

10  
2 eje



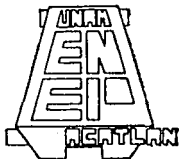
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"

LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA DE PRONOSTICO EN  
EL AREA EPIDEMIOLOGICA (EJEMPLIFICACION DEL CASO  
DEL SINDROME DE INMUNO DEFICIENCIA ADQUIRIDA)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN MATEMATICAS  
APLICADAS Y COMPUTACION  
P R E S E N T A :  
ADA RUTH CUELLAR AGUAYO



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

DIVISION DE MATEMATICAS E INGENIERIA  
PROGRAMA DE ACTUARIA Y MAC

SRITA. ADA RUTH CUELLAR AGUAYO  
Alumna de la carrera de Matemáticas  
Aplicadas y Computación,  
P r e s e n t e .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 24 de septiembre de 1992, me complace notificarle que esta Jefatura tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA DE PRONOSTICO EN EL AREA EPIDEMIOLOGICA (EJEMPLIFICACION DEL CASO DEL SINDROME DE INMUNO DEFICIENCIA ADQUIRIDA)", el - - cual se desarrollará como sigue:

INTRODUCCION

- CAP. I. Marco de Referencia.
- CAP. II. Planeación de la Simulación.
- CAP. III. Construcción del modelo matemático.
- CAP. IV. Evaluación y validación de la simulación.

CONCLUSIONES.

APENDICE.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFIA.

Asimismo fué designado como Asesor de Tesis la ACT. MARIA DEL CARMEN GONZALEZ VIDEGARAY, Profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá presentar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPañOL"  
Acatlán, Edo. Méx, diciembre 16 de 1993.

ACT. LAURA MARÍA RIVERA ZARZERRA  
Jefe del Programa

LMRB'cg.

## EL PLACER DE SERVIR

Toda la naturaleza es un anhelo de servicio.  
Sirve la nube, sirve el viento, sirve el surco.  
Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú;  
donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú;  
donde haya un esfuerzo que todos esquivan, acéptalo tú.  
Sé el que apartó la piedra del camino, el odio entre los  
corazones y las dificultades de un problema.  
Hay la alegría de ser sano y la alegría de ser justo; pero  
hay, sobre todo, la hermosa, la inmensa alegría de servir.  
Qué triste sería el mundo si todo él estuviera hecho, si  
no hubiera un rosal que plantar, una empresa que emprender.  
Que no te llamen solamente los trabajos fáciles. Es tan  
bello hacer lo que otros esquivan.  
Pero no caigas en el error de que sólo se hacen méritos con  
los grandes trabajos; hay pequeños servicios que son inmensos  
servicios: adornar una mesa, ordenar unos libros, peinar un  
niño, en tu hogar.  
Aquél es el que critica; éste es el que destruye; tú sé el  
que sirve.  
El servir no es sólo faena de seres inferiores.  
Dios, que da el fruto y la luz, sirve. Pudiera llamársele  
así: El que sirve.  
Y tiene sus ojos fijos en nuestras manos y nos pregunta cada  
día: ¿Serviste hoy? ¿A quién? ¿Al árbol, a tu amigo, a tu  
madre?

GABRIELA MISTRAL

A DIOS, por iluminar y guiar  
cada paso de mi existencia, y  
por otorgarme la maravillosa  
oportunidad de VIVIR y ser  
útil a los demás.

A mis padres René y Frida, por  
su eterno cariño, comprensión y  
apoyo a lo largo de toda mi vida;  
y por constituir un gran motivo  
de ejemplo, amor y respeto.

A mis abuelos Crisanto,  
Guadalupe, Juan, y en  
especial a mi abuela  
Adela, porque aunque ya  
no está aquí, me sigue  
haciendo falta y su imagen  
siempre estará en mi mente  
y en mi corazón.

A mis hermanos Juan René y  
Frida Janice con infinito  
cariño, por compartir  
conmigo los momentos más  
hermosos de mi infancia,  
y por constituir dos de  
los ejemplos y apoyos más  
importantes de mi vida.

A mis sobrinas Elizabeth y  
Berenice, así como a ese (a)  
pequeñín (a) que viene en camino,  
con gran cariño y como una  
muestra de cuán importante  
es el estudio para vivir feliz.

A mis cuñados Lourdes y  
Edgar, con el afecto y  
respeto que se merecen,  
así como a mis tíos,  
primos y demás  
familiares por las  
demostraciones de  
afecto y cariño que  
siempre me han mostrado.

A Ivar, por todo el amor  
brindado, por compartir  
conmigo sus sueños e  
ilusiones, por apoyarme  
y permitirme en estos  
momentos ser su compañera,  
y por constituir el motivo  
más importante de mi  
existencia.  
Gracias por estos años  
maravillosos.

A la familia González Juárez,  
como una muestra de agradeci-  
miento a la confianza mostrada  
y por abrirme sinceramente las  
puertas de su casa y de su  
corazón.

A Cecy, porque a pesar de  
la muerte es difícil  
olvidar su sincera  
amistad.

A mis amigas Mayra, Laura,  
Coco y Tere, por su amistad  
y cariño; y en especial a  
a las tres últimas, por su  
valiosa colaboración en este  
trabajo.

A la actuaría María del Carmen  
González Videgaray, con admiración,  
respeto y agradecimiento, por su  
desinteresada ayuda y asesoría; y  
por constituir para mí, un ejemplo.

A la Universidad Nacional  
Autónoma de México y a mis  
profesores de la carrera  
de Matemáticas Aplicadas  
y Computación, por todos  
los conocimientos que a  
través de sus aulas me  
proporcionaron.



## INDICE

Introducción .....	9
Capítulo I. Marco de referencia .....	11
1.1. Epidemiología .....	11
1.1.1. Definición .....	11
1.1.2. Historia .....	12
1.1.3. Clasificación .....	14
1.1.4. Vacunas .....	20
1.2. SIDA .....	22
1.2.1. Definición .....	23
1.2.2. Historia .....	24
1.2.3. Morfología del virus de Inmuno Deficiencia humana (VIH) .....	26
1.2.4. Señas particulares del VIH .....	28
1.2.5. Transmisión del VIH .....	28
1.2.6. Patrón de comportamiento .....	30
1.2.7. Vacuna contra el SIDA .....	32
Capítulo II. Planeación de la simulación .....	35
2.1. Definición de simulación .....	35
2.2. Organización de la simulación .....	38
2.3. Ventajas y desventajas de la simulación .....	43
2.4. Series de tiempo y metodología de Box & Jenkins ..	44
Capítulo III. Construcción del modelo matemático .....	57
3.1. Formulación del problema .....	57
3.2. Conceptualización del modelo .....	58
3.3. Obtención y procesamiento de los datos .....	59
3.4. Formulación, estimación, implementación y evaluación del modelo .....	60
3.4.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales .....	61
3.4.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales .....	67
3.4.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Donadores Remunerados .....	74
3.4.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas .....	76
3.4.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos .....	86
3.4.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos Intravenosos .....	91
3.4.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales Drogadictos Intravenosos .....	97
3.4.8. Casos notificados de SIDA por vía perinatal .....	101
3.4.9. Casos acumulados de SIDA en diferentes tipos de transmisión .....	107

Capítulo IV. Evaluación y validación de la simulación ...	109
4.1. Evaluación del modelo .....	109
4.2. Validación de los resultados .....	111
4.2.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales .....	111
4.2.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales .....	112
4.2.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Donadores Remunerados .....	114
4.2.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas .....	115
4.2.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos .....	117
4.2.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos Intravenosos .....	118
4.2.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales Drogadictos Intravenosos .....	119
4.2.8. Casos notificados de SIDA por vía perinatal .....	120
4.3. Diseño del experimento .....	122
4.4. Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones .....	122
4.4.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales .....	122
4.4.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales .....	122
4.4.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Donadores Remunerados .....	123
4.4.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas .....	123
4.4.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos .....	123
4.4.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos Intravenosos .....	123
4.4.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales Drogadictos Intravenosos .....	124
4.4.8. Casos notificados de SIDA por vía perinatal .....	124
Conclusiones .....	125
Apéndice .....	127
Glosario .....	151
Bibliografía .....	153

## INTRODUCCION

No cabe duda que para cualquier estudiante que cursa la licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación comienzan, en un momento dado, a surgir dudas acerca del cómo, cuándo, dónde y por qué aplicar los conocimientos adquiridos a través de la carrera.

En mi caso personal, no fue sino hasta séptimo semestre (cuando me inicié en la preespecialidad de Simulación y análisis de decisiones), que me di cuenta de cuán importante puede ser el sentir que uno puede ayudar en gran medida a la solución de cualquier problema y que además se tienen las herramientas adecuadas para ello.

Básicamente la historia de este trabajo comenzó cuando por primera vez se nos pedía en la materia de "Modelos y Simulación", el tratar de simular un fenómeno real y aplicar casi todos los conocimientos -que hasta ese momento permanecían intactos en nuestras mentes- en un trabajo de investigación. Desde ese momento nos dimos cuenta (mis compañeras de equipo y yo) del enorme esfuerzo que representa "el salir del cascarón" y buscar un problema real en dónde desenvolvernos como verdaderos profesionistas. La tarea no fue fácil; sin embargo, y después de mucho pensarlo, decidimos elegir el problema del SIDA, pues hoy por hoy es un fenómeno patológico que afecta a gran parte de la sociedad.

No obstante, elegir el tema no era lo más difícil, pues faltaba la gran investigación de campo que esto conlleva y el escoger en forma exacta y sin equivocación un modelo que se ajustara para poder simularlo. Al tratar de concluir el trabajo, nos percatamos de que aún nos hacía falta el conocer otro tipo de modelos y/o distribuciones que se ajustaran a este fenómeno tan complejo que en realidad parecía imposible de simular; por lo que decidimos, darle vuelta a la hoja y salir del paso (y de la materia) encaminando nuestros pocos conocimientos a otro fenómeno real (una línea de espera), aunque con la firme intención de algún día definir el modelo que se ajustara al comportamiento del SIDA.

Gracias a la materia de "Modelos de decisión con Procesos estocásticos II" que se refiere a la metodología de Box y Jenkins, pudimos por fin establecer un modelo tentativo para el comportamiento de esta enfermedad; de donde llegué a la conclusión de que, si se podía simular un fenómeno tan complejo como el SIDA (aunque fuera a corto plazo), también se podría simular el comportamiento de cualquier enfermedad de tipo epidemiológico que causa gran daño a la sociedad.

De aquí en adelante, el camino a seguir fue aún más difícil, pues no contaba con el apoyo del equipo interdisciplinario adecuado; sin embargo valió la pena, pues creo yo, que aunque no está en mis manos el erradicar alguna epidemia (pues no soy epidemióloga), puedo contribuir de alguna manera, advirtiendo qué "puede" ocurrir en un futuro no muy lejano, bajo ciertas circunstancias.

En sí, el objetivo de esta tesis consiste en demostrar la importancia y utilidad de los modelos matemáticos de simulación en el pronóstico del comportamiento de enfermedades epidemiológicas, ejemplificándolo a través del Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida.

Por ello, es que este trabajo se divide en 4 capítulos:

I. Marco de referencia, en el cual se plasman las definiciones más importantes y relevantes de la epidemiología;

II. Planeación de la simulación, que mostrará la metodología que deberá seguirse en el planteamiento de un modelo de simulación;

III. Construcción del modelo matemático, en el cual se particularizará en el caso del SIDA;

IV. Evaluación y validación de la simulación, que nos indicará si el modelo construido se asemeja o no a la realidad.

Cabe mencionarse, además, que independientemente de los 4 capítulos de este trabajo, existirá un glosario para ayudar a entender ciertos conceptos que pueden ser desconocidos para el lector, que, sin duda, será el mejor juez para este modesto trabajo de investigación.

"Basta ver una enfermedad cualquiera como un misterio, y temerla intensamente, para que se vuelva moralmente, sino literalmente, contagiosa"

## I. MARCO DE REFERENCIA

Susan Sontag

### 1.1. EPIDEMIOLOGIA

La epidemiología, como la mayoría de la gente supone, podría ser considerada como una rama importantísima de la medicina que describe aspectos determinantemente patológicos y que afectan en gran medida a toda sociedad.

Sin embargo, a veces se tiene una definición errónea del significado real del concepto "epidemia", pues en la mayoría de los casos, empíricamente "creemos" que se trata de alguna enfermedad infecciosa, es decir, una alteración producida en el organismo por la presencia de ciertos parásitos, que ataca a un gran porcentaje de cierta población, y que se "transmite" a otros miembros de la misma con facilidad.

No obstante, contrariamente a lo que se cree, una enfermedad epidemiológica no necesariamente es una enfermedad transmisible. Para aclarar esto, se necesita comprender aspectos teóricos y médicos, que en la mayoría de los casos desconocemos, pero que ayudan a resolver, o por lo menos a plantear, algunos problemas que de esta rama de la medicina se derivan.

Este aspecto teórico del que hablamos, será cubierto en el desarrollo de este capítulo, de tal forma que se presentarán definiciones, clasificaciones y algunos patrones de comportamiento de ciertas epidemias, para poder alcanzar el objetivo real de este trabajo.

#### 1.1.1. Definición

"Epidemiología proviene de epidemia y el griego logos (tratado). Es la ciencia que estudia todo lo relacionado a las epidemias; causas directas e indirectas, propagación, extinción, prevención, sus efectos demográficos y económico-sociales, etc..." (1)

Como se mencionó anteriormente, el concepto de "epidemia" se ha

---

(1) Diccionario Enciclopedia Salvat, T.5, p. 1208.

deformado, lo cual acarrea ciertos errores en el estudio de algunas enfermedades. Para aclarar lo anterior, y para poder realizar un estudio verdadero de las epidemias, se presentan a continuación dos definiciones de su significado "real":

a) El concepto epidemia proviene del griego epi (sobre) y demos (pueblo). Es una enfermedad infecciosa (no necesariamente transmisible) que ataca de un modo accidental y al mismo tiempo, a un número de personas.

b) "Según Littré, se trata de una 'enfermedad contagiosa o no, que ataca a un gran número de personas'... esta definición, permite considerar como epidemias a enfermedades que no son infecciosas" (2)

Estas conceptualizaciones sencillas nos permiten deducir que se considera como epidemia a cualquier enfermedad que ataca a gran parte de una población. Por ello, todo estudio epidemiológico representa tres etapas básicas:

1. El conocimiento teórico y práctico de las condiciones etiológicas de las enfermedades;

2. Una encuesta sobre el enfermo y los elementos de la cadena epidémica; y

3. La organización de la lucha individual y colectiva, o sea, una profilaxis o profilaxia eficaz.

Como se puede observar, esto no implica una tarea fácil, pues en innumerables casos, los aspectos citados anteriormente dada una epidemia, difieren enormemente de otra. Por ello, y por la multiplicidad de las epidemias, es que en los tratados de la epidemiología han existido, y todavía existen grandes errores que impiden erradicarlas por completo. No obstante, mientras se descubre el "hilo negro" para evitar su multiplicidad y acabar definitivamente con ellas, el hombre debe de encontrar la manera de estudiarlas y prepararse para enfrentar posibles pandemias (Extensión de una enfermedad contagiosa y/o epidemia a muchos países) futuras. Esto lo logrará mediante la observación del comportamiento de cada enfermedad epidemiológica y realizando pronósticos que sean lo más apegados a la realidad.

### 1.1.2. Historia

De acuerdo a la definición de "epidemia", sabemos que no

---

(2) HARVANT, Hervé, Las epidemias, Colección ¿Qué sé?, N.51, p.15.

necesariamente es un sinónimo de enfermedad transmisible, sin embargo, éstas últimas constituyen el mayor porcentaje de enfermedades epidemiológicas registradas en toda la Historia. Es por ello que desde tiempos muy remotos, el hombre intentó interpretar los medios de aparición y de propagación de las enfermedades transmisibles, los cuales durante largos siglos fueron catalogados como "misterios".

Además, nuestros antepasados se habían aficionado a describir ciertas epidemias observadas, anotando su ciclo a lo largo de los años y su evolución a favor de los cambios estacionales.

No obstante, el hecho de que se considerara a las epidemias como una influencia de aspectos cósmicos o intervenciones de poderes divinos o infernales, frenaba en mucho la profundización en su estudio. Por ejemplo, se pensaba que la peste provenía del "soplo 'pestilente' emanado de un cofre de oro que un soldado romano había forzado en el templo de Seleucia". (3)

De este modo, mientras el hombre trataba de encontrar las causas en teorías tan absurdas como la anterior, por otro lado sufría los estragos del sarampión, confundido durante mucho tiempo con la escarlatina, la viruela que hizo su aparición en la India y China, aproximadamente 1000 años antes de la era cristiana y que alcanzó toda su extensión en la Edad Media debido a las luchas y a los lugares de ubicación.

Esto hizo ver, que aunque se seguía considerando a "algo sobrenatural" como la causa primordial de las grandes epidemias, habían factores que influenciaban en cierta forma al contagio; de manera que comenzaron a promulgarse prescripciones de higiene elementales para evitar las propagaciones de las enfermedades, muchas de ellas contempladas en escritos antiquísimos como las Constituciones Médicas.

Sin embargo, a pesar de estos avances, aún se buscaban las causas extrínsecas e intrínsecas que originaban las enfermedades.

Incluso, se llegó a insinuar la existencia de un humor al que se le dio el nombre de "pecante", el cual era considerado la causa y efecto del mal y cuya terapéutica tenía que obtener la destrucción o la evacuación.

Pese a lo anterior y con el paso del tiempo, fueron desenmarañándose las causas verdaderas de muchas enfermedades infecciosas como la viruela, la rabia, el cólera, etc...; por ejemplo, "Théophile de Bordeu había anunciado desde el siglo XVIII

---

(3) HARVANT, op-cit, p. 6.

que las enfermedades infecciosas eran causadas por unas 'simientes venidas del exterior' y que 'permanecen invisibles a nuestra vista'". (4)

Así, gracias a las obras de Pasteur y a sus predecesores inmediatos, parece que todo se aclara: cada enfermedad está causada por un agente infeccioso determinado. Los epidemiólogos buscan este agente en la naturaleza y en los organismos vivos, sanos o enfermos que lo encierran y tratan de destruirlo con medidas profilácticas cada vez más sencillas, dando como resultado el nacimiento de la epidemiología moderna.

Sin embargo, el estudio no queda ahí, ya que día con día aparecen nuevas enfermedades, nuevos agentes patógenos que poseen características sumamente diferentes, lo cual implica que en muchas ocasiones los métodos dados sean decadentes.

Inclusive, como se mencionó con anterioridad, existen epidemias no transmisibles tales como la poliomielitis y otras ocasionadas por agentes patógenos diferentes a los virus, los cuales deben ser estudiados por epidemiólogos, vigilando su comportamiento, y además deben ser erradicados completamente de toda sociedad.

#### 1.1.3. Clasificación

Las epidemias, debido a su comportamiento tan heterogéneo, pueden ser clasificadas de innumerables maneras; ya sea por el agente patógeno que las origina, por lo síntomas o desarrollo que presentan a lo largo de su evolución, o simplemente por su comportamiento poblacional o tendencia, entendiéndose como ello, al tipo de curva que describen las observaciones o el número de casos registrados en el paso del tiempo.

Por ello es muy importante definir perfectamente qué tipo de clasificación conviene utilizar, según la delimitación del estudio que se realiza; esto es, emplear las herramientas estrictamente necesarias para el logro de algún objetivo en particular. Por ejemplo, si se desea pronosticar el número de casos de cólera que existirán en los Estados Unidos en el año 1995, conviene utilizar la última clasificación, ya que definirá en forma aproximada qué tendencia sigue dicha epidemia de acuerdo a comparaciones con casos parecidos, observados anteriormente.

A continuación, se presentarán algunas clasificaciones útiles,

---

(4) HARVANT, op-cit, p. 12.



que ayudarán en el estudio de las epidemias:

a) Clasificación de acuerdo a los agentes patógenos.

La etiología es la disciplina médica que se propone investigar y estudiar las causas de las enfermedades. Estas causas pueden ser mecánicas, físicas, químicas o biológicas. Actualmente se sabe, que las epidemias son causadas por gérmenes agresores, los cuales no actúan solos, y su acción se sitúa en un complejo patógeno, implicando para el epidemiólogo la obligación de estudiar de cerca todo un conjunto de condiciones extrínsecas llamadas "favorables", como el medio ambiente y el terreno.

El exámen de las condiciones de una enfermedad epidemiológica requiere el estudio de agentes patógenos y de su modo de agresión. No obstante, en este trabajo no se tratará de estudiar extensamente la naturaleza de los diversos agentes patógenos, pues sería emprender una investigación demasiado ambiciosa. Sólo se mencionarán los principales agentes infecciosos que pertenecen a los grupos siguientes:

1. Bacterias.- Constituyen en el momento actual una serie muy importante de gérmenes de diversa morfología. Entre ellos se encuentran las parvobacterias (peste), enterobacterias (fiebre tifoidea, salmonelosis), microbacterias (Bacilo de Hansen que provoca la lepra), etc...

2. Espiroquetas.- Son unos curiosos microorganismos en forma de espiral, distintos de los espirilos que no tienen el cuerpo rígido y de los protozoos que no poseen núcleo. Entre ellos se encuentran los agentes que provocan la sífilis y algunos síndromes asociados al Mal del Pinto o carate.

3. Rickettsias.- Aparecen como unos gérmenes de tamaño muy pequeño. Las enfermedades que determinan dichos microorganismos son de las que más se presentan a consideraciones muy interesantes sobre la evolución de los complejos patógenos. Se encuentran en los límites de una morfología desvanecida y muchas veces con un comportamiento de "ultravirus".

4. Virus.- Son considerados de acuerdo a numerosos especialistas como unas especies muy "dispares". Sufren transformaciones, son de morfología diferente unos a otros, actúan muchas veces interrelacionándose con huéspedes intermediarios en los cuales sufren cierta incubación, etc... La mayoría de las epidemias son originadas por virus; viruela, herpes, rabia, poliomiелitis, sarampión, fiebre amarilla, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, etc...

5. Parásitos.- Entre los verdaderos parásitos, hay algunos que merecen ser nombrados debido al grado de morbidez elevado, del cual son responsables, atacando a un gran número de personas a la vez y sometidos al mismo complejo patógeno: paludismo, filariasis de bancroft, etc..

b) Clasificación de acuerdo a su incubación.

Una vez que un agente patógeno ha penetrado en el organismo, la enfermedad evolucionará desarrollando sus diversas fases:

- Incubación. Tiempo que transcurre entre el momento de la penetración del germen y la aparición de los primeros síntomas.
- Invasión. Tiempo en el cual el germen ataca diversas partes del organismo.
- Periodo de estado. Tiempo de convalecencia del enfermo, o duración de la enfermedad.
- Complicaciones posibles.
- Terminación.

Para evitar la propagación de ciertas epidemias, si se trata de enfermedades transmisibles, o para atacar al mal a tiempo, muchas veces las medidas de profilaxis individual se basan en el tiempo de incubación de las epidemias, clasificándolas como sigue:

a) Duración de hasta 15 días: Cólera (1 a 5 días);  
 Tosferina (8 días);  
 Difteria (2 a 7 días);  
 Fiebre amarilla (2 a 5 días);  
 Gripe (2 a 4 días);  
 Peste (2 a 10 días);  
 Sarampión (10 días);  
 Escarlatina (3 días);  
 Varicela (14 días);  
 Viruela (12 días);  
 etc...

b) Duración de hasta 30 días: Parotiditis o paperas (21 días);  
 Fiebre Tifoidea (9 a 21 días);  
 Rubeola (15 a 21 días);  
 etc...

c) Duración de hasta 60 días: Rabia (10 a 60 días);  
 Tétanos (2 a 60 días);  
 etc...

- d) Duración de más de un año: Lepra (30 años);  
 SIDA (5 a 10 años en adultos);  
 etc...

c) Clasificación de acuerdo a su comportamiento poblacional.

En una gran mayoría de casos referentes a la epidemiología y las enfermedades infecciosas, especialmente en las bacterias y víricas, es de suma importancia recordar cuáles son las modalidades del poder patógeno de los gérmenes. Hay que tomar en cuenta:

1) La virulencia, es decir, el poder de vegetación en vivo, pues muchos gérmenes actúan solamente por su virulencia: presencia, multiplicación y dispersión en el organismo viviente. Esta virulencia está exaltada, en general, por el paso de hombre a hombre, pues en principio tienen tendencia a aumentar de gravedad; luego por diversas razones (rivalidad de gérmenes, acción de los bacteriófagos, etc...) la epidemia se estabiliza y va decreciendo.

2) La toxicidad, es decir, la propiedad que tienen ciertos microbios de segregar toxinas peligrosas y a veces mortales para la especie humana.

3) La vitalidad y el grado de resistencia fuera del organismo humano.

4) Posibles asociaciones microbianas que intervienen, ya sea para exaltar la virulencia de un germen determinado o para disminuirla cuando se crea un antagonismo entre dos o más organismos.

5) La especificidad microbiana fundada sobre un conjunto de caracteres fisicoquímicos y sobre el poder patógeno experimental, lo que condiciona la clasificación etiológica de las enfermedades transmisibles.

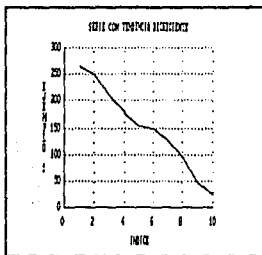
Los puntos anteriores, conjuntados con la sintomatología y las medidas profilácticas se comportan o se clasifican en las siguientes formas:

1) Tendencia Decreciente.

A este tipo de curva pertenecen las enfermedades epidemiológicas que van siendo erradicadas de la población bajo estudio, gracias a la lucha emprendida hace años por parte de bacteriófagos o por las condiciones actuales que van exterminando al agente patógeno.

Se caracterizan por tener en principio un número bastante elevado de enfermos, los cuales al paso del tiempo van descendiendo en forma muy acelerada.

Entre estos casos podemos mencionar a la lepra, poliomielitis, viruela, etc..., que en la mayoría de los países se han erradicado por completo gracias a la vacunación oportuna, las normas de higiene, y otros factores externos.

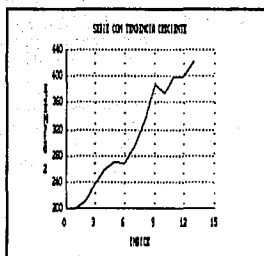


## 2) Tendencia creciente.

A este tipo pertenecen aquellas enfermedades que no han podido ser atacadas, es decir, no existen hasta ahora vacunas o agentes externos que ayuden a eliminar en gran escala su propagación. Generalmente se trata de enfermedades incurables, pero con un periodo de duración muy extenso, de tal forma que el enfermo posee el agente patógeno hasta el día de su deceso, y por ende, se convierte en agente transmisor de la enfermedad, haciendo con ello que la población de enfermos crezca considerablemente.

Entre estas enfermedades podemos mencionar a algunos síndromes como el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida.

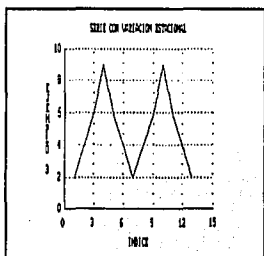
Para ejemplificar este tipo de tendencia, por favor véase la gráfica que se presenta en la siguiente página:



### 3) Curva con variación estacional.

A este tipo pertenecen la mayoría de las enfermedades, las cuales en muchos textos son conocidas como "enfermedades tropicales".

Sufren variación estacional porque existen épocas en las cuales los casos aumentan, posteriormente se estabilizan y por último, gracias a factores, generalmente externos, disminuyen. Este comportamiento, se va repitiendo con el paso del tiempo, cuando se encuentra con agentes favorables para su desarrollo: épocas o regiones calurosas, por ejemplo.



Cabe mencionar que en la mayoría de los casos no se describen curvas perfectamente definidas, pues debido a ciertos factores ajenos a la enfermedad, suelen presentarse fluctuaciones aleatorias que en muchas ocasiones impiden el estudio a la perfección de la enfermedad.

Más adelante se verá, que de acuerdo al objetivo de esta tesis, la clasificación que se utilizará será ésta última, debido que se buscará determinar y/o pronosticar el número de casos de SIDA durante cierto periodo de tiempo en la República Mexicana, para tomar las medidas de control necesarias.

#### 1.1.4. Vacunas

La mejor manera de combatir un padecimiento es prevenirlo, y las vacunas son las armas más sencillas y eficaces para hacerlo.

Gracias a las vacunas, las campañas contra muchas enfermedades infecciosas han llegado a ser tan efectivas que, por ejemplo, la viruela ya desapareció del planeta.

Una vacuna es la introducción al cuerpo de un microorganismo de tal forma que produzca una respuesta de defensa (inmunológica) y el individuo posteriormente sea resistente a la infección al exponerse a la enfermedad. Las vacunas funcionan aprovechando la capacidad que tiene el organismo, a través del sistema inmunológico, de "recordar" una molécula reconocida como extraña por el organismo (antígeno). De esta manera, una vez que nuestro sistema inmunológico se ha puesto en contacto con un microorganismo y lo ha identificado como extraño, es capaz de reconocerlo cuando se pone en contacto con él, y de mostrar una respuesta mucho más energética y efectiva para destruirlo o inactivarlo, que cuando lo identificó por primera vez.

En general, la estrategia que se emplea en la vacunación es la de introducir al organismo el antígeno en una forma inocua para el individuo, para que cuando se ponga en contacto posteriormente con la forma dañina, el sistema inmunológico lo reconozca y lo inactive rápidamente.

Para evitar que un microorganismo produzca daño al introducirlo en el organismo, básicamente se utilizan los siguientes recursos:

##### 1. VACUNAS CON MICROORGANISMOS MUERTOS O INACTIVADOS.

En estas vacunas se utilizan diferentes técnicas para matar

o inactivar el germen y con esto se evita que al introducirlo se produzca la enfermedad. Por ejemplo, la vacuna contra la tosferina está elaborada con bacterias inactivadas químicamente.

## 2. VACUNAS CON MICROORGANISMOS ATENUADOS.

En estas vacunas se disminuye la capacidad del germen de provocar daño, al infectar diferentes animales, cultivos o por manipulación genética. Por ejemplo, la vacuna contra el sarampión o vacuna contra la poliomielitis.

## 3. VACUNAS DE FRAGMENTOS O SUBUNIDADES DE MICROORGANISMOS.

Para eliminar el posible riesgo de producir la infección, existen algunas vacunas que no utilizan el microorganismo completo, sino fragmentos que son importantes en la inducción de protección. Por ejemplo, la vacuna contra el tétanos que sólo utiliza la toxina modificada o atenuada, producida por la bacteria causante del tétanos.

No obstante, no siempre es posible obtener una vacuna contra la infección. En ciertas circunstancias, se encuentran algunos problemas difíciles de resolver:

1. Cuando existen varios microorganismos que producen una enfermedad. Por ejemplo, el catarro común es producido por más de 100 tipos de virus y para lograr una protección efectiva se tendrían que administrar a cada individuo más de 100 vacunas.

2. Cuando un microorganismo cambia mucho su estructura (mutación) y por lo tanto, se requiere de varias vacunas para cubrir todas las variantes de un mismo germen. La vacuna desarrollada contra una estructura determinada ya no sirve en el momento en que cambia a una estructura diferente. Es lo que ocurre con los 3 tipos de virus que provocan la gripe o influenza.

3. Existen algunos microorganismos que se mantienen latentes en el cuerpo y posteriormente, por mecanismos generalmente desconocidos, se reactivan produciendo daño o una nueva enfermedad. El virus de la varicela podría dejar una protección permanente contra este padecimiento, mediante la vacuna, pero puede permanecer latente y posteriormente producir "herpes zoster" al reactivarse años después.

Pueden además, existir problemas relacionados con el individuo que recibe la vacuna. Si el sistema inmunológico se encuentra disminuido o no funciona adecuadamente, puede suceder que no se obtenga una respuesta adecuada de protección, y al introducir

microorganismos vivos desarrolle la enfermedad. Por ejemplo, un paciente con leucemia al que se le aplica una vacuna con microorganismos vivos puede desarrollar la infección más fácilmente que cualquier otra persona.

Por todo lo anterior, es de suma importancia tomar medidas "preventivas" para ciertas enfermedades, de las cuales no se tiene una vacuna o un medicamento efectivo. Tal es el caso del SIDA, que a pesar de los esfuerzos millonarios que se están realizando para encontrar una vacuna, se ha afirmado repetidamente que no habrá vacuna antes de que termine el siglo XX, debido a que los investigadores que están tratando de obtener dicha vacuna han tenido que enfrentar problemas muy complejos.

### 1.2. SIDA

Como se ha mencionado con anterioridad, a lo largo de la Historia de la humanidad, las enfermedades epidemiológicas han tenido una papel especial en el desarrollo de todas sociedades.

Algunas epidemias han sido superadas por el avance en el conocimiento científico y por la disposición de técnicas para prevenirlas o combatirlas; otras persisten después de siglos, como la tuberculosis y la gripe; y unas cuantas emergen como condiciones nuevas, para las que aún no se está lo suficientemente preparado.

El SIDA se ubica dentro de este último grupo, y al igual que otras epidemias (en su tiempo), va acompañado de una serie de prejuicios o acciones sociales, que dificultan su tratamiento y cura, además de que el conocimiento científico y la tecnología a pesar de haber alcanzado un alto desarrollo no ha podido disminuir o erradicar la enfermedad. Por ello es que esta epidemia se ha catalogado como una enfermedad que influye no sólo en una cuestión meramente médica, sino por el contrario, atañe a la salud pública convirtiéndose en un fenómeno social.

El SIDA en poco más de una década ha logrado que numerosos países industrializados o en vías de desarrollo unan sus fuerzas y sus estudios para contrarrestar la enfermedad, debido a que el número de casos va incrementándose a una velocidad verdaderamente alarmante.

En este apartado nos concentraremos exclusivamente en saber qué es esta enfermedad, su etiología y el patrón de comportamiento de la misma, que implica en un cierto grado, catalogarla como una pandemia de grandes proporciones.



### 1.2.1. Definición

El SIDA significa Síndrome (conjunto de síntomas y signos de una enfermedad que tiene múltiples causas) de Inmunodeficiencia (Debilitamiento del sistema inmunológico o de defensa) Adquirida (Que se adquiere por algún mecanismo de transmisión); "es una enfermedad producida por un virus 'nuevo' y mortal, el VIH (Virus de inmunodeficiencia humana), capaz de instalarse en las células y permanecer allí por años antes de manifestarse. Durante este periodo el individuo es, a la vez, infectante, es decir, capaz de transmitir la infección". (5) Consiste en el abatimiento de los mecanismos de defensa natural del cuerpo humano, dejándolo a merced de numerosas enfermedades infecciosas, conocidas como "enfermedades oportunistas".

Cuando una persona contrae el virus del SIDA, puede tardar unos pocos meses en manifestar síntomas de la enfermedad; también puede ser que pase varios años en estado asintomático o incluso, puede no manifestar nunca ningún signo del SIDA, pero quedar como portador.

A pesar del desarrollo científico actual, no existe hasta ahora, tratamiento ni vacuna en contra del VIH, por lo que una vez que se desarrolla conduce a la muerte del individuo que lo posee en un tiempo relativamente corto.

Los principales signos o síntomas del SIDA son:

1. Inapetencia y pérdida de peso inexplicable.
2. Fiebres intermitentes y sudores nocturnos.
3. Ganglios linfáticos inflamados.
4. Diarrea persistente inexplicable y abundante.
5. Dolores musculares y de las articulaciones.
6. Cansancio prolongado inexplicable.
7. Infección de vías respiratorias frecuentes (altas y bajas).
8. Posibles erupciones o manchas en la piel (como alergia).

Así mismo, contrariamente a lo que se pensó en un principio, el

---

(5) SEPULVEDA AMOR, Jaime, y otros, Sida, ciencia y sociedad en México, 1989, p. 17.

SIDA no afecta sólo a personas con prácticas homosexuales o bisexuales, adictas a las drogas inyectadas o haitianos; ya que cualquier persona puede contraer esta enfermedad sea hombre, mujer, joven, niño o adulto.

### 1.2.2. Historia

No se sabe exactamente cuál es el origen geográfico del virus del SIDA, ni en qué momento se convirtió en agente patógeno para el hombre. Se cree que los primeros casos ocurrieron hace décadas, pero por tratarse de casos aislados con una sintomatología extraña, no se encontraba relación alguna con otros padecimientos, y menos aún se sospechaba estar frente a una nueva y gravísima enfermedad.

Entra algunos de los casos que se presentaron antes de 1983 (fecha en la cual se conoció la existencia del SIDA en México), y que presuntamente se cree que se trataron de sujetos que poseían el VIH se tienen los siguientes:

1959.- En Zaire, se reportó un suero positivo a la prueba de anticuerpos contra el VIH, con confirmación de la misma, que se mantenía congelado desde finales de los años cincuenta.

1969.- Un adolescente de 15 años murió en San Luis Missouri, con Sarcoma de Kaposi e infecciones oportunistas.

1976.- La muerte de una familia noruega. El padre presentó desde 1966, un cuadro clínico con infecciones respiratorias frecuentes. Murió en abril de 1976. La madre presentó desde 1967 infecciones recurrentes. A partir de 1973 el cuadro empeoró con diagnóstico de leucemia, y un cuadro neurológico progresivo. Murió en diciembre del mismo año. La niña presentó infecciones bacterianas graves con complicaciones pulmonares, y murió en enero. En los tres casos se confirmó el diagnóstico de SIDA, al realizar pruebas de Elisa y Western Blott en sueros congelados desde 1971.

1977.- Una secretaria originaria de Zaire, viajó a Bélgica para conocer la razón de sus infecciones respiratorias e intestinales persistentes. Un año más tarde murió con un cuadro clínico compatible con el SIDA.

Desde 1978 se tuvo noticia de casos que aparecieron en Estados Unidos, en hombres homosexuales jóvenes con Sarcoma de Kaposi, por lo que al inicio de la epidemia se sospechó que la causa estaba asociada con algún factor inherente a las relaciones homosexuales, lo cual produjo un retraso en la definición de las poblaciones en

riesgo, y, a que no se formularan recomendaciones para evitar el contagio entre la población heterosexual. En junio de 1981 fue cuando se publicaron los primeros 5 casos de una enfermedad infecciosa poco común, neumonía por "Pneumocystis Carinni" en hombres homosexuales relativamente sanos. A principios de 1982 se notificaron casos similares en drogadictos intravenosos, haciendo con esto que se relacionara a ambos grupos con la enfermedad, ya que tenían afectado en la misma forma el sistema inmunológico. Entre 1982 y 1983, empezaron a aparecer otros afectados, como hombres bisexuales, receptores de transfusiones sanguíneas, hemofílicos, las parejas sexuales de los pacientes y algunos de sus hijos, por lo que se hizo evidente la existencia de otros grupos afectados y otros vectores de transmisión. Fue hasta entonces que se creó el término de SIDA: Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida.

El misterio que envuelve a la enfermedad, y el hecho de que para fines prácticos se trate de una enfermedad de transmisión sexual han determinado por un lado, que esté rodeada de mitos sobre su contagiosidad, y por otro, explican el afán que ha existido por negar el fenómeno y/o buscar y estigmatizar poblaciones.

El origen del VIH se ha prestado mucho para lo anterior. Los países occidentales han culpado al África de ser la cuna y el foco de diseminación del SIDA, y viceversa; en Estados Unidos se consideró a los haitianos como "grupo de alto riesgo" y foco de diseminación de la infección, con la consiguiente persecución y estigmatización de los residentes de ese país en Estados Unidos, etc.

El conocer el lugar donde empezó la epidemia, y estudiar qué otras poblaciones animales se encuentran infectadas por virus similares, puede dar luz sobre los mecanismos patológicos de la enfermedad, así como pistas para su posible control. No obstante, en realidad tiene menor importancia conocer de dónde proviene el SIDA que el saber hacia dónde se dirige.

Independientemente del mal que dicha enfermedad produce, se han conjuntado fuerzas para detenerla; sin embargo, al carecer de drogas o vacunas efectivas para contrarrestarla, el único recurso al alcance de toda sociedad es la "educación"; aunque a decir verdad, ninguna campaña de educación sanitaria tiene, ni remotamente, los grados de complejidad que tiene el SIDA, de tal forma que el diseminar información sobre el SIDA es necesario, pero no suficiente, ya que se deben combatir además los mitos, el miedo y la discriminación.

Por fortuna en 1986, se creó en México el Comité Nacional de

Prevención del SIDA: CONASIDA, con el objeto de evaluar la situación nacional en lo concerniente al SIDA y a la infección por VIH, así como de establecer criterios para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control; y coordinar la implantación y evaluación de normas, pautas y actividades de control apropiadas, teniendo en cuenta otros problemas prioritarios y los recursos de salud del país.

Así mismo, desde 1987, el SIDA se convirtió en México en una enfermedad sujeta a vigilancia epidemiológica, pues la notificación de los casos tienen carácter de obligatoria e inmediata. Además se diseñó una campaña educativa con diversas estrategias según al grupo de la población al que fuera dirigida: homosexuales, prostitutas y población general. De hecho en México, se ha logrado determinar que el mecanismo de transmisión del virus más frecuente es el sexual, y que al principio de la epidemia en México, "la mayoría de los casos de SIDA tenían el antecedente de viajes al extranjero o contacto sexual con extranjeros; sin embargo, a medida que la epidemia ha evolucionado, la transmisión autóctona es más frecuente". (6)

Los científicos de diferentes países intentan encontrar la forma de disminuir la enfermedad; no obstante, la realización de una vacuna efectiva se dificulta cada vez más por la morfología y características que envuelven al virus, así como los factores de índole económico, sociológico y hasta psicológico que evitan el atacar a la llamada "peste del siglo XX".

### 1.2.3. Morfología del Virus de Inmuno Deficiencia Humana (VIH)

Las principales características morfológicas del VIH (Figura 1) se pueden enumerar de la siguiente manera:

1. Su estructura es esférica y tiene de 90 a 120 nanómetros de diámetro. Sus componentes son una envoltura externa, una capa protéica interna y un nucleocáspide, también conocido como nucleocáspide central.

2. La envoltura externa está formada en un 5 a 10 % por componentes propios del virus (proteínas ricas en azúcares conocidas como glicoproteínas), y el 90 o 95% son componentes de origen no viral, procedentes de la célula en donde se originó el virus. Los componentes glicoprotéicos (gp) se localizan en 2 áreas, una exterior sobre la superficie de la envoltura del virus (gp externa), y otra dispuesta a través de todo el espesor de la envoltura (gp transmembrana).

---

(6) SEPULVEDA AMOR, op-cit, 1989, p. 19.

3. La capa protéica interna tiene forma icosaédrica, se localiza inmediatamente por debajo de la envoltura, a muy corta distancia de ella, forma parte del nucleocápside, y se desconoce su función.

4. El nucleocápside esta formado por 3 tipos de subunidades protéicas diferentes; tiene una forma que se asemeja a una estructura tubular hueca, y en su interior se encuentran dos copias idénticas de ARN. La transcriptasa reversa igualmente se localiza en el interior del nucleocápside.

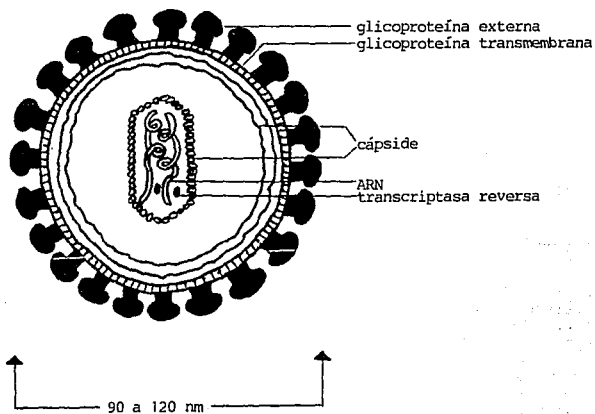


FIGURA 1

#### 1.2.4. Señas particulares del VIH

El VIH puede vivir dentro de las células por muchos años; sin embargo, fuera de ellas su vida se reduce notablemente. Por esta razón, la sangre y los líquidos corporales que poseen glóbulos blancos, tales como el espermatozoide y las secreciones vaginales son excelentes vectores del virus.

En los líquidos corporales como lágrimas, saliva, sudor y orina se encuentra fundamentalmente libre, fuera de las células, siendo por ello poco infectante, además de que su concentración en estos sitios es muy baja; por tal razón, estos líquidos corporales no actúan como vectores del virus. Fuera del organismo, en superficies inertes, tales como objetos de uso común, su vida se reduce aún más.

Este virus tiene un punto débil: posee una envoltura sumamente rica en lípidos (grasas) que puede ser fácilmente degradable por diversos procedimientos de limpieza utilizados en forma rutinaria, como el agua y jabón, los blanqueadores caseros, el alcohol y el calor (hervir durante 20 minutos). Estos procedimientos para inactivar al virus son útiles cuando se aplican a superficies inertes, pero desafortunadamente esto no sucede cuando el virus se encuentra dentro del organismo.

En el punto 1.2.7. explicaré en forma detallada la razón por la cual no se ha encontrado aún, algún mecanismo o vacuna que contrarresten esta terrible enfermedad.

#### 1.2.5. Transmisión del VIH

El Virus de Inmunodeficiencia Humana, posee diferentes formas de transmisión; algunas de ellas, desgraciadamente involucran aspectos de tipo ideológico-educacional, que impiden hasta cierto punto evitar el contagio.

Por otro lado, al tratarse de una enfermedad que hoy en día posee carácter de incurable, se han originado ciertos "mitos" o "ideas" erróneas que relacionan el contagio con formas de transmisión que distan mucho en ser comprobadas. No obstante, gracias a numerosos estudios, actualmente sólo se reconocen las siguientes formas de transmisión, las cuales menciono a continuación, según su frecuencia:

1. VIA SEXUAL.- La vía sexual representa la forma más frecuente de contagio en todo el mundo y, desgraciadamente, la más difícil de detener, por involucrar hábitos y conductas profundamente arraigadas que se relacionan con lo más íntimo del ser humano: su sexualidad. Se sabe que el riesgo de contagio aumenta de manera proporcional al número de coitos con personas infectadas. No obstante, puede haber contagio por un sólo coito. El contagio depende de la concentración de virus en los fluidos corporales, de su volumen y del tipo de práctica sexual que se tenga. Las pequeñas heridas son idóneas para que el virus penetre al organismo, ya sea en el pene, la vagina, el recto o la boca. Es frecuente que durante el coito anal se dañe la mucosa que recubre el recto, provocando laceraciones en éste y en el pene de quien penetra, de tal manera que las secreciones sexuales pueden quedar en contacto con las partes lesionadas, permitiendo la entrada del virus. Por ello esta práctica es la de mayor riesgo.

El coito vaginal es menos propicio para el contagio pues la mucosa de la vagina es más gruesa. Sin embargo, este tipo de contacto sexual constituye una forma de transmisión muy eficiente que está aumentando significativamente el número de personas infectadas en nuestro país. El riesgo de contagio aumenta durante la menstruación porque hay mayor acceso al torrente sanguíneo de la mujer, y mayor posibilidad de que el hombre entre en contacto con la sangre.

2. VIA SANGUINEA.- Si alguien recibe una transfusión de sangre, y ésta contiene VIH, hay hasta un 70% de posibilidad de infectarse. La transmisión por transfusión sanguínea ha contribuido con un número importante de casos de SIDA en nuestro país, pero ya han sido adoptadas las medidas necesarias para detenerla.

Actualmente se realizan pruebas de detección de anticuerpos contra el VIH en todos los bancos de sangre del país y se prohibió la comercialización de sangre.

Otro tipo de transmisión sanguínea se da por compartir agujas contaminadas con sangre infectada por VIH. Este tipo de transmisión es muy frecuente entre adictos a drogas de administración intravenosa.

3. VIA PERINATAL.- La transmisión del VIH de una madre a su bebé durante el embarazo es una forma de transmisión que ha aumentado en nuestro país conforme ha ido aumentando el número de casos de SIDA entre las mujeres.

Como se pudo observar, en realidad, son escasas las posibilidades de contagio si se toman en cuenta las medidas necesarias. Sin embargo, existen algunos factores que favorecen (no originan) el contagio:

1. Algunos microorganismos tales como el virus de la hepatitis B, el herpes y las bacterias que generan enfermedades venéreas (sífilis, gonorrea, etc) pueden ocasionar lesiones genitales y sobreestiman el sistema inmunológico facilitando la acción del virus.

2. El uso de drogas intravenosas, que además de representar un peligro cuando no se tiene cuidado de esterilizar las agujas, alteran la conducta del individuo, aumentando el riesgo.

#### 1.2.6. Patrón de comportamiento

La distribución y frecuencia de los infectados por el VIH y de los enfermos de SIDA en las poblaciones y áreas geográficas, así como su evolución en el tiempo, dependen de factores psicológicos y sociales, además de las características biológicas de la interacción entre este virus y el hombre.

Para determinar la magnitud y distribución de cualquier enfermedad infecciosa es necesario conocer:

1. El número de personas que están infectadas;
2. Cuántas son capaces de transmitir la infección a otras personas (infectantes).
3. Cuántos infectados tienen manifestaciones clínicas (casos o enfermos);
4. Las muertes por esta causa.

La infección por VIH tiene la peculiaridad de que las personas infectadas son al mismo tiempo infectantes. Esta característica tiene repercusiones sobre la dinámica de transmisión, especialmente si se considera el largo periodo asintomático antes del inicio de la infección (en adultos un promedio de 5-10 años).

Como casos de SIDA se tienen aquellos que reúnen los criterios de inmuno deficiencia (infecciones o cánceres secundarios), enfermedad constitucional (diarrea, fiebre y pérdida de peso) o enfermedad neurológica (demencia, encefalitis, otras). Las muertes por SIDA son registradas a partir de los certificados de defunción.

A partir de la dinámica de transmisión del VIH/SIDA, se clasifica a la población en cuatro grupos de individuos:



1. Todos aquellos que son susceptibles de adquirir la infección por VIH; para fines prácticos, todos los seres humanos se pueden considerar dentro de este grupo.

2. Otro grupo conjuntaría a los individuos expuestos al riesgo de transmisión, ya sea de tipo sexual, sanguíneo o perinatal.

3. Los individuos infectados; se puede conocer su frecuencia a través de encuestas de prevalencia de infección o mediante estudios longitudinales.

4. Los individuos que ya presentaron manifestaciones clínicas, identificados como casos de SIDA.

El riesgo de transmisión en una población depende del número de individuos con prácticas riesgosas de tipo sexual, de tipo sanguíneo y perinatal.

La probabilidad de infección en los expuestos al riesgo está estrechamente vinculada a la eficacia de la transmisión.

La tasa de progresión de la enfermedad varía por la presencia de cofactores y el efecto de la infección por VIH que contribuyen a acelerarla.

Por otra parte, los patrones de comportamiento y/o transmisión del SIDA en diferentes regiones del mundo dependen de la evolución de diferentes factores:

1. El periodo transcurrido desde la introducción del VIH en una población determinada;

2. Las condiciones sociales de la población, incluyendo los fenómenos migratorios;

3. Los hábitos y costumbres sexuales;

4. Otros hábitos y costumbres (drogadicción intravenosa, etc);

5. La infraestructura sanitaria y educativa y la capacidad de respuesta de la sociedad ante la epidemia;

6. Ciertos cofactores que están asociados a la frecuencia y características de algunas enfermedades infecciosas endémicas de las diferentes regiones, como tuberculosis, infecciones gastrointestinales, enfermedades de transmisión sexual o parasitosis.

Según algunos autores, en México, la tendencia de los casos de SIDA indica que se comporta en forma exponencial creciente y con fluctuaciones aleatorias, de tal forma que se ha de estudiar como una serie de tiempo para determinar el número de casos de SIDA hasta cierto período.

#### 1.2.7. Vacuna contra el SIDA.

Como se mencionó en el punto 1.1.4., la mejor manera de combatir un padecimiento es prevenirlo mediante las vacunas. Para el caso específico del Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida, a pesar de los esfuerzos millonarios que se están realizando, se ha afirmado repetidamente que no habrá vacuna antes de que termine el siglo XX, debido a que los investigadores que están tratando de obtener dicha vacuna han tenido que enfrentar problemas muy complejos:

1. El Virus de la Inmuno deficiencia Humana (VIH) cambia a gran velocidad su composición externa, de manera que una vacuna basada en la estructura inicial del virus ya no funciona para la nueva composición del mismo. La vacuna tendría que reconocer la innumerables variantes del VIH para poder proteger eficazmente contra la infección.

2. El VIH se "esconde" en el interior de las células que infecta. El virus incorpora sus genes a los genes de la célula y puede permanecer allí sin multiplicarse activamente por años. De esta manera el sistema inmunológico, al no estar en contacto con el virus, "no se entera" de su presencia más que en el momento en que éste empieza a multiplicarse y los nuevos virus salen al exterior de la célula.

3. El virus infecta precisamente a las células que deben ser activadas por la vacuna. Las poblaciones celulares más afectadas por esta infección son las células que forman parte de nuestro sistema de defensa, en particular un cierto tipo de linfocitos T, llamados linfocitos T4, y los macrófagos. Por esta razón el primer requisito para lograr una vacuna efectiva, sería que fuera capaz de impedir la infección de estas poblaciones celulares.

4. El VIH también infecta células del sistema nervioso central, y una vez allí, el sistema inmunológico ya no puede alcanzar a las células infectadas en el cerebro, por lo cual también es importante que la vacuna impida la infección de estas células.

5. La carencia de un buen modelo animal de experimentación entorpece la investigación de las estrategias de vacunación ya que las investigaciones se tienen que realizar directamente en el ser humano.

6. Las dificultades inherentes a la realización de pruebas clínicas en humanos.

7. Los retrovirus permanecen de por vida en el organismo y contienen algunos elementos de regulación genética, capaces de generar cáncer.

Actualmente existen varios grupos de investigadores ensayando diversas formas de vacunación que según afirman, van por buen camino, pero ninguno ha dado todavía con la solución. Hasta que no se cuente con una vacuna efectiva para prevenir o combatir el SIDA, el mejor recurso para prevenirlo sigue siendo la EDUCACION.

"El más grande placer en la vida es hacer algo que otros dicen que no se puede hacer"

## II. PLANEACION DE LA SIMULACION

Walter Bagehof

No se puede negar que la Simulación es una de las herramientas más importantes para la resolución de problemas por medio de computadoras.

El uso moderno de la palabra "Simulación" se originó a partir de la Segunda Guerra Mundial, aproximadamente en 1940 (paralelamente a las aplicaciones de la Investigación de Operaciones) con los estudios de "los científicos Von Neuman y Ulam, que trabajaban en el proyecto de Monte Carlo" (7) ; y desde entonces, han surgido innumerables aplicaciones a problemas teóricos y prácticos de diversa índole: económicos, administrativos, de investigación de operaciones, etc...

Una de las aplicaciones más interesantes que puede proporcionar un pronóstico basado en algún modelo de simulación, es en el área epidemiológica, debido a que el estudio de estos fenómenos involucran una gran cantidad de elementos claves de naturaleza probabilística, lo cual constituye una característica importante de los modelos de simulación.

En este capítulo se tratará de mostrar y/o explicar exclusivamente las definiciones del concepto de "Simulación" y los elementos más importantes, de tal forma que con ello se pueda comprender fácilmente el porqué constituye una herramienta tan poderosa y tan eficiente en el estudio de numerosos problemas.

### 2.1 DEFINICION DE SIMULACION.

La definición "antigua" del término simulación data de varios años antes del advenimiento de la computación. Según el Diccionario enciclopedia Salvat, proviene del latín SIMULATIO-TIONIS, que significa "Acción de simular (del latín SIMULARE), que denota representar una cosa, fingiendo o imitando lo que no es". (8)

No obstante, con el paso del tiempo y con los avances computacionales se ha ampliado la definición trivial de este

---

(7) COSS BU, Raúl; Simulación. Un enfoque práctico; México, 1991, p. 11.

(8) Diccionario enciclopedia Salvat, T. 12, p. 3054.

concepto, el cual por su múltiple uso, diversos científicos han tratado de definirlo, desde diferentes puntos de vista, pero incidiendo en el mismo objetivo.

Según C.W. Churchman, una definición estricta de simulación es:

"... 'x' simula a 'y' es verdadero si y sólo si:

- a) 'x' y 'y' son sistemas formales;
- b) 'y' es el sistema real;
- c) 'x' es una aproximación al sistema real;
- d) Las reglas de validez no están libres de error"

Por otra parte un gran estudioso del tema, Raúl Coss BU, enuncia en su libro Simulación. Un enfoque práctico, algunas de las definiciones de Simulación más prácticas e interesantes, dadas por diferentes autores:

a) Según Thomas Naylor, la "...simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo". (9)

b) H. Maisel y G. Gnugnoli la definen como "...una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo." (10)

c) Por último, Robert E. Shanon la define como "...el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema." (11)

Como se puede observar, todos los autores coinciden en forma implícita que la simulación es una representación tanto abstracta como física de las características de un sistema mediante operaciones informáticas.

De aquí desprendemos que es un método para resolver un problema, simulando el proceso mediante la utilización de sistemas de "dispositivos aleatorios" (12), debido a que los sistemas del mundo real contienen elementos de naturaleza probabilística.

---

(9), (10), (11) COSS BU, op-cit, p. 12.

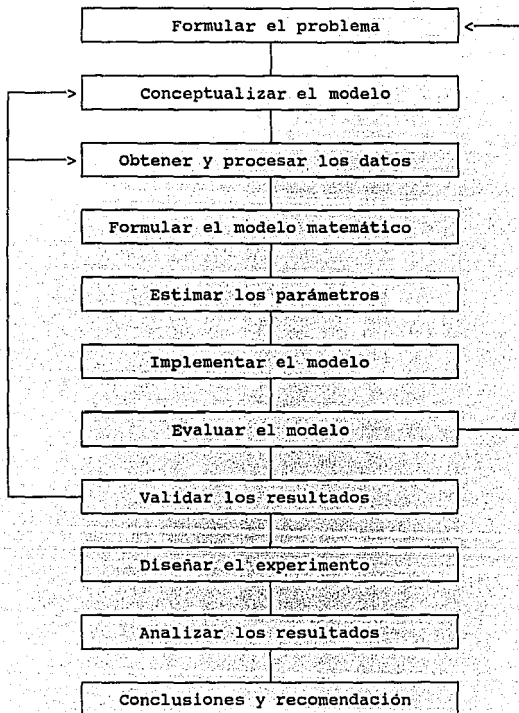
(12) MOSKOWITZ, Herbert, y otros, Investigación de operaciones, 1979, p. 681.

En este sentido se debe decir que la simulación puede resultar una excelente herramienta para eventos que nunca han ocurrido, de tal manera que con ello se pueden elaborar pronósticos sumamente confiables.

Por último, hay que hacer notar que gran parte del éxito de una simulación consiste en utilizar la metodología y esquema de planeación adecuados, que constituyen aspectos de vital importancia en el desarrollo de esta investigación.

**2.2. ORGANIZACION DE LA SIMULACION.**

Un procedimiento general para realizar un análisis de simulación puede describirse como sigue :



Se ha discutido mucho sobre los pasos necesarios para realizar una simulación, no obstante, la mayoría de los autores (como ya se abordó anteriormente) coinciden en los mismos conceptos:

#### a) Formulación del problema

Uno de los aspectos que podrían parecer más obvios, pero que de ellos se deriva el éxito de una simulación es el difícil punto de formular un problema. Para ello se requiere identificar ciertas condiciones necesarias (Que exista al menos un individuo que desee la solución al problema, que existan al menos dos alternativas de solución, etc.) y a partir de esto, se deben identificar el(los) objetivo(s) de las personas que tienen el problema.

"Estos objetivos pueden definirse mediante los siguientes puntos:

- a) Preguntas que deben contestarse.
- b) Hipótesis que deben de ser verificadas o refutadas.
- c) Efectos que deben estimarse, es decir, los comportamientos futuros." (13)

Según Robert E. Shanon, generalmente las investigaciones generan información actualizada que involucra restricciones, objetivos y alternativas que deben ser "retroalimentadas" al esquema de estudio para renovar a su vez la formulación y o definición del problema.

#### b) Conceptualización del modelo

Para algunos autores, esta es la parte más difícil en la planeación de la simulación. De hecho, generalmente involucran o incluyen este paso en el punto anterior; no obstante, hay que considerar que si bien es cierto que interactúan entre sí, también es cierto que cada fase define claramente ciertos pasos a seguir.

Para conceptualizar el modelo se deben especificar el propósito y las restricciones bajo las cuales se crea la abstracción o el modelo formal, esto es, que se debe efectuar un análisis cuidadoso del entorno del sistema, de tal forma que se definan perfectamente cuáles son los objetivos específicos, si éstos pueden expresarse en forma cuantitativa, cuáles son los parámetros y las variables relevantes, cuáles son las relaciones causa-efecto, qué datos se requieren, etc.

---

(13) PRAWDA, Juan; Métodos y Modelos de investigación de operaciones, V. 2, p. 322.



### c) Obtener y procesar los datos

Es el proceso de capturar los datos disponibles que se requieren para la simulación del comportamiento del sistema y que a partir de ciertas actividades se transformarán en información. Por ello, es de suma importancia que se definan con claridad y en forma precisa los datos que se van a requerir para producir los resultados deseados.

Las tres fuentes que generan información, generalmente se dividen en tres grupos:

1. Series de tiempo (Tipo de fuente que se utiliza en el pronóstico del SIDA).
2. Opiniones de expertos.
3. Estudios de campo (Estadística).

### d) Formulación del modelo matemático

Para formular un modelo matemático no existen leyes o reglas que aseguren su éxito. Sin embargo, se requiere de la utilización adecuada de ciertas técnicas, métodos o marcos de referencia que dan criterios útiles en este tópico tan complejo. Así mismo se requiere:

- a) Especificar variables y parámetros.
- b) Especificar relaciones lógicas de causa-efecto.
- c) Especificar sus componentes (en forma de diagramas de flujo).

Cabe señalar que la obtención de un buen modelo generalmente estará en función de aspectos un tanto subjetivos como la experiencia, procedimientos de ensayo-error y la buena suerte.

### e) Estimación de los parámetros

Como se mencionó al principio del capítulo, no tendría mucho sentido el utilizar la simulación en problemas de tipo determinístico, ya que en realidad lo que interesa al usarse un modelo de simulación es la obtención de información "confiable" de fenómenos generalmente estocásticos.

Por ello, es necesaria la obtención de parámetros o características que definan al sistema, las cuales son imprescindibles en distribuciones teóricas o empíricas de probabilidad.

Para estimar los parámetros, casi siempre se utiliza alguno de los siguientes métodos:

- a) Método de máxima verosimilitud (Maximiza la probabilidad de ocurrencia de una muestra).
- b) Método de los momentos (Iguala los momentos muestrales a los poblacionales).
- c) Método de los mínimos cuadrados (Minimiza las distancias entre los puntos de tal forma que se ajusten a una curva).

#### f) Implementación del modelo

Con el modelo ya definido, se debe implementar el modelo a la computadora para obtener los resultados deseados.

Los pasos a seguir para formular un programa de computación son:

- a) Elaboración del diagrama de flujo
- b) Codificar o diseñar el programa en algún lenguaje de propósito general o de propósito específico.
- c) Verificar errores.
- d) Probar el programa desechando todos los errores.
- e) Generar resultados.

Cabe señalarse que existen lenguajes de simulación muy potentes como el GPSS, SIMULA, GASP, SIMSCRIPT, etc., pero desafortunadamente son prácticamente "exclusivos" a ciertos problemas (teoría de colas, inventarios, etc); y por otra parte, la elección del lenguaje está relacionado por el tipo de máquina disponible y el(los) lenguaje(s) que conozca y/o domine el analista.

#### g) Evaluación del modelo

La evaluación de un modelo consiste en recolectar sistemáticamente los datos producidos por simulación, y utilizando técnicas estadísticas se evalúa la significancia y el ajuste del modelo planteado.

#### h) Validación de resultados

Para validar los resultados arrojados por el programa de computadora se requiere una combinación de suposiciones prácticas,

teóricas, estadísticas y filosóficas complejas. "Las formas más comunes de validar un modelo son:

1. La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
2. La exactitud con que se predicen datos históricos,
3. La exactitud en la predicción del futuro.
4. La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
5. La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación." (14)

#### i) Diseño del experimento

Cuando se ha validado el programa se deben diseñar los experimentos que se quieren simular.

Consiste en generar los datos deseados y en realizar el análisis de sensibilidad de los índices requeridos. Así mismo, se diseña la aplicación de tratamientos o políticas para medir sus efectos, utilizando intervalos de variación.

#### j) Análisis de Resultados

Se interpretan los resultados que arroja la simulación en base a los objetivos planteados. Según Gordon, en su libro Simulación de sistemas dice: "...en un estudio bien planeado se habrá planteado un conjunto bien definido de preguntas y el análisis tratará de responderlas". (15)

#### k) Conclusiones y recomendación

En este punto, comparando las políticas alternativas se sugieren las acciones pertinentes con las cuales se toma una decisión, esperando con ello obtener los mejores resultados.

Siguiendo paso a paso este esquema, se aumentan las posibilidades de obtener un modelo de simulación que arroje los mejores resultados, por ello, es que en los capítulos subsecuentes se utilizará esta técnica para la obtención de un pronóstico veraz y confiable que nos permita obtener las inferencias o conclusiones necesarias.

(14) COSS BU, op-cit, p. 13.

(15) GORDON, Geoffrey; Simulación de sistemas, México, 1980, p. 39.

### 2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION

A pesar de los avances en el ámbito referente a la computación, prácticamente todas las técnicas utilizadas (especialmente las que involucran aspectos de índole probabilístico), no se encuentran exentas de posibles errores. Sin embargo, se podría decir que a pesar de que la simulación se encuentra en el caso definido, vale la pena correr el riesgo, ya que dicha técnica lleva implícita muchísimas ventajas:

- Posee una gran versatilidad pues es muy sencilla de implementar en modelos matemáticos complejos, pudiéndose con ello estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema.

- La observación detallada del sistema que se está simulando conduce a un mejor entendimiento del sistema, así como a la obtención de estrategias que mejoren en mucho al sistema.

- Posee una aplicación enorme de tipo pedagógico y de entretenimiento que ayudan a la enseñanza de ramas como la estadística, etc.

- Se puede experimentar sin exponer a la organización a errores en el mundo real.

- La simulación puede ser usada para detectar problemas que pueden surgir en el comportamiento del sistema.

- Acelera el "tiempo" en sistemas o procesos que requieren largos periodos de éste para realizarse.

- La técnica de simulación es muy simple, y por ende, se pueden comprimir largos periodos de tiempo.

- Es prácticamente la mejor técnica a utilizar cuando se desean estudiar eventos que nunca han ocurrido y de los cuales no hay información.

Estas son únicamente algunas de las ventajas que presenta un modelo de simulación; sin embargo, como se mencionó anteriormente, existen ciertas desventajas:

- El equipo computacional y recursos humanos a utilizar pueden ser muy costosos.

- Se requiere bastante tiempo para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado.

- El tiempo de corrida para simulaciones grandes puede llegar a ser excesivo.

- Puede reflejar con exactitud una situación del mundo real que no es veraz.
- Es imprecisa y generalmente no se puede medir su imprecisión.
- Los modelos de simulación son susceptibles a "errores muestrales".

Prácticamente, si se comparan las ventajas del uso de la simulación con respecto a las desventajas, podríamos hacer una evaluación a priori que refleja sin duda, que esta técnica es de suma utilidad en muchísimos problemas tales como el desarrollo de las epidemias, entre otros.

#### 2.4. SERIES DE TIEMPO Y METODOLOGIA DE BOX & JENKINS

Como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos más importantes en una simulación consiste en la recopilación de datos.

Existen varios tipos de datos, sin embargo, debemos estar conscientes que no todos ellos nos sirven para alcanzar una buena simulación.

Para elaborar pronósticos mediante una simulación adecuada, generalmente se requerirá de un conjunto de observaciones secuenciales registradas a través del tiempo, conocidas comúnmente como "Series de tiempo", la cual será denotada matemáticamente como  $Y_t$ .

Cabe mencionarse que prácticamente cualquier fenómeno que se presente en la vida real podría llegar a ser concebido como una serie de tiempo, sin olvidar que ésta no es más que la "realización" de cierto proceso, esto es, que la mayoría de los eventos son imposibles de repetir.

Así mismo, también es importante resaltar que una serie de tiempo puede estar dada en términos de datos discretos o continuos, promedios, muestras o acumulaciones.

Como el objetivo de este trabajo de tesis es realizar un pronóstico del número de casos de SIDA en un periodo determinado, necesitaremos una serie de tiempo discreta que nos permita:

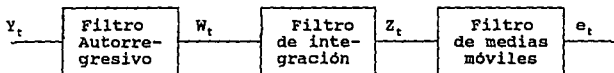
- 1) Describir cómo se comporta el fenómeno.
- 2) Pronosticar los valores (número de casos de enfermos) que aún no ocurren.

- 3) Determinar las medidas de control necesarias para intentar modificar el comportamiento del fenómeno.

Por ello, es de suma importancia el determinar cuál método habrá de seguirse en este análisis. Existen ciertos métodos de tipo estocástico que facilitan en gran medida este tipo de estudio, tomándose en cuenta que una serie de tiempo puede interpretarse como un proceso estocástico de choques aleatorios a través del tiempo y que éste a su vez tiene su equivalente en un modelo de tipo autorregresivo. El método creado por George E. Box y Gwilym M. Jenkins hoy en día es uno de los más aceptados y utilizados para analizar este tipo de problemas.

Auxiliándonos de las nuevas herramientas computacionales, se puede en forma más o menos sencilla seguir esta metodología que por el número tan "engorroso" de operaciones fue catalogada en algún tiempo como excesivamente difícil.

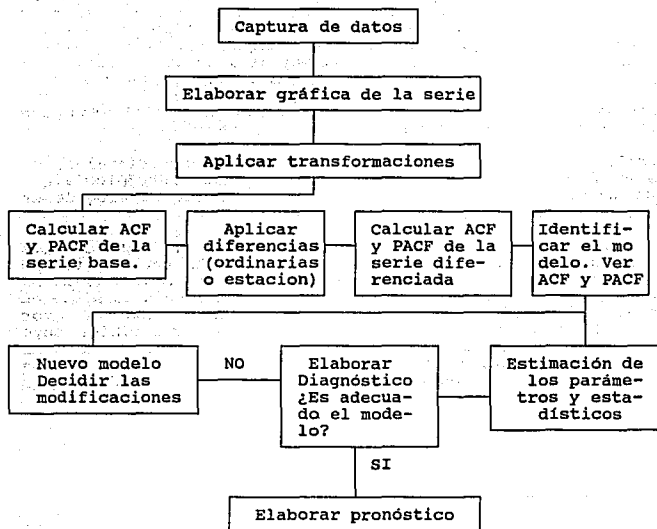
A groso modo, este método "...consiste en extraer los movimientos predecibles de los datos observados. La serie de tiempo se descompone en varios componentes, algunas veces llamados 'filtros', precisamente porque la filosofía del método consiste en detectar las distintas componentes usando los filtros correspondientes, hasta obtener residuales no predecibles cuyo comportamiento tiene poca influencia en el resultado final. El enfoque de Box-Jenkins hace principalmente uso de tres flujos lineales: el autorregresivo, el de integración y el de medias móviles ". (16)



#### METODOLOGIA DE BOX & JENKINS

- (16) GONZALEZ VIDEGARAY, María del Carmen; Modelos de Decisión con Procesos Estocásticos II. (Metodología de Box-Jenkins), México, 1990, p. 6.

Básicamente el proceso que seguiría este método de Box & Jenkins sería:



A continuación, se explicarán brevemente cada una de estas fases para la mejor comprensión de los capítulos III y IV (Para mayor detalle se recomienda consultar la bibliografía de series de tiempo, listada al final de esta tesis) :

1) RECOPIACION DE DATOS. Como ya se mencionó con anterioridad, a partir de las series de observaciones registradas sobre el fenómeno en cuestión, obtendremos el modelo conveniente (Autorregresivo integrado y de medias móviles); por ello es de suma importancia que los datos se conviertan en estacionarios, es decir, que tengan media constante, varianza constante y función de autocorrelación que sólo dependa del interalo de variación "k". Para esto, se deberá realizar la gráfica de la serie y aplicar las transformaciones necesarias.

2) ELABORACION DE LA GRAFICA Y APLICACION DE TRANSFORMACIONES. Una vez que se grafican las observaciones podremos notar en la mayoría de los casos a simple vista si existen varianza no constante, tendencia y variación estacional.

Para estabilizar la varianza se procede a la aplicación de una transformación matemática de los datos que "obliga" a la serie de tiempo a estabilizar su varianza. Esta transformación estará dada por la siguiente integral:

$$T(\mu_t) = \int 1 / \sqrt{f(\mu_t)} \, d\mu_t$$

ya que el comportamiento de la varianza generalmente está asociado al comportamiento de la media ( $\mu_t$ ), es decir, la tendencia.

El paquete estadístico "statgraphics" que contiene un módulo para la elaboración de pronósticos mediante la metodología de Box y Jenkins, permite estabilizar la varianza sin mayor problema, auxiliándose de una transformación conocida como "La transformación de Box-Cox" :

$$Z_t = \begin{cases} \frac{(Z_t + \tau_2)^{\tau_1} - 1}{\tau_1 g^{(\tau_1 - 1)}} & \text{si } \tau_1 > 0 \\ g \ln (Z_t + \tau_2) & \text{si } \tau_1 = 0 \end{cases}$$

donde  $g$  es la media geométrica de la serie y  $\tau_1$  indica el tipo de transformación.

3) CALCULAR ACF Y PACF DE LA SERIE BASE, APLICAR DIFERENCIAS, CALCULAR ACF Y PACF DE LA SERIE DIFERENCIADA. Una vez que se ha aplicado alguna transformación debemos examinar a groso modo sus funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial. Si detectamos tendencia, se necesitará aplicar alguna diferencia ordinaria, ya que la  $n$ -ésima diferencia de un polinomio de grado " $n$ " lo convierte en constante (No olvidar que con cada diferencia se pierde un dato de la serie original). Por su parte, si llegáramos a detectar variaciones estacionales podremos eliminarlas mediante diferencias estacionales de periodo " $s$ " (Tomando en cuenta que con cada diferencia se pierden " $s$ " datos).



A partir de la ACF y PACF de la serie diferenciada podremos en un momento dado profundizar el análisis para determinar con mayor exactitud qué modelo se ajusta a nuestros datos.

4) IDENTIFICACION DEL MODELO. Para la identificación de un modelo nos basaremos principalmente en la muestra, en la ACF y PACF de nuestra serie para determinar aproximadamente qué modelo(s) se ajusta(n) a nuestros datos. Entre los modelos de tipo ARIMA más comunes tenemos los siguientes:

a) Modelos autorregresivos de orden p.

$$Z_t = \alpha_1 Z_{t-1} + \dots + \alpha_p Z_{t-p} + e_t$$

Estos modelos poseen media constante, varianza constante (con restricciones de estacionaridad) y en general, el comportamiento de la ACF será decreciente infinita. (17)

b) Modelos de medias móviles de orden q.

$$Z_t = e_t - \eta_1 e_{t-1} - \dots - \eta_q e_{t-q}$$

Posee media constante, varianza constante y ACF que se trunca en "q". Así mismo, tiene restricciones de invertibilidad.

c) Modelos mezclados ARMA(p,q).

$$Z_t = \alpha_1 Z_{t-1} + \dots + \alpha_p Z_{t-p} + e_t - \eta_1 e_{t-1} - \dots - \eta_q e_{t-q}$$

Este modelo tiene restricciones de invertibilidad y restricciones de estacionaridad. Su ACF generalmente será decreciente infinita.

Por otra parte, también sabemos que es muy importante la función de autocorrelación parcial, pues del análisis de ésta junto con la función de autocorrelación podremos determinar fácilmente en forma aproximada el modelo que se ajusta a nuestros datos.

La función de autocorrelación parcial, es aquella que mide el efecto o la contribución de una variable de un modelo de orden superior con respecto a un modelo de orden inferior (de tipo autorregresivo). Para un modelo puramente autorregresivo, en general la PACF se trunca en "p".

Por su parte, para medir el efecto parcial de cada variable autorregresiva en un modelo de medias móviles, debemos "invertir" este modelo a uno que posea exclusivamente partes autorregresivas.

(17)  $Z_t$  puede ser alguna transformación y/o diferencias de la serie original y  $e_t$  es ruido blanco.

Como un modelo MA tiene su equivalente en un modelo AR infinito; por lo tanto, la PACF de un modelo de medias móviles de orden "q" será generalmente decreciente infinita.

Finalmente, para un modelo mezclado ARMA(p,q) con parte autorregresiva y con parte de medias móviles podemos deducir que su PACF será decreciente infinita.

Así, para los modelos ordinarios teóricos podríamos basarnos en la siguiente tabla : (18)

MODELO	ACF	PACF
AR(p)	Decae	Se trunca después de "q"
MA(q)	Se trunca después de "p"	Decae
ARMA(p,q)	Decae	Decae

#### d) Modelos Estacionales.

Este punto es de suma importancia ya que en muchas ocasiones el modelo a desarrollar, a pesar de presentar un comportamiento estacionario, sigue teniendo variación estacional que se pone de manifiesto generalmente en el análisis de los residuales y que "obliga" a incluir esta estacionalidad dentro del modelo. En este ámbito podremos encontrar modelos puramente estacionales (De tipo autorregresivo, de medias móviles y mezclados), así como modelos generales multiplicativos estacionales, que constituyen una variedad y versatilidad muy exacta en modelos de este tipo. Generalmente se diferenciarán los parámetros de los modelos no estacionales y los modelos estacionales con letras griegas minúsculas y mayúsculas respectivamente; no obstante, es muy importante recalcar que estos modelos difícilmente pueden detectarse en una primera inspección de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial. Más bien surgirán del comportamiento de los residuales, y su incorporación al modelo tentativo original. Cabe mencionarse que el comportamiento de estos modelos es "muy" semejante a los modelos no estacionales:

Para los modelos puramente estacionales su notación general será:

$$\text{ARIMA}(P,D,Q)_s$$

donde:

P = orden del proceso AR estacional

Q = orden del proceso MA estacional

D = orden de diferencias estacionales

s = longitud del periodo

En cuanto a la identificación del modelo vía las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, la diferencia radica en que los valores significativos (es decir distintos de cero) aparecerán en los múltiplos de s.

Por su parte, los modelos multiplicativos estacionales se denotarán por:

$$\text{ARIMA}(P,D,Q) * (P,D,Q)_s$$

Para identificar los modelos de este tipo podríamos basarnos en la tabla siguiente:

Modelo	ACF	PACF
AR(p)*SAR(P)	Decae	Se trunca después de p+sP
MA(q)*SMA(Q)	Se trunca después de q+sQ	Decae
Mezclados	Decae	Decae

5) ESTIMACION DE LOS PARAMETROS Y ESTADISTICOS. Como es de imaginarse, el modelo que en un momento dado nosotros hemos elegido como tentativo deberá contener al menos un parámetro (a menos que el fenómeno se comporte como ruido blanco).

Estadísticamente hablando, existirán básicamente tres métodos para encontrar los estimadores correctos:

- a) Método de los momentos.
- b) Método de máxima verosimilitud.
- c) Método de mínimos cuadrados.

El primero de ellos busca igualar los momentos muestrales a los momentos poblacionales; sin embargo, al tratarse de modelos un tanto "complejos" (de varios parámetros) costaría cierto trabajo utilizar este método.

El segundo tiene como objetivo el maximizar la función de distribución conjunta de los datos muestrales. Para esto deberá suponerse que se tiene una muestra aleatoria independiente de una misma población.

El tercer método tiene como objeto encontrar un modelo que minimice la suma de los cuadrados de las distancias de los puntos muestrales al modelo teórico.

Tanto el método de mínimos cuadrados como el de máxima verosimilitud nos llevan en este caso a los mismos estimadores. Así mismo, podría hacerse mención que en ambos métodos, si se realizara un análisis riguroso se llegaría a la conclusión de que se debe de minimizar la siguiente expresión:

$$S(\alpha, \Omega) = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

donde :  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p)$  y  $\Omega = (\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_q)$  ; lo cual nos lleva a afirmar que los estimadores obtenidos mediante los métodos de máxima verosimilitud y mínimos cuadrados son exactamente los mismos.

De aquí se parte a minimizar la expresión anterior, obteniendo las derivadas parciales con respecto a cada uno de los parámetros, teniéndose así "p+q" ecuaciones iguales a 0 de las cuales deberán despejarse los valores de los parámetros. No obstante, podrán presentarse 2 problemas:

1) Los errores  $e_t$  están en función de variables no observadas. Para resolver este problema se puede:

a) Sustituir los valores no observados por sus VALORES ESPERADOS INCONDICIONALES, es decir, sus valores esperados independientes del comportamiento del modelo. Para  $Z_t$ , el valor esperado incondicional es la media de  $z$ , y para  $e_t$  es 0.

b) Utilizando los valores esperados incondicionales, calcular los valores esperados CONDICIONALES de  $Z_t$  utilizando el pronóstico hacia atrás (Backforecasting).

Si el número de observaciones es grande comparado con "p" y "q", y si el fenómeno es estacionario será suficiente con los valores esperados incondicionales.

2) Los modelos que incluyen parte de medias móviles generan un sistema de ecuaciones NO LINEALES. Para resolver este problema la solución consiste en linealizar las ecuaciones utilizando una serie de Taylor de orden 1, multivariada alrededor de los valores iniciales de los parámetros. Los valores obtenidos al resolver ecuaciones linealizadas pueden usarse como nuevos valores iniciales, hasta encontrar (si es posible) la convergencia.

Una vez que se ha solucionado el primer problema calculando los valores esperados incondicionales, entonces se genera un sistema de ecuaciones minimizando la ecuación anterior.

No obstante que el proceso para la estimación no lineal de los parámetros del modelo no es tan complejo, considero que es demasiado extenso para explicarlo en este punto. El proceso a seguir en la estimación es verdaderamente tedioso, sin embargo, gracias a la ayuda de un paquete como el Statgraphics se podrán obtener los valores de los estimadores de cualquier modelo sin mayor esfuerzo. Como comentario se ha de decir que si el lector desea profundizar un poco más acerca del proceso a seguir en la obtención de los parámetros, se recomienda consultar las fuentes bibliográficas expuestas al final de esta tesis.

6) EXAMEN DEL MODELO. Cuando se ha definido algún modelo que creemos se ajusta a una serie de tiempo y se han obtenido los parámetros necesarios, se deben analizar el ajuste y, los pronósticos obtenidos a través de este modelo mediante el diagnóstico de los residuales, lo cual constituye sin duda el aspecto de mayor relevancia en el método de Box & Jenkins.

Así mismo, se requerirán diversos estadísticos y medidas de bondad de ajuste:

- a) Valor del estimador.
- b) Estimador del error estándar de cada estimador.
- c) El cociente del estimador entre su error estándar (estadístico t).
- d) Límites del 95 % de confianza.

- e) Gráfica de los residuales normalizada.
- f) Gráfica de los residuales y periodograma de los mismos.
- g) Estimador de la desviación estándar de los residuales.
- h) Suma de los errores al cuadrado ( $R^2 = 1 - (\sum e_t^2 / \sum Z_t^2)$ ).
- i) Periodograma integral de los residuales.
- j) Estadístico Box Pierce de los residuales.

De aquí será recomendable abarcar de los modelos más sencillos a los más complejos siguiendo cuatro pasos básicos:

a) Análisis de estacionaridad.- Antes que tener un modelo tentativo se debe estacionarizar el modelo; sin embargo, suelen presentarse situaciones en las que la estacionaridad parece ser no muy clara. En este punto, debemos confirmar la estacionaridad del modelo, es decir, checar que los residuales cumplan también con las especificaciones de estacionaridad.

b) Análisis de los residuales.- Para realizar el análisis de los residuales, los cuales deben comportarse como ruido blanco tendremos que auxiliarnos de:

\* Gráfica de los residuales, ya que en ella se podrá detectar si hay estacionaridad, fluctuaciones estacionales o datos atípicos y/o discrepantes que pueden afectar al modelo.

\* ACF y PACF de los residuales, pues si los residuales se comportan como ruido blanco, los valores graficados deberán ser aproximadamente iguales a 0, de tal forma que TODOS los valores deberán quedar dentro del intervalo de confianza.

\* Estadístico de Box Pierce para la prueba FORMANTEAU; en este punto se utilizará el estadístico Q:

$$Q(K) = n(n+2) \sum_{k=1}^k 1/(n-k) r_k^2 (e)$$

donde n = número de datos disponibles y

$r_k (e)$  = Autocorrelación "k" de los residuales.

"Si el modelo es adecuado, es decir, si los errores son ruido blanco, Q se distribuye aproximadamente como una ji-cuadrada con

k-p-q grados de libertad". (19)

Se debe probar la hipótesis:

Ho: Todas las (k) correlaciones de los residuales son 0.

Ha: alguna correlación es distinta de 0.

La regla de decisión nos dice que si  $Q(k) < X'$  se acepta Ho.

\* Periodograma y periodograma integral de los residuales, los cuales básicamente nos sirven para detectar variaciones estacionales en los residuales que posiblemente no hayan sido filtradas. Si hay variación estacional con longitud de periodo "s", el periodograma integral presentará saltos o escalones en los valores de frecuencias correspondientes a s, 2s, 3s, etcétera.

Si existe tendencia, el periodograma o periodograma integral contendrán valores MUY ALTOS para frecuencias MUY BAJAS.

\* Resumen de los residuales, pues necesitaremos saber si la media, la varianza y la desviación estándar son cercanas a cero. Así mismo, el coeficiente de sesgo y el coeficiente de kurtosis deben asemejarse a los de la distribución normal (Recordar que el ruido blanco está constituido por variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas, que se comportan como una distribución normal con media 0 y varianza  $\sigma^2$ ).

c) Modelo sobre-especificado.- En la elección de un modelo suele presentarse el caso de haber incluido algún(os) parámetro(s) que no es(son) significativo(s). Para determinar si hay que omitir algún parámetro  $\Gamma_i$  se debe realizar una prueba de hipótesis:

Ho:  $\Gamma_i = 0$

Ha:  $\Gamma_i \neq 0$

Se construye el estadístico  $T = \Gamma_i / \sigma \Gamma_i$  que se distribuye como una t de Student con n-p-q o n-p-q-1 grados de libertad. La regla de decisión será: rechazar Ho si  $|T| > 2$ .

Si se cumple la hipótesis nula (Ho), entonces el parámetro no es significativo y por lo tanto debe omitirse tomando en cuenta las siguientes observaciones:

\* Si el parámetro no significativo está al final del modelo, simplemente se elimina reduciendo el orden del modelo (de uno en uno).

\* Si el parámetro significativo está en cualquier orden distinto del final, entonces debemos analizar lo siguiente: si hay correlación entre el parámetro no significativo y el último se debe eliminar el último; en caso contrario, se requerirá de un modelo multiplicativo.

d) Modelo sub-especificado.- Si los residuales no se comportan como ruido blanco, sino que siguen algún modelo del tipo ARMA(p,q), este modelo debe incorporarse al modelo tentativo original, de manera que los residuales se conviertan en ruido blanco.

Concluyendo todo este análisis riguroso de los residuales podremos entonces elegir aquel modelo que tenga mejor ajuste, no sin antes checar los pronósticos.

7) ELABORACION DE PRONOSTICOS. Una vez que se ha elegido aquel modelo del cual se obtiene el mejor ajuste, podremos graficar en el Statgraphics por ejemplo, los pronósticos junto con su intervalo de confianza, comparándose si es posible con los datos reales. Sin embargo hay que resaltar que en ciertas ocasiones se sacrificará el ajuste del modelo por el valor de los pronósticos obtenidos.

Con los conocimientos básicos anteriores procederemos sin mayor problema a la obtención de un pronóstico epidemiológico "confiable" sin olvidar que este tipo de solución a los problemas no está exento de errores.



### III. CONSTRUCCION DEL MODELO MATEMATICO

"No esperes al porvenir;  
avanza hacia él"

Proverbio

Como en muchas otras enfermedades, los avances en el descubrimiento de las características del virus que causa el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida y de la respuesta del organismo a la infección son parciales, de manera que aunque ya es mucha la información que se tiene y la investigación que se realiza, aún no se logra visualizar el cuadro completo del fenómeno SIDA.

Es muy claro que se trata de una enfermedad infecciosa producida por el virus de la inmunodeficiencia humana o VIH del que ya se conoce algo. Se ha avanzado bastante en el conocimiento de los mecanismos de infección y cómo se manifiesta, así como sus medios de transmisión y por lo tanto se sabe con certeza cómo prevenir el contagio.

Sobre el tratamiento aunque no existe todavía un medicamento que lo cure, contamos con recursos efectivos para mejorar considerablemente las condiciones de vida de los enfermos y aumentar su tiempo de vida, aunque aún siguen los estudios para encontrar la vacuna, de tal manera que ya se empieza a ver al SIDA como a cualquier otra enfermedad infecciosa causada por un agente poco conocido, lo cual dificulta el establecer estrategias de prevención y tratamiento.

De cualquier forma, debemos prepararnos para el futuro mediante medidas de control necesarias y mediante el estudio de esta enfermedad basándonos en modelos y pronósticos de simulación, lo cual se intentará realizar a lo largo de este capítulo, así como el subsecuente.

#### 3.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

Como se ha amencionado anteriormente, el SIDA es un problema de salud pública y social que debe atacarse cuanto antes. Jaime Sepúlveda Amor comenta en su libro Sida, ciencia y sociedad en México que "sobre pocos temas se ha escrito tanto y en tan poco y tiempo, como del Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida...lo cual responde al interés, la inquietud y el temor que ha provocado esta

enfermedad, en todos los ámbitos a nivel mundial". Debido a las características que envuelven al virus que causa esta epidemia, así como el vertiginoso crecimiento de infectados en todo el mundo se hace indispensable el estudio cada vez más profundo no sólo del aspecto biológico, sino también del aspecto social y poblacional.

En México existen varias instituciones u organismos creados para organizar y coordinar las acciones de los sectores público, social y privado tendientes a combatir esta infección y normar los lineamientos para mejorar la atención de las personas que viven con el VIH tales como el CONASIDA, CRIDIS, TELSIDA, etcétera.

Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos millonarios para determinar con exactitud el comportamiento futuro de la epidemia en nuestro país se hace cada vez más latente la necesidad de "ayuda" en el establecimiento de pronósticos aún más confiables. Es en este punto clave donde el Licenciado de Matemáticas Aplicadas y Computación puede contribuir aplicando sus conocimientos matemáticos y computacionales a fin de obtener un pronóstico que aunque no está libre de errores puede dar un enfoque o resultado útil al estudio de esta enfermedad.

Así mismo cabe hacerse mención que el emprender esta investigación no es tarea fácil por las trabas y tabúes tan grandes que envuelven a la enfermedad lo cual desgraciada e inevitablemente incurrirá en algunos errores.

Sin embargo, existe un refrán que dice "Querer es poder", y deseando crear un modelo que sea útil a la Ciencia y a la sociedad, así como siguiendo los estatutos o lineamientos generales de la simulación podremos avanzar mucho en los pronósticos acerca de este terrible síndrome que ataca a gran parte de la humanidad.

### 3.2. CONCEPTUALIZACION DEL MODELO

Como se mencionó en el capítulo II, esta fase de conceptualización del modelo suele ser considerada como la más difícil en el planteamiento de una simulación, debido a que no necesariamente involucra cálculos muy complejos, sino más bien requiere de una objetividad que permita determinar exactamente qué es lo que se desea obtener con el estudio del fenómeno.

Implícitamente en la formulación del problema se definió como objetivo primordial el demostrar que un modelo de simulación es útil en la elaboración de un pronóstico "confiable" conscerniente al comportamiento del SIDA. De aquí podemos entonces desprender

que un aspecto de suma importancia es el conocer con anterioridad el número de casos que posiblemente existirán es un futuro determinado para poder tomar ciertas medidas de control que incidan en un momento dado en el comportamiento del fenómeno y se logre "contratar" (aunque sea un poco) a la epidemia.

Obviamente como estamos hablando del número de casos observados a través del tiempo, podremos auxiliarnos de una serie de tiempo discreta cuyos parámetros dependerán del resultado obtenido durante la formulación del modelo matemático de tipo ARIMA.

Así mismo, debemos tomar en cuenta que los datos proporcionados como fuente de información para realizar nuestra simulación no serán al 100% confiables debido a que el SIDA (como ya lo abordamos anteriormente) constituye una enfermedad más social que médica, por lo que la obtención de información es muy restringida y más aún, por tener carácter de "confidencial" es cada vez más difícil conseguir los permisos para consultar archivos de los principales organismos médicos, así como obtener entrevistas con altos funcionarios y/o con los propios enfermos. Sin embargo, al crearse un órgano de información y orientación como el CONASIDA se puede fotocopiar y obtener "cierto" material bibliográfico y estadístico como los folletos SIDA/ETS que muestran el comportamiento poblacional, aunque se sigan teniendo reservas al respecto.

Por último, debemos estar conscientes que los recursos con los que se cuenta para elaborar este trabajo de investigación son muy limitados, de tal manera que se tendrá que seguir más estrictamente esta metodología de simulación (así como la de Box & Jenkins) y tratar de aprovechar las bondades que un paquete como el Statgraphics puede proporcionarnos.

### 3.3. OBTENCION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos contenidos en los folletos SIDA/ETS y que nos servirán como fuente de información para el desarrollo del modelo de simulación fueron proporcionados por el Consejo Nacional de Prevención y Control del SIDA (CONASIDA) ubicado en las calles de Comercio y Administración No. 27 en la Colonia Copilco, Universidad y en Flora No. 8 en la Colonia Roma.

Por tratarse de una epidemia que tiene diferentes formas de transmisión y por ende, diferentes formas de propagación, trabajaremos con los datos notificados y acumulados dividiendo a la población de enfermos según el grupo al que pertenecen, es decir: homosexuales masculinos, bisexuales, infectados por

transfusión sanguínea, hemofílicos, drogadictos intravenosos, heterosexuales, infectados por vía perinatal, homosexuales y drogadictos intravenosos; dando como resultado 8 series de tiempo diferentes que seguramente arrojarán resultados distintos. Cabe mencionarse que posiblemente existirán algunas series de tiempo que descartaremos por comportarse desde el principio como RUIDO BLANCO.

Así mismo, manejaremos alrededor de 70 datos (a partir de abril de 1987 a mayo de 1993) en cada serie por lo "novedoso" de la enfermedad y por la carencia de datos anteriores, de tal manera que las observaciones registradas son puestas a disposición y por estricto orden cronológico, en el apéndice de este trabajo.

Con estos datos, procederemos entonces a plantear nuestro modelo matemático; no obstante hay que mencionar, que existen ciertos datos atípicos (Julio de 1991) los cuales modificarán el comportamiento "real" de nuestro modelo, por lo que después de cuestionar a gente especializada en el tema del Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida, se llegó a la conclusión de interpolar dichos datos, para evitar futuros errores y/o problemas en el pronóstico final.

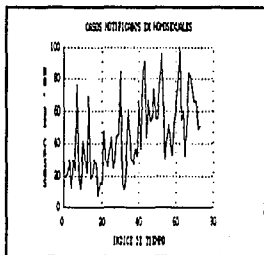
#### **3.4. FORMULACION, ESTIMACION, IMPLEMENTACION Y EVALUACION DEL MODELO**

Siguiendo la estructura general en la creación de un modelo de simulación continuaríamos con los pasos de formulación, estimación, implementación y evaluación de un modelo.

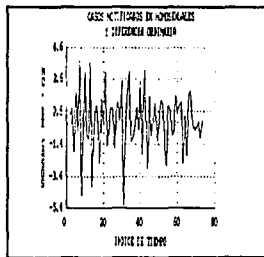
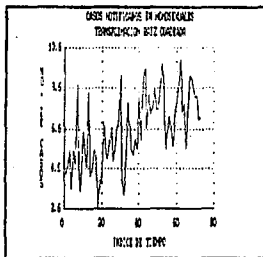
Como los modelos que en esta tesis se muestran son derivados de diferentes series de tiempo, y como el método de simulación que utilizaremos será el creado por Box y Jenkins, estos pasos se encontrarán íntimamente relacionados, lo cual redundará inevitablemente en un proceso "iterativo" hasta obtener aquellos modelos que se ajusten mejor al fenómeno real que se está estudiando. Por ello es que en el resto del capítulo dividiremos los puntos no por los pasos en que se debe seguir una simulación de manera estricta, sino más bien por cada una de las series de tiempo que estamos estudiando; obviamente sin desprendernos en demasía del orden en el cual se debe proseguir para obtener un buen modelo de tipo ARIMA(p,d,q).

### 3.4.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales

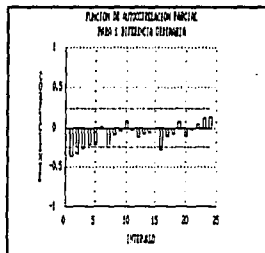
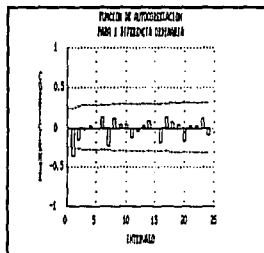
La gráfica de la serie original que muestra el número de casos de SIDA en la población homosexual de la República Mexicana es la siguiente:



Como podemos observar dicha gráfica presenta poca heteroscedasticidad y tendencia creciente. Para estabilizar la varianza utilizaremos la transformación RAIZ CUADRADA, y para eliminar la tendencia aplicaremos una diferencia ordinaria, dando como resultado las siguientes gráficas:



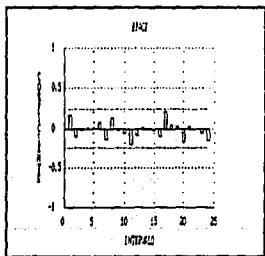
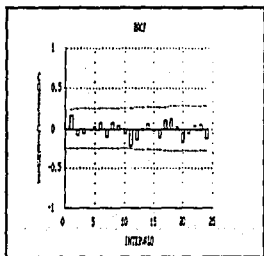
Una vez que observamos que existe varianza constante y media constante debemos analizar las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial para determinar en forma tentativa un modelo:

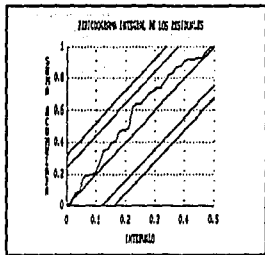


La ACF parece truncarse en 1, mientras que la PACF podría considerarse como decreciente infinita, por lo que en principio podríamos sugerir un modelo  $ARIMA(0,1,1)$ .

Al estimarse el modelo se obtuvo como valor del parámetro significativo 1.04360 y una constante con valor de 0.06649.

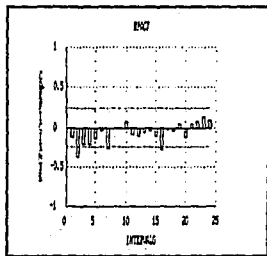
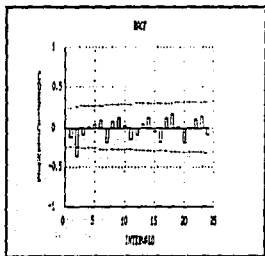
Al examinar los residuales obtuvimos las siguientes conjeturas:

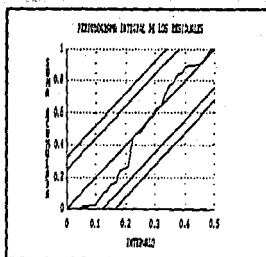




Las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de los residuos (i.e. RACF y RPACF) parecen comportarse como RUIDO BLANCO, mientras que el periodograma integral muestra un ajuste no muy bueno, por lo que quizá valdría la pena probar algún otro modelo, sin olvidarnos obviamente del principio de PARSIMONIA.

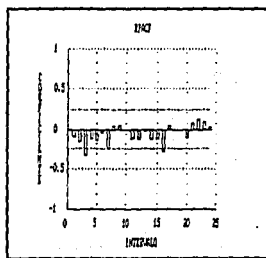
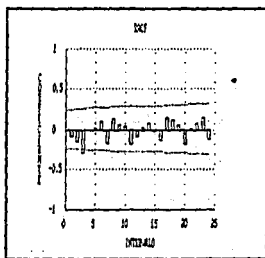
Al probarse el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo un parámetro con valor de  $-0.36006$ , mientras que el análisis de los residuos mostró el siguiente comportamiento:



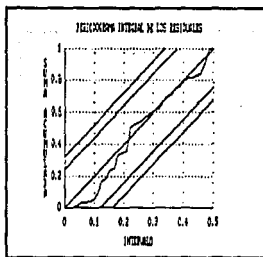


De acuerdo al comportamiento de las RACF y RPACF podemos concluir que estamos trabajando con un modelo subespecificado, y por consiguiente, el ajuste mostrado por el periodograma integral es muy malo.

Probando un modelo ARIMA(2,1,0) se obtuvieron como valores de los parámetros  $-0.47357$  y  $-0.31551$ . Por su parte los residuos mostraron el siguiente comportamiento:



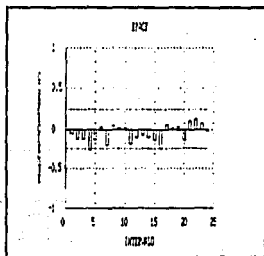
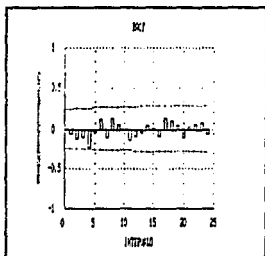


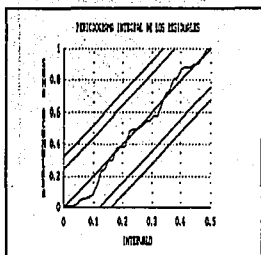


Al igual que en el modelo anterior, se encontró que las RACF y RPACF no se asemejan al RUIDO BLANCO dando como resultado otro modelo subespecificado.

Al probar los modelos ARIMA(1,1,1), ARIMA(0,1,2), ARIMA(2,1,1), ARIMA(1,1,2) y ARIMA(0,1,3) encontramos en sus respectivas estimaciones uno o varios parámetros NO significativos, lo cual es un indicador de modelos sobre-especificados por lo que el análisis de residuales de cada uno de estos modelos no tendría mucho sentido.

Por último, al probar un modelo ARIMA(3,1,0) se obtuvieron tres parámetros significativos con valores de  $-0.55608$ ,  $-0.43993$  y  $-0.26208$ , así como las siguientes gráficas en el diagnóstico de residuales:





Las RACF y RPACF se asemejan al RUIDO BLANCO, mientras que el periodograma integral muestra un ajuste más o menos bueno.

No obstante antes de tomar cualquier decisión acerca de qué modelo debemos usar, es conveniente elaborar una tabla comparativa de todos los modelos lógicos que nos permita ver en conjunto las características de cada modelo y así tomar la mejor opción:

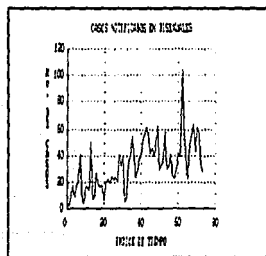
	MODELO	
	1	2
# Dif. ord.	1	1
# Dif. est.	0	0
# Parámetros	1	3
$\alpha(1)$ (est. t)		-0.55608 (-4.78)
$\alpha(2)$ (est. t)		-0.43993 (-3.55)
$\alpha(3)$ (est. t)		-0.26208 (-2.24)
$\Omega(1)$ (est. t)	1.04360 (28.11)	

Constante (est. t)	0.06649 (4.39)	
Box Pierce (g.l.)	14.00520 (18)	14.3553 (17)
P-Value	0.78339	0.6418
SCR	136.867	170.184
S <sup>2</sup>	1.89956	2.4664
Graf. Res.	Bien	Más o menos
Per. Int.	Más o menos	Más o menos

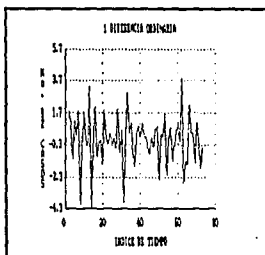
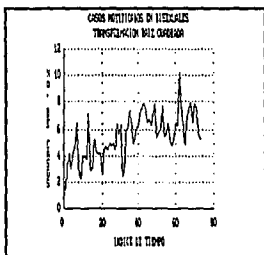
Tomando en cuenta las características de cada modelo en conjunto elegiremos el ARIMA(0,1,1) ya que además de poseer algunas características mejores que el modelo ARIMA(3,1,0), cumple mejor con las especificaciones de PARSIMONIA.

#### 3.4.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales.

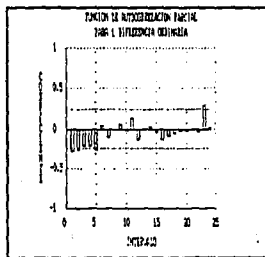
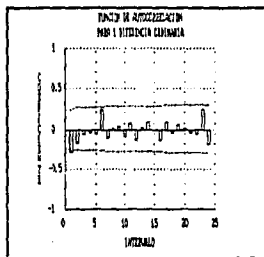
La correspondiente serie de tiempo para este tipo de transmisión se comporta tal como lo muestra la gráfica siguiente:



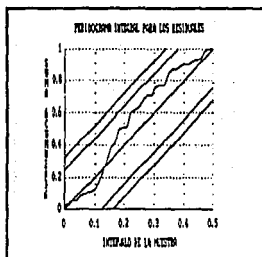
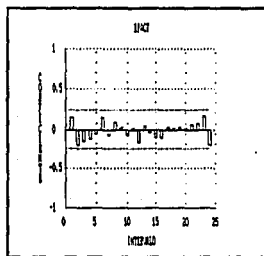
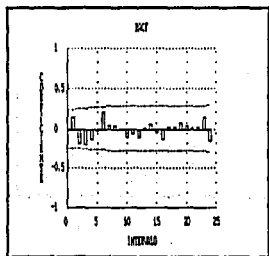
Las observaciones preliminares de esta gráfica demuestran heteroscedasticidad y tendencia creciente, por lo que para estabilizar la varianza se utilizará la transformación raíz cuadrada y para remover la tendencia se aplicará una diferencia ordinaria, dando como resultado las series que se presentan a continuación:



Por su parte, para determinar un posible modelo tentativo, nos basaremos en las ACF y PACF de la "nueva" serie:

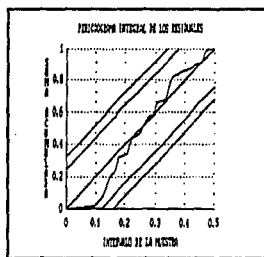
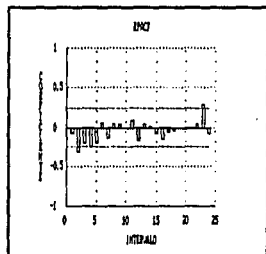
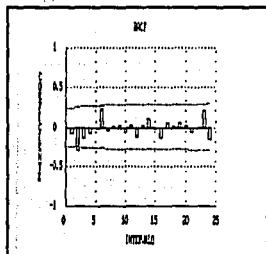


Al igual que en la serie correspondiente a la población homosexual la ACF parece truncarse en 1, mientras que la PACF decrece lentamente, por lo que inicialmente se sugiere un modelo ARIMA(0,1,1). Al estimar su parámetro se obtuvo un valor de 0.69424, sin incluir constante alguna. En el examen de residuales se presentaron las siguientes conclusiones:



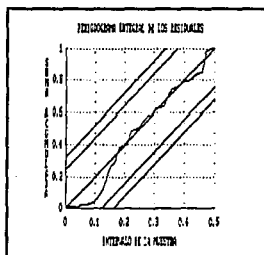
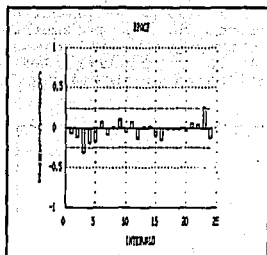
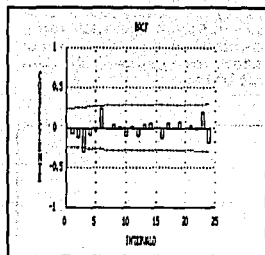
Como puede observarse, tanto la RACF como la RPACF presentan el comportamiento típico del ruido blanco; sin embargo, el periodograma integral muestra un ajuste no del todo satisfactorio, por lo que convendría hasta cierto punto el probar otros modelos sencillos para ver si con ellos se corre con mejor suerte y se encuentra "mejor" ajuste.

Probando el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo un valor en el parámetro de  $-0.27304$  y un examen de residuales con las siguientes características:



Tanto en la RACF como en la RPACF nos damos cuenta que estamos trabajando con un modelo subespecificado al sobresalir varias funciones de sus intervalos. Por consiguiente, el ajuste del periodograma no es muy bueno.

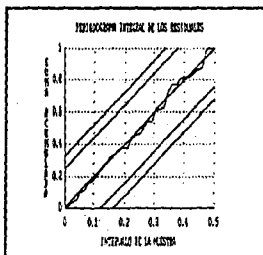
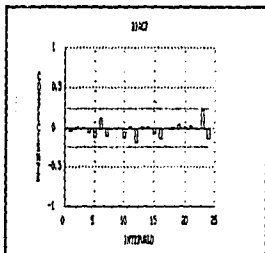
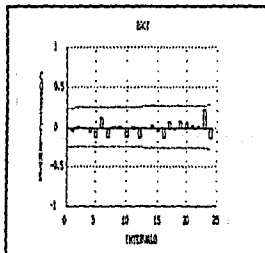
Probando un ARIMA(2,1,0) se obtuvieron dos parámetros significativos con valores de  $-0.34596$  y  $-0.26512$ . En cuanto al análisis de residuales se llegó a las siguientes conclusiones:



Al igual que en el modelo anterior, aún falta especificar parámetros, pues sobresalen del intervalo algunas funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial en sus residuales. El ajuste del periodograma es más o menos bueno a pesar de que teóricamente no se trata de un modelo adecuado.

Al probar los modelos ARIMA(0,1,2), ARIMA(2,1,0), ARIMA(2,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(3,1,0), ARIMA(0,1,3), ARIMA(4,1,0), ARIMA(3,1,1), ARIMA(1,1,3), ARIMA(4,1,0) y ARIMA(0,1,4) se llegó a la conclusión de que se estaba trabajando con modelos sobre-especificados al encontrar parámetros NO significativos en las estimaciones correspondientes.

Por último, al probar el modelo ARIMA(2,1,2) se obtuvieron como valores de los parámetros autorregresivos 0.98084 y -0.47882; mientras que los valores de los parámetros de medias móviles fueron 1.49308 y -0.68894. Así mismo, al realizar el examen de sus residuales se obtuvieron las siguientes gráficas:



Como puede observarse, las RACF y RPACF muestran un comportamiento similar al del RUIDO BLANCO, mientras que el periodograma integral manifiesta un excelente ajuste; sin embargo tiene el inconveniente de contar con "bastantes" parámetros con respecto al primer modelo planteado.



Veamos en conjunto las características globales de estos dos modelos:

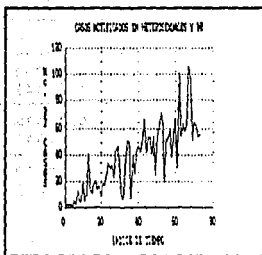
	MODELO	
	1	2
# Dif. ord.	1	1
# Dif. est.	0	0
# Parámetros	1	4
$\alpha(1)$ (est. t)		0.98084 (4.11)
$\alpha(2)$ (est. t)		-0.47882 (-3.34)
$\Omega(1)$ (est. t)	0.69424 (7.93)	1.49308 (6.35)
$\Omega(2)$ (est. t)		-0.68894 (-3.46)
Box Pierce (g.l.)	14.6036 (19)	7.57991 (16)
P-Value	0.747436	0.960401
SCR	131.155	118.579
S <sup>2</sup>	1.84726	1.74381
Graf. Res.	Más o menos	Más o menos
Per. int.	Más o menos	Excelente

Probablemente parezca que el modelo dos posee las mejores características; sin embargo no hay que olvidar en primer lugar el principio de PARSIMONIA que debe gobernar a este tipo de modelos; y en segundo lugar el número de grados de libertad que se maneja en cada uno de los modelos, por lo que sería muy aventurado tomar

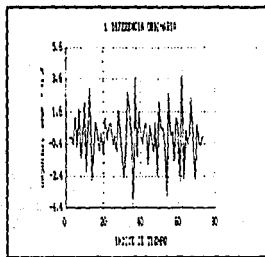
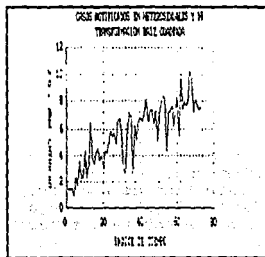
en primera instancia el modelo mezclado. Por lo anterior, y para evitar trabajar con un modelo mucho más complicado se recomienda probar el modelo  $ARIMA(0,1,1)$ ; en caso de no obtener buenos pronósticos con éste, entonces sí podríamos considerar como una buena alternativa el modelo  $ARIMA(2,1,2)$ .

### 3.4.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Donadores Remunerados

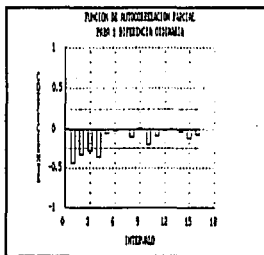
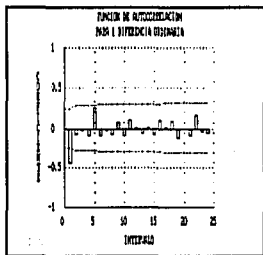
Para este tipo de transmisión se tiene la siguiente gráfica:



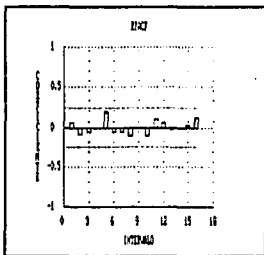
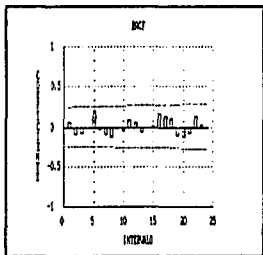
En ella puede observarse heteroscedasticidad y tendencia, por lo que debemos estabilizar la varianza con la transformación raíz cuadrada y aplicar una diferencia ordinaria, de tal forma que podamos eliminar la tendencia creciente:

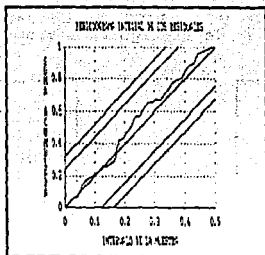


Por su parte la ACF y la PACF de la serie transformada y diferenciada se comportan de la siguiente manera:



Al parecer, la ACF se trunca en 1 y la PACF se comporta en forma decreciente infinita, por lo que se recomienda probar el modelo  $ARIMA(0,1,1)$ . Al estimarse el parámetro se obtuvo un valor de 0.88761 y una constante de 0.09501. Al examinarse los residuales se obtuvieron las siguientes gráficas y consideraciones:

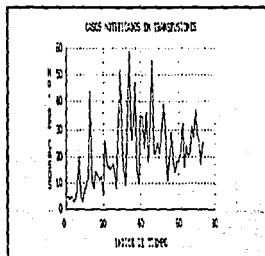




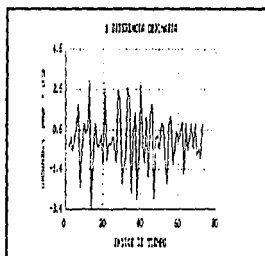
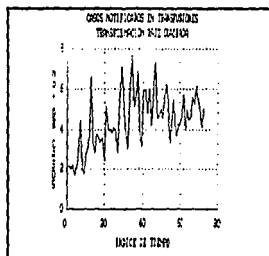
Tanto la ACF como la PACF se comportan de manera idéntica al RUIDO BLANCO, mientras que el periodograma integral muestra un buen ajuste. En realidad, no existe motivo para sospechar que la serie se ajuste a otro modelo, a menos que el pronóstico final nos arrojará datos demasiado erróneos y nada apegados a la realidad.

#### 3.4.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas

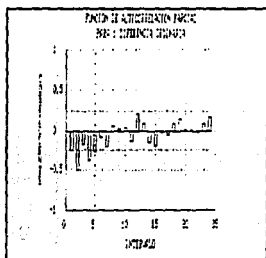
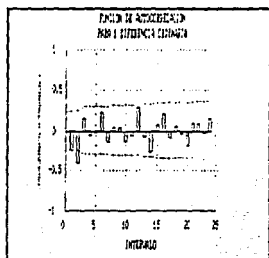
La gráfica siguiente muestra el número de casos de SIDA debido a transfusiones sanguíneas:



Como puede observarse, dicha gráfica presenta una ligera heteroscedasticidad y tendencia de tipo creciente, por lo que se aplicará la transformación raíz cuadrada cuyo objeto es estabilizar la varianza, así como una diferencia ordinaria para remover la tendencia:



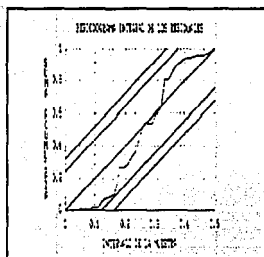
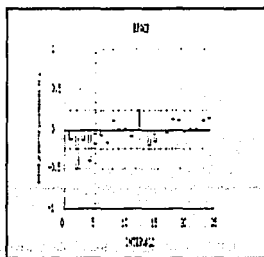
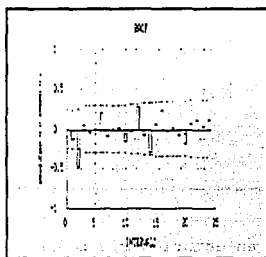
Una vez que se ha convertido la serie en estacionaria podremos percatarnos del comportamiento de las ACF y PACF:



La ACF parece truncarse en 2, mientras que en la PACF sobresalen

las funciones 2,4 y 5. Como podemos suponer, en esta serie no es tan fácil el identificar desde el principio un modelo que se ajuste al fenómeno, de tal manera que se procederá en base al principio de PARSIMONIA, es decir, probar varios modelos empezando desde el más sencillo hasta el más complejo hasta elegir a aquel que cumpla mejor las especificaciones de ajuste y pronóstico.

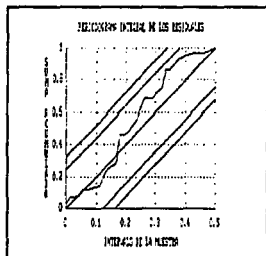
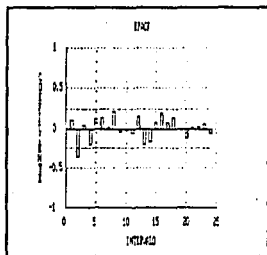
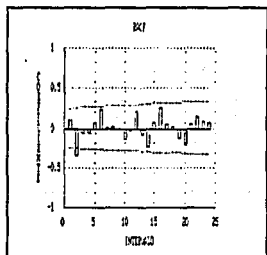
Comenzando con el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo un parámetro con valor de  $-0.24836$ . Las gráficas de las RACF, RPACF y el periodograma integral de sus residuales muestran:



Tanto en la RACF, como en la RPACF existen funciones que salen

del intervalo de confianza, de tal forma que podemos concluir que al no comportarse como RUIDO BLANCO estamos trabajando con un modelo subespecificado.

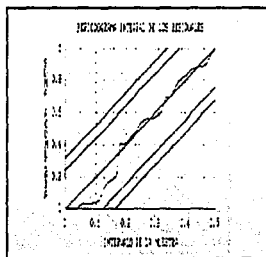
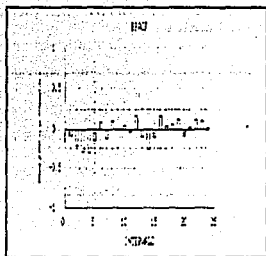
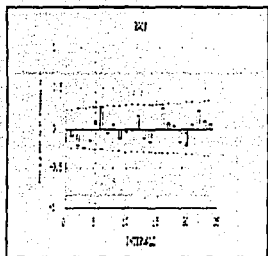
Para el modelo ARIMA(0,1,1) se obtuvo un parámetro estimado con valor de 0.79875. El examen de residuales arroja los siguientes resultados:



Al igual que en el modelo anterior, existen funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial en sus residuales que son significativas, lo cual indica que también se trata de un modelo sub-especificado.

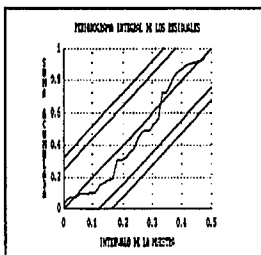
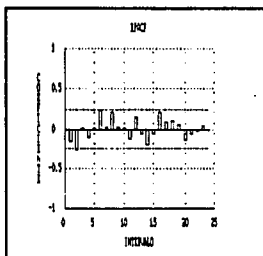
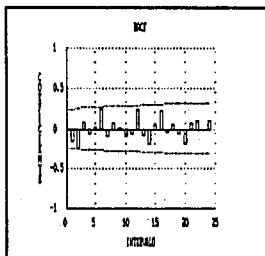
**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Para el modelo  $ARIMA(2,1,0)$  se encontraron parámetros significativos, cuyos valores fueron:  $-0.36965$  y  $-0.49648$ . Las RACF y RPACF mostraron a su vez valores significativos, por lo que también es considerado como modelo sub-especificado:



En el modelo  $ARIMA(0,1,2)$  se encontraron parámetros significativos con valores de  $0.43075$  y  $0.36298$ . El examen de los residuales se muestra a continuación:

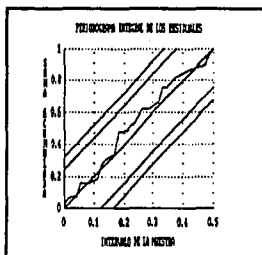
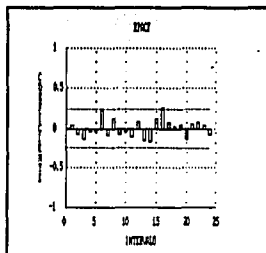
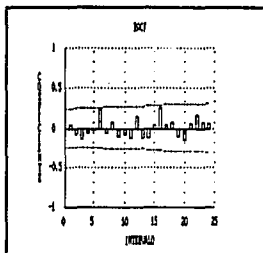




La RACF indica un comportamiento similar al del RUIDO BLANCO, mientras que la segunda RPACF sobresale un poco del intervalo. Por su parte, el periodograma integral de los residuales muestra un ajuste no muy bueno.

Probando los modelos  $ARIMA(1,1,1)$ ,  $ARIMA(1,1,2)$ ,  $ARIMA(2,1,1)$  y  $ARIMA(3,1,0)$  se encontraron valores no significativos en los parámetros estimados por lo que se llegó a la conclusión que se trataba de modelos sobre-especificados.

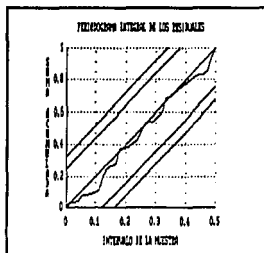
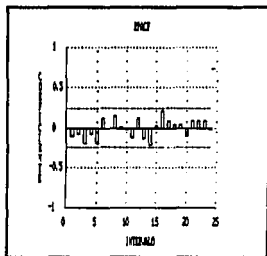
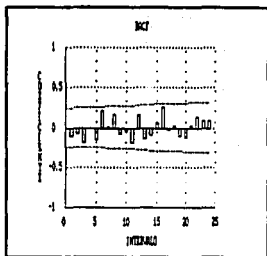
Utilizando el modelo  $ARIMA(0,1,3)$  se encontraron tres parámetros significativos con valores 0.70035, 0.41962 y -0.36795. Así mismo al examinarse los residuales se obtuvieron las siguientes gráficas y conclusiones:



Tanto la RACF como la RPACF se comportan como RUIDO BLANCO y el periodograma integral muestra un ajuste más o menos bueno; sin embargo, aún valdría la pena buscar otro modelo con el cual se obtuviera un mejor ajuste.

Al probar los modelos  $ARIMA(1,1,3)$ ,  $ARIMA(3,1,1)$ ,  $ARIMA(2,1,2)$  y  $ARIMA(0,1,4)$  se encontraron parámetros NO significativos lo cual es una característica de los modelos sobre-especificados.

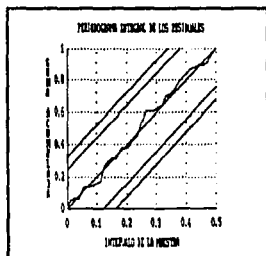
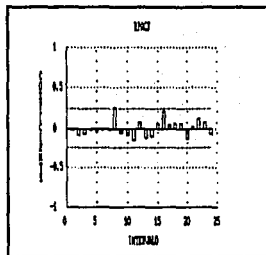
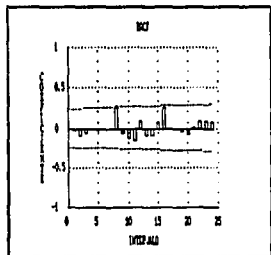
Por su parte, para el modelo  $ARIMA(4,1,0)$  se encontraron como parámetros significativos  $-0.50793$ ,  $-0.76406$ ,  $-0.32919$  y  $-0.37351$ . Los residuales a lo largo de su diagnóstico mostraron lo siguiente:



Tanto la RACF como la RPACF muestran un comportamiento típico del RUIDO BLANCO. El periodograma integral muestra bastante ajuste, por lo que podría considerarse un buen modelo para esta serie de tiempo.

Al probar otros modelos como ARIMA(1,1,4), ARIMA(4,1,1), ARIMA(2,1,3), ARIMA(3,1,2) y ARIMA(5,1,0) nos percatamos de la existencia de parámetros NO significativos en la estimación, llegándose así a considerar como modelos sobre-especificados.

Por último, al probar el modelo ARIMA(5,1,0) se obtuvieron cinco valores significativos en la estimación de sus parámetros: -0.60573, -0.84963, -0.53037, -0.50788 y -0.26080. El análisis de sus residuales indicó lo siguiente:



La RACF y RPACF se comportan sin duda como RUIDO BLANCO. El peirodograma integral muestra un buen ajuste; sin embargo estamos hablando de un modelo "bastante" complicado.

La tabla de la siguiente página nos ayudará a decidir cuál modelo pudiera ser considerado como el mejor:

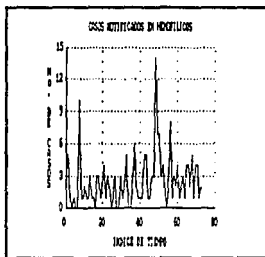
	MODELO			
	1	2	3	4
# Dif. ord.	1	1	1	1
# Dif. est.	0	0	0	0
# Parámetros	2	3	4	5
$\alpha(1)$ (est. t)			-0.50793 (-4.50)	-0.60573 (-5.11)
$\alpha(2)$ (est. t)			-0.76406 (-6.20)	-0.84963 (-6.74)
$\alpha(3)$ (est. t)			-0.32919 (-2.67)	-0.53037 (-3.52)
$\alpha(4)$ (est. t)			-0.37351 (-3.27)	-0.50788 (-4.01)
$\alpha(5)$ (est. t)				-0.26080 (-2.17)
$\eta(1)$ (est. t)	0.43075 ( 3.92)	0.70035 ( 6.18)		
$\eta(2)$ (est. t)	0.36298 ( 3.30)	0.41962 ( 3.19)		
$\eta(3)$ (est. t)		-0.36795 (-3.16)		
Box Pierce (g.l.)	25.0683 (18)	19.3294 (17)	22.6502 (16)	15.0786 (15)
P-Value	0.12304	0.40375	0.12341	0.44576
SCR	88.0161	78.7391	80.2344	75.313
S <sup>2</sup>	1.25737	1.14115	1.08624	1.12407
Graf. Res.	Más o menos		No muy bien	Más o menos
Per. Int.	No muy bien		Más o menos	Bien

Según los principios primordiales en la metodología de Box & Jenkins con respecto al examen de los residuales, el modelo que se elegiría como el mejor sería el número 4. No obstante, aparte de que se trata de un modelo complicado (5 parámetros), en ciertas especificaciones como la prueba de Formanteau se trabaja con menos grados de libertad que en los otros modelos, lo cual indudablemente afecta en los resultados finales.

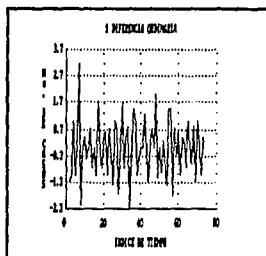
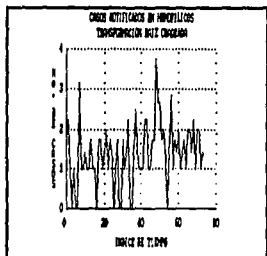
Cuando se presenta un problema como éste lo más recomendable es partir en orden de complejidad, es decir, bajo el principio de PARSIMONIA y realizar los pronósticos correspondientes a cada uno de los modelos comparando los resultados obtenidos con los resultados reales; de esta manera se podrá elegir el mejor modelo.

#### 3.4.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos

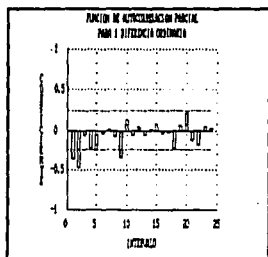
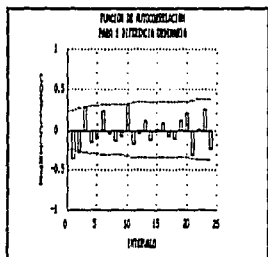
La gráfica de la serie que representa al número de casos de SIDA en Hemofílicos se comporta de la siguiente manera:



Como se observa heteroscedasticidad y ligera tendencia creciente, se aplicará la transformación raíz cuadrada y una diferencia ordinaria para convertir la serie en estacionaria:

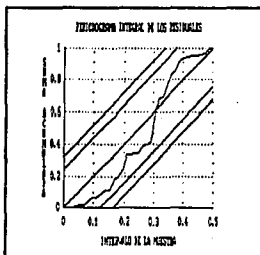
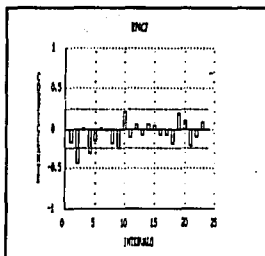
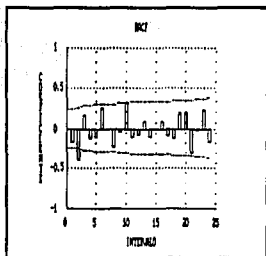


Por su parte las gráficas ACF y PACF de la serie transformada y diferenciada se comportan de la siguiente forma:



La ACF parece comportarse en forma decreciente mientras que la PACF tiene valores significativos en 1, 2 y 9. Al igual que en la serie anterior, no podemos definir con claridad qué modelo se ajustará a los datos y por ende tendremos que probar varios.

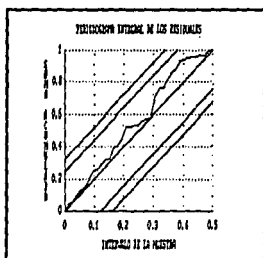
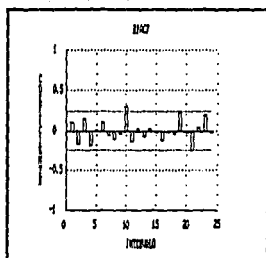
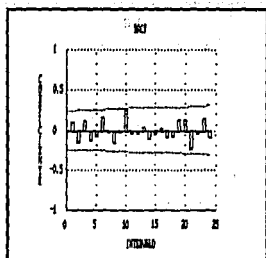
Iniciando con el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo un parámetro estimado con valor de  $-0.35168$ . Las gráficas de las RACF y RPACF, así como su periodograma integral muestran lo siguiente:



Tanto en la RACF como en la RPACF existen valores significativos (es decir que salen del intervalo de confianza), de tal forma que se puede asegurar que al no comportarse como RUIDO BLANCO se trata de un modelo sub-especificado.

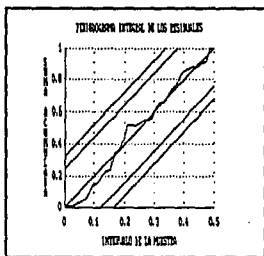
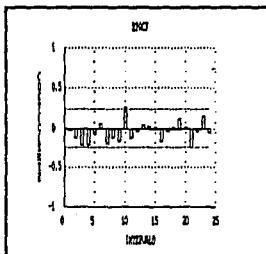
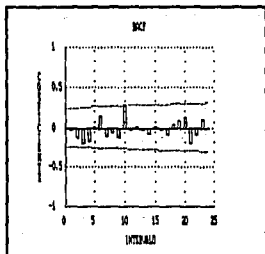
Probando el modelo ARIMA(0,1,1) se obtuvo un parámetro significativo con valor de 0.82128, mientras que con el análisis de sus residuales se obtuvieron las siguientes conclusiones:





La RACF parece comportarse como RUIDO BLANCO, mientras que en la RPACF sobresale el 10. Nuevamente estamos trabajando con un modelo sub-especificado.

Al probarse el modelo ARIMA(2,1,0) se obtuvieron dos valores significativos en sus parámetros:  $-0.51258$  y  $-0.46339$ . Así mismo, al realizar el análisis y/o diagnóstico de sus residuales se llegó a las siguientes conjeturas:



Tanto la RACF como la RPACF muestran un comportamiento idéntico al del RUIDO BLANCO. El periodograma integral de los residuales a su vez indica un buen ajuste del modelo, por lo que éste podría considerarse en forma más o menos seria como un modelo adecuado al fenómeno.

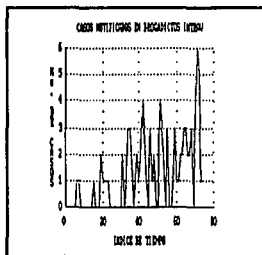
Probándose los modelos ARIMA(1,1,1), ARIMA(2,1,0), ARIMA(2,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(3,1,0), ARIMA(0,1,3) y ARIMA(2,1,2) se obtuvieron parámetros NO significativos, lo cual es un indicador de modelos sobre-especificados.

Como podemos suponer, el modelo con el que pronosticaremos será el ARIMA(2,1,0) pues a pesar de que al incrementar el número de

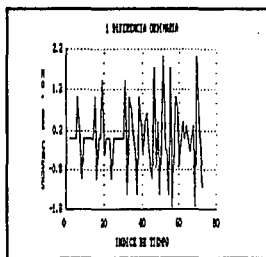
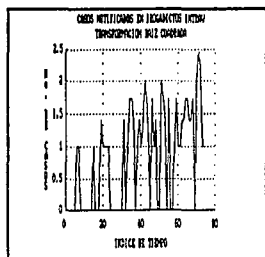
parámetros probablemente encontraremos algún modelo que se ajuste a los datos, es bien sabido que incrementaremos considerablemente el nivel de complejidad del mismo.

### 3.4.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos Intravenosos.

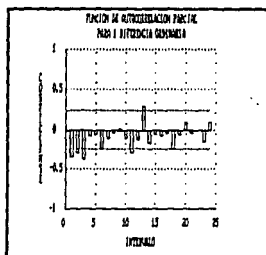
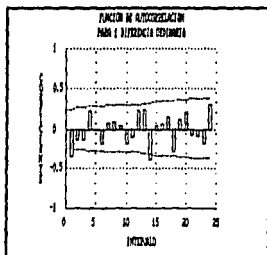
La gráfica de la serie original en el tipo de transmisión correspondiente a los drogadictos intravenosos se comporta como sigue:



En el análisis preliminar podemos detectar heteroscedasticidad (que puede erradicarse con la transformación raíz cuadrada) y tendencia creciente (que puede eliminarse vía una diferencia ordinaria):

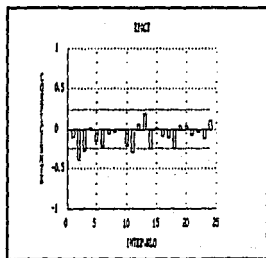
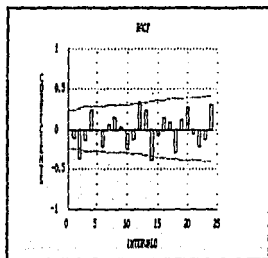


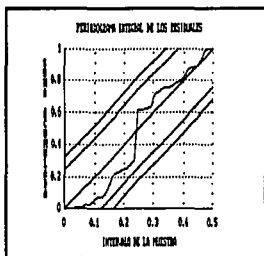
Así mismo, a partir de la serie transformada y diferenciada se obtuvieron las siguientes funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial:



La primera de ellas posee dos valores significativos en los intervalos 1 y 14; por su parte la PACF presenta valores significativos en 3, 11 y 13. Como es de suponerse, no es fácil en este momento decidir cuál modelo podría ajustarse a los datos, por lo que comenzaremos probando desde el más sencillo hasta el más complejo.

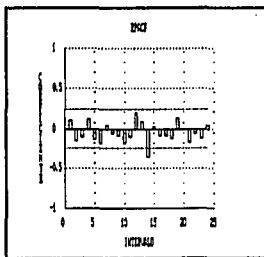
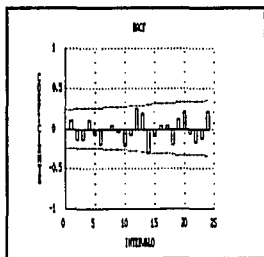
Considerando en primer lugar el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo como valor de parámetro  $-0.34988$ . En cuanto a las RACF y RPACF manifestaron el siguiente comportamiento:

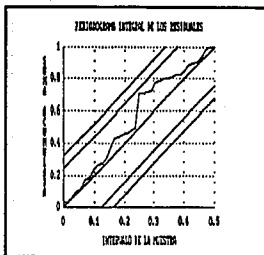




En la RACF existen valores significativos en 2, 12 y 14. Por su parte la RPACF presenta valores fuera del intervalo de confianza en 2, 3 y 11. Es por demás mencionar que se trata de un modelo subespecificado que desgraciadamente en sus residuales no pone de manifiesto cuál es el siguiente modelo a probar.

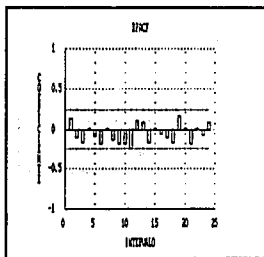
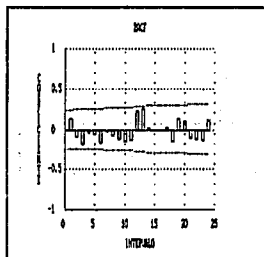
Probándose ahora el modelo ARIMA(0,1,1) se obtuvo en la estimación del parámetro el valor de 0.83219. En cuanto al comportamiento de las RACF, RPACF y periodograma integral se tienen las siguientes conclusiones:

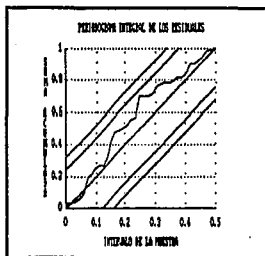




La función de autocorrelación de los residuales muestra un comportamiento que podría ser considerado como RUIDO BLANCO, mientras que en la función de autocorrelación parcial de los mismos sobrepasa el valor 14. No obstante, prestando un poco de atención a la gráfica podemos detectar hasta cierto punto, un comportamiento estacional con una longitud de periodo igual a 14. Con esto no sería "descabellado" el probar algún modelo multiplicativo (con parte estacional) para corroborar esta hipótesis que acabamos de plantear, por lo que podríamos considerar los modelos  $ARIMA(0,1,1)*(1,0,0)_s$  y  $ARIMA(0,1,1)*(0,0,1)_s$  con  $s=14$ .

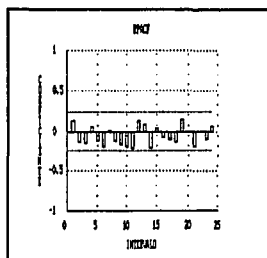
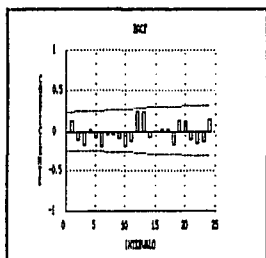
Probando el primero de ellos, es decir,  $ARIMA(0,1,1)*(1,0,0)_s$  se obtuvo como valor en el parámetro de medias móviles 0.76754 y como valor del parámetro estacional -0.35170. El análisis de los residuales mostró lo siguiente:

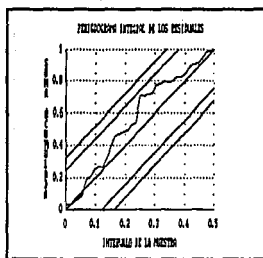




Tanto la RACF como la RPACF parecen comportarse como RUIDO BLANCO. El periodograma integral a su vez presenta un ajuste más o menos bueno.

Probando el modelo  $ARIMA(0,1,1)*(0,0,1)_s$  se obtuvo como parámetro de medias móviles el valor de 0.77578 y como parámetro estacional el valor de 0.26549. Por su parte del diagnóstico de residuales se resaltan los siguientes aspectos:





Tanto la RACF como la RPACF muestran un comportamiento típico al RUIDO BLANCO. A su vez el periodograma integral muestra también un ajuste no del todo satisfactorio. No obstante, como es de imaginarse, es muy complicado el comportamiento de la serie por lo que desgraciadamente quizás en este tipo de transmisión no se encuentre un modelo que se ajuste al 100%. Por ahora nos conformaremos con alguno de los modelos anteriores, sin descartar la idea que probablemente más adelante (específicamente en el pronóstico) tendremos que buscar otro modelo "más significativo o representativo" a la serie.

Considerándose los dos modelos anteriores se presenta un resumen de cada uno mediante la siguiente tabla:

	MODELO	
	1	2
# Dif. ord.	1	1
# Dif. est.	0	0
# Parámetros	2	2
$\Omega(1)$ (est. t)	0.76754 (9.34)	0.77578 (9.67)
$\alpha(1)$ (est. t)	-0.35170 (-2.75)	

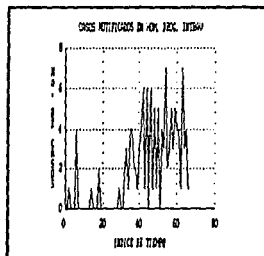


$\hat{\alpha}(1)$ (est. t)		0.26549 ( 2.09)
Box-Pierce (g.l.)	22.1890 (18)	23.3235 (18)
P-Value	0.22370	0.17806
SCR	29.5731	30.3571
S <sup>2</sup>	0.42247	0.43367
Graf. Res.	Más o menos	Más o menos
Per. Int.	No muy bien	No muy bien

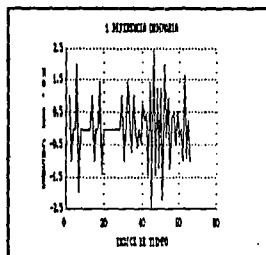
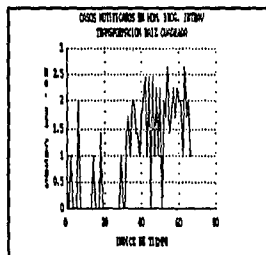
Por todas las características en conjunto, podríamos elegir el modelo 1, es decir, ARIMA(0,1,1)\*(1,0,0) sin olvidarnos por completo del modelo 2, que en un momento dado podría sernos de gran utilidad.

#### 3.4.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales drogadictos intravenosos.

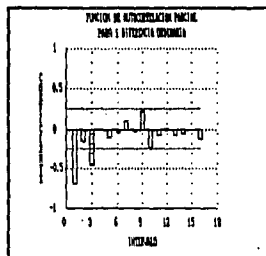
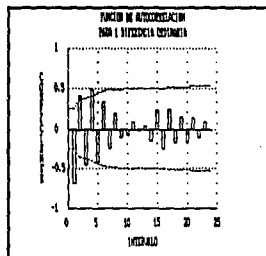
La gráfica original de esta serie presenta heteroscedasticidad y tendencia creciente tal como veremos a continuación:



Para hacer esta serie estacionaria se utilizó la transformación raíz cuadrada y una diferencia ordinaria:

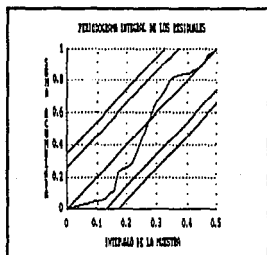
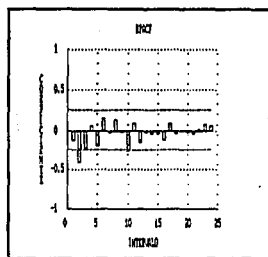
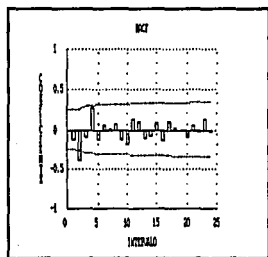


Las ACF y PACF presentan a su vez los siguientes comportamientos:



La ACF podría considerarse como decreciente infinita, mientras que la PACF posee valores significativos en 1 y 3, por lo que siguiendo el multicitado principio de PARSIMONIA se probará primeramente el modelo ARIMA(1,1,0).

En este modelo se obtuvo como valor del parámetro  $-0.69492$ . Las gráficas de las RACF, RPACF y periodograma integral muestran el siguiente comportamiento:

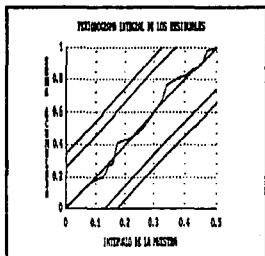
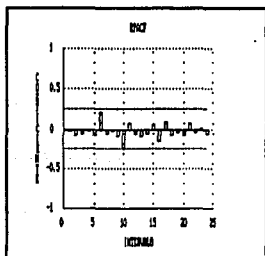
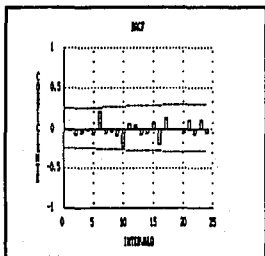


En ambas RACF y RPACF se obtuvo un valor significativo en 2; por ende se trata de un modelo subespecificado.

Al probarse los modelos  $ARIMA(1,1,0)$ ,  $ARIMA(1,1,1)$  y  $ARIMA(0,1,2)$  se obtuvieron puros parámetros significativos; sin embargo, al analizar los residuales se obtuvieron valores fuera del intervalo en sus funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, por lo que se llegó a la misma conclusión del párrafo anterior.

Por su parte, al probar los modelos  $ARIMA(2,1,0)$ ,  $ARIMA(2,1,1)$ ,  $ARIMA(1,1,2)$  y  $ARIMA(0,1,3)$  se obtuvo el lado contrario de la moneda, es decir, modelos sobre-especificados al encontrarse en los estimadores de los parámetros valores NO significativos.

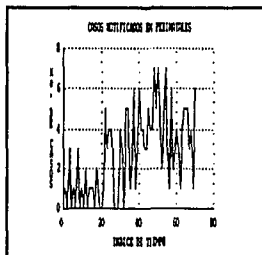
Por último, al probar el modelo  $ARIMA(3,1,0)$  se obtuvieron tres parámetros estimados con valores de  $-0.88607$ ,  $-0.54449$  y  $-0.48542$ . El examen de los residuales llevó a las siguientes gráficas y conclusiones:



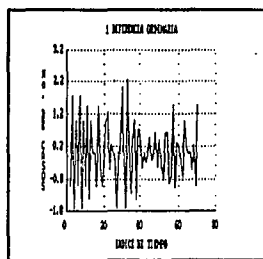
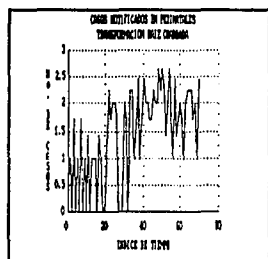
En las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de los residuales podemos detectar comportamiento de RUIDO BLANCO. Así también, el periodograma integral presenta un buen ajuste del modelo con respecto a los datos, de tal manera que será este modelo el que utilizaremos en el pronóstico final.

### 3.4.8. Casos notificados de SIDA por Vía Perinatal

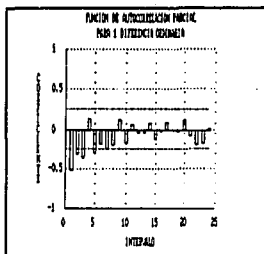
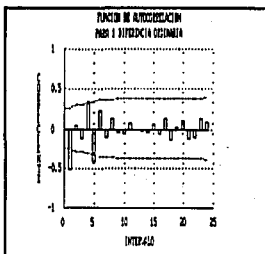
La gráfica de este tipo de transmisión se comporta de la siguiente manera:



En esta gráfica podemos observar que la serie original presenta heteroscedasticidad y tendencia creciente, las cuales mediante la transformación raíz cuadrada y una diferencia ordinaria podrán permitir que la serie se convierta en estacionaria:

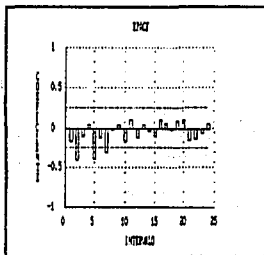
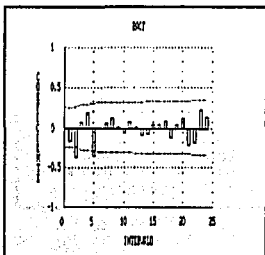


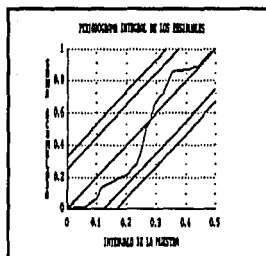
A su vez, las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial muestran los siguientes comportamientos:



En la ACF sobresalen las funciones de autocorrelación correspondientes a 1 y 5. Por su parte, en la PACF sobresalen las funciones 1,2,3 y 5. Por ende, no es tan fácil elegir un modelo adecuado desde el principio, por lo que nos basaremos en el principio de PARSIMONIA.

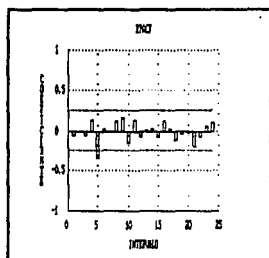
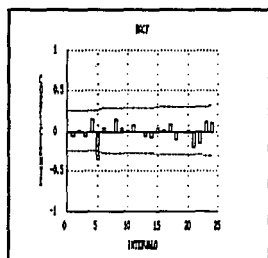
Comenzando con el modelo ARIMA(1,1,0) se obtuvo un parámetro en la estimación con valor de  $-0.52483$ . El comportamiento de sus RACF, RPACF y periodograma integral denotan lo siguiente:

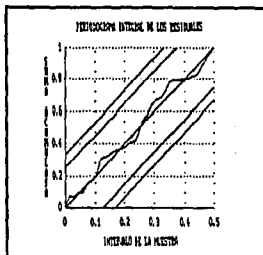




En la RACF sobresalen los datos correspondientes a 2 y 5, mientras que en la RPACF sobresalen 2,5 y 7, por lo que se trata de un modelo subespecificado.

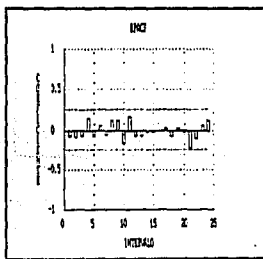
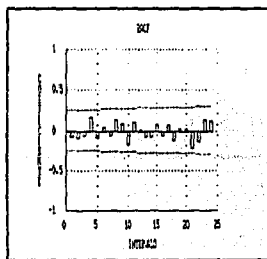
Probando el modelo  $ARIMA(0,1,1)$  se obtuvo un parámetro significativo con valor de 0.84664 y el examen de los residuales dio pie a las gráficas que presentamos a continuación:



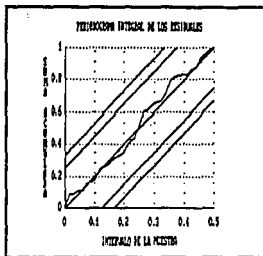


En las RACF y RPACF sobresalen del intervalo las funciones correspondientes a  $k=5$ . Obviamente, con esto se está diciendo que se trata de un modelo subespecificado; sin embargo, a diferencia de modelos anteriores, en las gráficas de los residuales se nota un comportamiento de tipo "estacional" que no había sido contemplado desde el principio. La longitud de periodo de la fluctuación estacional es igual a 5. Como no queda "muy" claro el decidir si los residuales se comportan como un SMA(1) o SAR(1), tendremos que probar ambos para salir de cualquier duda.

Probando el modelo  $ARIMA(0,1,1) \times (1,0,0)_5$  con  $s=5$  se obtuvieron como valor del parámetro de medias móviles 0.78273 y como valor del parámetro estacional  $-0.38312$ . El examen de los residuales muestra lo siguiente:

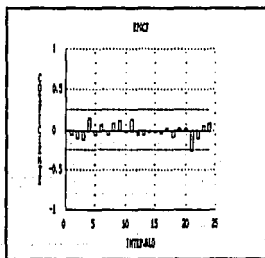
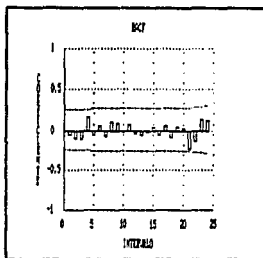


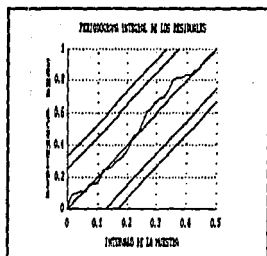




Tanto la RACF como la RPACF muestran un comportamiento típico al ruido blanco, mientras que el periodograma integral muestra un ajuste bueno. Podría decirse que es un modelo adecuado al fenómeno.

Por su parte el modelo  $ARIMA(0,1,1) \times (0,0,1)_s$  con  $s=5$  se obtuvo un parámetro significativo para la parte estacional con valor de 0.94100 y un parámetro de medias móviles con valor de 0.74465. El análisis de residuales por su parte conlleva a las siguientes conclusiones:





Ambas, la RACF y la RPACF muestran un comportamiento idéntico al del RUIDO BLANCO; a su vez el periodograma integral muestra bastante ajuste concluyéndose que también es un modelo adecuado al fenómeno que estamos tratando.

Para decidir cuál modelo es mejor, debemos enfocar nuestra atención a la siguiente tabla:

	MODELO	
	1	2
# Dif. ord.	1	1
# Dif. est.	0	0
# Parámetros	2	2
$\hat{\alpha}(1)$ (est. t)	0.78273 (10.14)	0.74465 (9.35)
$\hat{\alpha}(1)$ (est. t)		0.44100 (3.54)
$\hat{\alpha}(1)$ (est. t)	-0.38312 (-3.23)	
Box-Pierce (g.l.)	10.4297 (18)	7.33881 (18)

P-Value	0.91697	0.98694
SCR	30.6895	30.0165
S <sup>2</sup>	0.45005	0.44808
Graf. Res.	No muy bien	No muy bien
Per. Int.	Bien	Bien

En conjunto parece ser mejor el modelo 2, es decir, ARIMA(0,1,1)\*(0,0,1)s. Sin embargo, el modelo 1 podría seguir funcionando como un buen modelo, por lo que no hay que descartarlo tan a la ligera.

#### 3.4.9. Casos acumulados de SIDA en diferentes tipos de transmisión

A pesar de haber obtenido estos datos vía CONASIDA, no trabajaremos en ellos, pues por lógica al tener tendencia y aplicar 1 diferencia ordinaria se llegará inevitablemente a cada una de las series originales de los casos notificados, redundando obviamente en las mismas conclusiones.

Una vez elegidos cada uno de los modelos con mejor ajuste para cada una de las series se procedería a la obtención del pronóstico, así como de inferencias y conclusiones finales, aspecto que se llevará a cabo en el siguiente capítulo.

"Si uno no puede explicar lo que ha estado haciendo, su trabajo carecerá de valor"

#### IV. EVALUACION Y VALIDACION DE LA SIMULACION

Erwin Schrodinger

Una parte importantísima en el estudio de cualquier fenómeno vía un modelo de simulación es el poder establecer y/o definir inferencias en cuanto al ajuste y obtención del pronóstico del mismo con respecto al fenómeno real.

En innumerables ocasiones suele suceder que aunque se siguió fielmente alguna metodología aceptada se detectan "errores" en la simulación, pues al tratarse con muestras el error está implícito en cada uno de los modelos que se plantean, por lo que es de vital importancia el evaluarlos y validarlos para disminuir hasta cierto punto, la incertidumbre que de dichos modelos se derivan.

En el presente capítulo se intentará mostrar cuán importante resulta el validar y evaluar los modelos de simulación para así poder pronosticar y estudiar un fenómeno tan complejo como es el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida.

##### 4.1. EVALUACION DEL MODELO

Retomando este punto, que fue tratado en el capítulo anterior, convendría mencionarse que la evaluación que se realizó fue exclusivamente del "ajuste" de los modelos planteados, es decir, aún no se simularon datos que permitan definir si dichos planteamientos son los mejores.

Básicamente el criterio que se siguió al elegir cada uno de los modelos en cada serie fue gobernado por el principio de PARSIMONIA, pues aunque en algunos casos existía mayor ajuste en ciertos modelos, en general la complejidad de los mismos era mucho mayor que en otros donde no existía "tanto" ajuste.

Así con estas observaciones resumiremos y mencionaremos las conclusiones obtenidas en cada una de las series de tiempo:

a) Serie correspondiente a la población Homosexual.

Se comporta como un modelo ARIMA(0,1,1) con parámetros  $\hat{\rho}_1=1.0436$  y  $\hat{\delta}=0.06649$ .

b) Serie correspondiente a la población Bisexual.

El fenómeno parece comportarse como un modelo ARIMA(0,1,1) con  $\Omega_1=0.69424$ .

c) Serie correspondiente a la población de Heterosexuales y Donadores Remunerados.

Se ajusta a un modelo ARIMA(0,1,1) con parámetro  $\Omega_1=0.88761$  y  $\delta=0.09501$ .

d) Serie correspondiente a contagios por transfusiones sanguíneas.

Se probarán por orden de complejidad, es decir, ARIMA(0,1,2), ARIMA(0,1,3), ARIMA(4,1,0) y ARIMA(5,1,0).

e) Serie correspondiente a la población de Hemofílicos.

El fenómeno parece ajustarse a un modelo ARIMA(2,1,0) con parámetros  $\alpha_1=-0.51258$  y  $\alpha_2=-0.46339$ .

f) Serie correspondiente a la población de Drogadictos intravenosos.

Se comporta como un modelo multiplicativo ARIMA(0,1,1)\*(1,0,0)s con  $\Omega_1=0.76754$ ,  $\alpha_1=-0.35170$  y  $s=14$ .

g) Serie correspondiente a la población de Homosexuales drogadictos intravenosos.

Para este caso se eligió el modelo ARIMA(3,1,0) con  $\alpha_1=-0.88607$ ,  $\alpha_2=-0.54449$  y  $\alpha_3=-0.48542$ .

h) Serie correspondiente a contagios por vía perinatal.

Se ajusta a un modelo de tipo multiplicativo ARIMA(0,1,1)\*(0,0,1)s con  $\Omega_1=0.74465$ ,  $\Omega_2=0.44100$  y  $s=5$ .

Con estas conclusiones procederemos a la validación de la simulación (es decir, la obtención de pronósticos) mediante la comprobación de los datos arrojados contra datos reales, así como la opinión de un experto en medicina preventiva.

#### 4.2. VALIDACION DE LOS RESULTADOS

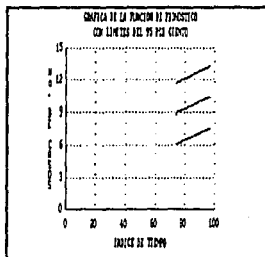
Como se ha mencionado en el Capitulo II, existen diversas formas de validar los resultados obtenidos mediante una simulación. En el caso específico del SIDA primeramente debemos pronosticar el número de casos notificados de enfermos en un periodo determinado (en la metodología de Box & Jenkins generalmente son intervalos muy cortos de tiempo) y en base a esto determinaremos o visualizaremos la exactitud con que se predicen tanto datos históricos como futuros.

Por otra parte es conveniente en un fenómeno tan delicado validar los resultados de la simulación mediante la opinión de expertos, representados en este caso por el Doctor Roberto Escobedo Ambríz, especialista en el área de Medicina Preventiva de la clínica Juanacatlán para trabajadores del Sistema de Transporte Colectivo.

Con estos antecedentes pondremos a disposición los resultados obtenidos de la simulación y posteriormente, las aclaraciones que de la validación se deriven.

##### 4.2.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales

La gráfica que contiene los pronósticos de la serie transformada, generados por el modelo ARIMA(0,1,1) es la siguiente:



Por su parte, los 6 pronósticos, incluyendo los límites de confianza son los siguientes:

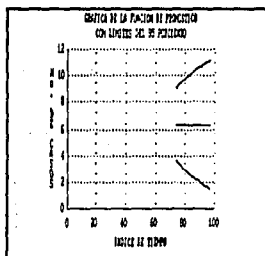
MES	PRONOSTICO	INTERVALOS DE CONFIANZA	
JUN 93	79	38	137
JUL 93	81	38	139
AGO 93	82	39	140
SEP 93	83	40	142
OCT 93	84	41	144
NOV 93	85	42	145

De acuerdo a la opinión del Dr. Escobedo los pronósticos son bastante lógicos; sin embargo probablemente los límites superiores de confianza son un poco elevados debido a que en la realidad, el tipo de transmisión por vía Homosexual está disminuyendo gracias a la propaganda de los medios de comunicación. No obstante, fuera de este detalle son considerados por él como buenos pronósticos.

Por otra parte, se validó el mismo modelo utilizando la técnica de eliminar el último dato observado (es decir MAYO de 1993) y simularlo comparando el resultado con los datos históricos reales. El valor real en esa fecha fue 51 y el pronóstico puntual tuvo un valor de 77 con un límite de confianza entre 37 y 136. Indudablemente, el valor de 51 se encuentra en el intervalo, aunque el valor del pronóstico puntual no fue muy exacto.

#### 4.2.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales

La gráfica de sus pronósticos se muestra en la siguiente página:



Asimismo los 6 pronósticos generados por el modelo ARIMA(0,1,1) son los siguientes:

MES	PRONOSTICO	INTERVALOS DE CONFIANZA	
JUN 93	40	13	82
JUL 93	40	12	84
AGO 93	40	12	87
SEP 93	40	11	89
OCT 93	40	10	91
NOV 93	40	9	93

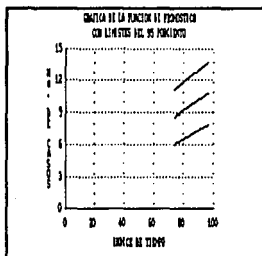
De igual manera que en los pronósticos anteriores, nuestro experto consideró que los valores obtenidos son lógicos y veraces.

En cuanto al pronóstico de mayo de 1993 (28 casos) se obtuvo un valor de 46 con límites de confianza entre 17 y 91. Nuevamente vemos que a pesar de no ser del todo "exacto", cae dentro del intervalo de confianza.



#### 4.2.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Donadores Remunerados.

Los pronósticos generados por el modelo ARIMA(0,1,1) son mostrados en la siguiente gráfica:



Por su parte, los 6 pronósticos y sus límites de confianza son los siguientes:

MES	PRONOSTICO	INTERVALOS DE CONFIANZA	
JUN 93	74	37	124
JUL 93	76	38	127
AGO 93	77	39	129
SEP 93	79	40	132
OCT 93	81	41	134
NOV 93	83	42	127

Según el Dr. Escobedo estos pronósticos son muy buenos debido a que conforme pasa el tiempo este tipo de transmisión se convierte en el de mayor tendencia al crecimiento por la falta de cuidado que existe en la población heterosexual.

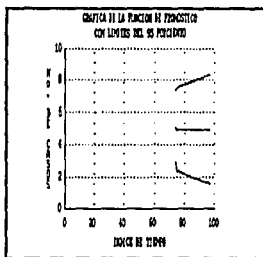
Asimismo al simular el dato de mayo de 1993 (55 observaciones) se obtuvo un pronóstico puntual de 76, e intervalos de confianza entre 38 y 126. De nueva cuenta, nos percatamos que el modelo simula datos no con extrema exactitud, pero sí dentro de sus límites de confianza.

#### 4.2.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas.

En esta serie utilizaremos varios modelos y posteriormente decidiremos cuál de ellos es el mejor.

a) ARIMA(0,1,2).

La gráfica de sus pronósticos es la siguiente:



Por su parte, los pronósticos obtenidos son:

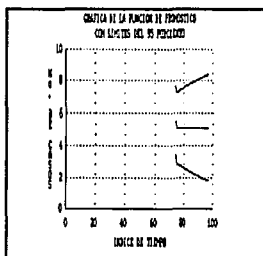
MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA
JUN 93	26	8 54
JUL 93	25	6 57
AGO 93	25	6 57
SEP 93	25	5 58
OCT 93	25	5 59
NOV 93	25	5 59

Al igual que en el pronóstico para Homosexuales el Dr. Escobedo consideró que los límites superiores son un poco altos, debido a que hoy por hoy, este tipo de transmisión es el más controlado, pues debido a las nuevas leyes de higiene, la sangre se encuentra casi al 100% revizada. Sin embargo manifestó que el pronóstico puntual es confiable.

Al simular la observación de Mayo de 1993 (25 datos) se obtuvo un valor pronosticado de 20 con límites de confianza entre 5 y 46. Sin duda se trata de un buen modelo ya que no está muy alejado del dato real y a su vez se encuentra dentro del intervalo.

b) ARIMA(0,1,3).

La gráfica que muestra el comportamiento de los pronósticos es la siguiente:



Los 6 pronósticos puntuales y sus respectivos intervalos de confianza son incluidos en la siguiente tabla:

MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA	
JUN 93	31	12	59
JUL 93	25	8	53
AGO 93	26	8	54
SEP 93	26	8	55
OCT 93	26	7	56

NOV 93	26	7	56
--------	----	---	----

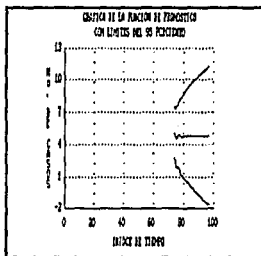
Las conclusiones del Dr. Escobedo para este modelo fueron prácticamente las mismas que para el modelo anterior, así que para su juicio cualquiera de los dos modelos podría ser considerado como confiable.

Sin embargo, al erradicar el dato de mayo de 1993 y simularlo se encontró un pronóstico puntual exacto, es decir de 25 con intervalos de confianza entre 8 y 51. Sin duda podría asegurarse que este es un modelo bastante bueno.

Con respecto a los otros modelos, se obtuvieron datos buenos pero no tan exactos como el ARIMA(0,1,3), además de considerarse como modelos bastante complejos (4 y 5 parámetros).

#### 4.2.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos.

La gráfica de los pronósticos es mostrada a continuación:



Por su parte se obtuvieron 6 pronósticos puntuales con sus respectivos límites de confianza:

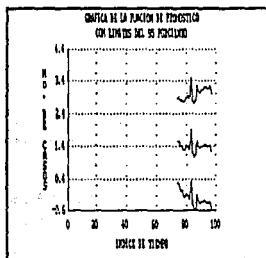
MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA
JUN 93	3	0 11
JUL 93	2	0 11
AGO 93	2	0 11
SEP 93	2	0 14
OCT 93	2	0 15
NOV 93	2	0 16

Al tratarse en esta ocasión con una serie que en la realidad casi no presenta crecimiento, el Dr. consideró que este modelo es bastante apropiado.

A su vez al simular el mes de mayo de 1993 (2 casos) se obtuvo un valor de 2 entre el intervalo de 0 a 10. Sin duda se trata de un excelente modelo.

#### 4.2.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos Intravenosos.

La gráfica, así como la matriz de los pronósticos generados por el modelo anteriormente planteado se comportan como sigue:



MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA
JUN 93	2	0 8
JUL 93	2	0 8
AGO 93	2	0 8
SEP 93	2	0 8
OCT 93	2	0 7
NOV 93	2	0 8

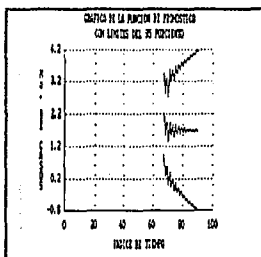
Las conclusiones expresadas por el Dr. Escobedo para este modelo son de hecho las mismas que en la serie anterior.

El valor de mayo de 1993 (1 dato) fue simulado y se obtuvo como resultado 2 y un intervalo de confianza entre 0 y 7.

Nuevamente estamos tratando con un modelo bastante bueno.

#### 4.2.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales drogadictos intravenosos.

La gráfica de los pronósticos se comporta como sigue:



En cuanto a la matriz de pronósticos se obtuvieron los siguientes resultados:

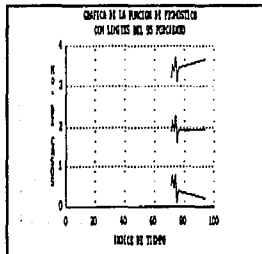
MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA	
JUN 93	5	1	12
JUL 93	2	0	8
AGO 93	4	0	11
SEP 93	2	0	7
OCT 93	4	0	13
NOV 93	2	0	10

Al considerarse que este tipo de transmisión también posee pocos casos de mes a mes, es considerado por el Dr. Escobedo un buen pronóstico, aunque un poquito elevado.

A su vez, al pronosticar el dato de mayo de 1993 (1 observación) se obtuvo como valor 2 y como límites de confianza 0 y 8, llegando a la conclusión de que éste también es un buen modelo.

#### 4.2.8. Casos notificados de SIDA por Vía Perinatal.

La gráfica de los pronósticos de esta serie se comporta como sigue:



Por su parte los pronósticos, así como sus límites de confianza se muestran en la siguiente tabla:

MES	PRONOSTICO	INTERVALO DE CONFIANZA	
JUN 93	4	0	10
JUL 93	5	1	12
AGO 93	4	0	11
SEP 93	5	1	14
OCT 93	3	0	10
NOV 93	4	0	12

Nuevamente se está tratando con un modelo de pocos casos notificados, y por ende según la opinión del Dr. Escobedo se trata de un modelo bastante adecuado al fenómeno.

Por su parte al simular el mes de mayo de 1993 que presentó en la realidad 6 observaciones, se obtuvo un pronóstico de 2, con intervalos de confianza entre 0 y 8. A pesar de no ajustarse con gran exactitud, el valor real se encuentra incluido dentro del intervalo de confianza lo que lo hace un modelo que vale la pena considerarse.

Desgraciadamente, al cerrar la investigación de este trabajo (Agosto de 1993) aún no tenían contabilizados en CONASIDA el número de casos notificados en el mes de Junio de 1993. No obstante, cabe señalarse y recalcar que en todos y cada uno de los modelos existirá un riesgo de error debido a que en algunos casos seguramente se subestimarán los valores y en otros se superestimarán debido a que se desconocen por un lado el número de portadores del virus (a menos que se realizara un censo, lo cual sería muy utópico) y por otro lado existen innumerables factores no controlables que hacen prácticamente imposible la obtención de pronósticos aún más confiables.



#### 4.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

Tal como se mencionó en el Capítulo II esta fase consiste básicamente en generar los datos deseados y en realizar el análisis de sensibilidad de los índices requeridos utilizando intervalos de variación. No obstante, en el caso específico del SIDA esto es prácticamente imposible de realizar debido a que, como se abordó en el punto anterior, existen factores externos o parámetros que en este fenómeno influyen, tales como el número de infectados y/o portadores del VIH, la tasa de mortandad en enfermos de SIDA, etcétera y que al ser desconocidos impiden experimentar o medir los efectos que se originarían si utilizáramos índices de variación en ellos.

#### 4.4. ANALISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como es de suponerse, este punto constituye en gran medida el éxito de una simulación, pues de nada serviría en un momento dado el pronosticar el comportamiento de un fenómeno si no podemos analizar los resultados y obtener ciertas inferencias.

Como planteamiento original se postuló el análisis de 8 series de tiempo que cumplieran con los objetivos de descripción, pronóstico y control.

Con los antecedentes anteriores entonces procederemos al análisis y a la obtención de conclusiones y recomendaciones para cada una de las series de tiempo hasta aquí abordadas.

##### 4.4.1. Casos notificados de SIDA en Homosexuales.

El modelo correspondiente a este tipo de transmisión tuvo un comportamiento similar a un  $ARIMA(0,1,1)$ . El valor arrojado para el  $t+1$  mes, es decir, Junio de 1993 fue de 79 con un intervalo de confianza entre 38 y 137.

##### 4.4.2. Casos notificados de SIDA en Bisexuales.

El modelo que se ajusta a la serie correspondiente a esta vía de transmisión se comportó como un  $ARIMA(0,1,1)$ . Por su parte el pronóstico del mes de Junio de 1993 tuvo un valor de 40 con límites de confianza entre 13 y 82.

#### 4.4.3. Casos notificados de SIDA en Heterosexuales y Don. Rem.

Este modelo se comportó como un ARIMA(0,1,1). Se obtuvo un pronóstico de 76 con límites de confianza entre 37 y 124 pues es la población que actualmente tiene mayor crecimiento, básicamente por falta de información y comprensión entre sus miembros.

Las conclusiones y recomendaciones para los tres tipos de transmisión anteriores son casi las mismas por involucrar aspectos de índole sexual. En resumen, la única manera de disminuir los índices de enfermos por estas vías es aplicar las medidas del llamado "sexo seguro" como la abstinencia, tener relaciones sexuales con una sola pareja que no esté infectada, descartar las relaciones casuales o con personas desconocidas, evitar el intercambio de fluidos sexuales y sangre con prácticas sexuales sin penetración o usando el condón de látex correctamente.

#### 4.4.4. Casos notificados de SIDA por Transfusiones Sanguíneas.

Este tipo de transmisión se comportó como un modelo ARIMA(0,1,3). El pronóstico obtenido para Junio de 1993 tuvo un valor de 31 con intervalos de confianza entre 12 y 59, aunque es considerado un poco alto debido a que este tipo de contagio va en decremento, por las medidas de control e higiene que la Secretaría de Salud ha puesto en marcha.

#### 4.4.5. Casos notificados de SIDA en Hemofílicos.

Respecto a este tipo de transmisión se llegó a la conclusión que su comportamiento se ajusta al modelo ARIMA(2,1,0). En cuanto al pronóstico de Junio de 1993 se obtuvo un valor de 3 entre un intervalo de 0 a 11.

Para evitar el contagio por las dos vías anteriores se debe contemplar el no recibir sangre de una bolsa que no tenga el sello de garantía (etiqueta verde fosforescente con la leyenda "SANGRE SEGURA") y no usar o compartir agujas sin esterilizar, que hayan estado en contacto con la sangre de una persona enferma de SIDA o seropositiva.

#### 4.4.6. Casos notificados de SIDA en Drogadictos intravenosos.

Esta serie se comportó como un modelo mezclado ARIMA(0,1,1)\*(1,0,0)<sub>14</sub>. Desgraciadamente al consultar a diversos

especialistas no existió alguna explicación lógica que describiera el porqué del comportamiento estacional. Sin embargo se tuvo que tomar en cuenta este modelo pues era el que se ajustaba a los datos y el que arrojaba mejores pronósticos (2 con un intervalo de confianza entre 0 y 8).

La recomendación para evitar un posible contagio sería exclusivamente el evitar compartir y/o usar jeringas que no estén debidamente desinfectadas.

#### **4.4.7. Casos notificados de SIDA en Homosexuales Drogadictos Intravenosos.**

El fenómeno real se asemejó a un modelo ARIMA(3,1,0). El pronóstico mostró un resultado de 5 para el mes de Junio de 1993 contemplándose un intervalo de confianza de 1 a 12.

Las recomendaciones generales para evitar el contagio, así como el crecimiento de la población es aplicar el "sexo seguro" y evitar el usar o compartir jeringas no esterilizadas.

#### **4.4.8. Casos notificados de SIDA por Vía Perinatal.**

Al igual que en la serie de drogadictos intravenosos, este tipo de transmisión mostró un comportamiento que incluye parte estacional: ARIMA(0,1,1)\*(0,0,1), y al igual que en el análisis anterior tampoco pudo definirse el porqué de ello.

El pronóstico obtenido para junio de 1993 fue de 4 con intervalos de confianza de 0 a 10.

Por otra parte, en este tipo de transmisión la única forma de evitar que la tendencia siga en aumento es el consultar a un médico y hacerse las pruebas pertinentes antes de decidir embarazarse.

Como comentario final y tomando en cuenta que al no ser suficiente un modelo matemático para solucionar este problema, la conclusión y recomendación global para disminuir el número de casos de SIDA en nuestro país (mientras no se descubra la cura o vacuna) es aplicar tres reglas básicas: HIGIENE, EDUCACION e INFORMACION.

### CONCLUSIONES

Como se pudo observar a lo largo de este trabajo de desarrollo e investigación documental, las enfermedades epidemiológicas han constituido a través de los siglos uno de los aspectos patológicos que afecta, sin duda, a cualquier sociedad.

A partir de su aparición en la Tierra, el hombre ha tratado de descubrir el origen de cada una de ellas y cómo evitar su propagación; no obstante esta tarea se ha visto frenada por muchos factores de tipo científico, económico y hasta psicológico o sociológico.

Sin embargo, la necesidad de conocer el comportamiento de cada una de las enfermedades epidemiológicas se hace cada vez más latente, originando con ello que numerosos científicos y/o estudiantes de diversas áreas deseen contribuir a la solución de graves problemas que se originan debido a la falta de control.

De aquí, que al realizar este estudio matemático de las epidemias y del cómo pronosticarlas podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. A pesar de no poder erradicar por completo ciertas epidemias, es un hecho que sí podemos "evitar" hasta cierto punto su propagación exagerada, con la ayuda de pronósticos que se apeguen en cierta forma a la realidad y que orienten hacia mejores métodos de prevención. Un ejemplo claro lo constituye el síndrome de inmuno deficiencia adquirida, ya que de acuerdo al número de casos que se pronostiquen en un futuro no muy lejano, dependerán en gran medida los recursos y el presupuesto que se asigne a su estudio y prevención.

2. Un pronóstico tendrá mayor posibilidad de ser veraz, si se sigue fielmente una metodología adecuada, aunque sin olvidarnos de que siempre existirá un rango de error.

3. La simulación, usada en conjunto con la metodología de Box y Jenkins es, sin duda, una excelente herramienta para pronosticar epidemias, aún cuando éstas tengan un comportamiento muy variable (como el caso del síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida).

4. El simular y/o pronosticar un fenómeno epidemiológico no es, por supuesto, suficiente para erradicarlo de la sociedad, ya que se requieren, por lo general, años de estudio y observación.

5. El licenciado en Matemáticas Aplicadas y Computación puede contribuir en el estudio de enfermedades de tipo epidemiológico, basándose, claro está, en todos sus conocimientos matemáticos y computacionales, sin apartarse de su entorno social.

Con esto se da por concluido este trabajo de tesis, dejando latente la invitación a todos aquellos matemáticos que se interesen en aportar sus ideas al estudio de ciertas enfermedades, de tal manera que proporcionen nuevas alternativas a todas aquellas personas que en realidad lo necesitan.

**APENDICE**

**\*\* TIPO DE TRANSMISION: HOMOSEXUALES MASCULINOS \*\***

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		284
Mayo	19	303
Junio	22	325
Julio	30	355
Agosto	13	368
Septiembre	30	398
Octubre	24	422
Noviembre	76	498
Diciembre	17	515
<b>Año 1988</b>		
Enero	12	527
Febrero	42	569
Marzo	32	601
Abril	22	623
Mayo	69	692
Junio	18	710
Julio	21	731
Agosto	30	761
Septiembre	27	788
Octubre	7	795
Noviembre	16	811
Diciembre	15	826
<b>Año 1989</b>		
Enero	48	874
Febrero	30	904
Marzo	26	930
Abril	35	965
Mayo	44	1009
Junio	25	1034
Julio	31	1065
Agosto	45	1110
Septiembre	46	1156
Octubre	85	1241
Noviembre	15	1256
Diciembre	11	1267

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	22	1289
Febrero	61	1350
Marzo	43	1393
Abril	31	1424
Mayo	28	1452
Junio	37	1489
Julio	32	1521
Agosto	65	1586
Septiembre	37	1623
Octubre	85	1708
Noviembre	91	1799
Diciembre	44	1843
<b>Año 1991</b>		
Enero	67	1910
Febrero	54	1964
Marzo	57	2021
Abril	74	2095
Mayo	56	2151
Junio	56	2207
Julio	230	2437
Agosto	96	2533
Septiembre	69	2602
Octubre	31	2633
Noviembre	42	2675
Diciembre	52	2727
<b>Año 1992</b>		
Enero	41	2768
Febrero	33	2801
Marzo	54	2855
Abril	62	2917
Mayo	78	2995
Junio	99	3094
Julio	55	3149
Agosto	60	3209
Septiembre	32	3241
Octubre	54	3295
Noviembre	84	3379
Diciembre	81	3460

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1993</b>		
<b>Enero</b>	72	3532
<b>Febrero</b>	66	3598
<b>Marzo</b>	66	3664
<b>Abril</b>	50	3714
<b>Mayo</b>	51	3765



## \*\* TIPO DE TRANSMISION: BISEXUALES \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		85
Mayo	2	87
Junio	10	97
Julio	17	114
Agosto	9	123
Septiembre	18	141
Octubre	21	162
Noviembre	41	203
Diciembre	6	209
<b>Año 1988</b>		
Enero	5	214
Febrero	16	230
Marzo	16	246
Abril	14	260
Mayo	50	310
Junio	8	318
Julio	10	328
Agosto	27	355
Septiembre	18	373
Octubre	17	390
Noviembre	17	407
Diciembre	7	414
<b>Año 1989</b>		
Enero	20	434
Febrero	22	456
Marzo	20	476
Abril	24	500
Mayo	22	522
Junio	24	546
Julio	20	566
Agosto	41	607
Septiembre	32	639
Octubre	40	679
Noviembre	6	685
Diciembre	8	693

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	33	726
Febrero	39	765
Marzo	54	819
Abril	42	861
Mayo	29	885
Junio	28	913
Julio	38	951
Agosto	39	990
Septiembre	53	1043
Octubre	58	1101
Noviembre	61	1162
Diciembre	54	1216
<b>Año 1991</b>		
Enero	42	1258
Febrero	45	1303
Marzo	40	1343
Abril	49	1392
Mayo	62	1454
Junio	29	1483
Julio	173	1656
Agosto	36	1692
Septiembre	58	1750
Octubre	30	1780
Noviembre	31	1811
Diciembre	41	1852
<b>Año 1992</b>		
Enero	26	1878
Febrero	23	1901
Marzo	28	1929
Abril	41	1970
Mayo	40	2010
Junio	104	2114
Julio	57	2171
Agosto	39	2210
Septiembre	23	2233
Octubre	48	2281
Noviembre	56	2337
Diciembre	63	2400

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1993</b>		
<b>Enero</b>	<b>43</b>	<b>2443</b>
<b>Febrero</b>	<b>61</b>	<b>2504</b>
<b>Marzo</b>	<b>55</b>	<b>2559</b>
<b>Abril</b>	<b>33</b>	<b>2592</b>
<b>Mayo</b>	<b>28</b>	<b>2620</b>

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: HETEROSEXUAL Y DONADORES REMUNERADOS \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		14
Mayo	2	16
Junio	2	18
Julio	2	20
Agosto	1	21
Septiembre	5	26
Octubre	3	29
Noviembre	12	41
Diciembre	5	46
<b>Año 1988</b>		
Enero	5	51
Febrero	19	70
Marzo	5	75
Abril	11	86
Mayo	41	127
Junio	14	141
Julio	11	152
Agosto	18	170
Septiembre	20	190
Octubre	13	203
Noviembre	16	219
Diciembre	9	228
<b>Año 1989</b>		
Enero	18	246
Febrero	17	263
Marzo	24	287
Abril	33	320
Mayo	29	349
Junio	32	381
Julio	23	404
Agosto	43	447
Septiembre	46	493
Octubre	29	522
Noviembre	9	531
Diciembre	7	538

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	30	568
Febrero	50	618
Marzo	49	667
Abril	7	674
Mayo	39	713
Junio	26	739
Julio	44	783
Agosto	46	829
Septiembre	42	871
Octubre	52	923
Noviembre	66	989
Diciembre	42	1031
<b>Año 1991</b>		
Enero	53	1084
Febrero	53	1137
Marzo	41	1178
Abril	54	1232
Mayo	25	1257
Junio	52	1309
Julio	208	1517
Agosto	71	1588
Septiembre	64	1652
Octubre	19	1671
Noviembre	51	1722
Diciembre	53	1775
<b>Año 1992</b>		
Enero	59	1834
Febrero	39	1873
Marzo	56	1929
Abril	67	1996
Mayo	30	2026
Junio	100	2126
Julio	54	2180
Agosto	63	2243
Septiembre	58	2301
Octubre	62	2363
Noviembre	106	2469
Diciembre	97	2566

	Notificados	Acumulados
Año 1993		
Enero	51	2617
Febrero	64	2681
Marzo	61	2742
Abril	54	2796
Mayo	55	2851

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: TRANSFUSION SANGUINEA \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		11
Mayo	5	16
Junio	4	20
Julio	5	25
Agosto	3	28
Septiembre	4	32
Octubre	7	39
Noviembre	20	59
Diciembre	5	64
<b>Año 1988</b>		
Enero	3	67
Febrero	7	74
Marzo	9	83
Abril	13	96
Mayo	44	140
Junio	11	151
Julio	8	159
Agosto	14	173
Septiembre	13	186
Octubre	11	197
Noviembre	13	210
Diciembre	6	216
<b>Año 1989</b>		
Enero	26	242
Febrero	17	259
Marzo	16	275
Abril	15	290
Mayo	17	307
Junio	15	322
Julio	8	330
Agosto	29	359
Septiembre	52	411
Octubre	26	437
Noviembre	15	452
Diciembre	9	461

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	32	493
Febrero	59	552
Marzo	26	578
Abril	30	608
Mayo	47	655
Junio	16	671
Julio	10	681
Agosto	35	716
Septiembre	35	751
Octubre	23	774
Noviembre	36	810
Diciembre	18	828
<b>Año 1991</b>		
Enero	31	859
Febrero	55	914
Marzo	21	935
Abril	22	957
Mayo	25	982
Junio	21	1003
Julio	77	1080
Agosto	39	1119
Septiembre	30	1149
Octubre	11	1160
Noviembre	17	1177
Diciembre	29	1206
<b>Año 1992</b>		
Enero	18	1224
Febrero	14	1238
Marzo	18	1256
Abril	18	1274
Mayo	22	1296
Junio	32	1328
Julio	16	1344
Agosto	24	1368
Septiembre	20	1388
Octubre	22	1410
Noviembre	31	1441
Diciembre	27	1468



	Notificados	Acumulados
<b>Año 1993</b>		
<b>Enero</b>	<b>37</b>	<b>1505</b>
<b>Febrero</b>	<b>29</b>	<b>1534</b>
<b>Marzo</b>	<b>25</b>	<b>1559</b>
<b>Abril</b>	<b>17</b>	<b>1576</b>
<b>Mayo</b>	<b>25</b>	<b>1601</b>

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: HEMOFILICOS \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		9
Mayo	5	14
Junio	1	15
Julio	0	15
Agosto	1	16
Septiembre	0	16
Octubre	0	16
Noviembre	10	26
Diciembre	1	27
<b>Año 1988</b>		
Enero	1	28
Febrero	2	30
Marzo	1	31
Abril	1	32
Mayo	3	35
Junio	1	36
Julio	0	36
Agosto	0	36
Septiembre	3	39
Octubre	3	42
Noviembre	1	43
Diciembre	2	45
<b>Año 1989</b>		
Enero	4	49
Febrero	1	50
Marzo	3	53
Abril	2	55
Mayo	0	55
Junio	1	56
Julio	3	59
Agosto	0	59
Septiembre	0	59
Octubre	3	62
Noviembre	1	63
Diciembre	2	65

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	5	70
Febrero	0	70
Marzo	0	70
Abril	2	72
Mayo	6	78
Junio	2	80
Julio	1	81
Agosto	1	82
Septiembre	1	83
Octubre	5	88
Noviembre	5	93
Diciembre	1	94
<b>Año 1991</b>		
Enero	1	95
Febrero	3	98
Marzo	3	101
Abril	14	115
Mayo	7	122
Junio	7	129
Julio	3	132
Agosto	4	136
Septiembre	2	138
Octubre	0	138
Noviembre	2	140
Diciembre	8	148
<b>Año 1992</b>		
Enero	1	149
Febrero	3	152
Marzo	2	154
Abril	4	158
Mayo	1	159
Junio	2	161
Julio	3	164
Agosto	1	165
Septiembre	4	169
Octubre	4	173
Noviembre	2	175
Diciembre	5	180

	Notificados	Acumulados
Año 1993		
Enero	1	181
Febrero	4	185
Marzo	4	189
Abril	1	190
Mayo	2	192

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: DROGADICTOS INTRAVENOSOS \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		2
Mayo	0	2
Junio	0	2
Julio	0	2
Agosto	0	2
Septiembre	0	2
Octubre	1	3
Noviembre	1	4
Diciembre	0	4
<b>Año 1988</b>		
Enero	0	4
Febrero	0	4
Marzo	0	4
Abril	0	4
Mayo	0	4
Junio	0	4
Julio	1	5
Agosto	0	5
Septiembre	0	5
Octubre	0	5
Noviembre	2	7
Diciembre	1	8
<b>Año 1989</b>		
Enero	1	9
Febrero	1	10
Marzo	1	11
Abril	0	11
Mayo	0	11
Junio	0	11
Julio	0	11
Agosto	0	11
Septiembre	0	11
Octubre	0	11
Noviembre	2	13
Diciembre	0	13

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	1	14
Febrero	3	17
Marzo	3	20
Abril	2	22
Mayo	0	22
Junio	1	23
Julio	2	25
Agosto	1	26
Septiembre	2	28
Octubre	4	32
Noviembre	3	35
Diciembre	1	36
<b>Año 1991</b>		
Enero	0	36
Febrero	3	39
Marzo	1	40
Abril	2	42
Mayo	0	42
Junio	0	42
Julio	4	46
Agosto	3	49
Septiembre	2	51
Octubre	0	51
Noviembre	3	54
Diciembre	0	54
<b>Año 1992</b>		
Enero	0	54
Febrero	1	55
Marzo	3	58
Abril	1	59
Mayo	1	60
Junio	2	62
Julio	2	64
Agosto	3	67
Septiembre	3	70
Octubre	2	72
Noviembre	2	74
Diciembre	3	77

	Notificados	Acumulados
Año 1993		
Enero	0	77
Febrero	4	81
Marzo	6	87
Abril	5	92
Mayo	1	93

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: HOMOSEXUALES DROGADICTOS INTRAVENOSOS \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		12
Diciembre	0	12
<b>Año 1988</b>		
Enero	1	13
Febrero	0	13
Marzo	0	13
Abril	0	13
Mayo	4	17
Junio	0	17
Julio	0	17
Agosto	0	17
Septiembre	0	17
Octubre	0	17
Noviembre	0	17
Diciembre	0	17
<b>Año 1989</b>		
Enero	1	18
Febrero	0	18
Marzo	0	18
Abril	0	18
Mayo	2	20
Junio	0	20
Julio	0	20
Agosto	0	20
Septiembre	0	20
Octubre	0	20
Noviembre	0	20
Diciembre	0	20



	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	0	20
Febrero	0	20
Marzo	0	20
Abril	1	21
Mayo	0	21
Junio	0	21
Julio	2	23
Agosto	3	26
Septiembre	1	27
Octubre	4	31
Noviembre	4	35
Diciembre	2	37
<b>Año 1991</b>		
Enero	2	39
Febrero	1	40
Marzo	3	43
Abril	4	47
Mayo	6	53
Junio	1	54
Julio	6	60
Agosto	0	60
Septiembre	6	66
Octubre	1	67
Noviembre	5	72
Diciembre	1	73
<b>Año 1992</b>		
Enero	5	78
Febrero	0	78
Marzo	4	82
Abril	3	85
Mayo	7	92
Junio	2	94
Julio	3	97
Agosto	5	102
Septiembre	3	105
Octubre	5	110
Noviembre	4	114
Diciembre	4	118

	Notificados	Acumulados
Año 1993		
Enero	1	119
Febrero	7	126
Marzo	3	129
Abril	4	133
Mayo	1	134

## \*\* TIPO DE TRANSMISION: PERINATAL \*\*

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1987</b>		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		2
Agosto	1	3
Septiembre	0	3
Octubre	3	6
Noviembre	0	6
Diciembre	1	7
<b>Año 1988</b>		
Enero	0	7
Febrero	3	10
Marzo	0	10
Abril	1	11
Mayo	0	11
Junio	2	13
Julio	0	13
Agosto	1	14
Septiembre	1	15
Octubre	1	16
Noviembre	0	16
Diciembre	2	18
<b>Año 1989</b>		
Enero	1	19
Febrero	0	19
Marzo	0	19
Abril	1	20
Mayo	5	25
Junio	3	28
Julio	4	32
Agosto	4	36
Septiembre	3	39
Octubre	0	39
Noviembre	0	39
Diciembre	0	39

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1990</b>		
Enero	4	43
Febrero	3	46
Marzo	0	46
Abril	5	51
Mayo	5	56
Junio	1	57
Julio	2	59
Agosto	6	65
Septiembre	1	66
Octubre	3	69
Noviembre	6	75
Diciembre	4	79
<b>Año 1991</b>		
Enero	4	83
Febrero	3	86
Marzo	3	89
Abril	5	94
Mayo	4	98
Junio	4	102
Julio	7	109
Agosto	5	114
Septiembre	7	121
Octubre	5	126
Noviembre	2	128
Diciembre	4	132
<b>Año 1992</b>		
Enero	7	139
Febrero	3	142
Marzo	1	143
Abril	6	149
Mayo	2	151
Junio	3	154
Julio	4	158
Agosto	3	161
Septiembre	1	162
Octubre	4	166
Noviembre	5	171
Diciembre	5	176

	Notificados	Acumulados
<b>Año 1993</b>		
<b>Enero</b>	5	181
<b>Febrero</b>	3	184
<b>Marzo</b>	4	188
<b>Abril</b>	1	189
<b>Mayo</b>	6	195

## GLOSARIO

1. **ACIDO RIBONUCLEICO (ARN)**. Secuencia de nucleótidos en una sola cadena; transporta información desde el núcleo hacia las estructuras de la célula, en donde se sintetizan las proteínas.
2. **COITO**. Ayuntamiento carnal del hombre con la mujer.
3. **ESPIRILOS**. Bacteria que tiene forma de filamento largo arrollado en hélice.
4. **ETIOLOGIA**. Estudio de las causas que provocan las enfermedades.
5. **FAGOCITOSIS**. Proceso biológico mediante el cual una célula ingiere partículas para su nutrición o para degradarlas y eliminarlas. Los glóbulos blancos se encargan de eliminar algunos microorganismos de esta manera.
6. **GANGLIOS LINFATICOS**. Tejido formado por linfocitos y células del sistema fagocítico mononuclear, cuya función es actuar como un filtro de las impurezas del organismo.
7. **ICOSAEDRO**. Sólido que tiene veinte caras.
8. **INMUNOLOGIA**. Rama de la medicina que estudia los mecanismos empleados por el organismo para defenderse de todo aquello que reconoce como extraño, que pueden ser sustancias, agentes externos o células propias alteradas como las cancerosas.
9. **LACERACIONES**. Zonas lastimadas o mallugadas.
10. **LINFOCITOS**. Variedad de glóbulos blancos responsables de brindar protección específica contra agentes extraños. Los linfocitos B son responsables de producir anticuerpos y los linfocitos T, de actuar directamente contra el antígeno, de producir sustancias que lo destruyan, o de estimular otras células para que sean ellas las que lo hagan.
11. **MACROFAGOS**. Células que pertenecen al sistema fagocítico mononuclear, especializadas en ingerir partículas, y son pieza clave en el funcionamiento del sistema inmune.
12. **MORBIBIDAD**. Número proporcional de personas que enferman en población y en tiempo determinados.

13. **MORBIDEZ.** Calidad de mórbido.
14. **MORBIDO.** Que padece enfermedad o la ocasiona.
15. **NUCLEOCAPSIDE.** Componente hereditario y envoltura protéica viral.
16. **PATOGENO.** Capaz de provocar enfermedad.
17. **PATOLOGICO.** Rama de la medicina encargada del estudio de las enfermedades.
18. **PROFILAXIS.** Procedimiento o tratamiento diseñado para prevenir una enfermedad.
19. **PROTOZOOS.** Tipo de animales, de cuerpo reducido a una sólo célula o a una colonia de células iguales entre sí.
20. **PRUEBA DE ELISA.** Prueba efectuada en una muestra de sangre que detecta la presencia de anticuerpos producidos por el organismo, por ejemplo ante el virus de SIDA. La prueba de anticuerpos contra el VIH no indica si tiene o no SIDA, solamente muestra que el virus ha penetrado al organismo.
21. **PRUEBA DE WESTERN-BLOT.** Prueba de laboratorio que se utiliza para confirmar los resultados de la prueba de ELISA.
22. **TRANSCRIPTASA REVERSA.** Enzima característica, mas no exclusiva, de los retrovirus que permite convertir el ARN en ADN, con el objeto de integrarlo al material hereditario de la célula.

## BIBLIOGRAFIA

1. BOX AND JENKINS, Time series analysis. Forecasting and Control; Holden-Day, 1976.
2. COSS BU, Raúl, Simulación. Un enfoque práctico; Ed. Limusa, México 1982.
3. GONZALEZ VIDEGARAY, María del Carmen, Modelos de Decisión con Procesos Estocásticos II (Metodología de Box & Jenkins); Ediciones Acatlán, México, 1990.
4. GORDON, Geoffrey, Simulación de Sistemas; Ed. Diana, México, 1980.
5. Diccionario Enciclopedia Salvat; T.5; Salvat Editores, Barcelona España , 1971.
6. HARVANT, Hervé, Las epidemias; Colección ¿Qué sé? No. 51, Olkos-Tau S.A. editores, Barcelona España, 1971.
7. LORENZO Ricardo & Anabitarte Héctor, SIDA. El asunto está que arde; Ed. Revolución, Madrid España, 1987.
8. MOSKOWITZ, Herbert & Gordon P. Wright, Investigación de Operaciones; Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1979, p.p. 669-700.
9. PRAWDA, Juan, Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol I. Modelos Determinísticos; Ed. Limusa, México, 1989, p.p. 19-56.
10. PRAWDA, Juan, Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol II. Modelos Estocásticos; Ed. Limusa, México, 1988, p.p. 315-460.



11. RICHARDSON, Diane, La mujer y el SIDA, Ed. El manual moderno, México, 1990.
12. SEPULVEDA Amor, Jaime, et-al, SIDA, ciencia y sociedad en México; Fondo de Cultura Económica, México, 1989.
13. SHANON, Robert E., Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implantación; Ed. Trillas, México, 1988.
14. SIDA/ETS; Folletos de CONASIDA, México, 1987-1993.
15. ZORRILLA, Santiago & Miguel Torres Xammar; Guía para elaborar la tesis; Ed. Mc-Graw Hill, México, 1990.