



Entrenamiento prospectivo y prueba de una red neural artificial como auxiliar diagnóstico en el dolor abdominal agudo en un servicio de urgencias

Dr. Carlos M. Cardozo Zepeda,* Dr. Francisco Guadarrama Quijada,* Dr. Jesús Reyes Corona,* Dra. Rosamelia Fernández Capistrán,* Dra. Dora M. Becerra,* Dr. Manuel Adolfo Hernández,* Dr. Miguel Lázaro León,* Dr. Jesús Martínez Sánchez,*

RESUMEN

Objetivo: Investigar el valor de una red neural artificial (RNA) para predecir la necesidad de tratamiento quirúrgico en pacientes con dolor abdominal agudo.

Diseño: Reporte de casos.

Lugar: Servicio de Urgencias de un centro médico privado de la Ciudad de México.

Pacientes: Un total de 130 pacientes con dolor abdominal agudo.

Intervenciones: Ninguna.

Métodos: Se construyó una RNA con 14 parámetros de entrada, 13 capas ocultas y un parámetro de salida. Los parámetros de entrada incluyeron datos clínicos y de laboratorio colectados por los médicos del servicio de urgencias. La RNA fue entrenada en 65 pacientes y probada en otros 65.

Resultados: La RNA predijo correctamente el diagnóstico en 100% (18/18) de los pacientes quirúrgicos y en 95% (45/47) de los pacientes médicos de la RNA probada.

Conclusión: Estos resultados sugieren que la RNA puede ser útil en el diagnóstico de dolor abdominal agudo.

Palabras clave: Red neural artificial, dolor abdominal agudo, diagnóstico, servicio de urgencias.

SUMMARY

Objective: To investigate the value of an artificial neural network (ANN) to predicting the need of surgical treatment in patients with acute abdominal pain.

Design: Case series report.

Setting: Emergency room of a private medical center, Mexico City.

Patients: A total of 130 patients with acute abdominal pain.

Interventions: None.

Methods: An ANN was constructed with 14 input parameters, 13 hidden layers and a single output parameter. The 14 input parameters included clinical and laboratory data collected by emergency room physicians. The ANN was trained in 65 patients and tested in other 65.

Results: The ANN predicted correctly the diagnosis in 100% (18/18) of surgical patients and in 95% (45/47) of medical patients of the ANN tested.

Conclusion: These results suggest that an ANN can be a useful tool to predicting surgical treatment in patients with acute abdominal pain.

Key words: Artificial neural network, acute abdominal pain, diagnosis, emergency room.

El dolor abdominal agudo continúa siendo un importante reto para el médico. La importancia de un diagnóstico temprano y acertado, particularmente en lo referente a una decisión quirúrgica, se ve reflejado en la morbi-mortalidad de los pacientes.¹ La decisión de realizar o no una cirugía durante el evento agudo para el tratamiento de estos enfermos se ve influenciada por la presentación clínica

del caso, la experiencia del médico y los resultados de las pruebas diagnósticas. En los últimos años algunos estudios han mostrado la utilidad de sistemas de inteligencia artificial como auxiliares diagnósticos en patologías como tromboembolia pulmonar e infarto agudo del miocardio.²⁻⁴

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE REDES NEURALES

Las decisiones médicas se basan por lo general en la suma de observaciones de datos tales como

* Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro", Centro Médico ABC.

signos, síntomas, resultados de laboratorio, gabinete, etc.⁵ El clínico realiza su decisión asignando inconscientemente pesos o valores diferentes a los distintos datos y posteriormente escogiendo la opción más probable. El médico aprende la importancia relativa de los distintos hallazgos clínicos revisando pacientes, para después hacer una predicción diagnóstica; la cual compara con el resultado definitivo del caso en cuestión a manera de retroalimentación.^{2,5} Los médicos experimentados realizan diagnósticos acertados con mayor frecuencia porque han visto un mayor número de pacientes y han aprendido de ellos. Esto proporciona el campo de acción para los auxiliares diagnósticos basados en inteligencia artificial. Estos sistemas basan sus sugerencias en el aprendizaje realizado con un gran número de pacientes, de tal forma que los médicos menos experimentados pueden beneficiarse de sus aportaciones.⁵

¿QUÉ ES UNA RED NEURAL ARTIFICIAL?

Una red neural artificial es un sistema de análisis consistente en un grupo de ecuaciones matemáticas interconectadas que aceptan datos de entrada y calculan una respuesta utilizando análisis no lineal a través del cálculo de mínimos cuadrados (*figura 1*).^{3,7} El sistema es capaz de encontrar relaciones nuevas entre los datos con los que es entrenado; así mismo, a través de retroalimentación la RNA puede modificar sus parámetros para disminuir el error de sus respuestas (*figura 2*).⁸

Una de las características importantes de la RNA es su capacidad para generalizar, es decir,

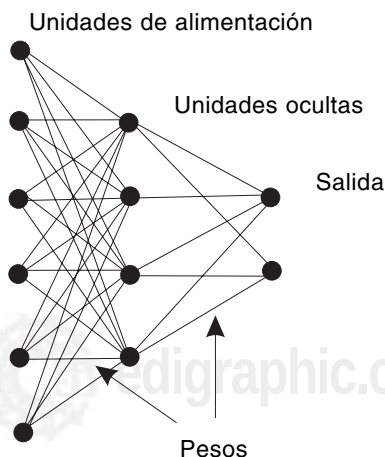


Figura 1. Perceptrón multinivel.

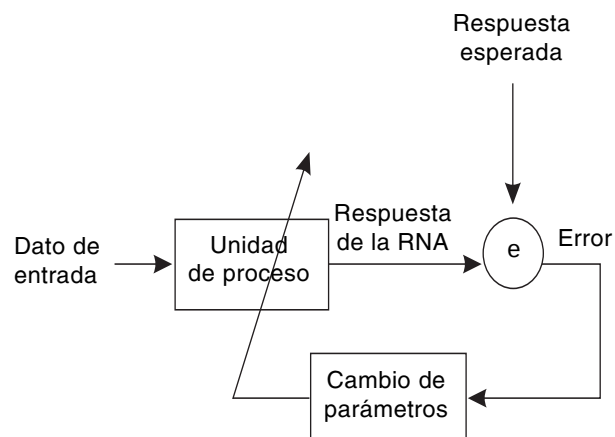


Figura 2. Sistema de retroalimentación y aprendizaje de una RNA.

obtener una respuesta adecuada (predicción) a partir de un grupo de datos diferentes a los usados en la fase de entrenamiento.

El perceptrón multinivel es la forma más común de red neural. Consiste en una serie de unidades procesadoras (nodos) interconectadas por una serie de pesos de un modo que permite a la información viajar en serie o en paralelo (*figura 1*).⁸ Los nodos son elementos de computación sencillos que funcionan de un modo análogo a las neuronas, en las que un potencial de acción se genera cuando se ha acumulado una cantidad suficiente de neurotransmisor. En el nodo el "neurotransmisor" es la suma neta del peso de todas las señales entrantes, excitatorias e inhibitorias el cual es comparado con un nivel límite; cuando éste es superado, el nodo dispara, de otro modo permanece silencioso. Así, a diferencia de los sistemas de computación convencionales, las redes neurales tienen múltiples procesadores trabajando en paralelo, que sirven además como elementos de memoria.⁶

Superficialmente las RNA parecen ser similares a otros algoritmos derivados de la estadística, sin embargo, en las RNA la relación entre los elementos de entrada y la salida no está definida ni cuantificada explícitamente.^{9,10} A diferencia de otras formas de inteligencia artificial la RNA puede mejorar su desempeño por medio del entrenamiento. La RNA también puede encontrar relaciones entre los datos que no son aparentes con otros análisis.^{9,10}

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE REDES NEURALES A LA MEDICINA

El método básico para utilizar RNA en el campo de la medicina es similar al del análisis discriminante convencional.¹¹ Los datos deben de ser recolectados de una población representativa de casos y el resultado final debe ser obtenido a través de un método bien validado (estándar de oro). Un primer grupo de pacientes con resultado conocido se utiliza para entrenar la RNA; mientras que un segundo grupo, se utiliza para probar el desempeño de la red. El sistema usualmente utiliza un programa de simulación en una microcomputadora.¹¹

Las RNA han sido aplicadas en varios campos de la medicina, entre ellos el diagnóstico clínico (desde el infarto del miocardio y la apendicitis aguda hasta en emergencias psiquiátricas), el análisis de onda y gráficas (EKG y EEG); de imágenes (gammagrafía, radiografía de tórax); la predicción de sobrevida o mortalidad. En el *cuadro I* se muestran algunas de las aplicaciones de las RNA en la práctica médica.¹¹

Uno de los trabajos más importantes en este sentido ha sido el de Baxt,¹² en el cual una RNA se entrenó con los datos de 331 pacientes que se presentaron a un servicio de urgencias con dolor precordial. Posteriormente la RNA se probó en forma prospectiva en otros 331 pacientes consecutivos con dolor precordial, y se comparó su exactitud diagnóstica con la de los médicos que originalmente evaluaron a los pacientes. Los médicos tuvieron una sensibilidad del 77.7% para el diagnóstico de

infarto agudo del miocardio y una especificidad de 84.%, mientras la RNA tuvo una sensibilidad del 96%.¹²

En el caso del abordaje del dolor abdominal, los auxiliares de diagnóstico por computadoras han sido utilizados para determinar el tipo de padecimiento,^{13,14} como en el trabajo de Eberhart,¹⁵ quien reportó una alta sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de apendicitis aguda usando una RNA. En los trabajos referidos se utilizaron sistemas de cómputo diferentes a redes neurales, por ejemplo, sistemas expertos. En estos sistemas a diferencia de las RNA, la relación entre los datos de entrada y los datos de salida está previamente definida por el usuario. Existen unos cuantos trabajos en la literatura sobre la aplicación de las RNA al diagnóstico del dolor abdominal; en uno de ellos la RNA tuvo una exactitud diagnóstica del 84% para el diagnóstico de pancreatitis aguda usando solamente los valores de lipasa y amilasa.²⁴

El objetivo del presente estudio es proporcionar un nuevo elemento de ayuda diagnóstica a través de un sistema de toma de decisiones auxiliado por computadora por medio de una red neural artificial (RNA) para la decisión del tipo de tratamiento en pacientes con dolor abdominal agudo (quirúrgico o médico) en el servicio de urgencias de un hospital de especialidades privado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el periodo comprendido entre junio de 1996 y julio de 1997 se recabó información correspondiente a 172 pacientes que acudieron al servicio de urgencias del American British Cowdray Medical Center (Hospital ABC) de la Ciudad de México por dolor abdominal. Todos los datos fueron obtenidos por médicos internos y residentes del hospital de manera prospectiva a través de un formato especialmente diseñado para el estudio. El personal participante fue adiestrado en el uso de la hoja de captura, haciendo hincapié en la manera de describir los datos clínicos del caso.

Se incluyó en el estudio a cualquier paciente con dolor abdominal independientemente de la etiología, sexo, edad o tipo de dolor. Se excluyeron de la investigación los casos con información clínica incompleta, así como aquellos a los cuales no fue posible darles seguimiento. Ningún paciente fue advertido de que sería admitido al protocolo con el fin de evitar cambios en la apreciación subjetiva del dolor para parte de cada uno de ellos. Todos los

Cuadro I. Aplicaciones clínicas de las redes neurales.

Aplicación	Referencia
<i>Diagnóstico</i>	
Apendicitis	15
Infarto del miocardio	12
Emergencias psiquiátricas	16
<i>Imagenología</i>	
Gammagrafía de perfusión	4
PET Scan	17
<i>Análisis de ondas</i>	
ECG	18
EEG	19
<i>Predicción de recuperación</i>	
Cirugía	20
RCP	21

tratamientos fueron elegidos por los médicos tratantes buscando siempre el bienestar del paciente.

Para validar los diagnósticos se separó a los pacientes en dos grupos según los siguientes criterios:

a) Pacientes con tratamiento médico:

Se consideró tratamiento médico en los pacientes egresados del servicio de urgencias del hospital por dolor abdominal, y que contactados por vía telefónica, al menos un mes después del egreso, no hubiesen referido en ese tiempo una cirugía relacionada con el dolor que motivó su consulta.

b) Paciente con tratamiento quirúrgico:

Se consideró tratamiento quirúrgico en los pacientes que habiendo llegado al servicio de urgencias del hospital por dolor abdominal, hubieran recibido tratamiento quirúrgico; así mismo, fue necesario tener un reporte por escrito de la pieza quirúrgica obtenida, o en su defecto, de los hallazgos del procedimiento, avalado por el departamento de patología del hospital o por el cirujano encargado del caso. La pieza quirúrgica o el reporte debían ser además, justificación del procedimiento quirúrgico realizado. Una vez revisada la información se realizó un estudio piloto con 50 casos para determinar las variables a ser empleadas en el estudio, con el objeto de simplificar el proceso sin deteriorar la calidad de los resultados de la prueba. Finalmente las variables empleadas para el entrenamiento y prueba de la RNA fueron: edad, sexo, temperatura, frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), tensión arterial sistólica (TAS), tensión arterial diastólica (TAD) y la localización e intensidad del dolor por cuadrantes abdominales.

Para la simulación de la RNA a través de una computadora fue utilizado el programa Neuro Solutions v. 3.0 desarrollado por Neurodimension Inc. (California). Este programa cuenta con la capacidad de utilizar diferentes modelos de redes neurales, entre los que se encuentra el perceptrón multi-nivel usado en nuestro estudio. Además, es posible especificar el número de capas de unidades ocultas de la red. La evaluación de la RNA requirió separar a los pacientes en un grupo de entrenamiento y otro de prueba. Los pacientes fueron incluidos en el estudio en forma consecutiva según el momento de su admisión al servicio de urgencias; posteriormente, fueron divididos según el tratamiento médico o quirúrgico de acuerdo a los criterios ya descritos. Se seleccionaron a través de una función aleatoria, 45 pacientes con tratamiento médico y 20 pacientes con tratamiento quirúrgico correspon-

dientes al grupo de entrenamiento de la RNA y otros 65 pacientes (45 con tratamiento médico, 20 con tratamiento quirúrgico) fueron asignados al grupo de prueba.

Se utilizó para el estudio un perceptrón multi-nivel con 16 variables de entrada, tres capas de unidades ocultas y una variable de salida. La respuesta de la red debería distinguir entre los pacientes con tratamiento quirúrgico (respuesta = 1) o tratamiento médico (respuesta = 0). El entrenamiento de la red requirió de 1,000 ciclos de retroalimentación, deteniéndose al lograr el error mínimo a través del sistema de mínimos cuadrados. Una vez entrenada, se utilizó el grupo de prueba para permitir a la RNA realizar predicciones y se compararon con los tratamientos reales de los pacientes.

RESULTADOS

Se incluyeron a 130 pacientes que reunieron los criterios establecidos; fueron 64 mujeres y 66 hombres con edad promedio de 39.5 ± 20 años. El padecimiento quirúrgico que se observó con más frecuencia fue apendicitis aguda ($n = 25$) y el problema médico con mayor incidencia fue gastroenteritis infecciosa (*cuadro II*). El grupo de entrenamiento estuvo formado por 65 pacientes (30 mujeres, 35 hombres, cuya edad promedio fue de 37.62 ± 19.65 años) de los cuales 45 (69.23%), se trataron quirúrgicamente. El grupo de prueba estuvo constituido también por 65 pacientes (34 mujeres y 31 hombres, con un promedio de edad de 41.8 ± 20.2 años). En este grupo 47 pacientes se sometieron a cirugía y el resto a tratamiento médico (*cuadro III*).

La RNA fue capaz de predecir adecuadamente el tipo de tratamiento de 63 de los 65 pacientes analizados (rendimiento 96%). La sensibilidad para predecir qué pacientes requerían tratamiento quirúrgico fue de 90% y la especificidad del 100%, con un índice de confianza del 95%. (*cuadro III*) Hubo dos falsos negativos (error tipo II) y ninguno positivo.

DISCUSIÓN

El desarrollo de nuevos métodos de apoyo diagnóstico lleva implícito el hecho de validarlos antes de ser considerados como una herramienta realmente útil para el clínico. El trabajo del médico reviste una importancia tal, que estos sistemas deben ser cuidadosamente revisados antes de poder ser

Cuadro II. Prevalencia de diagnóstico en la población estudiada (n = 130).

Diagnóstico	Núm. Pacientes	% Pacientes
Gastroenteritis infecciosa	26	20.00
Apendicitis aguda	25	19.23
Enfermedad ácido péptica	17	13.08
Colon irritable	10	7.69
Litiasis ureteral	9	6.92
Infección de vías urinarias	7	5.38
Diverticulitis	6	4.62
Colecistitis litiasica	3	2.31
Impactación fecal	3	2.31
Oclusión intestinal	3	2.31
Dolor por ovulación	2	1.54
Enfermedad pélvica inflamatoria	2	1.54
Hepatitis viral	2	1.54
Úlcera gástrica perforada	2	1.54
Adenocarcinoma de colon	1	0.77
Adenomiosis	1	0.77
Aneurisma de aorta abdominal	1	0.77
Cáncer cervicouterino	1	0.77
Colangitis	1	0.77
Dehiscencia de anastomosis	1	0.77
Hernia inguinal	1	0.77
Miomatosis uterina	1	0.77
Necrosis mesentérica	1	0.77
Pancreatitis litiasica	1	0.77
Pólipo cervical	1	0.77
Quiste de ovario torcido	1	0.77
Torsión testicular	1	0.77

aceptados y generalizados para su uso en la población general. Desde 1972 se han publicado estudios que demuestran la mejoría en la exactitud diagnóstica de los médicos en entrenamiento con el uso de auxiliares de diagnóstico implementados en computadoras.^{22,23} En el estudio de MacAdam en el que se evaluó un sistema computarizado (diferente a una RNA) como auxiliar diagnóstico para dolor abdominal, por un periodo de 12 años, se encontró una mejoría de entre 10 a 15% en la exactitud diagnóstica de los médicos y una disminución del 27% al 12.5% en la incidencia de perforación de apéndices.

El presente estudio demuestra la posibilidad de resolver un problema 100% clínico a través de una serie de ecuaciones matemáticas interconectadas a través de un modelo neural de procesamiento de datos. Las implicaciones de este hecho son importantes. Por una parte, la posibilidad de generar

Cuadro 3. Utilidad de la RNA para distinguir entre el tipo de tratamiento (quirúrgico vs. médico) en pacientes con dolor abdominal.

Resultados		Tratamiento real		
		Quirúrgico	Médico	Totales
Predicción del tratamiento (RNA)	Quirúrgico	18	0	18
	Médico	2	45	47
	Totales	20	45	65
Sensibilidad	90%	IC 95%		
Especificidad	100%	IC 95%		

otros modelos predictivos a partir de estas experiencias hace de la tecnología de las redes neurales un nuevo campo de investigación que, hasta el momento, parece prometedor. Las ventajas de este tipo de sistema, como se ha demostrado en este trabajo, son su carencia de riesgo para el paciente, su alta capacidad de predicción, su plasticidad para adaptarse a un nuevo problema y su factibilidad a través de la obtención de simples datos clínicos. Sin embargo, por ser un área reciente de investigación, su papel dentro de la medicina aún necesita definirse a través de nuevos estudios.

CONCLUSIONES

La RNA es un método altamente sensible y específico para el diagnóstico diferencial entre dolor abdominal agudo que requiera de tratamiento quirúrgico y dolor abdominal agudo que pueda ser tratado con medidas conservadoras. El siguiente paso lógico a este estudio será realizar un estudio prospectivo, doble ciego, que analice la aplicación en tiempo real de la RNA para el diagnóstico del dolor abdominal en el servicio de urgencias.

Por lo pronto se perciben dos aplicaciones potenciales de la RNA en nuestro hospital:

a) Como auxiliar en el entrenamiento de médicos en formación.

b) Como auxiliar diagnóstico en tiempo real para casos de dolor abdominal agudo.

Debe quedar claro que no pretendemos que una máquina reemplace al médico en la difícil tarea del diagnóstico, sino proveer a éste de un auxiliar de diagnóstico más, que sumado a su experiencia, los datos de la historia clínica y los resultados de laboratorio, le permita llegar al diagnóstico de certeza que redunde en un mayor bienestar de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gill BD, Jenkins JR. Cost-effective evaluation and management of the acute abdomen. *Surg Clin North Am* 1996; 76(1): 71-82.
2. Szolovits P, Patil RS, Schwartz WB. Artificial intelligence in medical diagnosis. *Ann Intern Med* 1988; 108: 80-87.
3. Baxt WG, Skora J. Prospective validation of artificial neural network trained to identify acute myocardial infarction. *Lancet* 1996; 6(347): 12-14.
4. Scott JA, Fisher RE, Palmer EL. Neural networks in ventilation-perfusion imaging. Part II. Effects of interpretive variability. *Radiology* 1996;198(3): 707-713.
5. Cross SS, Harrison RF, Kennedy L. Introduction to neural networks. *Lancet* 1997;346(12):1075-1079.
6. Gurriere MR, Detsky AS. Neural networks: What are they. *Ann Intern Med* 1991;115(11): 906-907.
7. Baxt WG. Use of an artificial neural network for the diagnosis of myocardial infarction. *Ann Intern Med* 1991; 115(11): 843-848.
8. Principe JC, Lefebvre WC, Euliano NR. Data fitting with linear models. In: *Neural Systems: Fundamentals through simulation*. Principe, 1996.
9. Reggia JA, Tuhim S (eds). Computer assisted medical decision making. In: *Computers and medicine*. New York: Springer-Verlag, 1985.
10. De-Dombal FT. Computer-aided decision support-glittering prospects, practical problems, and Pandora's box. *Baillieres Clin Obstet Gynaecol* 1990;4(4): 841-849.
11. Baxt WG. Application of neural networks to clinical medicine. *Lancet* 1995;346:1135-1138.
12. Baxt WG, Skora J. Prospective validation of artificial neural network trained to identify acute myocardial infarction. *Lancet* 1996;6(347):12-14.
13. McAdam WA, Brock BM, Armitage T, Davenport P, Chan M, de-Dombal FT. Twelve years' experience of computer-aided diagnosis in a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl* 1980; 72(2):140-146.
14. Anatol TI, Holder Y. A scoring system for use in the diagnosis of acute abdominal pain in childhood. *West Indian Med J* 1995;44(2):67-69.
15. Eberhart RC, Dobbins RW, Hutton LV. Neural network paradigm comparisons for appendicitis diagnosis. In: *Proceedings of the Fourth Annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems* 1991;298:304.
16. Somoza E, Somoza JR. A neural-network approach to predicting admission decisions in a psychiatric emergency room. *Med Desis Making* 1993;13:273-280.
17. Skabo Z, Kao PF, Mathews WB, Ravert HT, Musachio JL, Scheffel U, Dannals RF. Positron emission tomography of 5-HT reuptake sites in the human brain with C-11 McN5652 extraction of characteristic images by artificial neural network analysis. *Behav Brain Res* 1996;73(1-2):221-224.
18. Edenbrant L, Heden B, Pahlm O. Neural networks for analysis of ECG complexes. *J Electrocardiol* 1993;26:74.
19. Klopel B. Application of neural networks for EEG analysis considerations and first results. *Neuropsychobiology* 1994;29:39-46.
20. Doig GS et al. Modeling mortality in the intensive care unit. Comparing the performance of a back-propagation associative-learning neural network with multivariate logistic regression. In: *Proceedings of the Fifth Annual Symposium on Computers applied to Medical Care* 1993;361:65.
21. Ebell MH. Artificial neural networks for predicting failure to survive following in-hospital cardiopulmonary resuscitation. *J Fam Pract* 1993;36:297-303.
22. De Dombal FT, Leaper DJ, Staniland JR et al. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain. *Br Med J* 1972;2:9-13.
23. Horrocks JC, McCann AP, Staniland JR et al. Computer-aided diagnosis: Description of an adaptable system and operation experience with 2,043 cases. *Br Med J* 1972;2:5-9.
24. Kazmierczak SC, Catrou PG, Van Lente F. Diagnostic accuracy of pancreatic enzymes evaluated by use of multivariate data analysis. *Clin Chem* 1993;39(9):1960-1965.

Correspondencia:
Dr. Carlos M. Cardozo Zepeda
Departamento de Medicina Crítica
"Mario Shapiro", Hospital ABC,
Sur 136, Col. Las Américas,
C.P. 101120, México, D. F.
Tel. 52-30-9288.