NO	0		0	0
517	0	0.7657	4	0	4	NO	0		0	0
518	0	0.2132	2	0	2	NO	0		0	0
519	0	0.7569	4	0	4	NO	0		0	10
520	10	0.7358	4	6	0	NO	0		0	0

Elaboración propia

de los dueños, de hecho es menor, como se muestra en el cuadro #7 y lo mismo ocurre con la variable número de semanas que pasan desde que se coloca el pedido hasta la entrega de los juegos de amortiguadores en la Refaccionaria (véase cuadro #8).

**Cuadro 7**

Distribución de la demanda semanal de juegos completos de amortiguadores para autos Chevy de la marca Chevrolet revisada.

Demanda semanal (Juegos de amortiguadores)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
1	0.15	0.15
2	0.40	0.55
3	0.25	0.80
4	0.15	0.95
5	0.05	1.00
Total	1.00	

Elaboración propia

**Cuadro 8**

Distribución de semanas desde que se coloca el pedido hasta la entrega de los juegos de amortiguadores en la Refaccionaria Almaraz revisada

Número de semanas	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
1	0.50	0.50
2	0.30	0.80
3	0.15	0.95
4	0.05	1.00
Total	1.00	

Elaboración propia

Con la información sustraída de los registros de la Refaccionaria se procedió entonces a elaborar nuevos intervalos de números aleatorios y realizar nuevas corridas de simulación de diez años (520 semanas). Los resultados se pueden ver en el cuadro #9 a continuación.

**Cuadro 9**

Estadísticas descriptivas del inventario a inicio de semana, de la demanda semanal y las pérdidas por escasez con datos revisados.

Concepto	Inventario	Demanda	Pérdida
Media	4.988462	2.60192	0.53077
Error típico	0.162105	0.04764	0.04729
Mediana	5	2	0
Moda	0	2	0
Desviación estándar	3.696567	1.08644	1.07834
Varianza de la muestra	13.66461	1.18034	1.16283
Curtosis	-1.28737	-0.5725	3.27084
Coficiente de asimetría	0.081773	0.42442	2.05353
Rango	15	4	5
Mínimo	0	1	0
Máximo	15	5	5
Suma	2594	1353	276
Cuenta	520	520	520

Elaboración propia

Con la nueva información recabada aumenta a cinco juegos de amortiguadores el promedio del inventario inicial semanal (dos más), la demanda promedio disminuye a menos de tres juegos de amortiguadores (2.6) y, lo más notable es que la pérdida de ventas por falta de existencia se reduce a un promedio semanal de medio juego. Por otro lado, los coeficientes de variación se comportan así: el del inventario inicial disminuye de 109.84% a 74.10%, el de la demanda aumenta de 36.09% a 41.76% y el de la pérdida prácticamente se duplica al pasar de 108.07% a 203.17%.

Con el fin de ver si se podía mejorar la situación se modificó la cantidad pedida (Q) de juegos de amortiguadores disminuyéndola a siete juegos, manteniendo sin variar el punto de pedido ( $R = 5$ ) y el inventario inicial ( $II = 15$ ). El resultado de la simulación, también de 520 semanas, es el que se expone en el cuadro #10 a continuación.

**Cuadro 10**

Estadísticas descriptivas del inventario a inicio de semana, de la demanda semanal y las pérdidas por escasez

Concepto	Inventario	Demanda	Pérdida
Media	5.153846	2.51923	0.57692
Error típico	0.161163	0.04447	0.0475
Mediana	5	2	0
Moda	10	2	0
Desviación estándar	3.675072	1.01417	1.08317
Varianza de la muestra	13.50615	1.02853	1.17326
Curtosis	-1.21732	-0.33958	2.75433
Coficiente de asimetría	0.052095	0.48156	1.87851
Rango	15	4	5
Mínimo	0	1	0
Máximo	15	5	5
Suma	2680	1310	300
Cuenta	520	520	520

Elaboración propia

Las variables demanda y pérdidas de ventas de juegos de amortiguadores no varían, pero es notable la estadística moda del concepto inventario al inicio de semana la cual asciende a diez juegos aunque permanece la misma variabilidad.

Para continuar con ensayos se determinó reducir el punto de pedido R a cuatro unidades, manteniendo la cantidad pedida Q en siete juegos y el inventario a inicio de semana II en 15. En el cuadro #11 se muestran los resultados de la simulación de 520 semanas con estos datos. En términos absolutos los valores promedio son los mismos que los de la simulación anterior: cinco juegos de inventario inicial, tres juegos de demanda y un juego de pérdida por semana. La variabilidad es prácticamente la misma, de acuerdo a los valores de la desviación estándar. Lo relevante en este cuadro es que la moda disminuye de diez unidades a cero.

**Cuadro 11**

Estadísticas descriptivas del inventario a inicio de semana, de la demanda semanal y las pérdidas por escasez

Concepto	Inventario	Demanda	Pérdida
Media	4.655769	2.56154	0.80385
Error típico	0.166474	0.04824	0.05546
Mediana	4	2	0
Moda	0	2	0
Desviación estándar	3.796201	1.10004	1.2646
Varianza de la muestra	14.41114	1.21008	1.59921
Curtosis	-1.32433	-0.42288	0.7083
Coficiente de asimetría	0.196652	0.51429	1.3833
Rango	15	4	5
Mínimo	0	1	0
Máximo	15	5	5
Suma	2421	1332	418
Cuenta	520	520	520

Elaboración propia

Para resumir, véase el cuadro #12. En primer lugar están los resultados obtenidos con los datos proporcionados por los dueños de la Refaccionaria, con lo cual se obtienen los promedios de un inventario inicial de aproximadamente cuatro juegos de amortiguadores, una demanda semanal de tres y una pérdida promedio semanal de más de un juego. A continuación se exponen los resultados promedio de la simulación con datos extraídos de los registros de la Refaccionaria son: el inventario a inicio de semana es de cinco (uno más que en el caso anterior); la demanda semanal es de dos (una unidad menos que en la simulación previa) y la pérdida de ventas por semana es menor de una unidad (disminución muy notable con respecto al ejercicio de la simulación precedente). En tercer término, se exponen los resultados con datos propuestos, disminuyendo la cantidad pedida Q de quince a siete; en lo que se refiere a la demanda semanal y la pérdida por semana de juegos de

amortiguadores no hay variación pero el inventario a principio de semana si aumenta, aunque poco, y lo más relevante es que se obtiene una moda de diez juegos según se mencionó antes. Por último, se redujo en una unidad el punto de pedido R, de cinco a cuatro, y se simuló nuevamente el comportamiento del inventario de juegos completos de amortiguadores para autos Chevy de la marcha Chevrolet; los resultados indican que disminuye la cantidad de juegos en inventario a menos de cinco unidades, se mantiene la demanda con una solicitud de juegos menor a tres y se tiene una pérdida menor a un juego por semana. La variabilidad, interpretada a través de la desviación estándar es semejante en todos los casos y para las tres variables consideradas.

**Cuadro 12**

Resumen de las estadísticas del inventario a inicio de la semana, de la demanda semanal y de las pérdidas por escasez

Concepto	Inventario	Demanda	Pérdida
Con datos de los dueños			
Media	3.521154	3.05962	1.56154
Moda	0	3	0
Desviación estándar	3.867698	1.10451	1.68756
Con datos de los registros			
Media	4.988462	2.60192	0.53077
Moda	0	2	0
Desviación estándar	3.696567	1.08644	1.07834
Con datos de 1er propuesta			
Media	5.153846	2.51923	0.57692
Moda	10	2	0
Desviación estándar	3.675072	1.01417	1.08317
Con datos de 2da propuesta			
Media	4.655769	2.56154	0.80385
Moda	0	2	0
Desviación estándar	3.796201	1.10004	1.2646

Elaboración propia

## Conclusiones y recomendaciones

La técnica de Simulación Monte Carlo, realizada en hoja de cálculo Excel de una computadora digital, coadyuva a la toma de decisiones que se requieren en sistemas dinámicos.

El método de simulación Monte Carlo en hoja de cálculo Excel permite corregir la apreciación subjetiva de un evento cuando no es la adecuada por parte de quienes toman decisiones, pues el juicio o memoria de las personas no siempre es correcto. En este caso, la abstracción mental de la demanda semanal y las semanas de entrega de los juegos de amortiguadores para autos Chevy, marca Chevrolet, por los dueños de la Refaccionaria Almaraz posiblemente se distorsionó por alguna experiencia reciente.

De acuerdo con las simulaciones realizadas se recomienda disminuir el punto de pedido R a cuatro y la cantidad pedida Q a siete juegos completos de amortiguadores.

Se propone llevar a cabo un estudio más minucioso que abarque los costos del inventario de juegos completos de amortiguadores para esta clase de autos.

## Referencias

- Bierman, H., Bonini, C. & Hausman, W., 1994; **Análisis cuantitativo para la toma de decisiones**; Ed. Addison Wesley Iberoamericana, S. A.; USA.
- Churchman, C. W., 1979; **El enfoque de sistemas**; Editorial Diana, S. A.; México.
- Daellenbach, H., George, J. & McNickle, D., 1983; **Introduction to operations research techniques**; Ed. Allyn and Bacon, Inc.; 2ª Edición; USA.
- Eppen, G. D., Gould, F. J., Schmidt, C. P., Moore, J. H. & Weatherford, L. R., 2000; **Investigación de operaciones en la ciencia administrativa**; Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.; México.
- Gillet, B. E., 1976; **Introduction to Operations Research. A computer – oriented algorithmic approach**; Ed. McGraw Hill, Inc.; USA.
- Greenwood, W. T., 1978; **Teoría de decisiones y sistemas de información. Introducción a la toma de decisiones administrativa**; Editorial Trillas, SA.; México.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Sturrock, D. T., 2008; **Simulación con software Arena**; Ed. McGraw Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.; México.
- Moskowitz, H. & Wright, G. P., 1979; **Investigación de operaciones**; Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.; México.
- Prawda, J., 1996; **Métodos y modelos de investigación de operaciones**; Editorial LIMUSA, S. A. de C. V.; México.
- Simon, Herbert A., 1979, **El Comportamiento Administrativo. Estudio de los Procesos de Adopción de Decisiones en la Organización Administrativa**; Ed. Aguilar, Economía de la empresa; Argentina.
- Taha, H. A., 1997; **Investigación de operaciones. Una introducción.**; Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.; México.
- Thierauf, F. J. & Grosse, R. A. , 1970; **Decision Making through Operations Research**; Ed. John Wiley & Sons, Inc.; USA.

# Las técnicas de simulación en el proceso de la capacitación del personal como parte de un sistema complejo

---

José Luis Zarazúa Vilchis\*

Elvia Espinosa Infante\*



## RESUMEN

El propósito de este trabajo es mostrar las técnicas de simulación en el proceso de capacitación de personal como parte de un sistema complejo y tratar de dar respuesta a dos preguntas: a) ¿Por qué la capacitación es parte de un sistema complejo?; y b) ¿las técnicas de simulación son una buena alternativa de entrenamiento?

Para dar respuesta a estas preguntas se plantea el objetivo de revisar el proceso de la administración de la capacitación desde un enfoque sistémico y el papel que juegan las diferentes técnicas de capacitación de personal. Inicia con la conceptualización de sistema y sistema complejo, después se ubica a la capacitación como parte de un sistema complejo, para posteriormente describir el proceso de la capacitación desde una perspectiva sistémica, finalmente se revisan los tipos de técnicas de capacitación diferenciando las técnicas de simulación en cuanto a la aplicación de los principios de aprendizaje.

## ABSTRACT

The propose of this work is show the simulation techniques at the training human resources process as a part of a complex system and try to answer two questions: a) Why training is part of a complex system? and, b) Are the simulation techniques of training a good choice?

To answer at these questions we put the next goal: review the management of the training process from a systemic approach and the role to play of the different training techniques on the human resources. The beginning is the conceptualization of system and complex system, and then we put the training as a part of a complex system, after that we depict the training process from a systemic approach, and finally we review the different types of training techniques differentiating the simulation techniques as regard the learning principles application.

---

**Palabras clave:** sistemas complejos, capacitación, técnicas de simulación.  
**Keywords:** complex systems, training, simulation techniques.

## Introducción

La capacitación es una actividad organizacional, una práctica continua y común en las organizaciones. Una herramienta de la administración que responde a exigencias externas provenientes del medio ambiente organizacional y que se vinculan directamente con diversos actores y áreas al interior de una organización. El hombre, al convivir en grupo e integrar comunidades, se ha percatado de la necesidad de enseñar y transmitir sus conocimientos a sus semejantes. Posteriormente al tener ocupaciones constantes (agricultura, caza, artesanía, etc.), comienza a ejecutar las actividades con cierto método y orden hasta convertirlas en “trabajo”, que, de acuerdo con Marx, “para modificar la naturaleza humana corriente y desarrollar la habilidad y la destreza del hombre para un trabajo determinado, desarrollando y especializando su fuerza de trabajo, se hace necesaria una determinada cultura o instrucción” (Marx;2009:125).

Con la llegada de la Revolución Industrial, se hizo necesario entrenar formalmente al trabajador para hacerlo más eficiente y productivo. La capacitación en el trabajo, de acuerdo con Mitnik y Coria, evoluciona en tres etapas diferentes: el aprendizaje en el puesto, los dispositivos de simulación del ámbito laboral y la formación “escolarizada”. En las artes se consolidaron tres categorías laborales: el maestro, los aprendices y los oficiales. (Mitnik y Coria;2006:148). Más tarde, con el desarrollo y perfeccionamiento tecnológico, se vio la necesidad de reemplazar el sistema de aprendices por uno capaz de satisfacer la mayor demanda de recursos humanos calificados. A partir de entonces la capacitación para el

trabajo adquiere un carácter más complejo (Reynoso; 2007:169).

Desde la época colonial se registraban actividades en esta materia. El método de instrucción para el trabajo consistía en que una persona experimentada en determinado oficio o actividad instruía a un aprendiz en dicha labor, con el objeto de impartirle conocimientos y desarrollarle habilidades (Hernández y Juárez;2005:108). Es precisamente con la Revolución Industrial y la emergencia del aula lo que marca la etapa siguiente en el proceso de transformación de la capacitación laboral. En 1800 se crearon las escuelas- fábricas en las que los trabajadores eran capacitados en aulas dentro de las fábricas, este tipo de capacitación presenta la ventaja de un entrenamiento que se realiza de manera muy similar a los que ocurrirá en el lugar de trabajo (Sleight,1993 en Mitnik y Coria;2006).

De esta forma de capacitar, surge lo que hoy en día se conoce como capacitación por simulación, “una técnica de formación que intenta copiar las características esenciales de las situaciones reales para que los aprendices las transfieran a su trabajo” (Milkovich y Boudreau; 1996:407).

El propósito de este trabajo es mostrar las técnicas de simulación en el proceso de capacitación de personal como parte de un sistema complejo y tratar de dar respuesta a dos preguntas: a) ¿Por qué la capacitación es parte de un sistema complejo?; y b) ¿las técnicas de simulación son una buena alternativa de entrenamiento?

Para dar respuesta a estas preguntas se plantea el objetivo de revisar el proceso de la administración de la capacitación desde un enfoque sistémico y el papel que

juegan las diferentes técnicas de capacitación de personal. Inicia con la conceptualización de sistema y sistema complejo, después se ubica a la capacitación como parte de un sistema complejo, para posteriormente describir el proceso de la capacitación desde una perspectiva sistémica, finalmente se revisan los tipos de técnicas de capacitación diferenciando las técnicas de simulación en cuanto a la aplicación de los principios de aprendizaje.

### De Sistema a Sistema Complejo

La comprensión sistémica de las organizaciones se produce en forma paralela con el desarrollo de la teoría de los sistemas. Para Rodríguez, las organizaciones parecen ser el ámbito más adecuado para aplicar los conceptos teóricos sistémicos y es así como pronto se busca utilizar en ellas los nuevos conceptos provenientes de esta teoría general con pretensiones globalizadoras (Rodríguez;1996:53). Un sistema se define como “una forma repetitiva de llevar a cabo una actividad o conjunto de actividades. Los sistemas se caracterizan por una serie de fases más o menos rítmicas, coordinadas y recurrentes que tratan de cumplir un propósito específico” (Anthony y Govindarajan;2003:5), o bien sistema es “un todo organizado y unitario, compuesto de dos o más partes

interdependientes, componentes o subsistemas y delineado por límites identificables que los separan de su suprasistema ambiental” (Kast y Rosenzweig;1988:16). Así, una persona, un grupo, un departamento dentro de la organización, una empresa, una comunidad, un país, son sistemas, pues se componen de órganos o partes que deben funcionar coordinada e íntegramente (De Faria;2004:11). Un diagrama comúnmente utilizado es el de ambiente organizacional en el que representan los tipos de subsistemas que interactúan en una organización, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1  
Subsistemas organizacionales



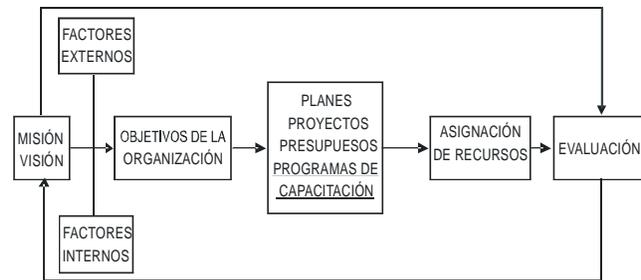
Fuente: Kingdon en DeFaria:2004:16

De acuerdo con la figura 1, en una organización, la capacitación es una actividad que está interconectada con los subsistemas organizacionales, la falta de ésta puede afectar al subsistema técnico, por lo que el subsistema administrativo debe diseñar programas de capacitación en distintos niveles del subsistema estructural, pero que los individuos (subsistema psicosocial) son los que van a intervenir en el proceso de enseñanza aprendizaje, procurando influir en el subsistema de metas y valores.

El estudio sistémico en su desarrollo más reciente, afirma Germán De la Reza, se orienta en un sentido metodológico y trabaja en la frontera del conocimiento de los sistemas complejos, tanto sociales como biológicos (De la Reza;2010:8). Para este autor, un sistema complejo “designa a toda agrupación compuesta por numerosas partes interconectadas entre sí y cuyos vínculos contienen información adicional y oculta al observador” (De la Reza;2010:7).

La capacitación es actividad que se genera a partir de los cambios provocados por los factores externos y que inciden directamente en los factores internos de la organización, lo que obliga a la organización a planear y programar cursos de capacitación para preparar a sus trabajadores y poder adaptarse lo más rápido posible a los cambios sin perder de vista los objetivos, la misión y la visión de la organización. Esto sería una tarea sencilla si se partiera del supuesto que las organizaciones siempre cuentan con presupuesto destinado a este tipo de contingencias, pero la realidad es que la asignación de recursos para esta materia resulta a veces difícil, una vez realizada, es necesario evaluar si la capacitación ha logrado su propósito (ver figura 2).

**Figura 2**  
Enfoque sistémico de la capacitación



Fuente: adaptado de Davis, Fred (1998). Conceptos de administración estratégica. Prentice Hall, México.

## Algunos factores externos que inciden en la capacitación en México

En México, la capacitación es una actividad que, dentro del ámbito laboral, es un derecho del que goza todo trabajador que presta sus servicios a un patrón, tal como lo establece el Artículo 153-A de la Ley Federal del Trabajo (LFT), misma que emana del Apartado A del Artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que la capacitación es considerada también como una obligación del patrón. Por otra parte, el artículo 40 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), establece que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), tiene, entre otras funciones: vigilar la observancia y aplicación de las disposiciones relativas al Artículo 123 y demás de la Constitución Federal, en la Ley Federal del Trabajo y en sus reglamentos. Esto es, la capacitación está presente en la Carta Magna (Constitución) de la que emanan todas las leyes y códigos de México, que además de ser un derecho

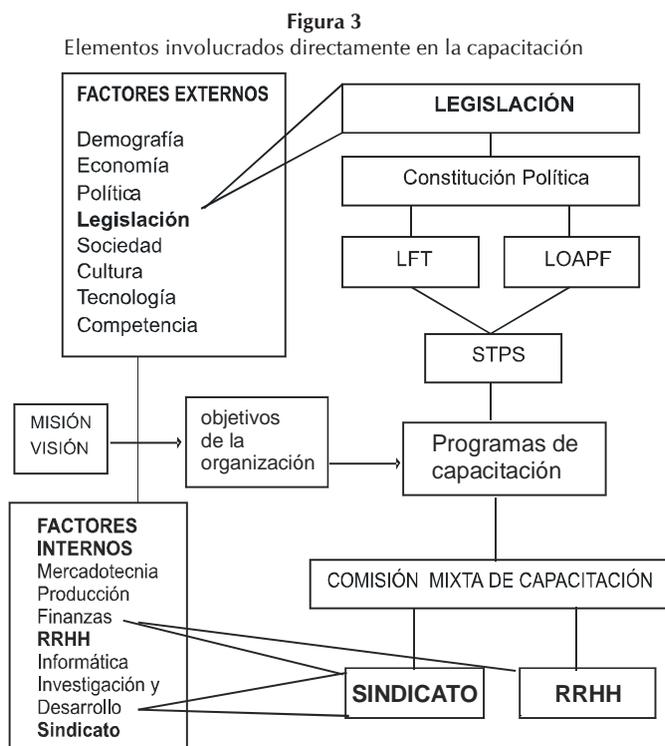
del trabajador y una obligación del patrón, es supervisada por una instancia gubernamental (STPS) y llevada a cabo por instancias internas en las organizaciones que pueden ser éstas, el departamento de recursos humanos (RRHH), la Comisión Mixta de Capacitación o ambos (ver figura 3).

puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras. El PND considera a la persona, sus derechos y la ampliación de sus capacidades como la columna vertebral para la toma de decisiones y la definición de las políticas públicas". Para lograr lo anterior, el Gobierno, a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y los sectores productivos suscriben el Acuerdo Nacional para la Productividad 2009 (ANP), que entre sus consideraciones está: que los trabajadores, los sindicatos y los patrones están de acuerdo en que la capacitación de los trabajadores, es una inversión y no una carga, que aunada a las condiciones de seguridad y previsión social, entre otros elementos, fortalece el trabajo decente e incrementa la productividad, es decir, forma parte de acuerdos de carácter político.

Como se puede observar, la capacitación es una prioridad para el Gobierno como un medio para lograr el ANP y alcanzar los objetivos del PND. Esto es, con el apoyo de la STPS se apoya a los diversos sectores en materia de capacitación. Además, la capacitación está inserta en la normativa ISO9000:2008, lo que quiere decir que las empresas que deseen ser certificadas por la *International Standar Organization (ISO)*, tendrán que atender las cláusulas de capacitación y efectividad para demostrar competencia.

Estos factores externos influyen directamente en las áreas funcionales de la organización y el personal que las integra se ve en la necesidad de adaptarse a los cambios generados en ese ambiente. Por lo que los responsables de la capacitación están obligados a diseñar programas de capacitación y así cumplir con la normatividad establecida para evitar sanciones de la autoridad (STPS).

86



Fuente: elaboración propia.

La capacitación también está presente en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007- 2012 en la forma siguiente; “el Desarrollo Humano Sustentable es uno de los principios rectores del Plan, asume que el propósito del Desarrollo consiste en crear una atmósfera en que todos

La capacitación de personal ha ido evolucionando hasta convertirse en una actividad obligada y exigida en las organizaciones ya sean públicas o privadas; como técnica administrativa, es un proceso que debe proporcionar conocimientos y habilidades a las personas antes y durante el ejercicio de su labor.

Para algunos autores, la capacitación es un elemento clave en el desarrollo profesional y laboral de las personas (Siliceo:2003) (Rodríguez y Ramírez;2000), solo que, a pesar de que es una actividad reglamentada y obligatoria para las empresas, no genera los mismos resultados en estas. La administración de recursos humanos y en particular la capacitación, se llevan a cabo de manera diferente en el ámbito público y en el ámbito privado, lo cual es perfectamente aceptable partiendo del hecho de que las organizaciones son diferentes, sin embargo, muchas veces se pretende aplicar en empresas públicas, esquemas de capacitación generados en la iniciativa privada; en otras, la administración de la capacitación está a cargo de comisiones mixtas de capacitación que son órganos integrados por igual número de representantes del trabajador y del patrón defendiendo cada uno sus propios intereses, lo que significa que existen visiones a veces opuestas de los resultados que tiene que brindar la capacitación.

## **Algunas cifras de la capacitación en México**

Ahora bien, durante el tiempo en que un trabajador de nuevo ingreso requiera capacitación inicial para el empleo que va a desempeñar, prestará sus servicios conforme a las condiciones generales de trabajo que rijan en la empresa o

a lo estipulado en los contratos colectivos, y de acuerdo con el Artículo 25 de la LFT, las condiciones de trabajo deben hacerse constar por escrito, e indica en su fracción VIII que “el trabajador será capacitado o adiestrado en los términos de los planes y programas establecidos o que se establezcan en la empresa, conforme a lo dispuesto en la ley, que generalmente se programan año con año”. Y para aquellos patrones que no pueden proporcionar capacitación a sus trabajadores, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social tiene, entre muchas de sus funciones, coordinar planes y programas de capacitación para apoyar a los empresarios, por lo que cada año se capacitan miles de trabajadores en cientos de empresas. Por dar tan solo un ejemplo, de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 se fijó el objetivo de “incrementar la calidad de vida de los mexicanos mediante la implantación de estrategias que aseguraran la satisfacción de sus necesidades básicas, redujeran la desigualdad extrema, la inequidad y desarrollaran su capacidad de iniciativa”(STPS;2007). Para lograr dicho objetivo se estableció “el desarrollo de una cultura que promoviera el trabajo como un medio para la plena realización de las personas y para elevar el nivel de vida de sus familias”. Para ello se puso en marcha el Programa de Formación en Desarrollo Humano que “mediante la impartición de cursos-taller promovió un cambio cultural en el sentido de humanizar las relaciones laborales fortaleciendo el reconocimiento de la dignidad de la persona, del trabajo como un medio para transformar la realidad y de las organizaciones como comunidades de desarrollo compartido. Así mismo desarrolló y puso en marcha el Programa de Apoyo a la Capacitación (PAC)”. El cual “en 2006 apoyó la realización de 30,428 cursos a

los que asistieron 265,041 trabajadores de 36,919 empresas atendidas, con un presupuesto ejercido de 125.4 millones de pesos. Para 2007 el PAC contó con un presupuesto autorizado de 199,413,971 pesos de los cuales 126,317,000 fueron para servicios de capacitación, teniendo una reducción a 118,170,351 pesos” (STPS;2008).

Desafortunadamente, la capacitación se traduce en un concentrado de cifras que indican número de cursos, número de personal capacitado y, desde luego costos, pero pocas veces se califica el aprendizaje del trabajador reflejado en su desempeño real, dichos números indican resultados inmediatos a los programas y no posteriores a la evaluación del desempeño de los trabajadores, incluso con esas cifras podríamos cuestionarnos si México invierte tanto en capacitación, porqué no es un país competitivo, como ejemplo podemos citar el índice de competitividad y crecimiento 2004-2005, donde nuestro país ocupó el lugar 48 (perdiendo una posición siendo que en 2003 ocupó la posición 47) segundo país latinoamericano en la lista después de Chile (avanzando de la posición 28 en 2003 a la 22 en 2004). La mejor posición que ha ocupado México fue en 2001 cuando estuvo en el lugar 42 y de acuerdo al último reporte 2009-2010 del Foro Económico Mundial México ocupa el lugar número 63.

## Conceptos de capacitación

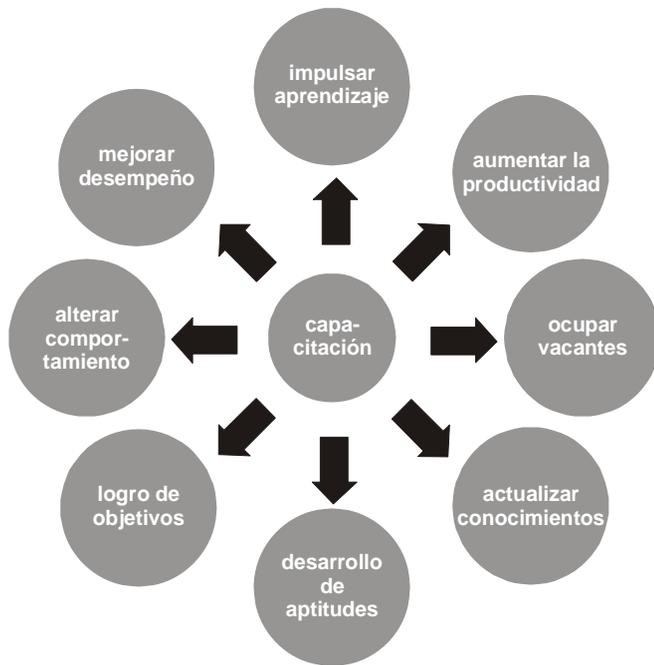
Para precisar los resultados que se deben esperar de la capacitación es importante revisar algunos conceptos provenientes de la teoría de administración de recursos humanos: el término *capacitación* se utiliza con frecuencia de manera casual para referirse a la generalidad de los

esfuerzos iniciados por la organización para *impulsar el aprendizaje de sus miembros* (Sherman, et al;1999:170), para Werther y Davis (2000:241) la capacitación auxilia a los miembros de la organización a *desempeñar su trabajo actual*, por su parte Ivancevich (2004:614) ya la define como *un proceso sistemático de alterar el comportamiento de los empleados en una dirección tal que se consigan las metas de la organización*. En ese mismo tenor Guzmán Valdivia (en Siliceo: 2003:5), dice que existe una capacitación *para hacer* que se refiere al *desarrollo de las aptitudes y habilidades* para poder actuar sobre las cosas. Pero existe otra capacitación, la capacitación *para llegar a ser*. Esta se proyecta hacia el *desarrollo del hombre*, es decir, hacia el perfeccionamiento de la personalidad. Y debe mencionarse una tercera, la capacitación *para hacer y llegar a ser*, simultáneamente. Se refiere al obrar humano en la convivencia de la empresa.

En cuanto a la definición legal, el artículo 153-A, de la Ley Federal del Trabajo, afirma que la capacitación y adiestramiento deberán tener por objeto: I. actualizar y perfeccionar los conocimientos y habilidades del trabajador en su actividad; así como proporcionarle información sobre aplicación de nueva tecnología en ella; II. Preparar al trabajador para ocupar una vacante o puesto de nueva creación; III. Prevenir riesgos de trabajo; IV. Incrementar la productividad, y V. en general, mejorar las aptitudes del trabajador.

De lo anterior podemos asegurar que la capacitación forma parte integral de un sistema complejo al depender de diversos factores externos a una organización y estar directamente relacionada con diversos resultados que se esperan de esta, como se observa en la figura 4.

**Figura 4.**  
Resultados que se esperan con la capacitación



Fuente: elaboración propia

## El proceso de capacitación desde un enfoque de sistemas complejos

Como se ha podido apreciar en este trabajo, el proceso de capacitación debe iniciar con la *detección de necesidades de capacitación*, que se determinan, en primera instancia, con base en los factores externos e internos de la organización, que la mayoría de los autores define como análisis organizacional o análisis situacional. Siguiendo el modelo de David (Figura 2), el primer paso para la capacitación es realizar las evaluaciones de los factores internos y externos para determinar la posición de la

empresa. Con este análisis de la situación de la empresa se puede determinar si los problemas encontrados se pueden solucionar con programas de capacitación

El análisis de la situación de la organización es un estudio mediante el cual se explora el ambiente externo e interno de la organización para ubicar las oportunidades y amenazas a las que se enfrenta, e identificar las fortalezas y debilidades que posee, para que, de esta manera, se puedan establecer las estrategias de capacitación orientadas a resolver los problemas, carencias o limitaciones del personal y establecer las alternativas de solución. Por lo tanto, el análisis situacional, consiste en la observación del entorno, la revisión de las estrategias y de las áreas funcionales de la organización para definir a quiénes y en qué habrá de capacitarse, con tal de lograr los objetivos de la organización y así conservar la misión de la organización (Zarazúa;2000:94).

Posteriormente, se analizan los puestos a capacitar, esta actividad incluye revisar la descripción y especificación de puestos contenidas en el Manual de Puestos. Finalmente se lleva a cabo la evaluación de la situación real que implica analizar lo que se hace actualmente en la organización, esto es, se va a observar a cada trabajador en su puesto.

Una vez definidas la situación ideal (manual) y la situación real (forma cotidiana en que se hace el trabajo) de cada puesto, se procede a comparar ambas situaciones, de tal manera que todas las discrepancias (entre lo ideal y real) que se presenten se consideran como necesidades de capacitación, por lo que se procede a determinar los conocimientos y habilidades que requieren los empleados para lograr los objetivos del puesto y del área, por lo que se inicia una revisión de quiénes deben capacitarse. Esto

es, si un trabajador no realiza adecuadamente sus funciones o actividades en su puesto, o no cuenta con los conocimientos, habilidades y aptitudes que se requiere, se debe precisar en forma cuantificable en qué medida no se cumple con dichos requerimientos. Las técnicas e instrumentos que se elijan para evaluar el desempeño del trabajador deben ser los adecuados para obtener la información conveniente para diseñar las estrategias a seguir en la capacitación. La evaluación del desempeño es la herramienta más comúnmente usada para examinar si los individuos cumplen con las características necesarias para lograr los objetivos individuales y de la organización, y así revelar las necesidades de capacitación. Es a través de la evaluación del desempeño que se identifican las diferencias entre comportamientos ideales y reales.

Con base en la información obtenida se establece de manera formal los resultados que se desean alcanzar con la capacitación, a través del *establecimiento de objetivos*. Según Milkovich y Boudreau (1997: 393), los objetivos deben cumplir con las siguientes normas: 1) deben reflejar la información que corregirá las decisiones futuras; 2) deben corregir las decisiones importantes, y 3) el costo de recopilar la información no debe exceder su beneficio. Los objetivos correctos son medibles, específicos, establecen límites y reflejan resultados importantes para los elementos clave. Una vez que se precisa qué se quiere alcanzar con la capacitación, se inicia con el diseño del programa de capacitación.

Los objetivos en un programa de capacitación describen las habilidades o los conocimientos por adquirir, las actitudes que se deben modificar o ambos. Son también la descripción de conductas que deben demostrar los

participantes al término de su instrucción. "En su redacción deben especificar las destrezas, actitudes, aptitudes, habilidades y conocimientos medibles y observables que deberán adquirir" (Sherman, et al. 1999;356).

Los objetivos claros ayudan a determinar la amplitud del contenido, el establecimiento de tiempos, la selección del material didáctico, la elección de técnicas de instrucción, así como el tipo de evaluación para esa actividad. En la medida que los objetivos de capacitación se relacionen con las necesidades individuales de los participantes, aumentará su interés por lograr los objetivos y tendrá éxito el programa de capacitación.

### **Técnicas comúnmente empleadas en los programas de capacitación.**

Se debe elegir de entre varios métodos o técnicas el más apropiado para la adquisición de conocimientos, habilidades y aptitudes que se deben aprender. Para Werther y Davis (2000:256), el mejor método depende de: la efectividad respecto al costo; el contenido deseado del programa; la idoneidad de las instalaciones con que se cuenta; las preferencias y capacidad de las personas que recibirán el curso; las preferencias y capacidad del instructor; y, los principios de aprendizaje a emplear.

Los diversos métodos de capacitación se pueden dividir en dos grupos primarios: los que se utilizan para empleados no ejecutivos y los que se utilizan para ejecutivos. Y a su vez se pueden dividir en los que se aplican en el área de trabajo y los que se aplican fuera del área de trabajo. Los métodos más utilizados en el sitio de trabajo, según Werther y Davis son los siguientes: *Relación experto*

*aprendiz*: se da entre un trabajador de nuevo ingreso que está aprendiendo por primera vez sus tareas, esta técnica se puede confundir con la *Instrucción directa en el puesto*, la cual se emplea durante las horas de trabajo y se utiliza básicamente para enseñar a los obreros y empleados a desempeñar su puesto actual, que a diferencia de la anterior, el instructor conoce las tareas, aunque no sea precisamente un experto. La *Rotación de puestos* se realiza con el fin de proporcionar a los trabajadores experiencia en varios puestos, además de brindar variedad a la labor diaria durante el aprendizaje, ayuda a la organización a suplir vacantes en periodos de vacaciones, ausencias, renuncias, etc. (Werther y Davis; 2000:251-252).

Otros tipos de técnicas son las que se emplean fuera del sitio de trabajo, las más empleadas según Sherman, Bohlander y Snell, son las siguientes: *Capacitación combinada*, en la que se considera tanto la experiencia práctica en el puesto como las clases formales, se puede relacionar con programas escolarizados como los de bachillerato o universidad. La *instrucción escolarizada*, permite que un mínimo de instructores maneje un número elevado de participantes y es adecuado en aquellas áreas en donde la información puede ser presentada por medio de conferencias, demostraciones, películas, videos o mediante instrucción por computadora incluyendo instrucción por internet (Sherman et al; 1999: 184-185).

*Métodos de simulación*. En este caso se utilizan instalaciones que simulan las condiciones reales de operación. Para ello se debe preparar áreas especiales, acondicionadas con equipo similar al que se utiliza en el área de trabajo, con la finalidad de que los participantes “transfieran” sus conocimientos a situaciones reales

(Werther y Davis; 2000: 254). Las ventajas de la formación con base en la simulación son el potencial para un alto grado de transferencia a la situación del trabajo, una alta implicación del participante, el proporcionar retroalimentación específica y ayudar a los aprendices a tratar con datos incompletos y con niveles realistas de complejidad. Sin embargo, hay pocas pruebas que indiquen que este potencial realmente se actualiza. Las simulaciones pueden ser costosas, son muy laboriosas y deben construirse con mucha cautela para lograr el realismo necesario para una adecuada transferencia al puesto de trabajo (Milkovich y Boudreau;1997:408), la ventaja principal que presenta este tipo de técnica es que “subraya el realismo del equipo y su operación a un costo mínimo y con un máximo de seguridad” (Sherman et al.1999:188). La simulación permite instruir, adiestrar o capacitar al trabajador sin interferir en las actividades laborales en una organización, incluso, existen empresas con sitios acondicionados con instalaciones que “simulan” el lugar real de trabajo. Otras variantes de los métodos de simulación son, por ejemplo, la *actuación o sociodrama* que obliga al aprendiz a desempeñar diversas identidades. Esta técnica consiste en asumir las actitudes y comportamientos de otras personas, muchas veces un supervisor y un subordinado, que participan en un problema específico (Werther y Davis; 2000: 254). Puede confundirse con el *modelo de comportamiento*, ésta técnica incluye, introducir las habilidades de aprender, observando un ejemplo de un comportamiento exitoso que se haya relacionado con los puntos aprendidos, el análisis en grupo de la efectividad de los comportamientos, la práctica del comportamiento frente de otros y la retroalimentación acerca de la

efectividad de los comportamientos (Sherman et al; 1999: 193).

Otro tipo de simulación es el *estudio de casos*, en el que se da “una descripción por escrito de una situación real de toma de decisiones en la organización o una situación que haya ocurrido en otra empresa” (Ivancevich;2005:417) y se pide solucionar el caso. Se puede llevar a cabo dentro de un aula utilizando la documentación pertinente que permita analizar y sintetizar los hechos para tomar la decisión más acertada. Dicha técnica va de la mano con la llamada *juego de negocios*, en el que los participantes toman decisiones con respecto a las variables de una empresa y compiten a menudo con otros individuos o equipos (Sherman et al; 1999: 192).

El propósito principal de la capacitación es que el trabajador aprenda, por lo que en cada una de las técnicas revisadas se presentan algunos o todos los principios de aprendizaje que se mencionan a continuación.

## Principios de aprendizaje

Un programa de capacitación debe ser el vínculo entre las personas y los objetivos de la organización. Para que esto se pueda dar, es necesario que la instrucción sea lo más apropiada para el tipo de gente que será capacitada, esto es, un programa de capacitación debe apoyarse en una serie de características que faciliten el aprendizaje, tales características son conocidas como principios pedagógicos o de aprendizaje (ver cuadro 1). De tal manera que mientras más se utilicen estos principios en la capacitación, más efectivos serán sus resultados. Tales principios pueden resumirse de la siguiente manera: participación

(involucrarse directamente en lo que se pretende aprender); repetición (hacer la tarea cuantas veces sea necesario hasta dominarla) relevancia (lo que se pretende aprender debe representar importancia para el aprendiz); transferencia (se deben emplear el equipo y herramienta iguales a los empleados en el sitio de trabajo); y, retroalimentación que se refiere a hacer del conocimiento del aprendiz su grado de avance (Werther y Davis 2000:249-250).

**Cuadro 1.**  
Principios de aprendizaje y técnicas de capacitación

	Participación	Repetición	Relevancia	Transferencia	Retro-alimentación
<b>Técnicas aplicadas en el sitio de trabajo</b>					
Instrucción directa sobre el puesto	S	S	S	S	Ocasional
Relación de papeles	S	Ocasional	S	Ocasional	N
Relación experto aprendiz	S	Ocasional	S	Ocasional	Ocasional
<b>Técnicas aplicadas fuera del sitio de trabajo</b>					
Conferencias	N	N	N	Ocasional	N
Videos, películas, etc.	N	N	N	S	N
Simulación de condiciones reales	S	S	Ocasional	S	Ocasional
Actuación (sociodramas)	S	Ocasional	Ocasional	N	Ocasional
Estudios de caso	S	Ocasional	Ocasional	Ocasional	Ocasional
Lecturas, estudios individuales	S	S	Ocasional	Ocasional	N
Exposición programada	S	S	N	S	S
Capacitación en laboratorios de sensibilización	S	S	Ocasional	N	S

Fuente: Werther y Davis (2000). Administración de Recursos Humanos y Personal, McGrawHill, México. p. 251.

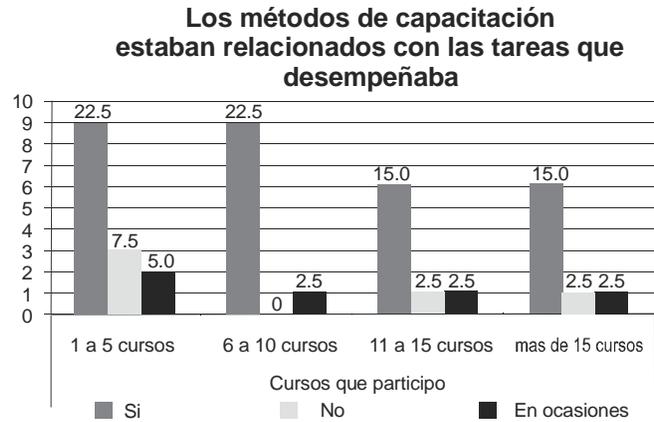
Como se aprecia en el Cuadro 1, las técnicas de simulación, de acuerdo con los autores citados, son en las que se presentan la mayoría de los principios de aprendizaje. Cuando una organización tiene la infraestructura para capacitar por la vía de la simulación, los trabajadores tienen una mayor posibilidad de mejorar sus habilidades e incrementar sus conocimientos.

## Evidencia empírica

En una encuesta realizada a ex trabajadores de la extinta Luz y Fuerza del Centro (LyFC), acerca de los programas de capacitación y técnicas empleadas en los mismos, se pudo constatar que los métodos de simulación empleados en trabajadores de áreas productivas eran los que tenían una mayor efectividad en cuanto a utilidad en el campo laboral. Antes de la extinción de la empresa decretada por el gobierno federal el 11 de octubre de 2009, LyFC contaba con escuelas o centros de capacitación acondicionadas con simuladores para ciertas actividades. En la gráfica 1 se muestra la respuesta de 40 encuestados en relación a la pregunta de si los métodos de capacitación empleados en esos cursos estaban relacionados con las tareas desempeñadas

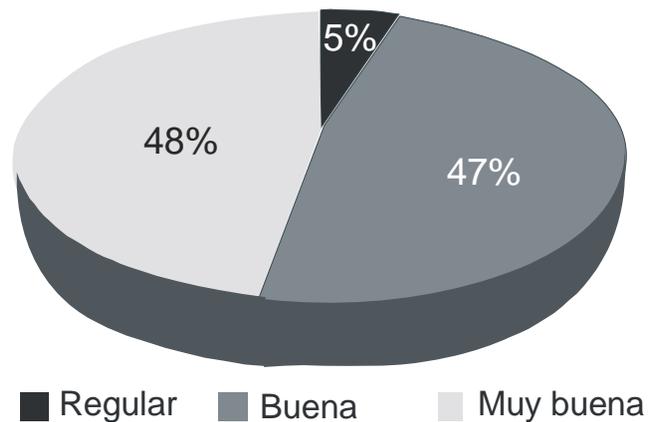
Por la naturaleza de algunas áreas, sobre todo productivas, no podían impartirse otro tipo de cursos en los que no se emplearan técnicas de simulación, y para constatar la utilidad de dichos cursos, se presenta la gráfica 2, que muestra la respuesta a la pregunta relacionada con la utilidad del curso en su lugar de trabajo

**Gráfica 1.**  
Relación de los métodos de capacitación con las tareas realizadas



**Fuente:** Encuesta realizada a ex trabajadores de LyFC ubicados en el Zócalo de la Ciudad de México, Febrero de 2010.

**Gráfica 2.**  
Utilidad del curso



**Fuente:** Encuesta realizada a ex trabajadores de LyFC ubicados en el Zócalo de la Ciudad de México, Febrero de 2010.

En cuanto a la utilidad del curso el 48% respondió que fue muy buena, el 47% buena y solo el 5% respondieron que regular, esto indica, que los encuestados vieron positivamente la utilidad de este tipo de técnicas de capacitación que fue impartida por la empresa.

## A manera de conclusión

De acuerdo a las definiciones revisadas al inicio del trabajo y la evidencia empírica obtenida en una encuesta realizada a ex trabajadores de Luz y Fuerza del Centro, la capacitación de personal es una actividad relacionada con todas las áreas de la empresa -influenciada por factores externos-, exigida por la Ley Federal del Trabajo a realizarse periódicamente. Al interior de la organización se pretende que alcance diversos resultados y de esta manera retroalimente al ambiente externo organizacional a través de sus resultados, es decir, está delineada por límites identificables y tanto sus partes como el todo tienen un propósito, por lo que podemos afirmar que forma parte de un sistema complejo.

Podemos definir la capacitación como el desarrollo de aptitudes y habilidades impulsando el aprendizaje de los miembros de una organización ayudándolos a desempeñar adecuadamente su trabajo actual y mejorar su

comportamiento en favor de la empresa apoyándose de ciertos principios de aprendizaje, que en la medida que son empleados el mayor número de estos principios, el aprendizaje será más efectivo.

El propósito de la capacitación es proporcionar conocimientos y habilidades mediante un proceso de aprendizaje. Todas las técnicas revisadas garantizan la utilización de al menos uno de los principios de aprendizaje, y de acuerdo a la revisión de tales principios podemos afirmar que las técnicas de simulación ofrecen la ventaja al trabajador, de emplear los cinco principios de aprendizaje en un lugar separado del sitio real de trabajo pero con las máquinas y herramientas verdaderas, por lo que su comportamiento no se ve influenciado por las presiones del ambiente laboral y de acuerdo con la evidencia empírica mostrada, este tipo de técnicas de capacitación están vinculadas directamente con las labores en el puesto de trabajo y presentan una elevada utilidad.

La capacitación en las empresas inició como un entrenamiento dentro del lugar de trabajo bajo condiciones normales, pero con el apoyo de técnicas pedagógicas y didácticas se ha logrado que el trabajador aplique los principios de aprendizaje transformando así a este tipo de técnica en una de las más recomendadas para una capacitación como parte integral de un sistema complejo.

## Bibliografía

• Anthony, Robert y Vijay Govindarajan (2003). *Sistemas de gestión y control*. McGraw-Hill, México.

• David, Fred (1998). *Conceptos de administración estratégica*. Prentice Hall, México.

• De la Reza, Germán (2010). *Sistemas complejos. Perspectivas de una teoría general*. Anthropos-UAM, México.

• Hernández y Juárez (2008). *Derecho laboral*. CECSA, México.

• Ivancevich, John (2004). *Administración de recursos humanos*. McGraw-Hill, México.

• Kast y Rosenzweig (1988). *Administración de las organizaciones. Un enfoque de sistemas y contingencias*. McGraw-Hill, México.

• Marx, Karl (2009). *El capital I*, FCE, México.

• Milkovich y Boudreau (1996). *Dirección estratégica de recursos humanos*. McGraw-Hill, México.

• Rodríguez Mauro y Patricia Ramírez (1997). *Administración de la capacitación*, McGraw-Hill, México.

• Rodríguez, Darío (1996). *Gestión organizacional. Elementos para su estudio*. Plaza y Valdés, México

• Sherman, et al. (1999). *Administración de recursos humanos*. Thompson, México.

• Siliceo, Alfonso (2003). *Capacitación de personal*. Limusa, México

• Werther y Davis (2000). *Administración de personal y de recursos humanos*. McGraw-Hill, México.

## Publicaciones periódicas

• Zarazúa, José (2000). *El proceso de capacitación desde un enfoque estratégico* en *Gestión y estrategia*, julio-diciembre, UAM Azcapotzalco, México.

## Otras fuentes

• Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2007). Sista. México.

• Ley Federal del Trabajo (2007) Porrúa, México.

• Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (2007). Porrúa, México.

• Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

• Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006

• Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2007). *Libro Blanco. Capacita*. Dirección General de Capacitación, México, p. 15

- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2008). Libro Blanco. Informe final de la evaluación de consistencia y resultados del programa de apoyo a la capacitación (PAC). UAM Xochimilco
- Acuerdo Nacional para la Productividad en [www.stps.gob.mx](http://www.stps.gob.mx)
- Normativa ISO 9000:2008 en [www.bultek.com](http://www.bultek.com)
- Losey, Michael (1998). History of human resource management. HR Magazine, March 15, Business Services Industry en:<http://findarticles.com>
- Reynoso, Carlos (2007). Notas sobre capacitación en México. Biblioteca jurídica virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas. UNAM. en [www.juridicas.unam.mx](http://www.juridicas.unam.mx)
- Mitnik, Félix y Adela Coria (2006). Una perspectiva histórica de la capacitación laboral. cap. 6 del libro: Perspectivas y programas de capacitación para pequeñas empresas. Un análisis multidisciplinar desde la teoría y la experiencia. Montevideo: CINTEFOR/OIT consultado en: [www.oitcintefor.org/public/spanish](http://www.oitcintefor.org/public/spanish)
- Encuesta realizada a ex trabajadores de la extinta Luz y Fuerza del Centro, realizada en la plancha del Zócalo Capitalino el mes de febrero de 2010.
- The competitiveness report 2009-2010. Foro económico mundial
- Foro Económico Mundial (2005); Estudio "Productividad en Chile: determinantes y desempeño. Vergara, Rodrigo. Estudios Públicos, Universidad Católica de Chile,. pp. 30

# Evaluación de políticas de reemplazo en granjas de explotación porcina de gran escala usando simulación

---

Marco A. Montufar Benítez\* +<sup>1</sup>  
Marco A. Serrato García\*  
Luis M. Plá Aragonés\*\*  
Diego Braña Varela\*\*\*



## RESUMEN

En este trabajo se presenta una aplicación de la simulación de eventos discretos (SED) usando ARENA™ en la administración de granjas reproductoras de gran escala. El objetivo principal del modelo de simulación es encontrar una política de remplazo que garantice el mejor desempeño económico de la granja. La única variante analizada en la política de remplazo fue el número de ciclos que se establece como permanencia para una cerda dentro del hato. Los ingresos considerados se producen por la venta de lechones y cerdas improproductivas, los costos son debidos a la alimentación de animales, compra de cerdas de remplazo, y a los gastos de operación de la granja. La naturaleza estocástica y la interdependencia entre varios elementos del sistema hacen idónea la aplicación de la técnica SED. El proceso productivo en estas granjas se dividió para su análisis en cuatro estados principales llamados: apareamiento, gestación, lactación y receso. El paso de las cerdas por cada uno de dichos estados fue modelado por probabilidades de transición no estacionarias (dependientes del ciclo). Las corridas de simulación se ejecutaron con datos de entrada recopilados en granjas españolas, además, el modelo fue validado y verificado con expertos del área de ciencia animal. Considerando la variable de respuesta *valor presente neto* (VPN), entre las políticas analizadas, la de mantener a las cerdas seis ciclos resultó la mejor. La flexibilidad del modelo para ser ajustado a distintas situaciones y su capacidad gráfica para visualizar los resultados son muy prometedoras en el proceso de gestión y de toma de decisiones en estos sistemas.

---

<sup>1</sup> marco.montufar@itesm.mx

\* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Toluca, Estado de México, C.P. 50110, México

+ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Estado de Hidalgo, C.P. 42184, México

\*\* Departamento de Matemáticas, Universidad de Lleida, 73, Jaume II, 25001, España

\*\*\* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Querétaro, C.P. 76280, México

## ABSTRACT

Through this research project, a discrete-event simulation (DES) on ARENA™ is performed. Such simulation is made on a large sow farm. The main objective of this research initiative is to identify the replacement policy that guarantees the best possible economic scenario for the farm under analysis. The main decision variable is the number of cycles allowed for the sows to remain within the herd. The incomes produced by this system correspond to the piglets and culled sows sales, while the outcomes correspond to the costs incurred by feeding the animals, acquisition of gilts and the operating costs incurred in the farm. The stochastic nature and interdependence between several factors in this system, position DES as an adequate tool for such analysis. The process was modeled through four stages, and the sow's movement between them is modeled through nonstationary transition probabilities, which are dependent on the cycle considered. The simulation was run by using data from Spanish farms, and the output data was evaluated through a Net Present Value (NPV) analysis. The results shown that considering six cycles is the best alternative in the farm management.

---

**Palabras clave:** Simulación, software ARENA™, administración de granjas, cerdas de reemplazo

**Keywords:** Simulation, ARENA™, Farm management, Sows replacement

## Introducción

La administración de una granja tecnificada multiplicadora de animales, es parte fundamental para el éxito de la cadena de abastecimiento de productos cárnicos. Las prácticas operativas llevan al éxito o fracaso a este sistema (Chavas et al, 1985). Una pregunta fundamental en dicha administración es, ¿qué secuencia de acciones producen el máximo desempeño del sistema de acuerdo a una cierta medida? (Glen, 1987) muestra algunos modelos matemáticos representativos de la dinámica de rebaños así como de su comportamiento reproductivo. (Huirne et al, 1993) muestra distintos modelos que se han usado en la producción lechera, pero no así en la producción de cerdos. [Plá, 2007] menciona que la programación lineal se ha utilizado con mayor frecuencia en la administración de rebaños vacunos, pero no es el caso en rebaños porcinos. La simulación (Singh, 1986) y modelos de cadenas semi-Markovianas (Plá, 2004) se han usado para planificar las instalaciones de alojamiento de cerdos, pero sin incluir consideraciones económicas. (Kristensen et al, 2004) propusieron un modelo markoviano de optimización del reemplazo basado en una formulación jerárquica útil para la solución exacta de modelos de gran tamaño. Por último, (Plá, 2009) plantea una formulación de programación lineal para un modelo semi-Markoviano que trata de resolver el problema de la planificación de instalaciones, donde el reemplazo de cerdas se hace bajo una política instantánea. En la actualidad existe dos políticas de reemplazo de cerdas comúnmente usadas, una consiste en reemplazar a la cerda improductiva de manera inmediata ya sea comprando la de reemplazo o incorporándola desde una camada criada en la misma granja y adecuada para tal propósito, el

principal inconveniente de esta política es que las operaciones en la granja se tornan diversas en un mismo periodo de tiempo. La segunda política de reemplazo consisten en hacer un reemplazo por “bandas” o lotes ya que las operaciones en la granja se vuelven más homogéneas en el tiempo. Cualquier cambio en la política de reemplazo impactará en el potencial productivo de la manada y en su comportamiento poblacional, por lo que interesará evaluar la robustez de las soluciones antes de implantarlas en la realidad a través de medidas que permitan considerar políticas suficientemente buenas, aunque no óptimas.

## Desarrollo: Formulación del problema y conceptualización del modelo

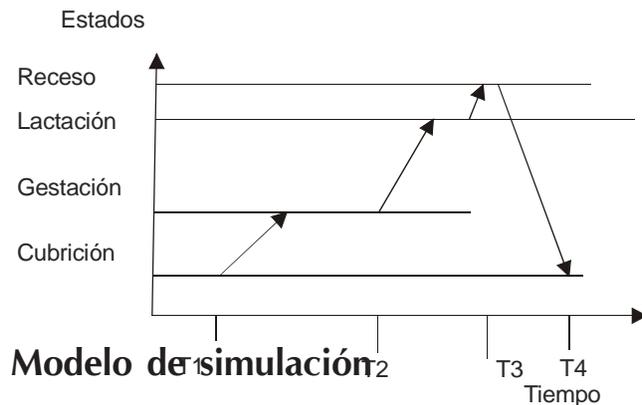
La toma de decisiones en la planeación de sistemas pecuarios de producción en México no ha sido ampliamente soportada por métodos cuantitativos dinámicos y estocásticos hasta la fecha (Braña, 2010). La descripción de la dinámica de la granja por medio de un modelo de simulación fue la manera seleccionada en este trabajo para entender el sistema que nos interesa, ya que este tipo de modelación tiene la característica de ayudarnos a representar relaciones complejas entre los elementos del sistema, además de permitirnos seguir su evolución a través del tiempo por medio de la animación. La construcción de un modelo de simulación (Law, 2008 y Kelton, 2010) es útil para comparar y validar los resultados de modelos analíticos, pero en muchas ocasiones es la única manera de resolver el problema, dada la robustez y flexibilidad de esta herramienta. (Goldsman, 2010) ha dicho “lo lamento

mucho, pero la simulación ha demostrado por mucho tiempo ser una de las herramientas de mayor uso, incluso que las técnicas tradicionales de optimización”.

En esta sección nuestra intención es comprender y resolver un problema comúnmente planteado en granjas porcinas, a saber, el encontrar una política óptima de remplazo de cerdas madre, entendiéndose esto como la determinación del número de ciclos a mantener a una cerda en el hato porcino. Por lo tanto, iniciamos con una descripción general del proceso productivo en las granjas multiplicadoras de cerdos. El ciclo productivo de una cerda multiplicadora en esencia consta de cuatro estados: cubrición o apareamiento, gestación, lactación y receso (véase la Fig.1), por los cuales una cerda irá transitando según lo indican las flechas, si no hay una baja por enfermedades, muerte o mal desempeño. El tiempo que las cerdas permanecen en cada uno de dichos estados pueden ser descritos por variables aleatorias continuas.

**Figura 1.**

Estados normales en los cuales se puede encontrar una cerda en su ciclo de vida.



La representación mediante un diagrama de flujo de la estructura más simple del sistema a simular está esquematizada en la Figura 2 y sirve para explicar el modelo a los interesados o tomadores de decisiones (Laguna y Marklund, 2005)

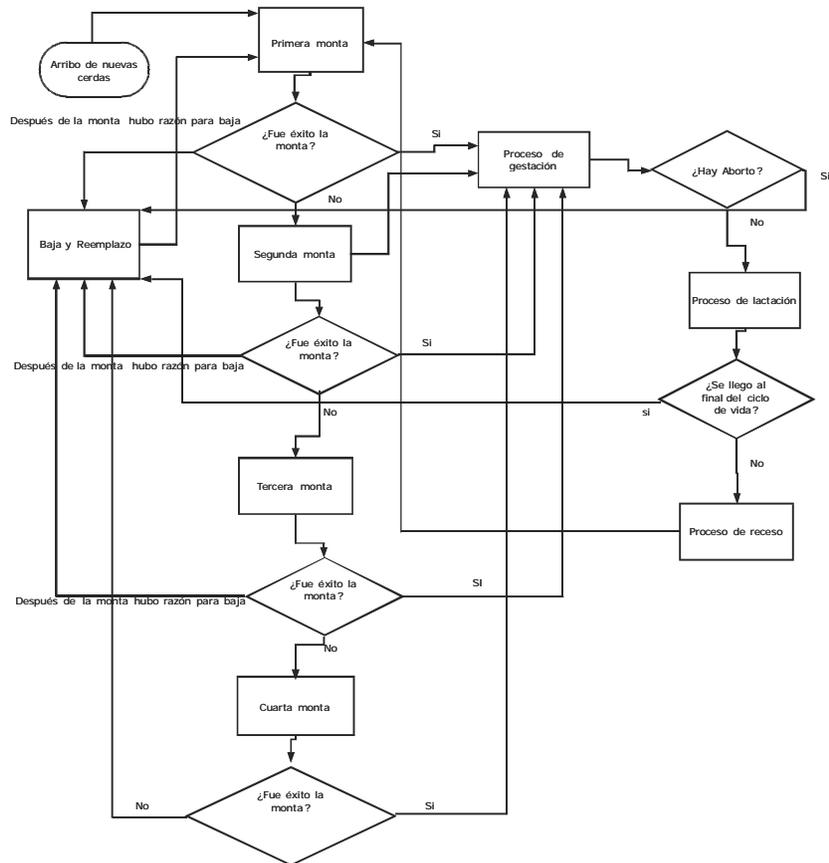
El proceso comienza con la introducción a la granja de un lote de cerdas listas para aparearse; este apareamiento en la actualidad es través de inseminación artificial y sólo los verracos son usados con fines de estimulación de las cerdas. La aplicación de semen se hace cada doce horas, hasta cumplir con tres aplicaciones, después de esto la cerda es analizada para ver si quedó preñada, si no fue así, este proceso se repetirá hasta tres o cuatro veces, si al final la cerda no queda preñada ésta se reemplazará por un animal nuevo. Durante la etapa de apareamiento algunas cerdas desarrollan enfermedades que hacen que también sean desechadas del hato. Las cerdas que quedaron preñadas van posteriormente a la etapa de gestación, si hubiera un evento de aborto en este estado la cerda será reemplazada. La etapa siguiente es la de lactación, ahí la cerda permanece junto con su camada aproximadamente 21 días. La etapa final del ciclo es el receso, ahí la cerda permanece hasta que su ciclo biológico la hace de nuevo entrar en “calor” y recibir el semen artificial nuevamente. El número de ciclos que debe permanecer una cerda en el hato ha sido una interrogante, ya que cada vez que una cerda se reemplaza perdemos a una unidad productiva de lechones, después de que ha costado alimentarla y llevarla a ciertos niveles de productividad, pero si la dejamos que permanezca más ciclos en el hato, se vuelve más vieja e improductiva. Tradicionalmente, tanto en México como España no se

sobrepasa el número de ocho ciclos en el hato. Por lo tanto, las causas del retiro de una cerda son: el máximo número de ciclos permitidos, infertilidad, baja productividad, abortos, accidentes o enfermedades. La política seguida en este modelo para los reemplazos es la de una reposición inmediata, es decir, cuando una cerda se retira del hato, una nueva es introducida inmediatamente.

Siguiendo el enfoque dado por (Rossetti, 2010), el siguiente intento por trasladar el modelo a un ambiente computacional (simulador) fue generar el pseudocódigo mostrado en la Esquema 1, con el que se simplifica el trabajo de codificación en ARENA™.

Con el fin de facilitar la traducción del modelo conceptual a un programa computacional de simulación, es necesario definir las variables de estado, los parámetros y las variables de desempeño (salidas). Las variables aleatorias de entrada en este modelo se suponen dependientes del número de ciclo en que se encuentre la cerda, lo cual es lógico suponer ya que su fertilidad y demás características de desempeño se ven afectados conforme la cerda envejece. Todo el conjunto de variables de entrada en el modelo de simulación se caracterizan en las tablas 1-4. Las pruebas de bondad de ajuste para las variables aleatorias se llevaron a cabo con el software BestFit de

**Figura 2.**  
Diagrama de flujo tomado como base para la simulación.



Palisade (versión 4.5) y se reportan en el trabajo de (Hernández, 2010).

### Variables de estado

$X_{ti}$  : Número de cerdas madre en la granja en el tiempo  $t$ , y en el estado  $i$

$Y_t$  : Número de lechones producidos hasta tiempo  $t$

$EP_t$  ; Edad promedio de las cerdas madre en el tiempo  $t$

$CP_t$  ; Número de ciclos promedio que han permanecido las cerdas en el tiempo  $t$

$CR_t$  : Número acumulado de cerdas reemplazadas en el tiempo t

**Parámetros**

$P_{cr}$  : Probabilidad de transición del estado cubrición a reemplazo

$P_{lr}$  : Probabilidad de transición del estado lactación a reemplazo

$P_{gl}$  : Probabilidad de transición del estado gestación a lactación

$P_{gr}$  : Probabilidad de transición del estado gestación a reemplazo

$P_{cg}$  : Probabilidad de transición del estado cubrición a gestación

$PM_{ij}$  : Probabilidad de pasar del intento de monta i al intento j,  $j = i + 1$

$C_m$  : Costo alimento cubrición ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_g$  : Costo alimento gestación ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_l$  : Costo alimento lactación ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_r$  : Costo alimento receso ( $\$/\text{animal-día}$ )

$CR$  : Costo mientras espera para reemplazo ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_{al}$  : Costo alimento lechón ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_v$  : Costos variables de operación ( $\$/\text{animal-día}$ )

$C_{le}$  : Costo del reemplazo ( $\$/\text{animal}$ )

$C_{ia}$  : Costo inseminación artificial ( $\$/\text{animal}$ )

$V_c$  : Precio de venta de la cerda ( $\$/\text{kg}$ )

$V_l$  : Precio de venta de lechón ( $\$/\text{animal}$ )

**Variables de respuesta:**

$I_t$  : Ingresos totales acumulados en el tiempo t = venta acumulada de lechones + venta acumulada de nodrizas

$C_t$  : Costos acumulados en el tiempo

t = costos acumulados de alimentación + costos acumulados de operación + costos acumulados de compra de nuevas cerdas

$U_t$  : Utilidad acumulada en el tiempo t = ingresos acumulados –costos acumulados ( $\$$ )

$UL_t$  : Utilidad/lechón en el tiempo t ( $\$/\text{lechón nacido}$ )

$UD_t$  : Utilidad acumulada por unidad de tiempo en el instante t

$UT_t$  : Utilización de la granja en el tiempo t

**Variables Aleatorias**

N: Número de lechones nacidos por parto

TG: tiempo de gestación

TL: Tiempo de lactación

TC: Tiempo en apareamiento

TR: Tiempo en receso

**Tabla 1**

Proporción de cerdas que quedan preñadas dependiendo de la monta y ciclo

Numero de monta	1	2	3	4
Ciclo				
1	89.68	81.57	75.0	100
2	92.01	84.37	80.0	100
3	91.72	90.47	75.0	100
4	93.92	84.90	87.5	100
5	91.80	86.66	100	100
6	92.34	89.13	80.0	100
7	94.05	93.10	100	100
8	91.12	96.96	100	100

**Tabla 2.**

Proporción de cerdas que se dan de baja después que quedaron preñadas y proporción de aborto.

Ciclo	Proporción de baja	Proporción de aborto
1	8.94	2.44
2	10.89	1.66
3	8.26	2.06
4	6.77	1.72
5	7.11	1.77
6	7.00	2.16
7	8.41	2.46
8	7.83	2.97

**Tabla 4**

Parámetros económicos del modelo

a) Costos variables por día

COSTOS	Unidades: €/animal-día
Alimento cerdas en monta	0.8
Alimento cerdas en gestación	0.8
Alimento cerdas en lactación	1.0
Alimento cerdas en receso	0.6
Alimento lechón en lactación	0.12
Costos de operación	0.5

b) Costos e ingresos por animal  
(no dependientes del tiempo)

Compra Cerda Nueva	150 €
Inseminación Artificial	6 €
Venta de lechón	30 € lechón, 7-9kg (21-28 días)
Venta de cerda	120 €

103

**Tabla 3.**

Distribuciones de probabilidad del tiempo de permanencia en los estados de: apareamiento, gestación, lactación y receso, y distribución del número de lechones vivos dependiendo del número de ciclo

Ciclo	Apareamiento (primera monta) $k + \text{LOGN}(\alpha, \beta)$	GestaciónNormal ( $\mu, \sigma$ )	LactaciónTRIA (a, b, c) o Normal ( $\mu, \sigma$ )	RecesoNormal ( $\mu, \sigma$ )	Lechones vivos-Triangular discreta ( $\lambda, \omega, \theta$ )
1	$k=15.5, \alpha=13, \beta=14.1$	$\mu=113.6, \sigma=6$	$a=12.8, b=19, c=20$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=16, \theta=20$
2	$k=12, \alpha=25.7, \beta=44.9$	$\mu=113.4, \sigma=7.2$	$a=14.9, b=19, c=20$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=16, \theta=20$
3	$k=17.5, \alpha=16.1, \beta=28$	$\mu=113.3, \sigma=8.1$	$a=10, b=15, c=21$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=17, \theta=20$
4	$k=15.5, \alpha=13, \beta=14.1$	$\mu=113.6, \sigma=5.7$	$\mu=24.1, \sigma=5.6$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=17, \theta=20$
5	$k=12, \alpha=27.5, \beta=44.9$	$\mu=113.5, \sigma=6.6$	$a=13.9, b=20, c=21$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=18, \theta=20$
6	$k=17.5, \alpha=16.1, \beta=28$	$\mu=113.9, \sigma=4.6$	$a=9.94, b=20, c=22$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=16, \theta=20$
7	$k=12, \alpha=25.7, \beta=44.9$	$\mu=113.7, \sigma=6.9$	$a=14.8, b=20, c=21$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=16, \theta=20$
8	$k=17.5, \alpha=16.1, \beta=28$	$\mu=112.9, \sigma=9.8$	$\mu=23.5, \sigma=4.8$	$\mu=25, \sigma=4$	$\lambda=1, \omega=17, \theta=20$

**Esquema 1.**

Pseudocódigo del modelo del sistema de producción

```

CREATE lote de cerdas listas para apareamiento
X: ASSIGN costos de alimentación, precios de venta y compra, y ciclo
B: ASSIGN tiempo en el proceso de la monta (1, 2, 3, o 4), costo
    incurrido en monta, costo total.
PROCESS la cerda de acuerdo al ciclo y siguiendo la respectiva
    distribución de tiempo de monta
SEPARATE las cerdas que se dan de baja (etiqueta A), las que siguen a
    la siguiente monta (etiqueta B) y las que se van a gestación
    (etiqueta C)
A: ASSIGN costo de reemplazo, costo total
    ASSIGN tiempo de estancia en la granja
    ASSIGN incremento de uno al ciclo
    ASSIGN ciclo de salida
    ASSIGN incremento unitario al contador de ciclo de salida
    ASSIGN valor cero al ciclo
    GO TO X
C: ASSIGN tiempo de gestación, costo de gestación, costo total
    PROCESS la cerda de acuerdo al ciclo y su tiempo de gestación
    SEPARATE las cerdas que se dan de baja (etiqueta A) de las que siguen
        al proceso de lactación (etiqueta D)
D: ASSIGN tiempo y costo de lactación de las cerdas madre
    ASSIGN tiempo y costo de lactación de lechones
    PROCESS las cerdas madre y los lechones de acuerdo a al tiempo de
        lactación
    ASSIGN el ingreso producto de los lechones
    SEPARATE las cerdas que se dan de baja (etiqueta A) de las que se van
        a receso (etiqueta E)
E: PROCESS las cerdas en receso de acuerdo el tiempo asignado
    ASSIGN el costo del receso de las cerdas madre
    ASSIGN el incremento unitario al ciclo
    GO TO X
    
```

La información estocástica (distribuciones de probabilidad y probabilidades de transición) de entrada al modelo fue construida con datos históricos proporcionados por la Universidad de Lleida en España y recopilada en granjas de Cataluña. Debido a condiciones de espacio en esta publicación, sólo mencionamos a continuación

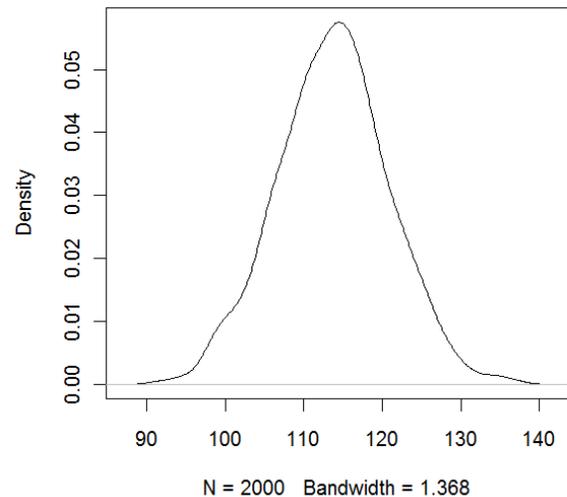
algunos aspectos relevantes de estas distribuciones.

- El número de lechones en cada parto se ajustó a una distribución discreta triangular, por ejemplo, para el ciclo uno la función masa de probabilidad resultó con una media de 12.33, desviación estándar de 4.08, y valores mínimo y máximo de 1 y 20 respectivamente.
- El tiempo entre monta y monta está descrito por una variable aleatoria continua lognormal con desplazamiento y dependiente del número de monta, por ejemplo, para la segunda monta los parámetros de media y desviación estándar resultaron 28.47 y 13.7 respectivamente.
- La distribución ajustada para el tiempo de gestación resultó ser una distribución normal cuyos parámetros dependieron del número de ciclo, por ejemplo, para el segundo ciclo la media fue de 113.4 días, y desviación estándar de 7.2 días respectivamente (véase la Fig.3).

**Figura 3**

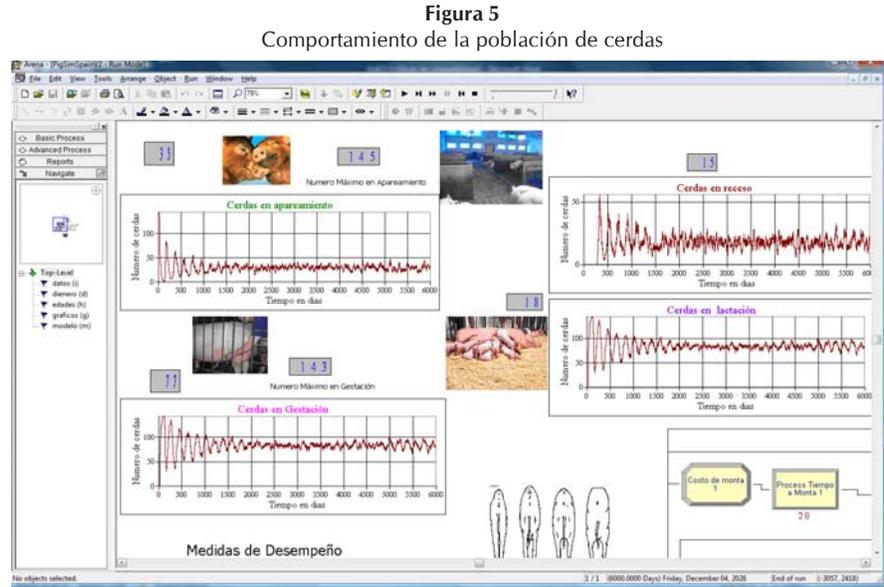
Distribución ajustada al tiempo de gestación

**density.default(x = x)**



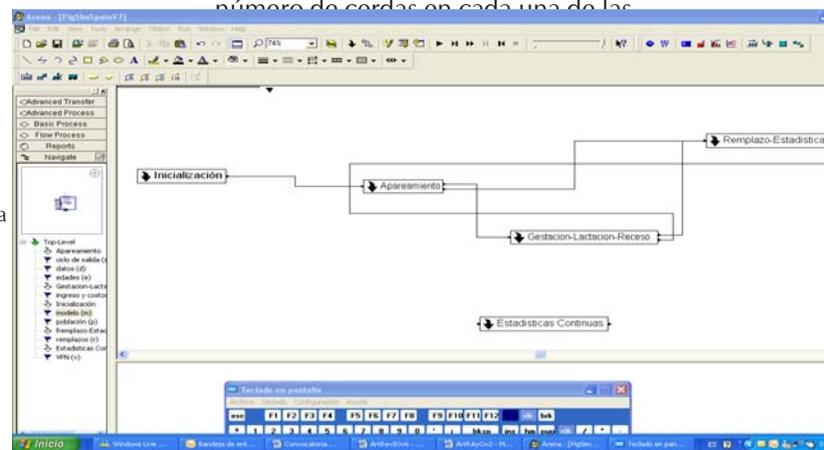
## Resultados

Se construyó un conjunto de submodelos en ARENA™, capaces de representar al sistema total (ver Fig. 4). El propósito inicial de este modelo es reproducir las características actuales de operación de las granjas españolas, y analizar cuál es número de ciclos de permanencia que mejor desempeño económico provoca al sistema. Todas las características antes mencionadas se incorporaron al modelo en ARENA para simular la situación actual de una granja típica en España. El modelo fue ejecutado para un tiempo de 6000 días (aproximadamente 16 años) para estudiar su comportamiento en el estado estable. La Figura 5 muestra el



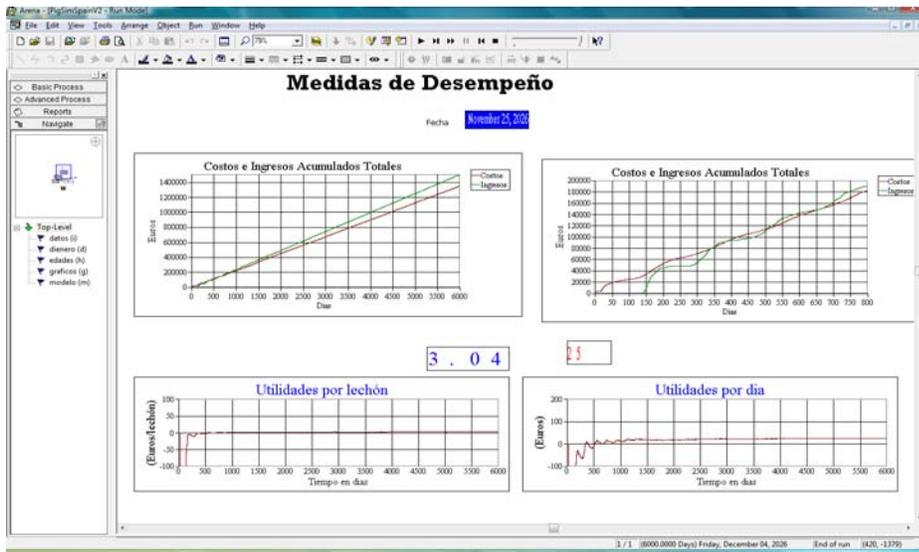
105

**Figura 4**  
Vista de los submodelos en ARENA™ que conforman el sistema



perdura por el resto de la simulación. También observamos que el sistema alcanza valores estables de 3.04  $\square$  por lechón y una utilidad por día de 25  $\square$ .

Figura 6  
Medidas de desempeño económico.



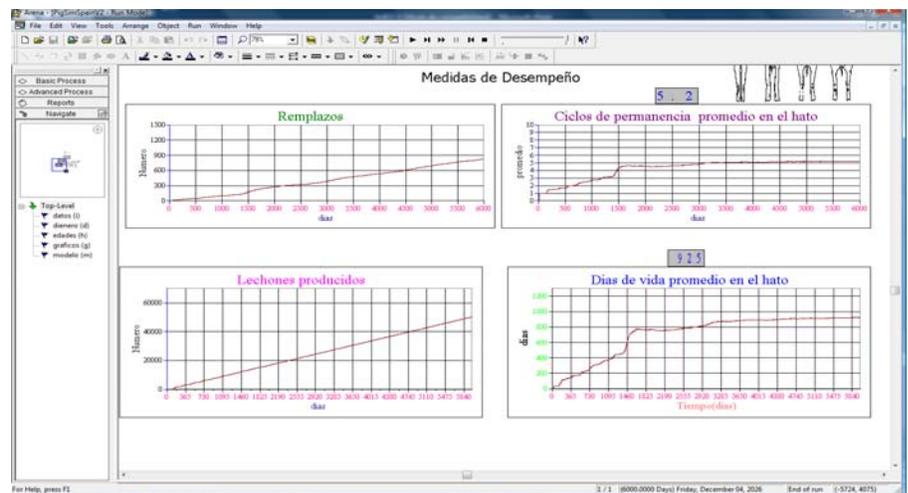
106

notorio que durante un periodo largo de tiempo las cerdas que han cumplido los ocho ciclos son las que más se reemplazan, seguidas por las de uno y dos ciclos, esto parece muy natural ya que a la larga las cerdas más viejas se reemplazarán, pero es interesante que las cerdas relativamente jóvenes (uno y dos ciclos de vida) se estén reemplazando en grandes cantidades, esto nos da una señal de que algo desfavorable está pasando desde el punto de vista genético.

En cuanto al desempeño poblacional de la granja se generó la Figura 7, aquí observamos que aproximadamente se reemplazan 900 cerdas, y se venden 50 000 lechones durante todo el tiempo de 16 años. Se generaron valores estables de 5.2 ciclos de permanencia promedio en el hato, así como una estancia promedio de 925 días en la granja desde su llegada.

Una gráfica que nos describe el número de reemplazos de acuerdo al ciclo en que fue reemplazada la cerda la podemos observar en la Figura 8, ahí es

Figura 7  
Medidas de desempeño de la población del hato.



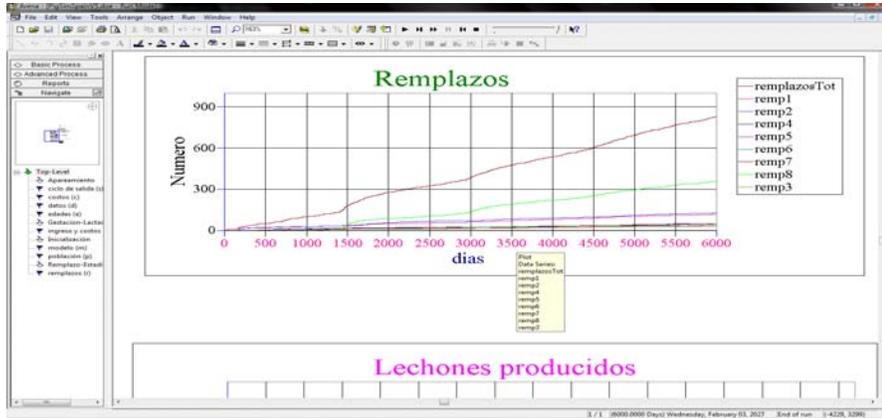
El primer experimento con el modelo actual fue cambiar el número de ciclos que se decide mantener a la cerda en el hato y comparar algunas medidas de desempeño, por ejemplo, la utilidad por día y la utilidad por lechón. A este respecto los resultados que se muestran en la Tabla 5 corresponden a una sola réplica en el estado estacionario.

Debido a la carencia de información (distribuciones de las variables aleatorias) para ciclos mayores a ocho, no es posible saber la respuesta a esta interrogante ahora.

(Kleijnen, 1992) menciona que después de responder a preguntas estratégicas en un estudio de simulación se deben responder preguntas tácticas como: cuál es el número de réplicas, cuál es el período de calentamiento, y cuál es

el período total de la simulación, aunque éstas son de menor importancia para el tomador de decisiones. Con el deseo de obtener estadísticas representativas en el estado estacionario de las variables de salida: utilidad por lechón y valor presente neto (VPN), se hicieron corridas con varias réplicas para el caso de conservar a las cerdas ocho ciclos en el hato. Es importante mencionar que si el interés está centrado en el análisis en el estado

**Figura 8**  
Número de reemplazos acumulados de acuerdo al ciclo de salida



**Tabla 5.**  
Medidas de desempeño en estado estable (una réplica)

Ciclos en el hato	Utilidad /lechón	Utilidad/día
1	-6.35	-62
2	-0.96	-8
3	0.91	8
4	1.65	14
5	2.19	19
6	2.75	23
7	2.83	24
8	3.04	25

Podemos observar en la tabla anterior que la medida de desempeño seleccionada se mejora conforme el número de ciclo es mayor, pero sigue quedando la interrogante si existe un número de ciclo mayor a ocho mejor todavía.

estacionario se debe determinar tanto el periodo de calentamiento como la longitud total de la corrida. [Banks] ha sugerido una regla empírica de que la longitud total sea al menos 10 veces la longitud del periodo de calentamiento, aunque bien comenta [Rossetti] que ésta es una situación de "cath 22". Se implementó el método de *replica-limpia* (*replication-deletion*) en ARENA con el fin de hacer un análisis en el estado estacionario, y usar el periodo de calentamiento.

Aunque por ahora estamos interesados en estudiar el estado estacionario, el estado transitorio no es menos importante analizarlo, ya que desde el punto de vista del

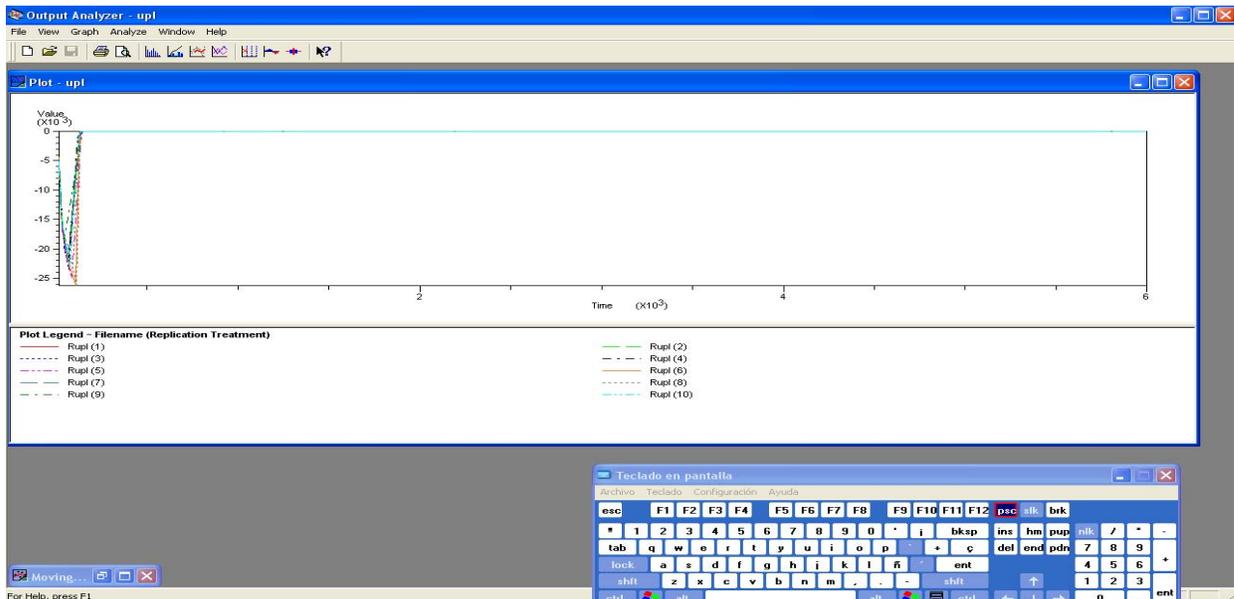
administrador o dueño del negocio, durante este periodo, donde las utilidades frecuentemente se encuentran oscilando entre valores positivos y negativos (véase la Fig. 6) se pueden presentar sentimiento de desánimo, que muchos dueños del negocio no pueden sostener o reconocer, y terminan o bien cerrando el negocio o vendiéndolo.

De acuerdo con la sugerencia de (Rossetti, 2010) se decidió usar la técnica propuesta por (Welch, 1983) para estudiar el periodo de calentamiento y determinar así la longitud total de simulación. La variable de desempeño *utilidad por lechón* fue graficada (véase la Fig. 9) para diez réplicas usando la herramienta de Output Analyzer con el fin de visualizar el estado estacionario, en dicha figura podemos observar que a pocos días de haber iniciado

el funcionamiento del sistema dicha variable toma valores negativos relativamente grandes debido a que en este lapso de tiempo principalmente sólo hay gastos en la granja debido a la alimentación del ganado y operación de las instalaciones.

Ya que el método de Welch no está implementado como tal en el software ARENA, el siguiente paso fue aplicar un procedimiento lo más parecido a dicho método haciendo uso del Output Analyzer de ARENA. Para tal efecto, se hizo un suavizamiento a los datos de salida correspondientes a las réplicas, por ejemplo, podemos observar en la Fig. 10 el promedio acumulado para los datos de la primera réplica, en ella se detecta a primera vista un periodo de calentamiento aproximado de 1500 días (aproximadamente 4 años). Los intervalos a un 95%

**Figura 9**  
Gráfico de la utilidad por lechón para las diez réplicas en Output Analyzer.



de confianza para cada una de las diez réplicas para la misma variable se muestran en la Fig. 11; resultando notorio los valores negativos de dicha variable de respuesta debido a que durante un tiempo relativamente corto las utilidades en la granja son negativas por la ausencia de venta de lechones. Debido a la incapacidad del Output Analyzer para hacer un análisis tipo Welch se construyó un código en MATLAB capaz de semiautomatizar dicho método. Los datos de salida de la variable de respuesta *utilidad por lechón* para varias réplicas y varias longitudes totales de la corrida fueron procesadas mediante dicho código con el fin de generar la gráfica de Welch (véase las Figs. 12-15). En la parte superior se ha graficado el promedio de la variable de respuesta a lo largo de las réplicas (la tercer gráfica de cada conjunto horizontal hace uso de escala logarítmica para la variable *número de observaciones*), el segundo conjunto horizontal de gráficas muestra el suavizamiento obtenido mediante el promedio acumulado. Podemos deducir a primera vista un periodo de calentamiento de 500 observaciones, este valor de observaciones corresponde a 3750 días aproximadamente, valor que se usó como período de calentamiento en el setup de ARENA para proceder a realizar un análisis del estado estacionario. Haciendo uso de la recomendación de (Banks, 2010) de usar una longitud total mayor a diez veces el periodo de calentamiento se realizaron treinta réplicas, obteniendo una utilidad

promedio para la variable de salida *utilidad por lechón* de 4.07 €, como se puede observar en la Fig. 16.

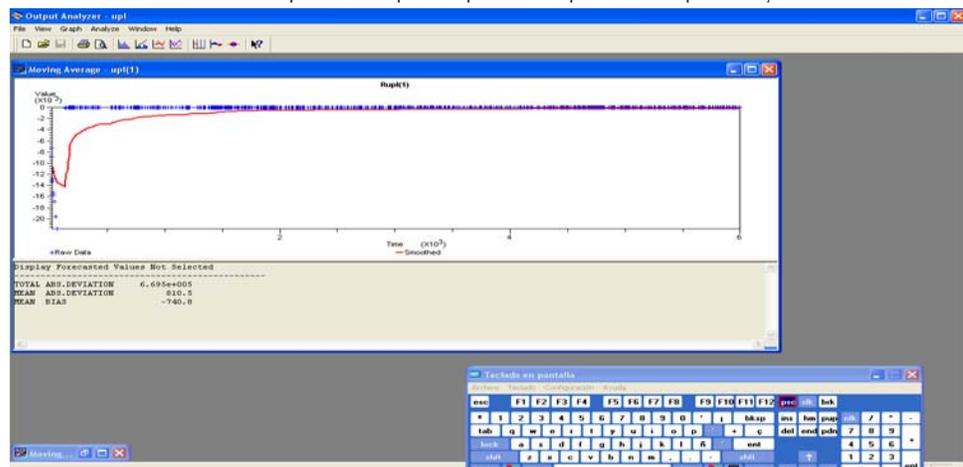
El procedimiento dado aquí para determinar el periodo de calentamiento es tedioso y consumidor de tiempo. La investigación para automatizar este proceso todavía está en proceso (Rossetti, 2010). El trabajo más reciente de Rossetti et al (2005) y Robinson (2005) promete mucho a este respecto; sin embargo permanece la necesidad de integrarlo al software de simulación.

Aunque es una meta de cualquier sistema que funciona en un horizonte infinito encontrar sus medidas de desempeño en el estado estacionario, no resulta de menor importancia encontrar controles o políticas de funcionamiento que amortigüen los efectos del estado transitorio, ya que como se ha mostrado en este trabajo, al inicio de la puesta en marcha de sistemas como éste, existe un periodo de consecuencias negativas en el aspecto financiero, las cuales sin duda tendrán impactos en el estado psicológico de la empresa.

109

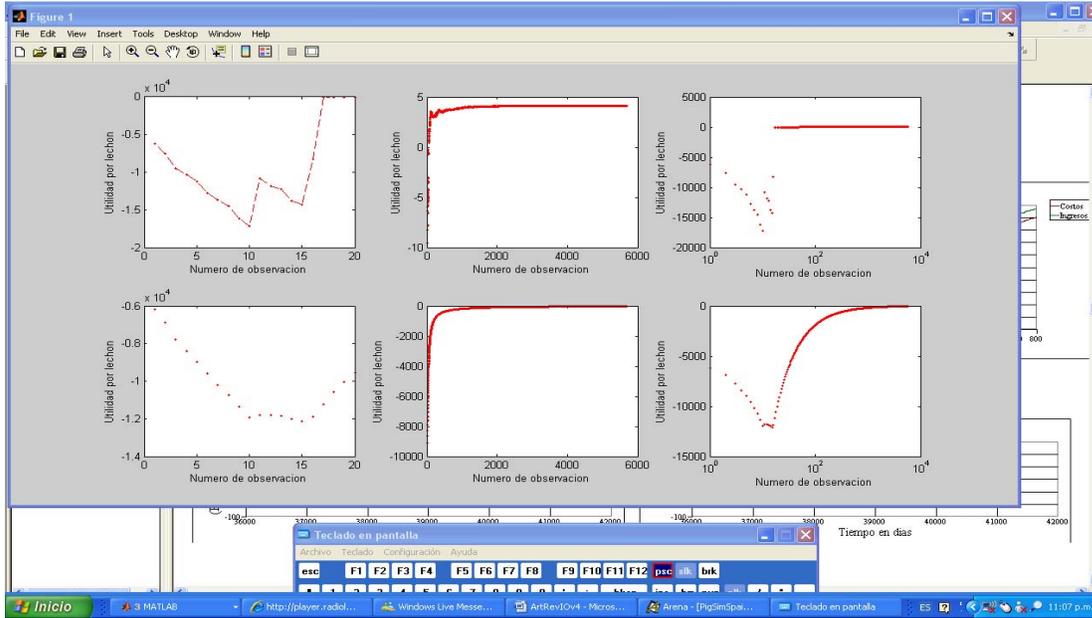
Figura 10

Gráfico suavizado con el promedio acumulado para los datos de la utilidad por lechón para la primera réplica en Output Analyzer.



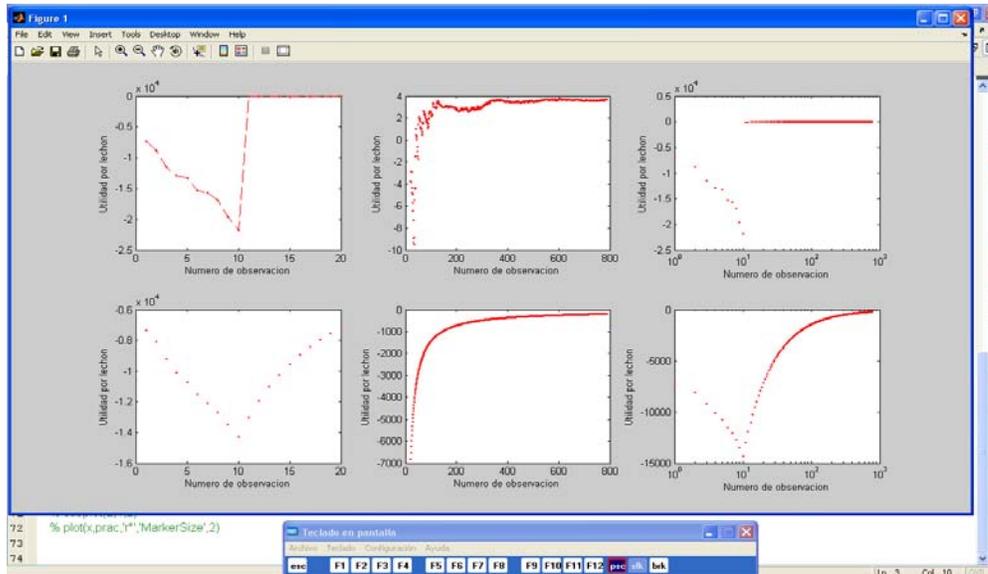


**Figura 13**  
Gráficos de Welch para la variable utilidad por lechón (tres réplicas y 40000 días de simulación).



111

**Figura 14**  
Gráficos de Welch para la variable utilidad por lechón (treinta réplicas y 6000 días de simulación).





Dado que la variable de respuesta anteriormente seleccionada de *utilidad por lechón* no es contundente desde el punto de vista financiero, se eligió hacer un análisis desde la perspectiva de la ingeniería económica utilizando el valor del dinero a través del tiempo [Sullivan et al.], para tal efecto se seleccionó el Valor Presente Neto (VPN) como una medida de la rentabilidad económica de la granja. Para hacer dicho análisis fue necesario utilizar un valor para la Tasa de Retorno Mínima Atractiva (TREMA) con el fin de descontar los valores del flujo de efectivo al valor presente (tiempo cero).

En principio se realizaron treinta réplicas con una longitud total de 6000 días para calcular los intervalos de confianza al 95% para la variable VPN y detectar visualmente el estado estacionario. Las gráficas particulares para cada una de las réplicas se muestran en la Fig. 17; en ésta se detecta visualmente un estado estacionario

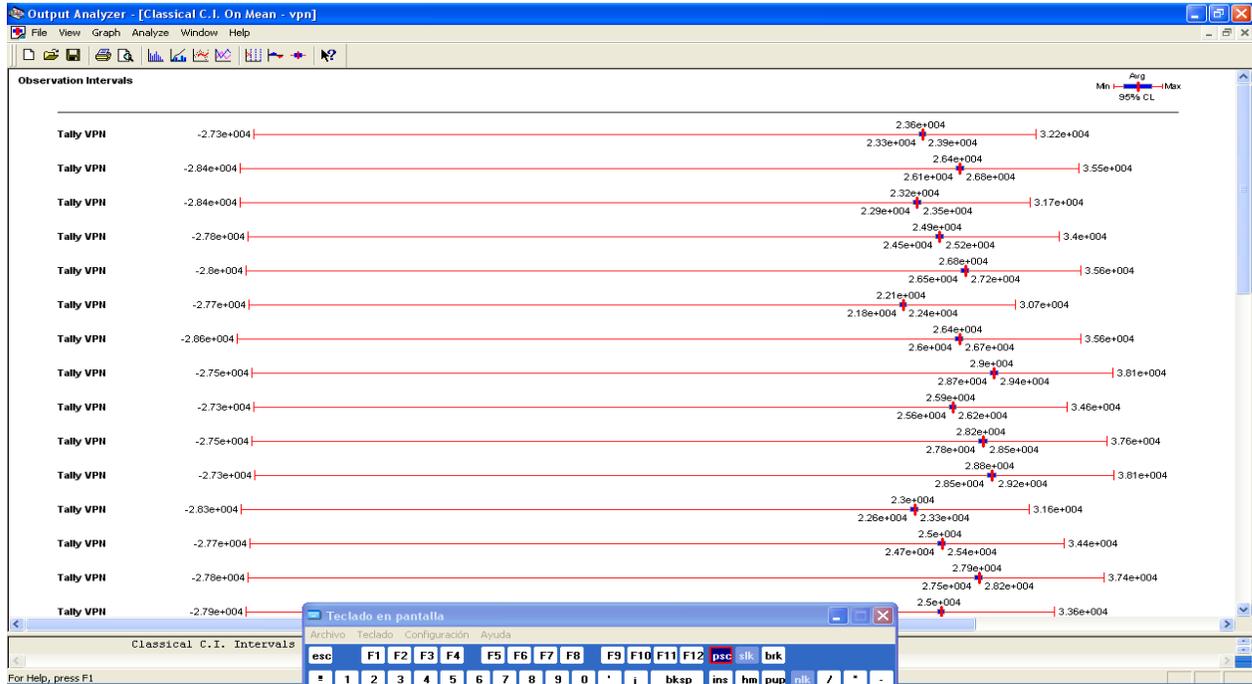
cercano a los 3000 días, además se observa que después de los mil días muy probablemente el VPN sea positivo.

Por otra parte los intervalos de confianza (véase la Fig. 18) dan muestra alentadora del desempeño financiero del sistema. Es interesante observar que los valores negativos del VPN se presentan regularmente antes de los mil días (aproximadamente 3 años), por lo que para el valor de TREMA y demás condiciones introducidas, este proyecto es viable financieramente. El último análisis fue entonces variar el número de ciclos que se le permite permanecer máximo a una cerda en el hato y registrar el promedio del VPN para las treinta réplicas y bajo una duración de la simulación de 6000 días. Estos resultados aparecen en la tabla 6, ahí se puede concluir que el valor máximo del promedio de las réplicas corresponde al caso cuando se dejan permanecer a las cerdas seis ciclos.

Figura 17  
Realizaciones del VPN para treinta réplicas y 6000 días de simulación



**Figura 18**  
Intervalos de confianza para la el VPN con 30 réplicas y 6000 días de simulación



114

Es importante que las modificaciones futuras a este modelo consideren aspectos tales como: tamaño de las instalaciones y producción requerida de lechones, así también adecuaciones para incluir el reemplazo en lotes o por periodos fijos de tiempo.

**Tabla 6**  
Valor presente neto promedio para 30 réplicas y 6000 días de simulación

Ciclos en el hato	VPN (0)
4	25911.17
5	26130.01
6	26180.73
7	25819.11
8	25730.29

## Conclusiones y estudios futuros

Las conclusiones y recomendaciones obtenidas y sugeridas respectivamente hasta el momento son las siguientes:

- 1) La simulación resultó de gran ayuda para el entendimiento de la dinámica del comportamiento del sistema y apto para implantar y evaluar políticas de reemplazo.
- 2) Se puede considerar en un modelo futuro que los precios de los alimentos pueden tener variaciones estacionales.
- 3) Consideramos que el análisis de los datos de salida (VPN) son contundentes, en el sentido que demostraron que el número de ciclos óptimo a conservar una cerda en el hato es seis, sin embargo dependerá de los parámetros de entrada propios de cada explotación, entre ellos la genética de los animales.
- 4) Sugerimos continuar con el proceso de validación tanto del modelo, como de la información arrojada por el mismo con los tomadores de decisiones (granjeros y expertos en el tema)
- 5) Dado que la información usada aquí fue de procedencia española, sugerimos recolectar información correspondiente para México, y desarrollar el modelo correspondiente para las piaras mexicanas con el fin de comparar su desempeño.
- 6) Integrar en el modelo futuro aspectos que tomen en cuenta el crecimiento de los animales y la calidad del producto a lo largo del proceso.
- 7) Incorporar y evaluar políticas de reemplazo consistentes en juntar un número determinado de cerdas, o esperar un lapso de tiempo para reemplazarlas.

## Referencias

- Braña V. Diego (2010) *Comunicación personal*
- Chavas J.P., Kliebenstein J. and Crenshaw TD (1985): Modeling dynamic agricultural production response—the case of swine production. *Am J Agri Econ* **67**: 636–646.
- Glen J.J. (1987): Mathematical models in farm-planning—A survey. *Opns Res* **35**: 641–666.
- Golsman D. (2010) *Comunicación personal*
- Huirne R.B., Van Beek P., Hendriks T.H. and Dijkhuizen A.A. (1993): Stochastic dynamic programming to support sow replacement decisions. *Eur J Opl Res* **67**: 161–164.
- Jalvingh A.W., Dijkhuizen A.A. and van Arendonk J.A.M. (1992): Dynamic probabilistic modeling of reproduction and management in sow herds. General aspects and model description. *Agri Syst* **39**: 133–152.
- Lippus A.C., Jalvingh A.W., Metz J.H.M. and Huirne R.B.M. (1996): A dynamic probabilistic model for planning housing facilities for sows. *Trans ASAE* **39**: 1215–1223.
- Kelton et al. (2010): *Simulation using ARENA*, McGraw Hill.
- Kristensen A.R. and Sollested T.A.(2004): A sow replacement model using Bayesian updating in a three-level hierarchic Markov process I. **biological model.**; **87**:13-24.
- Law (2008): *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw Hill
- Plá L.M (2007). Review of mathematical models for sow herd management. *Livestock Sci* **106**: 107–119.
- Plá L.M., Babot D. and Pomar J. (2004): A mathematical model for designing and sizing sow farms. *Int Trans Opl Res* **11**: 485–494.
- Plà-Aragonès Lluís M., Virginia Flores Marias. and Sara V. Rodríguez-Sánchez: A Simulation Model For Intensive Piglet Production Systems, *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*
- Plá L.M., J. Faulín. and S.V. Rodríguez. (2009): A linear programming formulation of a semi-Markov model to design pig facilities. *Journal of the Operational Research Society* **60**, 619 —625
- Rodríguez Sara V., Victor M. Albornoz, and Lluís M. Plà. (2009): A two-stage stochastic programming model for scheduling replacements in sow farms, *Top* **17**: 171–189, DOI 10.1007/s11750-009-0087-2.
- Singh D. (1986): Simulation-aided capacity selection of confinement facilities for swine production. *Trans ASAE* **29**: 807–815.

• Kleijnen J. and Willen van G. (1992): **Simulation a Statistical Perspective**, John Wiley

• Rossetti M. (2010): **Simulation Modeling and ARENA**, John Wiley.

• Hernandez G. (2010): Desarrollo de un modelo de simulación para el análisis del ciclo reproductivo de una piara, Tesis de maestría, UAEH, México.

• Banks et al. (2010): **Discrete-Event System Simulation**, Fifth Edition, Prentice Hall.

• Welch P. (1983): The statistical analysis of simulations results. In: Lavenberg, S; editor. **Computer Performance Modeling Handbook**. New York: Academic Press. pp 268-328.

• Robinson S. (2005): Automated Analysis of simulation output data. In: Kuhl ME Steiger NM, Armstrong FB, Joines JA, editors. **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, pp 763-770.

# Desarrollo de una aplicación destinada a la clasificación de información textual y su evaluación por simulación

---

Cristal Karina Galindo Durán<sup>1</sup>

Mihaela Juganaru-Mathieu<sup>2</sup>

Carlos Áviles Cruz<sup>3</sup>

Héctor Javier Vázquez<sup>4</sup>



## RESUMEN

En el presente trabajo se propone una aplicación de cómputo destinada a la clasificación de documentos textuales, basada en el algoritmo de los K vecinos más próximos. Después de presentar brevemente el diseño y las funcionalidades de la aplicación, se presentan los resultados de la simulación de pruebas de clasificación de documentos.

---

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias de la Computación, División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI), Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM-A). Ave. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, México D.F., C.P. 02200, Tel. 55-26-72-66-76, [cdgalindod@gmail.com](mailto:cdgalindod@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratoire en Sciences et Technologies de l'Information; Institut H. Fayol, École Nationale Supérieure des Mines de St Étienne, 42023 ST ÉTIENNE Cedex 2, France, [mathieu@emse.fr](mailto:mathieu@emse.fr)

<sup>3</sup> Depto. de Electrónica, DCBI, UAM-A. Ave. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, México D.F., C.P., 02200, Tel. 5318-9550 (ext 1026), Fax 5394 6843, [caviles@correo.azc.uam.mx](mailto:caviles@correo.azc.uam.mx),

<sup>4</sup> Depto. de Sistemas, DCBI, UAM-A. Ave. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, México D.F., C.P. 02200, Tel. 5318-9532 (ext 109), Fax 5394 4534, [hjv@correo.azc.uam.mx](mailto:hjv@correo.azc.uam.mx)

## ABSTRACT

In the present work a software application is proposed to perform classification of textual documents, based on the use of the K Nearest Neighbors. The design and the functionalities of the software application are presented as well as the results of simulation tests to classify documents.

---

**Palabras clave:** clasificación, información textual, K-vecinos más próximos, simulación  
**Key words:** classification, textual information, K-nearest neighbors, simulation

## I. Introducción

Es difícil imaginar una organización sin un sistema de información formal o informal. Hoy en día, muchos sistemas de información se han computarizado con la finalidad de que diferentes niveles de una organización compartan gran cantidad de información relacionada con sus diferentes actores (internos o externos) y con sus múltiples actividades, en particular aquellas relacionadas con la toma de decisiones.

Para el desarrollo de estos sistemas de información, diversos autores (Ackoff, 2003, Martin, 2009; Moreno, 2000) resaltan la importancia de obtener claridad en cuanto a los objetivos del sistema de información y a los distintos conceptos relacionados con la información y su manejo; ya que esto resulta fundamental para obtener una mayor definición de las funciones, funcionalidades e, incluso, de la arquitectura del sistema de información. Vázquez (2007), apoyado en la propuesta de Ackoff (1989), recuerda la importancia de distinguir entre datos, información y conocimiento. Los datos son símbolos, o unidades “atómicas”, producto de la observación; los mismos representan objetos, eventos y propiedades; al establecer asociaciones entre los datos, por ejemplo preguntando, ¿quién?, ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿cuánto?, se genera información útil para decidir qué hacer, pero no, para decidir cómo hacerlo. Las respuestas a ¿cómo? constituyen el conocimiento. Sin embargo, es importante aclarar que no necesariamente a partir de la información o del conocimiento se pueden obtener los datos o la información que permitieron su construcción (Carlisle, 2007), pues al relacionar, esto es, al interactuar, los datos o la información

entre sí, puede surgir un nuevo subsistema conceptual con nuevas propiedades, no siempre identificables en los elementos aislados que lo formaron.

En lo que respecta al manejo de información, los procedimientos de clasificación y de agrupación resultan fundamentales en los procesos de toma de decisiones, ya que ayudan a identificar, distinguir, e incluso a establecer, criterios para evaluar distintas alternativas para tratar determinada situación o problemática. Un ejemplo de clasificación es cuando se cuenta con una base de datos o información de perfiles de clientes en la que se consideran distintos atributos relacionados con su capacidad de pago. Cada perfil es una clase. Si otros clientes solicitan un préstamo hipotecario, el proceso de clasificación consiste en determinar la clase a la que pertenecen y decidir si se les otorga o no el préstamo. Si no se cuenta con información previa el proceso consiste en agrupar las nuevas solicitudes de préstamo tomando en cuenta los atributos relacionados con su capacidad de pago, identificar los grupos y establecer una jerarquía entre los grupos.

Del entendimiento de los conceptos relacionados con la información y su manejo puede surgir, por ejemplo, un sistema destinado sólo a la memorización de datos, un sistema de administración de base de datos que permita generar información, un sistema de clasificación, un sistema de comunicación o bien un sistema “experto” que pueda responder algunas preguntas de tipo ¿cómo? En este artículo se propone desarrollar una aplicación para el manejo de datos e información textual.

En la actualidad existen grandes avances en cuanto a los sistemas de información para el manejo de datos e información numérica. Sin embargo, aún se requieren

esfuerzos para desarrollar sistemas para el manejo de información textual. En una organización, es frecuente, observar gran cantidad de datos, información y conocimientos en forma textual dispersos en documentos impresos, muchos de éstos olvidados en los archivos de la empresa. Cuando se encuentran documentos en forma digital, resulta que algunos de éstos fueron hechos con programas que ya no existen, con formatos obsoletos o archivados en soportes magnéticos distintos, esto es, no es fácil recuperarlos. Por esta dispersión de la información y por la poca integración de los sistemas de información se generan procesos de decisión poco eficaces y eficientes (Ackoff, 2003).

En particular, en el presente trabajo, se propone una aplicación para el manejo de información destinada a la clasificación de documentos.

En la sección II se presenta información general sobre el proceso de clasificación y en particular sobre el algoritmo de los K vecinos más próximos.

En la sección III se presenta el diseño de la aplicación propuesta y las diferentes etapas del proceso de clasificación:

- Creación de la base de entrenamiento
- Ingreso de los documentos a clasificar
- Aplicación del algoritmo de los K-vecinos más próximos para clasificar cada documento en las clases predefinidas en la base de entrenamiento

En la sección IV se estudian opciones para evaluar el desempeño del clasificador. Es decir, para un conjunto de documentos dado, evaluar si éstos quedan en las clases preestablecidas. Sin embargo es necesario considerar, para su validación, distintos factores, como el número de

documentos en la base de entrenamiento, la cantidad de clases de éstos y el total de los vecinos más próximos. De aquí la necesidad de realizar pruebas por simulación. En este artículo se entiende por simulación el proceso de diseño del modelo de un sistema y la realización de experiencias para evaluar y comprender el funcionamiento de éste (Shannon, 1988).

## II. Proceso de clasificación

La clasificación es un proceso de categorización de información. Para establecer las categorías, se requiere elaborar una base de entrenamiento previa, la cual contiene la información de las diferentes clases. Si se cuenta con un objeto y se desea saber si pertenece a una de las clases, se identifican los atributos más significativos y se evalúa qué tan semejantes son a los atributos de la base de entrenamiento. En el caso que existan varias opciones de clases, se establece una jerarquía para poder decidir la clase a la que será asignado el objeto (Hernández, 2004). Para la identificación del elemento por clasificar, se aplican diferentes métricas (medidas de distancia) que indican qué tan similar es un objeto con respecto de alguna clase de la base de entrenamiento. Si las características son numéricas, existen diversas métricas; la más utilizada es la distancia euclidiana; sin embargo, en el caso de información textual en donde sólo es posible contar las propiedades, éstas son discretas y se necesita establecer otras funciones (Feldman y Sanger, 2007).

A lo largo de este proceso, el usuario interviene y da seguimiento a las diferentes etapas. Es decir, el proceso se produce de manera supervisada.

Los diferentes algoritmos de clasificación se pueden agrupar en tres grandes tipos:

- Los clasificadores paramétricos se basan en la estimación de parámetros de las distribuciones de probabilidad que representan las clases de estudio mediante distribuciones multinomiales, mezcla de multinomiales o por ejemplo una combinación de modelos (Bernouilli, gaussiano y multinomial) (Mesa, 2008) .
- Los clasificadores no paramétricos son aquellos que se basan en la estimación directa sobre la probabilidad a posteriori de pertenecer a una clase. Uno de los clasificadores más simples es el clasificador de los vecinos más próximos, llamado comúnmente KNN (*K-Nearest Neighbors*). Éste consiste en establecer el número de vecinos más próximos del objeto por clasificar (Moreno, 2004)
- Los clasificadores artificiales son clasificadores que se basan en la aplicación de diferentes técnicas de inteligencia artificial para el reconocimiento de patrones; el más conocido es el modelo del perceptrón generalizado o multicapa (Barandela, 2001)

En este trabajo se usará el clasificador no paramétrico de los K-vecinos más próximos, debido a que es uno de los algoritmos más sencillos.

El método consiste en establecer la cantidad de vecinos más próximos del objeto por clasificar dentro de la base de entrenamiento. Cuando el nuevo objeto se presenta al sistema de aprendizaje, éste se clasifica según la distancia más cercana (Mora, 2008). Los vecinos más próximos a un objeto se obtienen, en caso de atributos numéricos, mediante diferentes distancias sobre los  $n$

posibles atributos. La mejor elección de los  $k$  depende fundamentalmente de los datos; generalmente, valores grandes de los  $k$  reducen el efecto de ruido en la clasificación, pero crean límites entre clases parecidas (Clark y Boswell, 2000).

### III. Desarrollo de la aplicación de clasificación

Para realizar esta aplicación se utilizó Matlab,<sup>5</sup> el cual es un *software* matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación interpretado propio (llamado lenguaje M). El programa Matlab permite manejar diferentes estructuras de datos, generar resultados en forma gráfica de calidad, disponer de subrutinas probadas y bibliotecas de funciones preestablecidas. Esto resulta útil para el desarrollo rápido de los algoritmos y demostración de aplicaciones de cómputo. Es importante señalar que esta aplicación forma parte del estudio de factibilidad para el desarrollo, en lenguaje Java,<sup>6</sup> de una aplicación de manejo de información a gran escala para 60 000 documentos (Galindo, 2011).

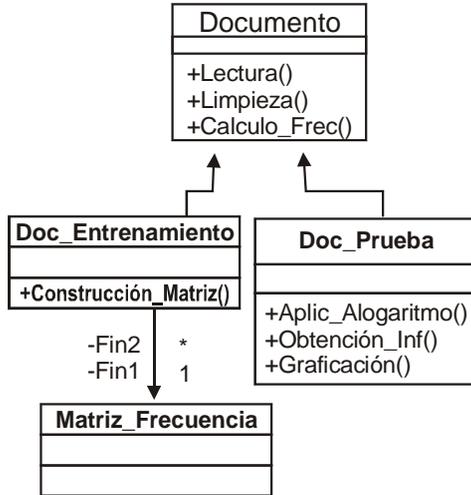
En esta aplicación se propone un diseño considerando tres clases: **Documento**, **Doc\_Entrenamiento**, y **Doc\_Prueba** las cuales se relacionan de acuerdo con la Figura 1.

- La clase **Documento** posee un método de *Lectura* que permite leer los archivos de texto plano (*Lectura*) y un método de *Limpieza*, el cual permite eliminar símbolos y caracteres poco relevantes para el usuario. El método de cálculo de frecuencias (*Calculo\_Frec*) invoca al

<sup>5</sup> <http://www.mathworks.com/>

<sup>6</sup> <http://www.java.com> y un IDE <http://netbeans.com>

**Figura 1.**  
Diagrama de clases con sus principales métodos.

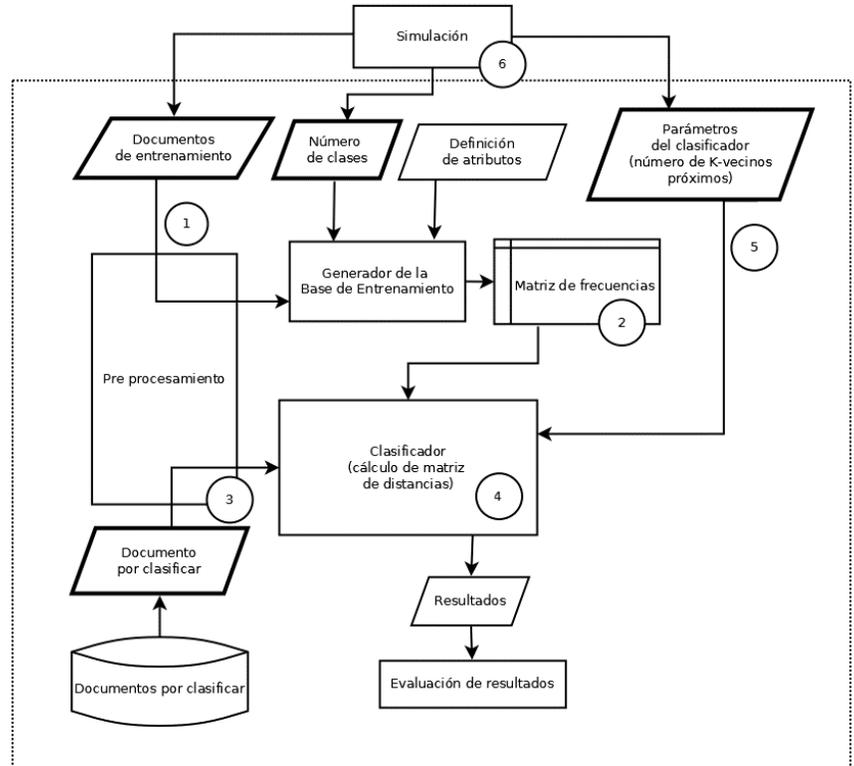


método construcción de la matriz de frecuencias de la clase **Doc\_Entrenamiento**.

- La clase **Doc\_Entrenamiento** contiene el método construcción de la matriz de frecuencias (*Construcción\_Matriz*) a partir del cual se aplica el método para generar la matriz de frecuencias.
- La clase **Doc\_Prueba** posee el método *Aplic\_Alogaritmo* el cual permite construir la matriz de distancias y aplicar el método de K vecinos más próximos. En el método *Obtención\_Inf* se define a que clase pertenece el objeto a clasificar (en este caso un documento). El método de *Graficación* permite visualizar los resultados en forma de grupos.

En la figura 2 se presenta el funcionamiento de la aplicación tomando como base estas clases y la definición del proceso de clasificación. Con el fin de presentar las principales funcionalidades de esta aplicación, y por la facilidad de acceso a documentos, se decidió usar documentos de texto de una organización editorial, la cual desea clasificar artículos de revistas en distintas categorías. Para fines demostrativos se supone que desean clasificar esos artículos (definición de atributos), tomando como atributos los signos de puntuación y signos aritméticos, en una de las siguientes categorías: Sociales (clase 1), Ingeniería (clase 2) y Medicina (clase 3).

**Figura 2.**  
Proceso de clasificación



**Tabla 1.**  
Matriz de frecuencias

<b>Documentos</b>	.	,	"	(	)	?	!	-	:	;	<	>	+	*	/	=	# Pala	Clase
1	413	694	0	229	228	0	0	65	71	81	3	5	31	2	5	87	8170	1
2	315	736	0	46	46	4	0	54	23	37	0	0	0	0	13	0	8179	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	483	866	0	113	116	1	0	51	46	28	0	0	0	2	11	0	10871	1
51	217	183	0	57	59	0	0	72	25	11	0	0	0	0	7	6	6450	2
52	738	345	0	243	244	0	0	33	68	26	1	1	0	0	48	24	7399	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
100	507	275	0	110	118	0	0	09	29	11	0	1	2	18	10	10	9053	2
101	588	379	0	110	115	1	0	35	86	44	27	2	0	60	27	53	5503	3
102	390	305	0	55	55	3	0	43	59	25	0	0	0	2	16	6	5695	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
150	377	356	0	46	57	3	0	93	83	77	0	0	0	0	4	0	5196	3

125

En la primera etapa (etapa 1 en la figura 2), que se realiza sólo una vez, la aplicación inicia con la lectura de la información previa (documentos de entrenamiento) y el procesamiento supervisado de los documentos. Una vez que el usuario considera que los documentos están listos se obtiene la matriz de frecuencias (etapa 2 en la figura 2), desarrollada en la tabla 1, con las características establecidas. Esta matriz de frecuencias es la base de

conocimiento previo, llamada comúnmente "base de entrenamiento".

En la segunda etapa (etapa 3 en la figura 2), que se repite para cada documento por clasificar, el usuario proporciona el documento por clasificar y se generan las frecuencias, descritas en la tabla 2 tomando en cuenta las mismas características usadas para construir la base de entrenamiento.

**Tabla 2.**  
Frecuencias del documento por clasificar

.	,	"	(	)	?	!	-	:	;	<	>	+	*	/	=	# Pala
422	374	0	120	120	0	0	297	54	46	0	0	2	0	235	49	6645

Una vez obtenida la matriz de frecuencias y las frecuencias del documento por clasificar se procede al cálculo de la matriz de distancias (etapa 4 en la figura 2) descrita en la tabla 3.

**Tabla 3.**  
Matriz de distancias

<i>Distancia</i>	<i>Clase</i>
0.2445	1
0.1311	1
.	.
.	.
.	.
0.5610	2
0.5450	2
.	.
.	.
.	.
0.5363	3
0.5362	3

Posteriormente se ingresa el número de vecinos más próximos que se desea obtener (etapa 5 en la figura 2) y en base al número indicado, se procede a obtener las distancias menores. Una vez seleccionados, se contabiliza, para decidir en qué clase aparece el mayor número de atributos y se obtiene así la clase en la que se clasifica el documento

**Tabla 4.**

Matriz de distancia con los 10 vecinos más cercanos

<i>Distancia</i> ( $\times 10^{-3}$ )	<i>Clase</i>
0	3
306.8241	3
347.7959	1
369.1734	2
389.6858	2
404.6863	1
410.8771	3
421.5780	1
426.9344	3
439.1070	2

Para este ejemplo se propusieron 10 vecinos (aunque se recomienda usar un número de vecinos impar para evitar ambigüedades), los cuales se muestran en la tabla 4. Como resultado, el programa nos indica a qué clase pertenece el documento, es decir, si pertenece a Sociales, Ingeniería o Medicina. Para este ejemplo en particular el documento pertenece a la clase 3, es decir, a Medicina.

#### IV. Evaluación de la aplicación

Para realizar la evaluación del desempeño de un clasificador existen diversas estrategias, las más utilizadas son (Mesa, 2008):

- Re sustitución
- Validación simple
- Validación cruzada  
(*Cross-Validation*)

## 1.- Re sustitución

Es una técnica de evaluación de desempeño de la clasificación en donde la misma base de datos de aprendizaje se usa para la prueba. Este tipo de evaluación proporciona una medida optimista de clasificación con un mínimo error.

## 2.- Validación simple

Esta técnica (también se conoce como *hold out*.) de evaluación de desempeño es una parte integral del proceso de entrenamiento, el cual consiste en dividir los datos en tres grupos:

- Conjunto de datos de entrenamiento
- Conjunto de datos de validación
- Conjunto de datos de prueba

## 3.- Validación cruzada

En esta técnica, también llamada “deja los k fuera” (*leave k out*) o “manten los k fueras” (*hold k out*), se toma un porcentaje en forma aleatoria (del total de la base), para el aprendizaje y resto para la prueba. Generalmente el porcentaje tanto para el aprendizaje como para la prueba es del 50%. El tiraje y prueba aleatorio se repite un cierto número de veces. El resultado final será el promedio sobre las n-realizaciones.

Como resultado de aplicar un método de validación, se obtiene una matriz de confusión. La matriz de confusión ideal presenta una matriz con “unos” en la diagonal, como se presenta en la tabla 5.

**Tabla 5.**  
Matriz de confusión ideal

<i>Clase 1</i>	<i>Clase 2</i>	...	<i>Clase n</i>
<b>1</b>	<b>0</b>	...	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	...	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	...	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	...	<b>1</b>

## V. Pruebas de simulación y resultados

Las pruebas se realizan mediante simulación (punto 6 en la figura 2), utilizando los mismos documentos de prueba. Para el experimento se consideró el número de documentos en la base de entrenamiento, el número de clases de éstos y el total de vecinos más próximos. En estas pruebas, la selección de los documentos de prueba se realiza en forma secuencial, sin embargo también es posible realizarla en forma aleatoria. El método utilizado para la evaluación del desempeño de esta aplicación es el método de validación cruzada, el cual toma para cada una de las clases 30 documentos de cada clase para la realización de la prueba.

Un ejemplo de la matriz de confusión obtenida se presenta en la tabla 6.

**Tabla 6.**  
Matriz de confusión obtenida con 80 documentos de entrenamiento, 15 vecinos y 3 clases

	<b>Clase 1</b>	<b>Clase2</b>	<b>Clase 3</b>
<b>Clase 1</b>	0.86	0	0.14
<b>Clase 2</b>	0	1	0
<b>Clase 3</b>	0.07	0	0.93

**Tabla 7.**  
Resultados de la clasificación

	Documentos en cada clase de la base de entrenamiento																	
	50						80						125					
Clases de entrenamiento	2 (sociales e ingeniería)			3 (sociales, ingeniería y medicina)			2 (sociales e ingeniería)			3 (sociales, ingeniería y medicina)			2 (sociales e ingeniería)			3 (sociales, ingeniería y medicina)		
Vecinos más próximos del objeto por clasificar	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
Resultado	0.75	0.8	<b>0.90</b>	0.74	0.82	<b>0.90</b>	0.85	<b>0.91</b>	<b>0.92</b>	0.81	<b>0.90</b>	<b>0.91</b>	0.83	<b>0.92</b>	<b>0.94</b>	0.86	<b>0.90</b>	<b>0.93</b>

128

Los resultados, modificando el número de documentos de la base de entrenamiento, la cantidad de clases de la base de entrenamiento y el total de vecinos más próximos del documento por clasificar, se presentan en la tabla 7.

El resultado se mide con la razón del número de documentos bien clasificados (es decir aquellos que se encuentran en la clase a la que pertenecen) respecto del número total de documentos por clasificar. Por ejemplo, si se consideran dos clases y se desea clasificar 60 documentos (en teoría 30 para cada clase), considerando 5 vecinos más próximos, se obtiene, después de aplicar el algoritmo, que sólo 50 fueron bien clasificados. El resultado aparece entonces dividiendo 50 entre 60, es decir, 0.75.

De los resultados de esta simulación, ver tabla 7, se observa que, entre mayor sea el tamaño de la base de entrenamiento y mayor el número de vecinos más próximos, se obtiene una mejor clasificación de los documentos.

## VI. Conclusiones

El presente trabajo presenta una aplicación enfocada a la clasificación de documentos de texto no estructurado o texto plano. Este es un caso que no considera la jerarquía o la importancia del contenido de los documentos; en realidad la información puede presentarse en diferentes niveles de importancia y no necesariamente tiene el mismo valor en la organización. Para incluir el nivel de importancia de la información contenida en los documentos, sería necesario considerar un formato de texto, como el formato XML (Harold, 2004). Este formato es ampliamente usado en la actualidad por los beneficios que presenta; por ejemplo, la posibilidad de estructurar contenido con distintos niveles de importancia y distinguir así entre las diferentes jerarquías de información textual.

Es importante resaltar que la clasificación requiere de información previa, la cual no siempre está disponible

en una organización. En este caso el proceso de agrupación resulta más adecuado ya que no necesita conocimiento previo.

En lo que respecta a las pruebas de simulación, se observa que, para poder llevar a cabo una buena clasificación, es importante partir de una buena base de entrenamiento y para ello se aconseja contar con el mismo número de elementos en cada una de las clases, ya que si alguna clase cuenta con mayor número de elementos, el algoritmo de clasificación parece ser menos efectivo, favoreciendo a la clase que posea mayor número de elementos.

Por supuesto, hay que considerar los resultados de esta simulación con reserva, ya que los documentos de prueba se seleccionaron de forma secuencial, y esto genera resultados deterministas. Debido a la dificultad de disponer de datos de entrenamiento representativos para simular todas las situaciones posibles, es importante incluir aleatoriedad en el proceso: por ejemplo tomar documentos de manera aleatoria, definir atributos en forma aleatoria, etc. Otra opción sería comparar los resultados usando otros métodos de validación.

En la bibliografía, se reportan diversas aplicaciones para la clasificación de documentos (Téllez, 2005). Sin embargo, esta experiencia ha permitido realizar una aplicación funcional, obtener una mayor comprensión del proceso de construcción de matrices de frecuencias y de distancias a partir de información textual; y contar con una aplicación que permita realizar experimentos de simulación para evaluar los efectos de diversos parámetros sobre el resultado de la clasificación. Estos resultados son

una etapa importante en el estudio de factibilidad y es parte fundamental para el desarrollo de una aplicación de gran escala para tratar documentos XML que posean una estructura interna (Galindo, 2011).

## Agradecimientos

Mihaela Juganaru-Mathieu agradece el apoyo de la Doctora Silvia González Brambila, Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Computación, de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM—A), así como el del Doctor Nicolás Domínguez Vergara, profesor y ex jefe del Departamento de Sistemas, de la misma División.

Héctor Javier Vázquez agradece al doctor Russell L. Ackoff (1919, 2009) por todas sus enseñanzas sobre los diferentes conceptos de sistemas, por sus publicaciones, conferencias, cursos, investigaciones, pláticas y conversaciones personales. Así mismo agradece al profesor Germán Sergio Monroy Alvarado por su amistad, su paciencia y motivación continua para estudiar las metodologías de sistemas. Finalmente, Héctor Javier Vázquez no deja de agradecer, por el apoyo otorgado para realizar sus estudios de Maestría y Doctorado en Francia. En particular agradece, a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, por las distintas licencias sin goce de sueldo, concedidas; y por otro lado, agradece, por el apoyo económico otorgado, al Ministerio de Educación Superior y de la Investigación (MESR) y a la Agencia Nacional del Empleo de Francia (ANPE), ambas instituciones del Gobierno de Francia.

## Bibliografía

- Ackoff, R. L. (1989). *From Data to Wisdom*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 16.
- Ackoff, R. L. (2003). *Redisigning Society*, Stanford University Press, Stanford.
- Barandela, G. E. (2001). *Corrección de la muestra para el aprendizaje del perceptrón multicapa*. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 2-9.
- Galindo, D. C. K., Juganaru-Mathieu M. y Vázquez H. J. (2011). *Specification Design for an XML Mining Configurable Application*, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (aceptada para su presentación y publicación, <http://www.iaeng.org/IMECS2011/publication.html>).
- Carlisle, J. P. (2007). *A Look into the Relationship Between Knowledge Management and the Knowledge Hierarchies*, Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences (<http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/HICSS.2007.19>).
- Clark, P., y Boswell, R. (2000). *Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Feldman, R., y Sanger, J. (2007). *The Text Mining Handbook. Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. Cambridge University Press.
- Harold, E. R., y Means, W. S. (2004). *XML in a Nutshell*. O'Reilly Media.
- Hernández, J., Ramírez Quintana, M. J., y Ramírez F. C. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson Prentice Hall.
- Martin, J. N. (2009). *Knowledge Generation in the Enterprise Using Information and Data Systems*. Second International Symposium on Engineering Systems, MIT, Cambridge, Massachusetts, Junio 15-17, (<http://esd.mit.edu/symp09/submitted-papers/martin-paper.pdf>).
- Mesa, F. D. (2008). *Algoritmos de Aprendizaje Continuo Mediante Selección de Prototipos para Clasificadores Basados en Distancias*. Tesis de la Universitat Jaume I, Castellón, España.
- Mora, F., J., Morales España, G., y Barrera Cárdenas, R. (2008). *Evaluación del clasificador basado en los K Vecinos más Cercanos para la Localización*. Ingeniería e Investigación, 81-86.
- Moreno, F. S. (2004). *Clasificadores Eficaces Basados en Algoritmos Rápidos de Búsqueda del Vecino más Cercano*. Tesis de Doctorado de la Universidad de Alicante, España.
- Moreno, O. A. (2000). *Diseño e Implementación de un Lexicón Computacional para Lexicografía y Traducción Automática*. Estudios de Lingüística del Español, Vol 9. <http://elies.rediris.es/>

- Shannon, R. E. (1988) *Simulación de Sistemas*, Trillas, Ciudad de México, D.F.

- Téllez, V. A. (2005) *Extracción de Información con Algoritmos de Clasificación*, Tesis de Maestría del Inaoe (<http://ccc.inaoep.mx>).

- Vázquez H. J., Martínez A. F. J., Monroy A. G. S. (2007). *Más allá del Conocimiento: un Enfoque Sistémico*. *Administración y Organizaciones*, 23-38.

# Un problema de distribución-inventario resuelto con simulación dinámica

---

Ana Elena Narro Ramírez\*



## RESUMEN

Actualmente, en nuestro país, las empresas afrontan grandes desafíos provenientes de una feroz competencia, no sólo interna, sino internacional, que opera con mejores condiciones que las nuestras. Es momento de aprovechar los avances científicos, tecnológicos y computacionales, como la simulación, para incidir en la administración de las organizaciones, reconocidas como sistemas complejos y dinámicos.

El gerente de una compañía maderera se plantea la posibilidad de disminuir los costos. Le preocupa la cantidad de láminas de triplay almacenadas y pretende gastar lo menos posible en su traslado de las plantas de producción a los locales de venta. Se construye una política de operación que conduce a la disminución de costos, trabajando en tres etapas encadenadas: *transporte*; *inventario en los almacenes*; y *distribución-inventario*, experimentando con un modelo de simulación que usa como valores iniciales las soluciones de los dos problemas anteriores. Los costos generados con este análisis son menores que los obtenidos sin controlar el sistema, en promedio en un 18.23%. Se aporta un método recursivo de solución.

---

\* Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco). [anarro@correo.xoc.uam.mx](mailto:anarro@correo.xoc.uam.mx)

## ABSTRACT

Today, in our country, enterprises face big challenges from a fierce competition, not only internal, also international, which operate with better conditions than ours. It is time to take advantages from scientific, technological and computing progresses like simulation, to be included by the management of organization, known as complex and dynamic systems. The operating manager for a wood enterprise, likes the possibility to abate costs. His concern about the amount of compressed board stored and pretends to spend as little as possible on the transportation from the processing plants to the sales shops. An operating policy is built towards the costs reduction, working on three linked steps: *transport*, assuming that there are no problems with existence; *warehouse inventory* where the estimated demand derives from the results of the transportation item; and the *distribution-inventory*, solved by drawing a simulation model which uses initial values, the results of the previous items. The model refers to using tools from Linear Programming, Inventory theory and Dynamic Simulation. The costs generated with this analysis are smaller to those obtained without control on the system, 18.23 % on average. A recurrent solving method is contributed.

---

**Palabras clave:** Control de inventarios, Simulación Dinámica, Distribución-Inventario, Apoyo en la Toma de Decisiones.  
**Key words:** Inventory control, Dynamic Simulation, Distribution-Inventory, Support in Decision Taking

## Antecedentes

Nunca antes los costos del fracaso han sido tan altos que hasta ha aparecido la necesidad de buscar un apoyo técnico para mejorar las posibilidades de éxito en las organizaciones. Es oportuno el apoyo de la ciencia, la tecnología y la computación, en particular la simulación, para ayudar a las organizaciones, consideradas como sistemas complejos en su toma de decisiones<sup>1</sup> (Navarro, 2002). “Un sistema complejo se caracteriza por la interdependencia de un número grande de elementos y una multiplicidad de percepciones”<sup>2</sup> (Wardfield, 2000:15).

Los problemas que es necesario prevenir y remediar en una empresa son numerosos y variados, entre ellos destaca, por presentarse en casi todo tipo de negocio, el de “Control de Inventarios”, que consiste en determinar la cantidad de material que es conveniente mantener en el almacén. Ésta no debe ser muy grande, pues se trata de una inversión improductiva que ocupa espacio y se deteriora tampoco debe ser insuficiente porque se puede traducir en pérdida tanto económica como de prestigio.

Establecer la cantidad aconsejable de cada artículo, cuando una empresa maneja muchos productos con demandas más o menos desconocidas, y costos diferentes, no es inmediato; la Teoría de Inventarios orienta sobre la mejor decisión<sup>3</sup> (Hillier, 2010). Por otro lado, resulta sumamente costoso implementar decisiones equivocadas, pero es posible construir un modelo que represente a la

empresa con fidelidad confiable y ensayar con él las diferentes opciones para seleccionar la más conveniente<sup>4</sup>. Este proceso, que ahora es apoyado por la computadora es lo que se conoce como *Simulación*.

## Planteamiento del problema

Se trabaja con una compañía ubicada en Paseo Tizoc s/n en Jiutepec, Morelos, que tiene más de 80 años de experiencia en el ramo maderero. A partir de 1995 diversificó su actividad, se dedica a la fabricación y comercialización de productos que van desde materia prima para la industria del mueble, hasta los más finos acabados residenciales. Cuenta con 2 plantas de producción y 3 locales de venta al público. Las láminas de triplay, son los artículos con más movimiento entre los productos que maneja esta empresa.

En vista de la difícil situación económica actual y la escasez de recursos, el gerente, José Ramírez Díaz, en entrevista, plantea la posibilidad de disminuir costos; le preocupa tener almacenadas y sin control adecuado, demasiadas láminas de triplay, pretende gastar lo menos posible en su traslado de las plantas de producción a los locales de venta, evitando viajes excesivos y no descuidar la satisfacción de la demanda; anticipando la competencia se propone mantener, al menos, el 95% de nivel de servicio al cliente. En la actualidad, no se lleva planeación alguna se resuelven, con urgencia, los problemas cuando se

<sup>1</sup> NAVARRO CID JOSÉ, “Las Organizaciones como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio”, 2002, Universidad de Barcelona, ISBN B.5220-2002/84-475-2666-6, España, pp.115-230.

<sup>2</sup> WARDFIELD JOHN N. “Process Leadership in Organizations”, junio 2000, no.1, Serie Managing the Unmanageable”, ITESM Campus Monterrey, pp 12-37.

<sup>3</sup> HILLIER FREDERICK & LIEBERMAN GERALD, “Investigación de Operaciones”, 2010, Ed. McGraw-Hill, 7° edición. pp 871-913.

<sup>4</sup> GORDON GEOFFREY, “Simulación de Sistemas”, 2004, Ed. Diana, 2a Edición, pp 113-244

presentan, con los medios disponibles se toman decisiones basadas en la propia experiencia. La señorita Hortensia Fuentes, secretaria del Sr. Ramírez, entre sus tareas, registra las compras y ventas de los diversos productos que se manejan, esta colección de datos sirvió de punto de partida para realizar el análisis, aunque no estuvo disponible en su totalidad.

Este trabajo se inicia con una selección de artículos por controlar, se consideran solamente unos cuantos.

## Productos seleccionados para el análisis

Por la limitación de tiempo y equipo humano para realizar el análisis y resolver el problema planteado, se seleccionan algunas de las láminas de triplay, se solicitan los datos correspondientes disponibles y con ellos se inicia el estudio.

Las láminas difieren en espesor, calidad y precio. Los precios, en agosto de 2008, varían dependiendo de la calidad de la madera, el precio de venta fluctúa entre \$67.00 y \$525.00 la lámina, la demanda varía de 68 400 a 115 500 láminas al mes.

Con respecto al transporte la empresa facilitó los siguientes datos:

En la literatura aparecen recomendaciones para acomodar un almacén desordenado<sup>5</sup> (Tiwari, 2007); asimismo, se ha trabajado sobre la distribución de los

**Tabla 1**  
Productos Seleccionados para el análisis, demanda diaria promedio y precio de venta

Productos Seleccionados	DEMANDA PROMEDIO (hojas/día)			
	Local 1	Local 2	Local 3	Precio venta \$/lámina
TIPO TRIPLAY				
AGLOMERADO	335	212	142	70
BARI	210	160	154	115
CAOBA	51	76	153	200
CAOBILLA	112	160	460	67
CEREZO	7	28	49	315
ENCINO				
BLANCO	43	67	98	240
ENCINO ROJO	10	51	63	300
JOCHA	76	170	105	150
MDF	47	240	165	117
NOGAL	100	130	190	230
OKOUME	6	19	31	525

Fuente: Calculados a partir de datos proporcionados por la empresa maderera.

**Tabla2.**  
Costos de transporte.

	COSTO TRANSPORTE \$/LÁMINA-VIAJE		
	LOCALES		
	1	2	3
CENTRO DE PRODUCCIÓN			
1	.60	.50	.56
2	.65	.45	.54

Fuente: Datos proporcionados por la empresa maderera (estimación). productos<sup>6</sup> (Taylor, 1996). (Kok et Al, 2005); se ha manejado la simulación en la solución de problemas de optimización<sup>7</sup>

<sup>5</sup> TIWARI, V. & GARVIRNENI S.: "ASP, The art and Science of Practice: Recoupling Inventory Control Research and Practice: Guidelines for Achieving Synergy", marzo-abril, 2007, Interfaces, 37 (2):, pp 176-186

<sup>6</sup> TAYLOR WILLIAM, "Production, Payroll, Inventory, Delivery ". 7Julio 1996., Industrial Engineering, vol.1, no, pp 36-39.KOK T., JANSSEN F.ET AL, "Phillips Electronics Synchronizes its Supply Chain to End the Bulwhip Effect", enero-febrero 2005, Interfaces, 35(1):, pp 37-48, TAYLOR WILLIAM, "Production, Payroll, Inventory, Delivery ". 7Julio 1996., Industrial Engineering, vol.1, no, pp 36-39.

<sup>7</sup> FU, M.C., "Optimization for Simulation: Theory vs Practice", 2002,INFORMS Journal on Computing, 14, pp192-215. TEKIN, E., SABUNCUOGLU: "Simulation Optimization: A Comprehensive Review on Theory and Applications", noviembre, 2004, IIE Transactions, 36(11):, pp 1067-1081

(Fu, 2002), (Tekin, 2004); e incluso se han resuelto problemas de inventario usando simulación<sup>8</sup> (Castro, 2009). También se ha manejado la modelación de sistemas complejos con dinámica de sistemas y lógica difusa<sup>9</sup> (Bourguet y Soto, 2003, 51-59). Es interesante la tesis que establece “mientras mayor irregularidad e inestabilidad hay en una organización existe mayor oportunidad de innovar, la irregularidad y la inestabilidad se deben aprovechar y no eliminar” (Navarro, 2002: 118). En este trabajo se presenta un caso de distribución-inventario<sup>10</sup> de un sistema multiproductos estocástico que se resuelve con simulación dinámica, se trata de un sistema complejo, pero sólo se consideran algunos aspectos, se maneja únicamente una pequeña parte de las variables involucradas y algunas de sus interrelaciones.

## Metodología general

Se emplean tres etapas para recomendar una estrategia, tanto en el manejo del inventario, como en el traslado de la mercancía.

ETAPA 1: Se soluciona la distribución suponiendo abasto suficiente de láminas en las plantas. Esta solución sirve como guía para establecer la relación más conveniente entre plantas y locales.

ETAPA 2: Usando la correspondencia plantas-locales propuesta en la etapa 1 se determinan (mediante simulación) los parámetros recomendables para el

sistema de inventarios en cada planta, y para cada producto, suponiendo las demandas independientes.

ETAPA 3: Por último se propone un modelo de simulación que representa el sistema distribución-inventario de la maderera, con él se experimentan diferentes valores de los parámetros, tomando como punto de partida los resultados obtenidos en las etapas anteriores, tanto de distribución como de inventario, modificándolos hasta lograr bajar los costos “significativamente”.

## Objetivo

Recomendar una política de distribución-inventario que disminuya manifiestamente los costos.

## Hipótesis

Los costos correspondientes a la distribución-inventario de las láminas de triplay, con las recomendaciones emanadas del experimento de simulación son menores que los actuales.

## ETAPA UNO. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN SIMPLIFICADO

Para resolver este problema se usa el programa lineal de transporte:

<sup>8</sup> CASTRO CARLOS & VÉLEZ MARIO, “Modelo de Revisión Periódica para Control de Inventario en Artículos con Demanda Estacional. Una Aproximación desde la Simulación, 2009, Sparc Europe Award, 69(137),.

<sup>9</sup> BOURGET DIAZ RAFAEL & SOTO RODRÍGUEZ ROGELIO, “Modelación de Sistemas Complejos con Dinámica de Sistemas y Lógica Difusa”, 2003, Posgrado ITSM Monterrey, pp 51-59.

<sup>10</sup> El término compuesto “Distribución-Inventario” se refiere a que se consideran dos problemáticas que coexisten:

- la correspondiente al control del inventario en las plantas de producción y
- la que se refiere al traslado de las láminas de triplay de las plantas de producción a los locales de venta.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 c_{ij} x_{ij} \\ \sum_{j=1}^3 x_{ij} &\leq y_i \text{ para } i = 1, 2 \\ \sum_{i=1}^2 x_{ij} &\geq d_j \text{ para } j = 1, 2, 3 \\ x_{ij} &\geq 0 \quad \forall \quad i, j \end{aligned}$$

donde  $c_{ij}$  son los costos de transportar cada lámina del centro de producción  $i$  al local de venta  $j$ , con  $i = 1, 2$  y  $j = 1, 2, 3$ ;  $x_{ij}$  es la cantidad de láminas enviadas del centro  $i$  al local  $j$ ,  $y_i$  es la cantidad disponible en el centro  $i$ ,  $d_j$  es la cantidad requerida en el local  $j$ .

Sustituyendo los datos proporcionados por la empresa este programa queda:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= .6x_{11} + .50x_{12} + .56x_{13} + .65x_{21} + .45x_{22} + .54x_{23} \\ x_{11} + x_{12} + x_{13} &\leq Q_{1k} \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} &\leq Q_{2k} \\ x_{11} + x_{21} &\geq d_{1k} \\ x_{12} + x_{22} &\geq d_{2k} \\ x_{13} + x_{23} &\geq d_{3k} \\ x_{ij} &\geq 0 \quad \forall \quad i = 1, 2, j = 1, 2, 3, \end{aligned}$$

$k$  recorre los artículos que se analizan

Los programas correspondientes a la maderera se resuelven colocando como oferta la suma de las mayores demandas registradas y como demanda el mayor valor demandado para cada producto en cada local, para evitar el desabasto.

Tabla 3.

Solución de los problemas de transporte propuestos

MADERA	COSTO	$X_{11}$	$x_{22}$	$x_{23}$
AGLOMERADO	15093.9	14 100	8 190	5 460
BARI	1167.3	8 700	6 600	6 450
CAOBA	11250	2 250	3 000	6 000
CAOBILLA	17792.1	4 710	7 050	21 840
CEREZO	1867.5	450	1 050	2 250
ENCINO BLANCO	4964.4	2 100	2 940	4 410
ENCINO ROJO	2696.4	750	2 040	2 460
JOCHA	7038	3 000	6 600	4 200
MDF	9531	1 800	10 500	6 900
NOGAL	8662.5	330	4 950	8 250
OKOUME	1381.5	300	1 050	1 350

Fuente: Elaboración propia, soluciones obtenidas con el Paquete MATHEMATICA Versión 7.0.

A partir de estas soluciones se deduce que cuando se tiene existencia suficiente en los almacenes, lo más conveniente para minimizar el costo de transporte es surtir el local 1 a través del almacén 1, y los locales 2 y 3, por parte del almacén 2. Así, la solución al problema de transporte es de la forma:  $x_{11} = d_1$ ,  $x_{12} = x_{13} = x_{21} = 0$ ,  $x_{22} = d_2$ ,  $x_{23} = d_3$ , con lo que se facilita la determinación de los parámetros convenientes del sistema de inventario.

#### ETAPA DOS. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE INVENTARIO MULTI- PRODUCTOS ESTOCÁSTICO.

En los modelos en los que la demanda es conocida y constante, llamados “determinísticos”, es posible predecir con exactitud la cantidad de artículos en el almacén en el momento en el que se recibe una orden<sup>11</sup>(Dell, 2006), en

<sup>11</sup> DELL AGNOLO MARCO ANTONIO, “Costos de Inventario. Planificación de Stocks y aprovisionamiento”, Enero, 2006., Jornal Dyna, Universidad de Colombia, pp 43-45,

el caso estocástico, la demanda durante el tiempo de entrega es una variable aleatoria que puede propiciar, cuando la demanda sea intensa, que al recibir el pedido y surtir las solicitudes pendientes, la existencia en el almacén quede prácticamente agotada. Si el tiempo de entrega se supone constante, la función de costo esperado es, (Love, 1989), (Gallego & Ozer, 2005) <sup>12</sup>

$$E(CT(Q, r)) = K \frac{E(d)}{Q} + cE(d) + h \left( \int_{E(y_d)}^{Q-r} (Q-u) \phi(u) du + \int_0^r (r-u) \phi_L(u) du \right) + p \frac{E(d)}{Q} \int_r^{\infty} (u-r) \phi_L(u) du \quad (I)$$

donde  $E(CT)$  es el costo esperado que se expresa como una función de dos variables: tamaño del lote ( $Q$ ) y punto de reorden ( $r$ ), el primer término del segundo miembro de la ecuación mide la inversión por ordenar durante un periodo, con el costo por ordenar ( $K$ ) y el número de veces que se espera tener que ordenar en ese periodo ( $E(d)/Q$ ); el segundo término es el costo por adquisición o producción ( $c$ ) por satisfacer la demanda esperada ( $E(d)$ ); el tercero se refiere al costo por mantenimiento de los artículos en el almacén ( $h$ ) medido desde que se recibe la orden con el almacén vacío y demanda por satisfacer ( $E(y_d)$ , déficit esperado) hasta que se vacía nuevamente, considerando como punto de quiebre el momento de ordenar ( $r$ ),  $\bar{F}$  y  $\bar{F}_L$  representan las distribuciones de probabilidad que describen los comportamientos de las demandas  $\bar{F}$  durante el periodo anterior a ordenar y ( $\bar{F}_L$ ) en el transcurso del tiempo de entrega  $L$ , respectivamente, la última componente de esta

ecuación es la relativa al costo por escasez. Las integrales, áreas bajo la curva<sup>13</sup>, corresponden al número esperado de artículos en el almacén, o artículos solicitados y no entregados. Para aproximar los valores de los parámetros que minimizan esta función de costo se requiere encontrar la solución del programa no lineal

$$\begin{aligned} & \text{Min } E(CT(Q, r)) \\ & \text{s.a.} \\ & Q \geq 0, r \geq 0 \end{aligned}$$

En busca de la solución de este programa se recurre a las condiciones de KARUSH-KHUN-TUCKER<sup>14</sup> (Bazará, 2003), obteniendo:

$$\begin{aligned} P(d_L \leq r) &= \frac{p \frac{E(d)}{Q} - \frac{h}{2}}{p \frac{E(d)}{Q} + \frac{h}{2}} \\ Q &= \sqrt{\frac{2(k + p y_d(r)) E(d)}{h}} \end{aligned}$$

El modelo del sistema de inventarios de la compañía maderera es de este tipo, esto es, estocástico con ventas pendientes. La estimación de los valores convenientes de los parámetros se hace utilizando la simulación, las expresiones anteriores se incluyen en el modelo de simulación como relaciones entre las variables.

## Simulación de sistemas dinámicos

La estimación de los valores convenientes de los parámetros

<sup>12</sup> LOVE F. STEPHEN, "Inventory Control", 1989, McGraw-Hill International Book Company, México, pp. 56-100. GALLEGO G. & OZER O., "A New Algorithm and a New Heuristic for Serial Supply Systems", Operations Research Letters, 33(4), Julio 2005. pp 349-362

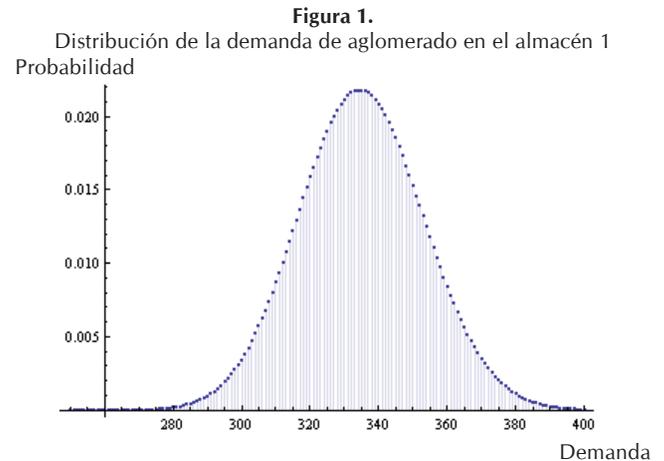
<sup>13</sup> En el caso en el que las funciones de demanda son discretas, las integrales se convierten en sumas.

<sup>14</sup> BAZARA S. MOKHTAR, SHERALI D. HANIF & SHETTY C.M., "Nonlinear Programming. Theory and Algorithms", John Wiley & Sons, New York, 2003, pp131-183.

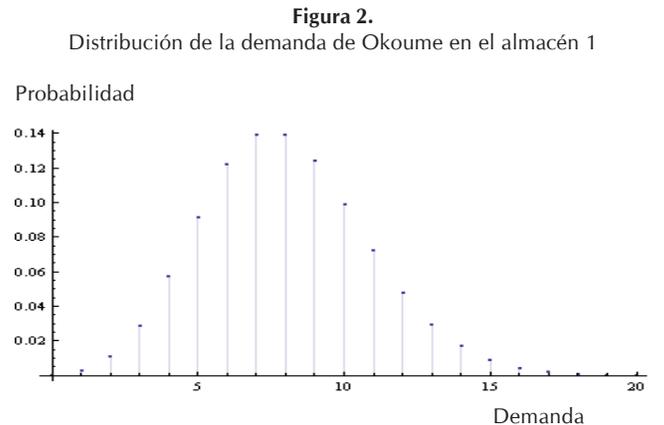
se realiza mediante la experimentación con un modelo de simulación que representa el sistema de inventario correspondiente a la maderera que se analiza. Este modelo se construye a partir de las relaciones lógicas y matemáticas que se descubren entre las componentes del sistema. Como se trata de determinar los valores de los parámetros del sistema de inventario se requiere conocer las funciones que describen las demandas.

En este caso, se cuenta con datos históricos correspondientes a las demandas de los diversos tipos de triplay. Las funciones de demanda deben ser discretas puesto que no es factible demandar fracciones de lámina, entonces la primera opción para hacer el ajuste son distribuciones de *Poisson*<sup>15</sup>. (Canavos, 2005) Sin embargo, la distribución *Poisson* se considera como el límite de una distribución *Binomial*, se aproxima a ella cuando el número  $n$  de ensayos es grande y la probabilidad  $p$  de éxito (o  $q$  de fracaso) se acerca a cero, condiciones que se satisfacen en los casos que nos ocupan. La relación entre las medias es para *Poisson*  $\mu = np$  en la *Binomial*<sup>16</sup> (Myers & Walpole, 2002). Además, por el teorema del límite central, si  $n$  es suficientemente grande, una variable *Binomial* tiene una distribución aproximadamente *Normal* con media y varianza  $np$  y  $npq$ , respectivamente, por lo que se pueden usar áreas bajo la curva *Normal* como aproximación adecuada de las probabilidades *Binomiales* y por consiguiente *Poisson*<sup>17</sup> (Mendenhall, 2005). Así está justificado aproximar las distribuciones *Poisson* mediante distribuciones *Normales*, que por ser usadas con más frecuencia resultan manejables, incluso para el paquete de cómputo de simulación al que se recurre. Las demandas con menos ensayos se ajustan con errores menores a distribuciones *Triangulares*. Las

siguientes gráficas dan idea sobre la factibilidad de las aproximaciones.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos usando el paquete MATHEMATICA 7.0



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos usando el paquete MATHEMATICA 7.0

<sup>15</sup> CANAVOS GEORGE, "Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos", nov. 2005, Mc Graw-Hill, primera edición, pp 278-354.

<sup>16</sup> MYERS H. RAYMOND & WALPOLE E. RONALD, "Probabilidad y Estadística para Ingenieros", 2002, Interamericana, México D.F., pp 97-102.

<sup>17</sup> MENDENHALL WILLIAM, "Introducción a la Probabilidad y la Estadística", 2005, Internacional / iberoamérica, pp 210-226.

**Tabla 4.**

Distribuciones utilizadas para representar el comportamiento de las demandas

TIPO	$d_1$	$d_2$	$D_3$
AGLOMERADO	N(335, 60)	N(212, 31)	N(142, 21)
BARI	N(210, 40)	N(160, 30)	N(154, 31)
CAOBA	N(51, 13)	N(76, 13)	N(153, 29)
CAOBILLA	N(122, 28)	N(160, 38)	N(460, 130)
CEREZO	(0, 7, 15)	N(29, 3)	N(51, 12)
ENCINO BLANCO	N(43, 14)	N(67, 16)	N(98, 24)
ENCINO ROJO	(0, 10, 25)	N(51, 8)	N(63, 9)
JOCHA	N(76, 12)	N(170, 35)	N(105, 17)
MDF	N(47, 6)	N(240, 54)	N(165, 32)
NOGAL	N(100, 4)	N(130, 17)	N(190, 43)
OKOUME	(0, 6, 10)	N(23, 6)	N(31, 8)

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa y el paquete MATHEMATICA versión 7.0

Como se observa, las distribuciones son, en su mayoría, normales. Se usaron las pruebas de *Kolmogirov-Smirnov* y *Chi cuadrada* para medir la bondad de ajuste y no se encontró razón para rechazar la hipótesis de normalidad (triangularidad) en ninguno de los casos.

Las distribuciones *Normales* indicadas en la tabla anterior se utilizan para generar las demandas en el modelo de simulación. Los puntos de reorden se obtienen mediante la relación proporcionada por el modelo analítico y la ecuación de la distribución *Normal*:

$$F_r = P(d_L \leq r) = \frac{p \frac{r(d) - h}{Q} - \frac{h}{2}}{p \frac{r(d) - h}{Q} + \frac{h}{2}} = \int_0^r \frac{e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}} dx \Rightarrow$$

$$r = \sigma(2\text{Ln}(2\pi) + 2\text{Ln}(F_r)) + \mu$$

<sup>18</sup> Para encontrar el punto de reorden  $r$  que satisface la relación se despejó del límite superior de la integral definida.

<sup>19</sup> COSS BU RAÚL, "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión", 2008, Ed. Limusa, Segunda Edición, 2ª, pp.75-128.

<sup>20</sup> Cálculo propio  $F_r = P(d_L \leq r) = \frac{p \frac{r(d) - h}{Q} - \frac{h}{2}}{p \frac{r(d) - h}{Q} + \frac{h}{2}}$  es la probabilidad de que la demanda acumulada  $\leq$  que el punto de reorden  $r$

<sup>21</sup> Se consideran \$30.° para artículos nacionales y \$45.° para importados.

en el caso en el que la distribución de la demanda está dada por la *Normal*  $N(\mu, \sigma)$ <sup>18</sup>

De la misma manera, las distribuciones triangulares que aparecen en la tabla 5 sirven para generar las demandas  $d_i$  correspondientes, en el modelo de simulación<sup>19</sup> (Coss Bu, 2008). Los puntos de reorden se calculan a partir de las relaciones<sup>20</sup>:

$$\text{para } F_r < \frac{b-a}{c-a}, F_r = \frac{(x-a)^2}{(b-a)^2} \Rightarrow x = a + (b-a)\sqrt{F_r}$$

$$\text{para } F_r > \frac{b-a}{c-a}, F_r = \frac{(x-c)^2}{(c-b)^2} \Rightarrow x = c + (c-b)\sqrt{F_r}$$

**Tabla 5.**

Costos correspondientes al sistema de inventarios

ALMACÉN	COSTOS		
	K	H	P
1	500 \$/orden	10 \$/hojxmes	30 (45) \$/hoja <sup>21</sup>
2	550 \$/orden	12 \$/hojxmes	30 (45) \$/hoja

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa

## Modelo de simulación

Definición del sistema:

- Componentes
  - o Entidades = clientes
  - o Eventos = Demanda, entrega de mercancía
  - o Variables: Demanda, Existencia, Déficit, Lote = Q, Punto de reorden  $r$
  - o Parámetros: Costos: K (por ordenar), h (por mantener en almacén), p (por déficit).

- o Relaciones funcionales:
  - Existencia  $y = \text{Max}(Q - d, 0)$
  - Déficit: cuando  $y - d < 0$  es  $d - y$ , de otra manera es cero,
  - Costo =  $(K + h \text{ Existencia} + p \text{ Déficit})$
  - Demanda = Distribución Normal (Triangular) para cada producto
  - Probabilidad acumulada

$$(d \leq \text{REORDEN}) = F_r = \frac{p \frac{d}{Q} - \frac{h}{2}}{p \frac{d}{Q} + \frac{h}{2}}$$

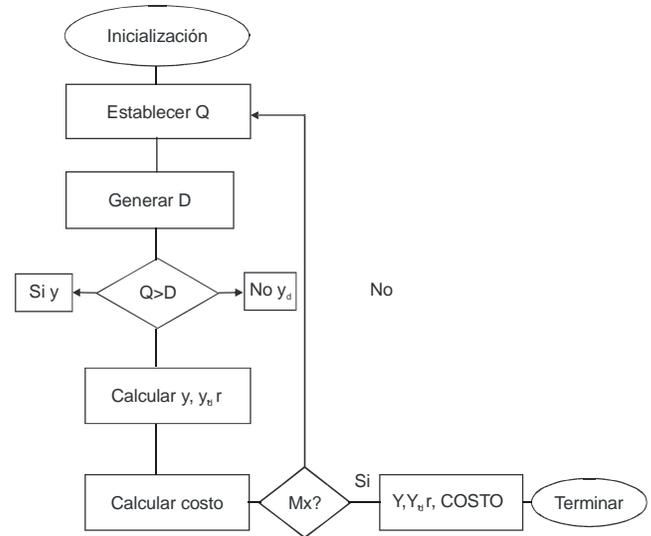
- REORDEN.
  - Para distribución  $N(\mu, \sigma)$ ,  
 $r = \sigma [2\text{Ln}(2\pi) + 2\text{Ln}(F_r)] + \mu$ .<sup>22</sup>
  - Para distribución triangular: Cuando<sup>23</sup>  $F_r \leq$  aleatorio,  $r = a + (b-a) \sqrt{F_r}$ , de otra manera,  $r = c + (c-b) \sqrt{F_r}$

Formulación del modelo: se describe su funcionamiento a partir del siguiente diagrama de flujo, en el que el punto de partida son los valores iniciales de los parámetros

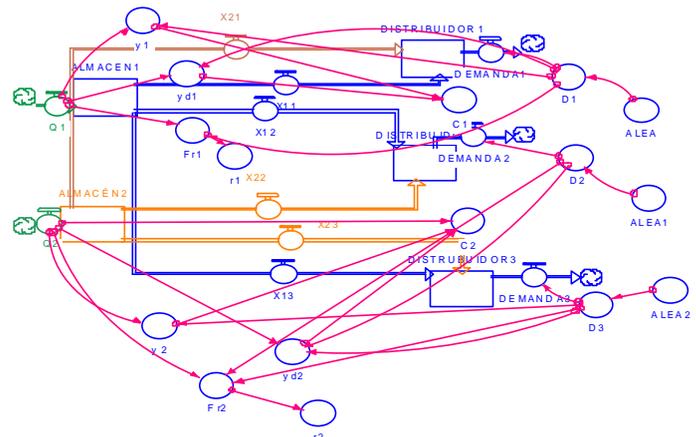
Valores iniciales:  $Q$  (la experimentación inicia con el lote económico), Existencia  $y = 0$ , Déficit  $y_d = 0$ ,  $Mx =$  número días por simular (se corren 500)

- Datos: Se usan los registros de ventas de la empresa.
- Implementación del modelo en la computadora (traducción al lenguaje del paquete de simulación que se utiliza, STELLA versión 9.0.2)

**Figura 3.**  
Diagrama de flujo del modelo de simulación Compañía Maderera (para cada artículo)



**Figura 4.**  
Mapa del Modelo de Simulación que representa al Sistema Maderera (para cada artículo)



Fuente: diseño propio con paquete STELLA 9.0.2

<sup>22</sup> Cálculo propio

<sup>23</sup> Cálculo propio

**Tabla 6**  
Resultados obtenidos con el paquete STELLA 9.0.2 y la hoja de cálculo Excel 2007

MADERA	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	ds <sup>24</sup>	Intervalos de Confianza para costo	
						α = .05	α = .01
AGLOMERADO	370	410	95	388	38.48	(1626.8,1920.5)	(1577.4,1930.8)
BARI	120	160	200	130	32.075	(1632.7,1642.3)	(1627.2,1717.8)
CAOBA	170	70	107	41	9.7	(1557.2,1562.9)	(1535.05,1585.5)
CAOBILLA	140	360	53	15	26.49	(2192, 2330.2)	(2178.6, 2549.8)
CEREZO	10	70	10	40	6.82	(1258.4, 1262.9)	(1243.3, 1278.5)
ENCINO B	30	160	4	140	19.7	(1632.9, 1654.8)	(1587.1, 1690.4)
ENCINO R	10	114	4	74	7.73	(1561.9, 1576.21)	(1485.47, 1585.4)
JOCHA	60	275	45	168	11.56	(1528.8,1535.8)	(1501.8, 1562.8)
MDF	40	250	30	215	11.25	(1368.1, 1408.8)	(1357.4, 1410.6)
NOGAL	90	300	90	190	19.02	(1838.2, 1920.2)	(1792.3, 1966.1)
OKOUME	5	50	4	27	4.37	(1421.1, 1423.9)	(1410.6, 1434.9)

Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS OBTENIDOS EN VALORES ESPERADOS

La siguiente tabla 6 contiene los resultados correspondientes a los valores esperados calculados con la hoja de cálculo Excel a partir de los resultados obtenidos con el paquete STELLA 9.0.2 en 500 corridas; se ensayaron varias combinaciones de los valores Q<sub>1</sub> y Q<sub>2</sub>, cantidad de madera por ordenar en cada almacén para calcular los costos totales correspondientes y elegir el menor. En esta tabla aparecen los valores de los parámetros que corresponden al menor costo para cada tipo de madera incluido en el análisis, se experimentó aumentando o disminuyendo el tamaño del pedido, buscando bajar fundamentalmente el déficit, en vista de que su costo se estima bastante mayor que el costo de almacenamiento, y tomando en cuenta que la empresa desea mantener, al menos, el 95% de satisfacción al cliente.

Como los valores que toman las variables son independientes y las repeticiones (500) hacen que la muestra sea grande, aprovechando el Teorema del límite Central es posible determinar los intervalos de confianza, cuya amplitud es suficientemente pequeña. Se calculan para los niveles de significancia de .05 y de .01.

## ETAPA TRES: SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DISTRIBUCIÓN-INVENTARIO

Primero se resolvió el problema de transporte. Esta solución facilitó el manejo del problema de inventario, ahora se retoma el problema completo, usando como valores iniciales, para la experimentación con el modelo de simulación, los valores de los parámetros obtenidos en las partes anteriores.

<sup>24</sup> Desviación estándar

### MODELO DE SIMULACIÓN DISTRIBUCIÓN- INVENTARIO

La complejidad del modelo analítico de inventario estocástico impulsó el uso de la simulación para resolverlo. Al modelo ya utilizado se le añaden algunos elementos para completar el sistema. Los cambios son:

- o Eventos = Demanda, entrega de mercancía
- o Variables: Además de las ya establecidas:
  - $x_{ij}$  = número de láminas enviadas de la planta  $i$  al local  $j$  con  $i = 1, 2$  y  $j = 1, 2, 3$ .
- o Parámetros: Además de los incluidos:
  - $c_{ij}$  (costo por transportar cada lámina de  $i$  a  $j$ )
- o Relaciones funcionales:
  - Costo =  $(K + h \text{ Existencia} + p \text{ Déficit}) + c_{ij} X_{ij}$

En el nuevo diagrama de flujo los cambios son los siguientes:

Los valores iniciales para  $Q$ ,  $y$ ,  $y_d$  son los valores obtenidos

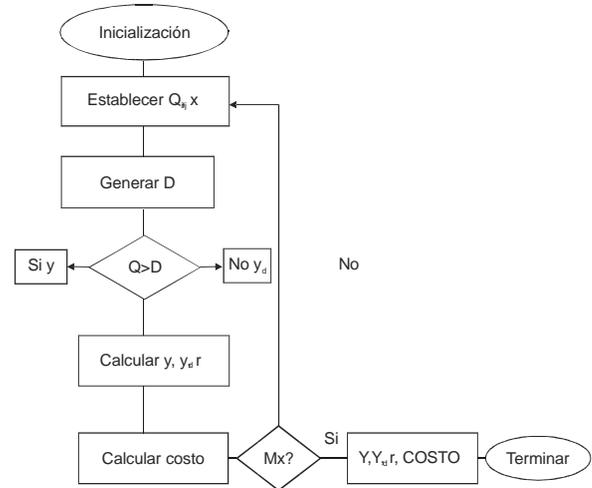
En el diagrama se incluye la asignación de los valores de los flujos  $x_{ij}$ , después de la asignación del valor  $Q_i$

Las recomendaciones emanadas de este trabajo se enumeran a continuación.

### POLÍTICA DE DISTRIBUCIÓN-INVENTARIO

1. Enviar de cada planta  $i$  a cada local  $j$  la cantidad de láminas  $x_{ij}$ , con  $i = 1, 2$  y  $j = 1, 2, 3$ , mencionada en la tabla anterior para cada tipo de madera.
2. Resurtir las láminas de cada tipo de madera cuando el nivel de existencia alcance el punto de reorden  $r_i$ , con

**Figura 5.**  
Diagrama de flujo del modelo de simulación Compañía Maderera (para cada artículo)



Fuente: Elaboración propia

$i = 1, 2$ , indicado en la tabla 7.

3. Solicitar la cantidad de láminas  $Q_i$ , con  $i = 1, 2$ , que se sugiere en la misma tabla.
4. Utilizar un nivel de seguridad igual al tamaño esperado de existencia en el almacén, para mantener el nivel deseado de atención al cliente.
5. El experimento se detiene cuando un cambio en uno de los parámetros conduce a un costo mayor que el obtenido en la corrida anterior.

### Conclusiones

Los costos generados con la simulación son menores que los obtenidos sin controlar el sistema distribución-inventario, en promedio, en un 18.23%.

Sin duda el resultado de aplicar algún control en el



inventario, simplemente el esfuerzo de llevar un registro correcto de su comportamiento y manejar el lote económico como tamaño de pedido, conduce a disminución de gasto, con mayor razón sucede cuando se sigue una política ensayada con un modelo de simulación construido con bases teóricas que conduce a los costos señalados en la tabla 7 con un nivel de confianza  $\alpha = .05$ .

Una gran ventaja de la simulación es ensayar

soluciones sin tener las consecuencias de un fracaso que se darían si se experimentara en el sistema real.

Se aporta el método de solución usado que consiste en particionar el problema complejo, en subproblemas relativamente fáciles de resolver, en los que la solución de uno facilita el manejo del siguiente, hasta llegar a la solución del problema completo, a un paso del nivel anterior.

## Referencias

- BAZARA S. MOKHTAR, SHERALI D. HANIF & SHETTY C.M., "Nonlinear Programming. Theory and Algorithms", John Wiley & Sons, New york, 2003, pp131-183.
- BOURGET DIAZ RAFAEL & SOTO RODRÍGUEZ ROGELIO, "Modelación de Sistemas Complejos con Dinámica de Sistemas y Lógica Difusa", 2003, Posgrado ITSM Monterrey, pp 51-59.
- CANAVOS GEORGE, "Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos", nov. 2005, Mc Graw-Hill, primera edición, pp 278-354.
- CASTRO CARLOS & VÉLEZ MARIO, "Modelo de Revisión Periódica para Control de Inventario en Artículos con Demanda Estacional. Una Aproximación desde la Simulación", 2009, Sparc Europe Award, 69(137),.
- COSS BU RAÚL, "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión", 2008, Ed. Limusa, Segunda Edición, 2ª, pp.75-128 .
- DELL AGNOLO MARCO ANTONIO, "Costos de Inventario. Planificación de Stocks y aprovisionamiento", Enero, 2006., Jornal Dyna, Universidad de Colombia, pp 43-45,
- FU, M.C., "Optimization for Simulation: Theory vs Practice", 2002, INFORMS Journal on Computing, 14, pp192-215.
- GALLEGO G. & OZER O., " A New Algorithm and a New Heuristic for Serial Supply Systems", Operations Research Letters, 33(4), , Julio 2005. pp 349-362
- GORDON GEOFFREY, "Simulación de Sistemas", 2004, Ed. Diana, 2ª Edición, pp 113-244.
- HILLIER FREDERICK & LIEBERMAN GERALD, "Investigación de Operaciones", 2010, Ed. McGraw-Hill, 7º edición. pp 871-913.
- KOK T., JANSSEN F. ET AL, "Phillips Electronics Synchronizes its Supply Chain to End the Bulwhip Effect", enero-febrero 2005, Interfaces, 35(1):, pp 37-48,
- LOVE F. STEPHEN, "Inventory Control", 1989, McGraw-Hill International Book Company, México, pp. 56-100.
- MENDENHALL WILLIAM, "Introducción a la Probabilidad y la Estadística", 2005, Internacional / iberoamérica, pp 210-226.
- MYERS H. RAYMOND & WALPOLE E. RONALD, "Probabilidad y Estadística para Ingenieros", 2002, Interamericana, México D.F., pp 97-102.
- NAVARRO CID JOSÉ, "Las Organizaciones como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio", 2002, Universidad de Barcelona, ISBN B.5220-2002/84-475-2666-6, España, pp.115-230.

• TAYLOR WILLIAM, "Production, Payroll, Inventory, Delivery ". 7Julio 1996., Industrial Engineering, vol.1, no, pp 36-39.

• TEKIN, E., SABUNCUOGLU: "Simulation Optimization: A Comprehensive Review on Theory and Applications", noviembre, 2004, IIE Transactions, 36(11); pp 1067-1081

• TIWARI, V. & GARVIRNENI S.: "ASP, The art and Science of Practice: Recoupling Inventory Control Research and Practice: Guidelines for Achieving Synergy", marzo-abril, 2007, Interfaces, 37 (2);, pp 176-186

• WARDFIELD JOHN N. "Process Leadership in Organizations", junio 2000, no.1, Serie Managing the Unmanageable", ITESM Campus Monterrey, pp 12-37,

# Convocatoria

REVISTA ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIONES

No. 27 (Segundo Semestre de 2011)

El Comité Editorial de la Revista Administración y Organizaciones convoca a los (las) investigadores(as) de las ciencias económico-administrativas, sociales y humanidades a enviar propuestas de artículos para ser publicados en el número 27 (segundo semestre de 2011) dedicado al tema “Sustentabilidad en las Organizaciones: Nuevos enfoques y nuevas formas de entender el concepto”

El concepto Sustentabilidad, toma auge y se generaliza a partir de 1987 con la publicación emitida por Naciones Unidas denominada “Nuestro futuro común” también llamada “El Informe Brundtland”, en este texto, el desarrollo sustentable se definió como “aquel que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Sin embargo las nociones de sustentabilidad desarrolladas en los años posteriores al Informe *Brundtland*, incluyeron una diversidad de aspectos vinculados a los procesos socioeconómicos, políticos, técnicos, productivos, institucionales y culturales que están relacionados con la satisfacción de las necesidades humanas. De este modo el *concepto de sustentabilidad se ha llegado a interpretar como una nueva alianza naturaleza-cultura fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y de la tecnología, y construyendo una nueva cultura política que promueve valores, creencias, sentimientos y saberes.*

En el caso de las organizaciones la sustentabilidad se ha entendido como la preocupación por satisfacer necesidades presentes incluyendo a nivel micro: el bienestar de sus propios empleados, de su comunidad, su entorno y su país y a nivel macro el bienestar global. En esta diversidad de elementos se incorporan atributos y actividades de corte ambiental, social y económico y se busca un equilibrio entre ellos. La sustentabilidad se relaciona con elecciones y decisiones diarias y tiene impacto en: la gente, las instituciones, los ecosistemas y el planeta.

En este número se propone discutir las distintas interpretaciones y posturas teóricas en torno al controvertido concepto de la sustentabilidad, así como experiencias específicas sobre resultados y aplicaciones en todo tipo de organizaciones.

Las líneas temáticas propuestas son las siguientes:

- a) Discusión sobre el concepto y sus interpretaciones
- b) Implicaciones territoriales de la sustentabilidad
- c) La sustentabilidad en las organizaciones civiles
- d) Sustentabilidad y actividades económicas
- e) Sustentabilidad y educación

150

Los artículos deberán inscribirse en el tema y cualquiera de los enfoques de esta convocatoria, sujetarse a lo establecido en los *"Lineamientos para autores"* y enviarse al correo electrónico [revista\\_ayo@correo.xoc.uam.mx](mailto:revista_ayo@correo.xoc.uam.mx) a más tardar el día 30 de julio del 2011.

## ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIONES

### LINEAMIENTOS PARA AUTORES

Los trabajos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Ser inéditos
- La extensión de los trabajos deberá tener como mínimo 15 cuartillas y 25 como máximo (incluyendo cuadros, gráficas o figuras), a doble espacio, 28 renglones y 68 golpes por línea, letra Arial 12 puntos.
- El trabajo deberá presentarse en el programa Word.
- El trabajo deberá estar acompañado de un resumen y su traducción al inglés (abstract) de 1/2 cuartilla cada uno de ellos.
- Se explicitarán las palabras claves que describen la temática abordada en el trabajo. (Español e inglés)
- Las características de los títulos y subtítulos serán las siguientes:  
Título: Mayúsculas, Negritas, Arial 14  
Subtítulo 1: Numerar en romano, Mayúscula, Negritas, Arial 12  
Subtítulo 2: Numerar en arábigo, Minúscula, Negritas, Arial 12  
Subtítulo 3: Numerar en decimales, Minúscula, Cursiva, Arial 12
- Las citas bibliográficas se deberán incluir dentro del texto y se presentarán entre paréntesis apellido paterno del autor y año de la publicación, es decir: (Guillén, 1991).
- Las notas se deberán presentar al final del texto.
- Los cuadros, gráficas y figuras que acompañen al texto serán numerados en sistema arábigo y deberán presentarse en original y en blanco y negro suficientemente contrastado y en letra legible.
- La bibliografía y referencias serán presentadas al final del texto y en forma Harvard, clasificándolas en fuentes bibliográficas, publicaciones periódicas y otras fuentes.

- Anexar una ficha que contenga los siguientes datos de autor (es): nombre completo, dirección, institución a la que pertenece, currículum vitae resumido (una cuartilla), área(s) de investigación de su especialidad, correo electrónico

A t e n t a m e n t e,  
"Casa Abierta al Tiempo"  
Comité Editorial RAYO