

Un modelo para la distribución óptima de recursos de la salud

Por: Isaac Dyner*

I. INTRODUCCION

En el manejo de los recursos de la salud es conveniente contar con modelos que describan los sistemas actuales y que, además, puedan servir como marco de referencia para diseñar políticas de planeación bajo criterios de optimalidad. Es en este sentido como se utiliza el Modelo Gravitacional Restringido por la Atracción (1) y (2) en la presente publicación. Así, para una determinada dolencia, el flujo de personas que viajan de la localidad i para ser atendidas en el Centro Asistencial j se modela por

$$T_{ij} = W_i B_j D_j \exp(-\lambda C_{ij}), \quad (1)$$

donde:

T_{ij} es el número de pacientes que viajan de la zona (o localidad) i al centro asistencial j ,

W_i la morbilidad de la zona i ,

D_j el número de pacientes que utilizan los recursos del centro asistencial j ,

C_{ij} la distancia del centro de la zona i al centro asistencial j ,

λ un parámetro, y

$$B_j = [\sum_i W_i \exp(-\lambda C_{ij})]^{-1}, \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, I$,

$j = 1, 2, \dots, J$.

Expresado en palabras, el flujo de personas de i a j es directamente proporcional a la morbilidad de i , W_i , y al

número de pacientes atendidos en j , D_j , e inversamente proporcional a la accesibilidad de j desde i , $\exp(-\lambda C_{ij})$.

2. APPLICACION

En el campo de la salud, para describir flujos de personas por medio del Modelo basta conocer estimativos de la morbilidad de las zonas, la utilización de los recursos en los Centros Asistenciales (dado en número de casos), y las distancias de i a j . El parámetro λ es utilizado para calibrar el modelo, con base en una muestra de flujos reales y teniendo en consideración criterios como el coeficiente de correlación, la pendiente de la línea de regresión y la diferencia entre valores estimados y observados (ver por ejemplo Webber, 1984).

Una de las propiedades más interesantes del Modelo es su posibilidad de utilización como instrumento de planeación. No sólo permite estudiar diferentes escenarios para la distribución de recursos sino, también, encontrar ciertas configuraciones óptimas de los sistemas como la configuración de mínimo acceso o máxima eficiencia o equidad.

En el presente trabajo se muestra la forma de uso del Modelo Gravitacional en una región al sur de Inglaterra, en donde se pretende trazar políticas para la distribución de equipos médicos en la especialidad de Otorrinolaringología. Es así como se desea encontrar una redistribución de los servicios actuales dentro de los cinco distritos de la región para, de esta forma, establecer un balance entre los beneficios que implica la concentración de recursos en unos distritos, y los perjuicios causados por la mayor distancia que deberán recorrer algunos pacientes para ser atendidos.

En la actualidad se cuenta con 12.4 especialistas (los decimales representan tiempo parcial de vinculación) cada uno con su respectivo equipo médico, técnico e instrumental, los cuales representan un costo de inversión y funcionamiento bastante significativo. Dentro de la nueva redistribución se pretende que los distritos donde se provea el servicio cuenten con un mínimo de dos espe-

* Profesor Asociado Universidad Nacional.

cialistas, el máximo puede estar alrededor de cuatro o cinco. El 25% del tiempo de un especialista se repartirá en consulta externa entre los distritos a los cuales no se les provea el servicio dentro de la nueva configuración.

3. FUNDAMENTACION TEORICA

El modelo Gravitacional se ha utilizado por muchos años en proyectos de Transporte y Planeación Urbana dentro de estudios de trazado de rutas para el transporte de servicio público, localización de supermercados, escuelas, y, además, en forma más amplia, en la distribución espacial de recursos de diversa índole.

La fundamentación teórica del Modelo es mucho más reciente. A.G. Wilson en 1967 demuestra que (1) describe la distribución más probable de flujos entre los puntos i y j. En Wilson (1970) se demuestra que esto es equivalente a la maximización de una función de entropía. Posteriormente Neuberger (1971) prueba que el Modelo se puede obtener al maximizar cierta medida asociada al costo del transporte del cliente (paciente). Más recientemente, Maybew y Leonardi (1984) derivan el Modelo de un tipo de función de utilidad conocida en la Investigación de Operaciones.

Estos trabajos son la base para la justificación del uso del Modelo Gravitacional.

4. DESCRIPCION DE UN SISTEMA

Para la descripción del sistema de flujo de pacientes en la especialidad de Otorrinolaringología, al cual se hace referencia en la sección 2, se requería, entonces, calibrar el modelo (1) - (2). Con este propósito se recogió información referente a la morbilidad de los distritos, al número de casos atendidos dentro de esta especialidad, a las distancias del centro de los distritos a los diferentes hospitales y a los flujos de los pacientes para el año 1980.

La Tabla 1 y el Gráfico 1 muestran el excelente ajuste logrado por el modelo para $\lambda = 0.065$.

El Modelo fue validado haciendo pronósticos hacia atrás, con base en el parámetro antes encontrado y con los registros de morbilidad y atención disponibles del año 1977. La Tabla 2 y el Gráfico 2 muestran los muy buenos resultados encontrados al comparar los flujos estimados con el Modelo y los que se tenían para ese año.

5. PLANEAMIENTO

En general, en el uso del Modelo Gravitacional se pre-

supone la no variación del parámetro durante el horizonte de planeación. Esto puede ser justificado cuando las condiciones de comportamiento de las personas no varíen sustancialmente, durante el período estudiado, en lo relacionado con medios, formas o alternativas de transporte dentro del Sistema. En este sentido el parámetro del modelo se asocia con la disposición de las personas a viajar una mayor o menor distancia en búsqueda de un servicio.

TABLA 1
RESULTADOS DE CALIBRACION

Valor de λ	0.065
Error medio absoluto	23.102
Error de media cuadrática	40.272
Coeficiente de correlación	0.988
Pendiente de la línea de regresión	1.000
Intercepto de la línea de regresión	-0.480

MATRIZ OBSERVADA DE FLUJOS

Número de componentes de la matriz	310
Número de componentes distintos de cero	50
Media	20.04
Varianza	10.675.50

MATRIZ ESTIMADA DE FLUJOS

Número de componentes de la matriz	310
Número de componentes distintos de cero	49
Media	20.53
Varianza	10.925.94

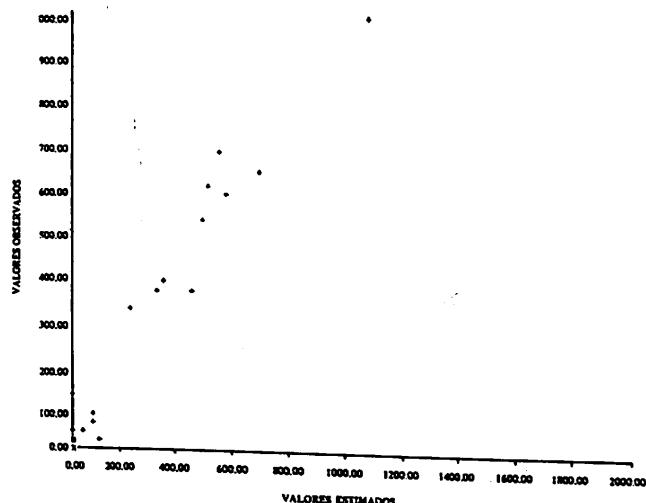


Gráfico 1. Valores estimados contra valores observados.

TABLA 2
PRONOSTICOS HACIA ATRAS

Error medio absoluto.....	26.040
Error de media cuadrática.....	40.000
Coeficiente de correlación.....	0.988
Pendiente de la línea de regresión.....	0.970
Intercepto de la línea de regresión	- 0.380

MATRIZ OBSERVADA DE FLUJOS

Número de componentes de la matriz	310
Número de componentes distintos de cero	50
Media	20.69
Varianza	11.094.06

MATRIZ ESTIMADA DE FLUJOS

Número de componentes de la matriz	310
Número de componentes distintos de cero	58
Media	19.76
Varianza	10.773;92

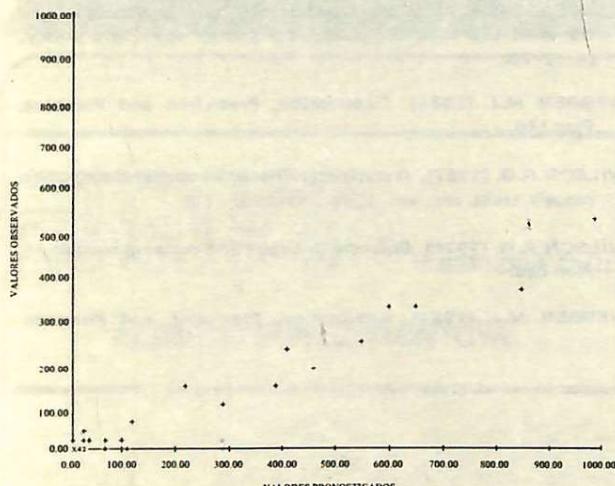


Gráfico 2.
Valores pronosticados contra valores observados

En la Sección anterior se verifica este criterio al utilizar el Modelo para predicciones retrospectivas. Es así como haciendo uso del parámetro encontrado para el año 1980, se "pronostican" flujos para el año 1977 con los resultados antes anotados.

Basados en esta filosofía, el Modelo se puede utilizar como instrumento de planeación para:

- Hacer pronósticos de flujos producidos por variaciones en la morbilidad (cambios en W_i)
- Estudiar una redistribución de los recursos (cambios en D_j)
- Investigar variaciones en la localización de los Centros Asistenciales (cambios en C_{ij}).

6. DISTRIBUCION OPTIMA DE RECURSOS

Considerando el problema planteado en la sección 2, la distribución de recursos se puede mirar bajo la óptica de maximizar el Beneficio del Usuario (ver Dyner y Bevan, 1985) que se expresa por

$$\text{Maximizar} \quad - \sum_j D_j [\ln (D_j B_j \exp (-A_j))]. \quad (3)$$

$$\text{donde} \quad A_j = \frac{1}{I} \sum_i \lambda C_{ij}.$$

Las restricciones están dadas por

$$D_j \leq M * 609, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5,$$

$$\sum_j D_j = 12 * 609, \quad (5)$$

$$D_j \in \{0 * 609, 2 * 609, 3 * 609, \dots, 12 * 609\} \quad (6)$$

Donde D_j es la capacidad de atención adjudicada al distrito j , (dada en término del número de especialistas por el promedio de casos atendidos-609), M es el máximo número de especialistas que se puede adjudicar al distrito j , y * se refiere a la operación de multiplicación.

La solución del problema se encontró utilizando Programación Dinámica. En la Tabla 3 se muestra los resultados obtenidos, en donde $(D_1, D_2, D_3, D_4, D_5)$ representa el número de especialistas adjudicados a cada uno de los distritos bajo las diferentes condiciones de capacidad (M) de los centros asistenciales, y \bar{C} la distancia promedio recorrida por los pacientes del sistema. Esto último se obtuvo del Modelo Gravitacional bajo las distintas configuraciones del sistema. Los resultados de \bar{C} contra M se pueden observar en el Gráfico 3.

Otros objetivos como maximizar equidad o eficiencia, o minimizar accesibilidad podrían ser considerados en otros estudios. En este sentido el trabajo de Mayhew y Leonardi (1982) es de gran utilidad.

TABLA 3

M	$(D'_1, D'_2, D'_3, D'_4, D'_5)$	\bar{C}
Actual	(3.0, 1.7, 1.2, 3.2, 3.3)	32.30
4	(4, 0, 0, 4, 4)	30.23
5	(5, 0, 0, 5, 2)	29.56
6	(6, 0, 0, 4, 2)	27.45
7	(7, 0, 0, 3, 2)	25.33
8	(8, 0, 0, 2, 2)	23.24
9	(9, 0, 0, 3, 0)	22.66
10	(10, 0, 0, 2, 0)	20.57
11	(10, 0, 0, 2, 0)	20.57
12	(10, 0, 0, 2, 0)	20.57

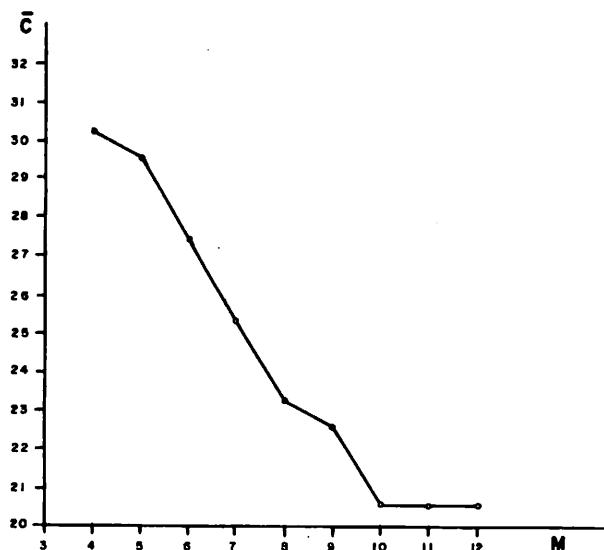


Gráfico 3

7. CONCLUSIONES

Con la ayuda del Modelo Gravitacional se pueden cuantificar los efectos de una política de manejo de recursos. Así, la reubicación de especialistas en la forma (4, 0, 0, 4, 4) trae el beneficio de un recorte del 6.4% en la distancia promedio recorrida por las personas del sistema. Problemas relacionados con la distribución de las distancias recorridas y la equidad de la política pueden ser resueltos utilizando (1) - (2).

La aplicabilidad del Modelo se extiende a muchos campos en los cuales la planeación es esencial; el caso expuesto en esta publicación puede ser iluminador en este sentido.

8. BIBLIOGRAFIA

- DYNER I. y BEVAN G. (1985), Trabajo en preparación.
- MAYHEW L. y LEONARDI G. (1982), Equity, efficiency and accessibility in Urban and regional health-care Systems, Environment and Planning A Vol. 14, pp 1479-1507.
- MAYHEW L. y LENARDI G. (1984), Resource allocation in multi-level spatial health care systems, Papers and proceedings of the british regional science association, pp 195-209.
- NEUBERGER H. (1971), User benefit in the evaluation of transport and land use plans, Jour transp. econ. and policy, pp 52-75.
- WEBBER M.J. (1984), Exploration, Prediction and Planning, Pion Ltd.
- WILSON A.G. (1967), A statistical Theory of spatial distribution models, trans. res., vol. 1, pp 253-269.
- WILSON A.G. (1970), Entropy in Urban and regional modelling, Pion Ltd.
- WEBBER M.J. (1984), Exploration, Prediction and Planning.