

EL COLEGIO DE MEXICO

CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRAFICOS Y DE DESARROLLO URBANO

"Evaluación del Impacto del Saneamiento en la  
Sobrevivencia Infantil y Preescolar  
Un estudio para México, 1980"

Trabajo de Investigación que  
para obtener el grado de  
Maestro en Demografía presenta:

Marco Aurelio García Domínguez.

Ciudad de México, Distrito Federal, Diciembre de 1986.

La finalización de éste trabajo se debe a la colaboración de profesores y amigos en las distintas etapas de su desarrollo. Gracias al Dr. Julio Frenk y al Dr. José Luis Bobadilla se logró diseñar el esquema de trabajo e investigación al proporcionar una amplia bibliografía sobre el tema y ayudar con sus conocimientos en el área de Epidemiología y Salud Pública.

El tratamiento dado a los temas de saneamiento fueron enriquecidos por publicaciones facilitadas por el Dr. Robert Grosse. En las técnicas demográficas fue muy valiosa la colaboración del Profr. Virgilio Partida.

La participación, discusión y apoyo de mis compañeros René Zenteno, José Antonio Izazola, Pedro Armando Santiago y del Dr. Sergio Camposortega permitió la continuidad del esfuerzo por ver cristalizado éste trabajo de tesis.

El trabajo mecanográfico se debe a Héctor Arochi, Reyna Linares, Beatríz Domínguez y el diseño gráfico a Bárbara García.

Mi profundo agradecimiento a todos ellos es para siempre.

## INDICE ANALITICO

Concepto

Introducción, Organización y Alcances del Texto

Capítulo I. Naturaleza del Problema. Definición de Saneamiento

Consideraciones teóricas del fenómeno mortalidad-saneamiento.

La Ingeniería Sanitaria en los Países Industrializados, en los países subdesarrollados y en América Latina. El panorama epidemiológico de las enfermedades transmisibles por medio del agua y de los alimentos. Los mecanismos de transmisión y la contaminación ambiental. La distribución relativa de mortalidad por grupos de edad. La Clasificación de Bradley. La necesidad de evaluar el impacto de las obras sanitarias como medida de salud pública. ....9

Capítulo II. Los antecedentes históricos de los intentos de evaluación del impacto ecológico de las obras de saneamiento. Los siglos XIX y XX.

El caso de México. Panorama epidemiológico de las enfermedades de origen hídrico en los últimos años. ....57

Capítulo III. El Marco Teórico. El contexto del saneamiento dentro de los estudios de mortalidad. El Modelo de Barnum y Barlow. El modelo de Mosley y Chen.

El modelo reducido de mortalidad-saneamiento. ....72

Capítulo IV. La Teoría del Umbral-Saturación. Los modelos de dos parámetros. El modelo de tres parámetros. Los estudios de Feachem, Koopman, Grosse y otros. Principios fundamentales de la teoría del Umbral-Saturación. Validación preliminar de la teoría.

Algunas consideraciones. ....88

Capítulo V. El modelo mortalidad-saneamiento para la República Mexicana. La información sobre saneamiento.

La construcción de los índices de saneamiento. La utilización del Censo como fuente de información. La distribución del servicio de saneamiento en la República Mexicana. Índice de concentración y curva de Lorenz. ....107  
Los resultados.

Capítulo VI. La información sobre mortalidad infantil-preescolar. El uso de las Estadísticas Vitales. Las tasas de mortalidad observadas. El problema de subregistro. La metodología de corrección de las tasas específicas de mortalidad por causa del grupo 01. Los resultados. ....	120
Capítulo VII. El modelo mortalidad-saneamiento (MORSAN). Las variables. Diagramas de dispersión. Relación entre variables. La transformación logarítmica. La Metodología de Regresión Lineal simple y múltiple. Correlaciones de orden cero. Ecuaciones estructurales. Correlaciones múltiples y ecuaciones estructurales. Coeficientes de correlación y determinación. Parámetros y pruebas estadísticas. Interacción de las variables. Resultados. ....	133
Capítulo VIII. Análisis, discusión y perspectivas del modelo Mor-San. El modelo como instrumento de predicción de los niveles de mortalidad infantil y preescolar. Los niveles de umbral y de saturación. Relación geográfica de las condiciones de mortalidad (grupo 01)-saneamiento. Alcances y limitaciones del modelo Morsan.	
Conclusiones. ....	152
Anexos. ....	169
Bibliografía. ....	176

## INDICE DE CUADROS

- CUADRO I Cuadro sinóptico de la historia y desarrollo de los avances científicos en los abastecimientos de agua potable.
- CUADRO II Distribución de la Población de los principales centros urbanos de América Latina y el Caribe, alrededor de 1983.
- CUADRO III Promedio anual de las cinco principales causas de morbilidad general, Estados Unidos Mexicanos 1971-1975.
- CUADRO IV Promedio anual de las cinco principales causas de morbilidad general, Estados Unidos Mexicanos 1970-1974.
- CUADRO V Enfermedades bacterianas transmitidas por agua contaminada o alimentos preparados con la misma.
- CUADRO VI Acceso a los servicios de agua potable en 91 países en desarrollo seleccionados (Diciembre 31, 1970).
- CUADRO VII Población Urbana en 61 países en desarrollo seleccionados, atendidos por facilidades de drenaje por tipo de servicio. Diciembre 31, 1970.
- CUADRO VIII Información sobre la mortalidad infantil en las Américas, 1979.
- CUADRO IX Agua y saneamiento en Poblados del Sri Lanka (1927-1929).
- CUADRO X Tasa de mortalidad por millón para enfermedades diarreicas y anquilostomiasis en poblados de Sri Lanka (1927-1929).
- CUADRO XI Tasa de mortalidad por desinteria y enteritis, Sri Lanka.
- CUADRO XII Tasas de mortalidad estandarizadas por enfermedades transmitidas por el agua y alimentos: Inglaterra y Gales.
- CUADRO XIII Defunciones causadas por enteritis y otras enfermedades diarreicas (tasas). México, 1978.

- CUADRO XIV Defunciones por principales enfermedades parasitarias en bebès menores de un año y preescolares. Mèxico 1975.
- CUADRO XV Panorama epidemiològico de Mèxico en los últimos años en relación a enfermedades de origen hidrico.
- CUADRO XVI Tasa bruta de mortalidad en la República Mexicana. (1965-1974).
- CUADRO XVII Tasas específicas de mortalidad por enteritis y otras enfermedades diarrèicas.
- CUADRO XVIII Información censal sobre saneamiento y tipos de abastecimientos de agua potable y de desagües.
- CUADRO XIX Cuadro de saneamiento por viviendas.
- CUADRO XX Cuadro de saneamiento por habitantes.
- CUADRO XXI Índices de saneamiento por entidad federativa y tasa de mortalidad.
- CUADRO XXII Causas de muerte del grupo 01 según la clasificación internacional de enfermedades. (Anexo).
- CUADRO XXIII Mortalidad proporcional (Coeficientes) de las enfermedades del grupo 01 respecto al total por grupos de edad.
- CUADRO XXIV Probabilidades de fallecer por grupos de edad y por entidad federativa, 1980.
- CUADRO XXIV A Tasas específicas de mortalidad por todas las causas y por causas del grupo 01.
- CUADRO XXV Correlaciones de orden cero y ecuaciones estructurales.
- CUADRO XXVI Correlaciones múltiples y ecuaciones estructurales.
- CUADRO XXVII Niveles de umbral y de saturación de acuerdo a las ganancias en salud debidas a los incrementos en saneamiento.
- CUADRO XXVIII Cuadro de contingencia de mortalidad-saneamiento.

## INDICE DE GRAFICAS Y MAPAS.

- GRAFICA 1.1 Defunciones del grupo 01 (Clasificación internacional de enfermedades) por grupos de edad. México, varios años.
- MAPA 1.1 Tasas de mortalidad estimadas por países, 1975-1980.
- GRAFICA 2.1 Tasas de mortalidad por enfermedades gastrointestinales. México, varios años.
- GRAFICA 3.1 El modelo de Barnum y Barlow.
- GRAFICA 3.2 El modelo de Mosley y Chen.
- GRAFICA 3.3 Los determinantes socioeconómicos de la mortalidad.
- GRAFICA 3.4 El modelo reducido mortalidad-saneamiento.
- GRAFICA 4.1 El modelo de dos parámetros.
- GRAFICA 4.2 La hipótesis de umbral.
- GRAFICA 4.3 La hipótesis de saturación.
- GRAFICA 4.4 El modelo de 3 parámetros.
- GRAFICA 4.5 Representación esquemática de la teoría umbral-saturación.
- GRAFICA 4.6 Validación preliminar del modelo.
- GRAFICA 5.1 Curva de Lorenz aplicada a la distribución del servicio de saneamiento en la República Mexicana, 1980.
- GRAFICA 6.1 Diagrama de Lexis de las tasas observadas de mortalidad.
- GRAFICA 7.1 Diagrama de dispersión de las relaciones bivariadas entre las tasas específicas de mortalidad y las variables socioeconómicas.
- GRAFICA 7.2 Transformación logarítmica de las relaciones variadas y su representación gráfica.
- GRAFICA 7.3 Relación multivariada y su representación en el espacio.

GRAFICA 8.1 Niveles de umbral-saturación: Ganancias en salud debidas a incrementos en saneamiento. (Diagrama de dispersión y curva de ajuste).

GRAFICA 8.2 Condiciones de mortalidad y saneamiento en la República Mexicana, 1980.

## INTRODUCCION, ORGANIZACION Y ALCANCES DEL TEXTO

El Decenio Internacional del Agua, proclamado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el periodo 1980-1990 contemplaba como una de sus metas el abastecimiento seguro del servicio de agua potable para todos los habitantes del Tercer Mundo. Por razones de financiamiento y escasez de recursos tal meta no va a ser posible de cristalizarse pero se ha puesto de manifiesto la importancia y la contribución a la salud que hace un buen servicio sanitario.

El área de aprovechamiento de agua potable y drenaje es una responsabilidad del Estado principalmente, el cual, por haberse convertido en propietario y/o regulador de los servicios de salud en la gran mayoría de los países subdesarrollados [1], entra frecuentemente en conflicto por tener que decidir entre diferentes alternativas o acciones que mejoren los niveles de bienestar.

En este sentido, el saneamiento compite con otras medidas de salud pública y es por ello la necesidad de conocer mejor su impacto, financiamiento y desarrollo en el ámbito nacional.

---

[1] Frenk, Julio. "La polémica y la realidad", en Estado y Salud, Revista Nexos. Trabajo presentado en el Seminario de Mortalidad del CEDDU de El Colegio de México, Noviembre de 1984, México, D.F.

La posición del saneamiento se divide en enfoques que pugnan por un mayor desarrollo económico que sostienen que la mejora en los niveles de salud se ha debido a avances específicos en los procesos de desarrollo derivado de las condiciones de trabajo, alimentación, educación y vivienda, en contraste a las opciones que consideran que dicha mejora se debe fundamentalmente a los avances de la medicina.

A pesar de que no hay pruebas contundentes que inclinen la balanza sobre ésta discusión teórica, al saneamiento lo integran ambas partes, pues la microbiología fue fundamental para comprender la acción bacteriológica y patógena de los agentes que transmiten, a través del agua, diversas enfermedades. Por otro lado, el espíritu de la Ingeniería Sanitaria que trata de extender éste servicio, el cual constituye un indicador de bienestar social (y económico, también) a todos los habitantes, favorece la posición de incrementar el desarrollo económico por encima de medidas conocidas como focalistas (actúan local y temporalmente), que en éste caso serían programas de educación higiénica, programas de rehidratación oral, construcción de Centros de Salud etc. El hecho de que no exista aún vacuna contra los males diarréicos refuerza la postura señalada.

Por último, la posibilidad de que las poblaciones lleguen a participar activamente en la construcción y dotación de sistemas de saneamiento abren la esperanza al incremento de la calidad de

vida de los países subdesarrollados.

Numerosos investigadores en el mundo han venido estudiando las implicaciones y relaciones de la morbilidad y mortalidad con variables socioeconómicas y, en particular, del saneamiento ambiental, así como la manera de expresar cuantitativamente tales relaciones.

Partiendo de una extensa revisión bibliográfica en la cual se enfatizan los logros más importantes en el llamado sector del agua se puede concluir que diversas disciplinas como la ingeniería sanitaria, la epidemiología, la economía, la demografía, la antropología y la ecología tienen aún mucho que aportar a la optimización de los recursos disponibles en el mundo.

Fue así como se planteó la necesidad de formular una metodología que recobrará el marco conceptual original de la ingeniería sanitaria que, desde sus raíces en la Revolución Industrial, ha sufrido modificaciones y poder diseñar un modelo cuantitativo para nuestro país donde se pudiesen predecir los niveles de mortalidad infantil y preescolar bajo diferentes condiciones, simuladas por los valores asignados a las variables socioeconómicas.

Puede decirse que este trabajo cumple con varios objetivos: primeramente, exponer de manera histórica los avances más significativos en el estudio del sector del agua y el estado actual de ese conocimiento. En segundo lugar, aplicar el marco conceptual desarrollado por Robert N. Grosse al caso de México, especialmente la factibilidad de observar la teoría del Umbral - Saturación. En tercer lugar, pretendemos enfatizar el aprovechamiento de la información censal y las estadísticas vitales cuando se procede con objetivos bien definidos puesto que, en ocasiones, se desdeña información de ésta naturaleza en la investigación epidemiológica.

Por último, se propone un modelo de regresión múltiple como resultado de ésta investigación para predicción de niveles de salud y cuya utilidad podría ser canalizada al área de Programación y Presupuestación de Políticas de Salud Pública.

De ésta manera, la tesis ha sido organizada en 8 capítulos que comprenden 3 grandes apartados. El primero de ellos abarca tres capítulos en los cuales se trata de elaborar las relaciones entre el fenómeno mortalidad y saneamiento [2]. Es así como en el Capítulo I se describe la naturaleza del problema a través de una revisión histórica del marco conceptual de la ingeniería

---

[2] En adelante, y a lo largo de todo éste trabajo, el concepto de saneamiento debe comprenderse como la disponibilidad de un abastecimiento de agua potable y de desague de las aguas negras.

sanitaria en los países industrializados y los cambios en su concepción al paso de los años. También, se especifican las enfermedades que se transmiten a través del agua vía contaminación de la misma o de los alimentos. Este conocimiento, que ha evolucionado con el tiempo nos remite desde sus pioneros hasta la Clasificación Internacional de Enfermedades.

Toda vez de haber dado cuenta de la relación entre las condiciones sanitarias de una región y sus niveles de mortalidad en la población más expuesta (menores de cinco años) se demuestra, en el Capítulo I como los países en desarrollo presentan situaciones más críticas ya que a sus bajos niveles de saneamiento corresponden altos niveles de mortalidad y, también de morbilidad a causa de las enfermedades que nos interesan.

El Capítulo II se encarga de otra revisión histórica, sólo que ésta vez se buscan los antecedentes de la medición del impacto epidemiológico que se derivaba de la introducción o mejora de las obras sanitarias. Encontramos desde simples proporciones hasta sofisticados modelos matemáticos que tratan de explicar el fenómeno. El Capítulo III se ocupa del marco teórico del papel del saneamiento en modelos más amplios diseñados por algunos investigadores del área de la epidemiología.

Para entrar en materia de diseño del modelo, el siguiente apartado tiene como meta explicar los componentes que intervienen en el desenlace de los eventos mortales de una población; así, nos remitimos al estudio de la Teoría del Umbral-Saturación para que identificáramos la información necesaria para su construcción (Capítulo IV). En este aspecto, encontramos que los censos podían proporcionarnos suficiente información para la unidad de análisis (entidad federativa) y de buena calidad, con una cobertura de viviendas del orden del orden del 95%.

Con la posibilidad de construir índices de Saneamiento se logró tener un panorama claro de la distribución del servicio en nuestro país y una regionalización de las características de la relación mortalidad-saneamiento. También, se incorporan nuevos indicadores al caso (Capítulo V). En cuanto a las defunciones por grupos de edad y por causa, recurrimos a las estadísticas vitales de la Dirección General de Estadística. Recordando que ésta última información presenta las tradicionales omisiones de los grupos de edad objeto de nuestro estudio (0 - y 1 - 4), fue necesario ajustar la información y así tener una mayor confiabilidad en el valor de las tasas de mortalidad. (Capítulo VI).

Finalmente, se realiza una discusión teórica respecto de las variables que mayor interacción tienen con la disponibilidad de

agua potable y drenaje al momento de ejercer un efecto contaminante y transmisor de vectores patógenos. Al establecer que la higiene, los hábitos y el conocimiento del manejo y preparación de los alimentos nos remitían a un patrón de cultura, elegimos una variable de tipo educacional para incorporarla al modelo. (Capítulo VII).

El último apartado describe en sí la construcción del modelo resultante. En el Capítulo VII se indica la manera en que se trataron las variables, cómo se integraron los programas de regresión simple y múltiple así como los resultados encontrados. Se hace una interpretación de las ecuaciones estructurales obtenidas y de los parámetros estadísticos correspondientes.

Para concluir, en el Capítulo VIII se prueba el modelo matemático, se discute su posible aplicación e importancia, se reconocen las limitaciones y se sugieren futuros cambios que redunden en un mejor diseño del mismo.

En el anexo se informa de algunas metodologías que sirvieron de insumo a la preparación de los indicadores de distribución de saneamiento. También se ejemplifica la forma en que se captó la información censal y estadísticas vitales, su depuración y ajustes por entidad federativa. Por razones de espacio no fue posible incluir la captación de información de las 32 entidades federativas pero se pone a disposición de quien la requiera a través del autor.

## CAPITULO I

La Naturaleza del Problema.- Las enfermedades infecciosas gastrointestinales han sido azote de la humanidad desde épocas remotas. Aún ahora, la morbilidad y la mortalidad debida a enfermedades diarréicas agudas representan el mayor problema de salud pública en algunos países en desarrollo. En niños menores de cinco años, se ha estimado que en Africa, Asia y América Latina, se presentan de 750 millones a un billón de episodios de diarreas y 3.9 millones de defunciones en esas regiones. (La magnitud del Problema Global de enfermedades diarréicas: Una revisión de datos de Vigilancia Activa. Documentos de la OPS, 1981, sin publicar).

En México, ocupan el segundo lugar de causa de muerte en los niños menores de cinco años. Los agentes que pueden producir diarrea aguda pueden ser transmitidos por los alimentos, el agua y de persona a persona por la ruta fecal-oral. Se considera una importante y cualitativa relación de las obras de drenaje y abastecimiento de agua potable con el nivel de las tasas de morbilidad y mortalidad de las enfermedades infecciosas intestinales, de ahí que los esfuerzos por medir o evaluar el impacto de esa relación, se remitan a la calidad de la información y a planteamientos teóricos adecuados. A pesar de la incertidumbre al respecto, el suministro de agua potable ha sido reconocido como una parte integrante de la atención

primaria de la Salud (UNICEF/OPS, Estudio conjunto sobre los componentes del agua potable y saneamiento para la atención primaria a la salud, Ginebra, Suiza 1979) y la OPS desarrolla un programa para el control de enfermedades diarreicas.

A través de diversos estudios, los cuales presentan una clasificación acorde al criterio de la OPS, se especifican tres grandes áreas en la investigación del llamado sector del agua. Los objetivos de los estudios en que se clasifica el sector del agua son, según Hughes (James H. Hughes, "Impactos potenciales de las mejoras en los abastecimientos de agua y disposición de excretas sobre la morbilidad de las enfermedades diarreicas: una estimación basada en la revisión de estudios publicados". OPS, Noviembre de 1980 -borrador-) como se resume a continuación:

- A) De acuerdo a los parámetros de agua potable y disposición de excretas, en estudios de disponibilidad y de accesibilidad.
- B) Estudios de Intervención (con control de población) y de no intervención (con base de datos indirectos)

Cuarenta y tres estudios han sido desarrollados (hasta 1981) por la OPS, de los cuales 31 son de no intervención y 12 de intervención, la mayoría de ellos en América del Norte y del Centro (15), Asia (13), Africa (12) y Europa (1) Caribe (1), encontrando alta significancia estadística en la mayoría de ellos para la relación morbilidad (o mortalidad) - saneamiento. Sin embargo, persiste la duda acerca del peso específico que

tiene el saneamiento en la reducción de la morbilidad en las poblaciones en que se intervino, ya que otras variables pudieron haber gravitado conjuntamente. El hecho de que los estudios fueron conducidos en áreas con diferencias ecológicas grandes y características culturales disímolas, evitan la comparación. Además, los diseños y metodologías fueron distintas en la aplicación del respaldo educativo a los programas sanitarios, las clases sociales, las prácticas de rehidratación oral, el estado nutricional, la dieta, acceso a la atención médica y, sobre todo, a las diferentes fuentes de abastecimiento adoptadas y a la calidad de los registros informativos.

A pesar de todo, se demuestra la utilidad de mejorar los servicios sanitarios en cualquier latitud al obtener reducciones de, al menos 20% en morbilidad y que el complemento en beneficio para la salud puede alcanzarse con programas integrales de saneamiento y educación. En virtud de la escasez de estudios de este tipo en nuestro país y atendiendo a la sugerencia de la OPS de estudiar los componentes críticos asociados al fenómeno del Saneamiento, se pensó en la necesidad de diseñar un modelo teórico en base a una metodología propia, cuyo desarrollo se presenta en este trabajo.

Definición de Saneamiento: Comúnmente, se acepta que el saneamiento se refiere a la dotación de condiciones de salubridad a los terrenos, espacios o edificios desprovistos de

ellas, es decir, nos encontramos frente a un concepto muy extenso, pues las exigencias actuales del medio urbano son muy amplias.

Se establece que un adecuado saneamiento implica medidas de recolección de basura, alcantarillado, suministro de agua potable, limpieza de la atmósfera, etc. Otras veces, el concepto se identifica con la ausencia de contaminación química, física y biológica del medio ambiente y, en ocasiones, no se especifica en la literatura sanitaria si se están refiriendo al abastecimiento de agua potable, al drenaje o a ambas. Para precisar, en este trabajo nos referimos al saneamiento como el grado de disponibilidad de los dos servicios: el agua potable y la disposición de excretas, sin diferenciar la calidad o la fuente de aprovisionamiento (público o privado) de ellos.

## CONSIDERACIONES TEORICAS DEL FENOMENO MORTALIDAD-SANEAMIENTO

### La Ingenieria Sanitaria en los paises industrializados.

En una amplia revisión Briscoe (1984) describe las características históricas del fenómeno saneamiento y establece el marco de referencia sobre el cual debe abordarse el estudio de la contaminación del agua y sus efectos en el hombre. De esta manera, recordamos que la historia moderna de la Ingenieria Sanitaria, comienza a la par de la Revolución Industrial y, en particular, con tres facetas de esa Revolución [1]. Primeramente, los asentamientos humanos de tamaño y concentración imprecedented fueron creados en un corto espacio de tiempo, tal es el caso de las zonas urbanas de Londres, Berlin, Paris, Praga, etc. [2].

En segundo lugar, un dogma central de la Revolución Industrial se referia a que los problemas prácticos debian ser resueltos a través del desarrollo y la aplicación de principios científicos y, finalmente, la ola de intranquilidad que barrió a Europa los últimos años de 1840 y que culminó con las Revoluciones de 1848 (Francia y Alemania) que heredaron el consenso de las condiciones sociales y económicas de la clase trabajadora [3].

---

[1] John Briscoe, "Technology and Child Survival: The example of Sanitary Engineering. pp. 237-252 de la Recopilación de Lincon & Chen," Child Survival: Strategies for Research, U.S.A. 1984.

[2] En Londres, por ejemplo, la densidad demográfica creció en un 75% solamente entre 1837 y 1858.

[3] Briscoe op. cit. p. 238.

De estos 3 actores, la moderna Ingeniería Sanitaria debía encarar nuevos desafíos bajo la óptica de las ciencias sociales, así como de las ciencias naturales.

Algunos reformadores sociales de mediados del siglo XIX como Engels (1845) y Chadwick (1842) enfatizaban ya el papel crítico de las condiciones ambientales al ligar, por un lado, la relación entre factores económicos y sociales y, por otro, la morbilidad y la mortalidad.

Por su parte, la epidemiología prosperaba a través del desarrollo de la "Teoría del Germen" de Pasteur, Koch y otros que, analizando datos sobre cólera en Londres (Snow, 1854) y sobre tifoidea en el Valle del Elba (Koch, 1894), lograban encontrar la liga biológica entre agua, saneamiento y salud. Así, el marco conceptual de la Ingeniería Sanitaria fue originalmente, (ecléctico) holístico, es decir, tomaba en cuenta los antecedentes económicos y sociales de las condiciones ambientales, las facilidades de diseño para sortear los problemas de ingeniería y consideraba los mecanismos biológicos que derivaban en cierta exposición a enfermarse.

Guiados por ese marco conceptual, los ingenieros sanitarios emprendieron primeramente el desarrollo y aprobación de tecnologías para reducir el número de bacterias del agua potable. Mientras que los filtros de arena habían sido usados

durante siglos para mejorar la calidad estética del agua, el papel de la filtración para mejorar la calidad bacteriológica de la misma no había sido reconocida. En realidad, a la gente le preocupaba que el agua estuviese turbia, sin embargo, no imaginaban la composición microbiológica, molecular y química que pudiera contener un cierto volumen de agua y que, como ya señalamos, hasta mediados del siglo XIX se acelerarían los avances de la microbiología.

Cuando se experimentó con respecto a la calidad del agua, contando ya con equipo y material adecuado, se observó que los antiguos filtros de arena eran capaces de reducir de una a dos veces el volumen de bacterias de la fuente original de agua. Posteriormente, nuevos diseños de filtros y procesos de coagulación química (patentado en 1884) resolverían el problema de las aguas muy turbias, tal como fue demostrado en Louisville, Kentucky.

Es a principios del siglo XX cuando se tienen los avances más significativos en el tratamiento de las aguas a distribuirse en las poblaciones norteamericanas y europeas debido a la introducción de la cloración (o clorinación) en 1908. Durante la primera Guerra Mundial, su empleo fue de vital importancia, puesto que algunas ciudades que quedaban sitiadas por tropas

enemigas, como el caso de Verdún, podían subsistir con sus fuentes de abastecimiento, generalmente pozos, desinfectadas.[4] A estas alturas del desarrollo del estudio microbacteriano, fue postulado el teorema de Mills-Reinke (1910), el cual sostenía que, "por cada muerte de tifoidea por origen hídrico, había otras varias defunciones en las cuales el agente causativo había sido transmitido por agua" (Sedgervick y Mac Nutt, 1910).

En 1914, se publicaban los primeros estándares de calidad del agua y en ellos se reflejaba el alcance de esos pioneros para subrayar la importancia de los factores económicos, ingenieriles y epidemiológicos. Con este principio se desarrollaron rápidamente técnicas de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección del agua. Sin embargo, el elevado ritmo del progreso tecnológico y la gran demanda de este servicio en el marco de un crecimiento demográfico constante, pronto traería consecuencias, en el caso que nos ocupa; así, el marco conceptual inicial fue rebazado y modificado en dos distintas maneras: Primero, el estudio de la relación entre agua y enfermedades infecciosas no perduró en el interés de los ingenieros de diseño y, en segundo lugar, la hazaña de eliminar completamente a las bacterias del agua, llegó a ser insatisfactoria. Así, de su original marco conceptual, el objeto del saneamiento se vió reducido a un estrecho problema

---

[4] García D., Marco "La Cloración en los Sistemas de Agua Potable. Importancia, Dosificación y Equipo". Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. México, D.F., 1980.

técnico de dimensiones distintas según las características de los profesionales involucrados [5] (ingenieros, biólogos, químicos, economistas, etc.).

Como se observa, el periodo preliminar a la Primera Guerra Mundial fue responsable de un progreso muy creativo y en los siguientes años, ha habido grandes pasos, pero pocos intentos por volver al marco conceptual original, en palabras de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica (1977), "muchos refinamientos en las técnicas de ingeniería sanitaria pero ningún cambio básico en los conceptos de purificación del agua y de las aguas negras". Ejemplos de estas actitudes se aprecian en los programas de rehidratación oral (Feachem, 1985) que resuelven problemas de morbilidad a corto plazo -como veremos más adelante- y en la asignación de cantidad de agua a ser suministrada y la tarifa por cobrar sin una evaluación previa de los efectos deseados desde el punto de vista de la epidemiología.

El desarrollo de las sociedades industrializadas derivó en un diseño convencional de los sistemas de suministro de agua potable, como resume Briscoe en su análisis: "la cantidad, o flujo de diseño, requerido por una población se determina por la simple multiplicación de la población a ser servida por un

---

5/ Briscoe, Op. Cit. pág. 239.

requerimiento promedio per capita (demanda en litros por habitante por día) [6] tomando en cuenta el flujo máximo en horas 'pico' que exceden el promedio de agua requerido" [7].

Una vez que la capacidad del sistema ha sido especificado, el ingeniero es libre de detallar su atención en los aspectos hidrológicos y de diseño hidráulico de los embalses, pozos, tuberías, válvulas y demás componentes del sistema de abastecimiento de agua potable para, finalmente, evaluar las tarifas, las cuales son inelásticas respecto a la cantidad de agua demandada. Es decir, la demanda de agua para uso doméstico en los países industrializados cambia muy poco al variar el precio de la misma. Como se observa, al marginar la evaluación del impacto epidemiológico de este tipo de análisis, se puede caer en desperdicio de recursos o de una asignación desigual, primeramente porque la cantidad de agua por habitante puede ser menor a la de diseño y, en segundo lugar, porque los beneficios en salud pública, después del límite de saturación, son poco rentables.

Por haber sido la revolución sanitaria de carácter tanto científico como social, la tarea técnica fue cada vez más

---

[6] En nuestro país, la asignación varía según la climatología regional, cobrando valores de 100, 150 y 175 litros por habitante por día según sea frío, templado o tropical el clima, respectivamente.

[7] Briscoe, Op. Cit. p. 240.

compleja, y además necesitada de mantener bajas tarifas en los usuarios de los países industrializados, se multiplicaron las labores de producción, desinfección y distribución.

Los desarrollos en materia de drenaje fueron sincrónicos y también se llegó a la deformación de un marco conceptual original, derivando en metas parciales -reducir la Demanda Bioquímica de oxígeno (D B O) del agua negra tratada- sin concebir diversos usos a tales aguas ni medir sus efectos en la salud pública ahí, donde la cobertura era insuficiente. A pesar de ello, los avances en la Ingeniería han sido enormes, en el cuadro I se presenta una sinópsis de los logros más importantes:

CUADRO I

CUADRO SINOPTICO DE LA HISTORIA Y DESARROLLO DE LOS AVANCES  
CIENTIFICOS EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE

AÑO	LUGAR	ACONTECIMIENTO
1789	FRANCIA	Berthollet descubre las propiedades decolorantes del hipoclorito de potasio.
1810	LONDRES	Hümprey Davy aísla el cloro.
1887	EE. UU.	Albert Leeds patenta un tratamiento electrolítico del agua, con el objeto de desinfectar un suministro de agua.
1896	KENTUCKY	William Jewell aplica gas cloro en un abastecimiento local.
1902	BELGICA	Duyk inventa el ferro-chlor, que filtrado por arena al agua, descubre el efecto de la coagulación de las bacterias.
1908	JERSEY CITY	Johnson aplica una solución de hipoclorito y desinfecta el agua contaminada por los corrales de ganado de chicago y demuestra que no es nociva a la salud pública.
1912	NIAGARA FALLS	Se emplean equipos de cloración en las cataratas para tratamiento del agua.
1913	NUEVA YORK	Se fabrica equipo comercial para la aplicación del cloro gaseoso a los abastecimientos de agua.
1914	VERDUN	Debido al sitio alemán, se efectúa la cloración en la ciudad con gran éxito.
1918	EE. UU.	La técnica de la Ortotolidina permite determinar el cloro residual. Mejora la dosificación y se estudia el cloro líquido.
1920	EE. UU.	Se generaliza el empleo de la cloración.
1950	EE. UU.	Plantas de tratamiento de Cloración, Fluorización y Reuso del agua a gran escala.
1970	EE. UU.	Automatización de las dosificaciones químicas en los abastecimientos.

## La Ingeniería Sanitaria en países subdesarrollados.

Para el Decenio Internacional del agua (1980-1990) adquiere mayor importancia, lograr elevar la cobertura de los servicios de saneamiento a este tipo de países, por su relativo atraso en este aspecto a los países industrializados y por las consecuencias que éste sub-desarrollo ha tenido en términos de Salud Pública.

Es necesario enfatizar algunos puntos que agravan la situación de los países en desarrollo: primeramente, su situación geográfica y climatológica que, en general tropical, favorece la proliferación de agentes patógenos transmisibles por el agua, o en el caso contrario, los países industrializados se ubican en regiones más frías y menos favorables al desarrollo microbiano. (Feachem, 1981). En segundo lugar, el adiestramiento de los Ingenieros Sanitarios ha sido herencia del marco conceptual deformado de su enfoque original por los cambios descritos en el punto anterior, con la agravante de que han enfrentado una creciente demanda demográfica en un espacio de tiempo menor.

- El financiamiento y la mayor distribución en áreas rurales que urbanas en los países del tercer mundo plantean el mayor desafío de estos países pues, en contraparte, disponen de más y mejores fuentes de abastecimiento de agua que los países industrializados. La Organización Mundial de la Salud, estima

que el 23% de la población urbana y el 78% de la población rural del Tercer Mundo no tienen acceso a suministros de agua de calidad adecuada, dentro de un área fácil de llegar caminando mientras que la menor parte dispone del servicio en su vivienda (Mc. Junkin, 1983).

Bradley (1968), científico biomédico estudió la relación entre las obras de saneamiento en un medio rural y además, clasificó las enfermedades relacionadas con el agua, convirtiéndose en pionero de la identificación de las enfermedades que por vía hídrica, afectan al ser humano. Sin embargo, Bradley no logró explicar o profundizar en aspectos más particulares como el inducir a las personas de la región a cambiar la costumbre de bañarse en los arroyos plagados de esquistosomiasis, o como puede variar la cantidad de agua empleada domésticamente a medida que se incrementa la distancia a la fuente de abastecimiento (pozo o no), cuáles son los efectos en la salud, dadas las mejoras, ya fuera en cantidad o en calidad del agua y qué medida era más rentable.

El trabajo de Bradley es importante en la medida que reforzó la creencia de que en los países subdesarrollados, las decisiones económicas y de Ingeniería relativas al abastecimiento de agua potable y los aspectos de Salud debían ser considerados conjuntamente. El espíritu de este trabajo consiste entonces en retomar la original esencia de la Ingeniería Sanitaria para

incorporar además, el elemento demográfico en un modelo que contemple las necesidades de salud pública de nuestro país respecto a las enfermedades que encuentran en el agua, un medio transmisor.

La Ingeniería Sanitaria en América Latina: El proceso de saneamiento debe ir a un ritmo igual o mayor que el proceso de urbanización, de ahí que los países latinoamericanos y del Caribe afronten actualmente fuertes problemas en su capacidad de suministro de agua potable a la población como de disposición final de aguas residuales. Evidentemente, el desfazamiento entre tales procesos genera diversos problemas de salud y contaminación. En América Latina, las ciudades están absorbiendo la mayor parte de la explosión demográfica dada la alta migración del campo a la ciudad y es así como en la actualidad (1983) el 46% de los habitantes de la región, viven en ciudades mayores a 100,000 gentes; veamos la distribución:

#### CUADRO II

##### DISTRIBUCION DE LA POBLACION DE LOS PRINCIPALES CENTROS URBANOS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE, ALREDEDOR DE 1983

Población Mayor de:	Número de Centros	Población Total (millones)
100 000	286	167.6
500 000	58	114.9
1 000 000	28	93.7
3 000 000	8	60.8

FUENTE: Naciones Unidas. World Demographic Yearbook 1980 (2): Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) OPS, Lima, Perú.

Además, existen más de 1,500 localidades en la región en las cuales habitan entre 20,000 (o menos) y 90,000 personas que constituyen el mundo rural Latinoamericano.

Se calcula que cerca del 43% de la población urbana, tiene acceso a sistemas de alcantarillado, sin embargo, en el 90% de los casos no reciben ningún tratamiento ni reutilización, por lo cual constituyen una fuente de contaminación, además que en el medio rural el drenaje se remite al mismo suelo. La deficiente disposición de excretas y la escasez de suministros con tratamiento previo de agua potable en la vivienda generan un círculo vicioso, donde el agua finalmente destinada a uso doméstico carece de los mínimos de potabilidad [8]. Su consumo, en la parte de alimentación, obliga a hervirla con fines preventivos o, preferiblemente, del uso de filtros con arena y carbón activado.

En este momento, debemos reflexionar y considerar que el efecto para la salud pública de mayor importancia es que se encuentran presentes una tremenda variedad y número de microorganismos patógenos, o que una gran parte de ellos presentan mayor virulencia y persistencia en los trópicos -en Haití, por ejemplo, en los meses de mayor calor se producen la mitad de las

---

[8] Las cifras mínimas estándar para considerar una muestra de agua como potable, desde el punto de vista bacteriológico son: No más de 20 col/ml en la cuenta estandar y no más de 20 organismos coliformes por litro.

defunciones por diarreas y parasitosis-, y que las velocidades medias de los procesos bioquímicos tienden a ser casi el doble de lo que son en las zonas templadas. Por lo tanto, la magnitud del problema mortalidad-saneamiento varía en el Continente de muchos factores. Ya citamos el caso de Haití y en contraparte, el clima del altiplano andino, donde las zonas pobladas alcanzan altitudes superiores a los 4,000 metros sobre el nivel del mar y el frío es intenso, desalienta la velocidad de los procesos bioquímicos que contaminan el agua y el suelo. Además, debemos considerar la distribución de la población, la ubicación de localidad -la costa, la meseta y la montaña requieren diferentes maneras de eliminar las aguas residuales y de abastecimientos de origen hidráulico diverso- las tierras cultivables y los recursos hidráulicos, todos estos factores determinan o explican la calidad del agua de las regiones latinoamericanas.

Otros aspectos que habrá que prever a corto plazo en aquellas cuencas más desarrolladas de la región, son las siguientes:

- El crecimiento social generado or altos índices de migración.
- La eliminación poco adecuada de las aguas residuales domésticas y basura que producen más organismos patógenos microbiológicos en el agua.

- La contaminación con productos químicos y petroquímicos de los afluentes industriales concentrados. [9].
- La reutilización de aguas residuales no tratadas para la irrigación de zonas áridas y semiáridas que generan enfermedades endémicas transmitidas por el agua. [10].
- La Eutrofización de las fuentes de abastecimiento de agua, en general, las presas tropicales. (Desarrollo excesivo de una especie vegetal sobre otras consecuencias del uso intensivo de fertilizantes ----> desequilibrio ecológico).
- La mayor utilización de fertilizantes y biocidas en la

---

[9] En 1962, en la ciudad de Torreón, 217 personas, dos terceras partes de los habitantes de las colonias Miguel Alemán y Eduardo Guerra, presentaron síntomas de una enfermedad general de gravedad variable. Incluso hubo defunciones por la intoxicación provocada por el agua supuestamente potable, que contenía arsénico, proveniente al parecer de una compañía metalúrgica situada en las inmediaciones. El problema del arsenicismo en La Laguna tiene una amplitud considerable y participan en él fuentes contaminantes naturales que afectan grandes extensiones de mantos acuíferos.

[10] En muchas zonas áridas y semiáridas de América Latina es común la reutilización en gran escala de las aguas de alcantarillado, procedentes de usos domésticos, en la irrigación. Muy a menudo dicha reutilización se efectúa sin contar con controles sanitarios eficaces. Esta práctica puede entrañar considerables riesgos para la salud de los trabajadores agrícolas y de la población que consume los productos agrícolas producidos en esas zonas. Con estos proyectos suelen asociarse altos índices de enteritis. Otras enfermedades diarreicas, fiebre tifoidea y hepatitis; algunos ejemplos de reutilización en gran escala de aguas residuales es el Distrito de Riego de México, cercano a la ciudad de México, que consta de 41,500 hectáreas, se irriga con aguas residuales no tratadas o mixtas. Otros distritos de irrigación cercanos a la ciudad también utilizan aguas residuales no tratadas. Se ha encontrado que las hortalizas comestibles procedentes de estos lugares de reutilización, están contaminadas con coliformes fecales.

agricultura.

El creciente y constante incremento de los costos de producción de los insumos de la tecnología sanitaria, en un contexto de recursos limitados de inversión y prioridades en conflicto [11]

Como alternativas a estas circunstancias, se promueve en América Latina la construcción de letrinas de fosa seca ventiladas de manera comunitaria en aquellos lugares donde las alcantarillas no son factibles por motivos técnicos (la topografía local) y económicos como en Guayaquil y la Península Yucateca.

También, se promueven el diseño mejorado de inodoros con descarga manual (utiliza sólo 3 litros de agua para limpiarse) y cuya eficacia se prueba en Brasil. Instalación de servicios sanitarios comunales, incluyendo moduras, duchas, e instalación

---

[11] Las estimaciones de 1980 respecto al costo mundial de alcanzar las metas del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Básico, arrojaron una cifra de alrededor de US \$30 000 millones por año (aproximadamente 5 000 millones para América Latina y el Caribe). Sin embargo, incluso en 1978 las inversiones realizadas solo llegaron a 7 000 millones (1 500 millones en América Latina y el Caribe). En otras palabras, para alcanzar las metas del Decenio, sería necesario movilizar muchas veces los recursos financieros gastados en años recientes. En este sentido, el historial de los tres primeros años del Decenio no resulta nada prometedor. Por ejemplo, los préstamos del Banco Mundial para el sector de abastecimiento de agua y alcantarillado, disminuyeron de 572 millones en 1977 a sólo 441 millones en 1982, y América Latina y el Caribe fueron una de las regiones más afectadas (11). Con todo, hay recientes indicios de un cambio de posición por parte del Banco Mundial en su política de préstamos al sector.

para el lavado de ropa. Estas y otras iniciativas se deben adecuar a las condiciones climatológicas y económicas de la región para su mejor aprovechamiento.

### Los mecanismos de transmisión de las enfermedades de origen hídrico.

Cuando una persona consume un vaso de agua o alimentos preparados y lavados con agua, ha finalizado un proceso que comenzó con la extracción de un volumen del vital líquido de su fuente de abastecimiento, pudiendo ser un pozo profundo, un río, manantial, galería subterránea o un lago.

Posteriormente, ese volumen fue conducido -por bombeo o gravedad- a tanques de almacenamiento para su regulación y desinfección; en ocasiones, existe un tratamiento previo en plantas potabilizadoras para finalmente ser distribuida a la población en sus viviendas, tomas comunitarias en el edificio o fuera de él. Esta agua debe cumplir con los requerimientos de calidad que norma la S.S.A. [12], sin embargo, el manejo de ella y la presencia de la contaminación ambiental, puede derivar en el transporte de bacterias patógenas a través del aire a el agua por consumir. Es típico el ejemplo del comercio ambulante en zonas no pavimentadas y que la tierra es llevada a los alimentos

---

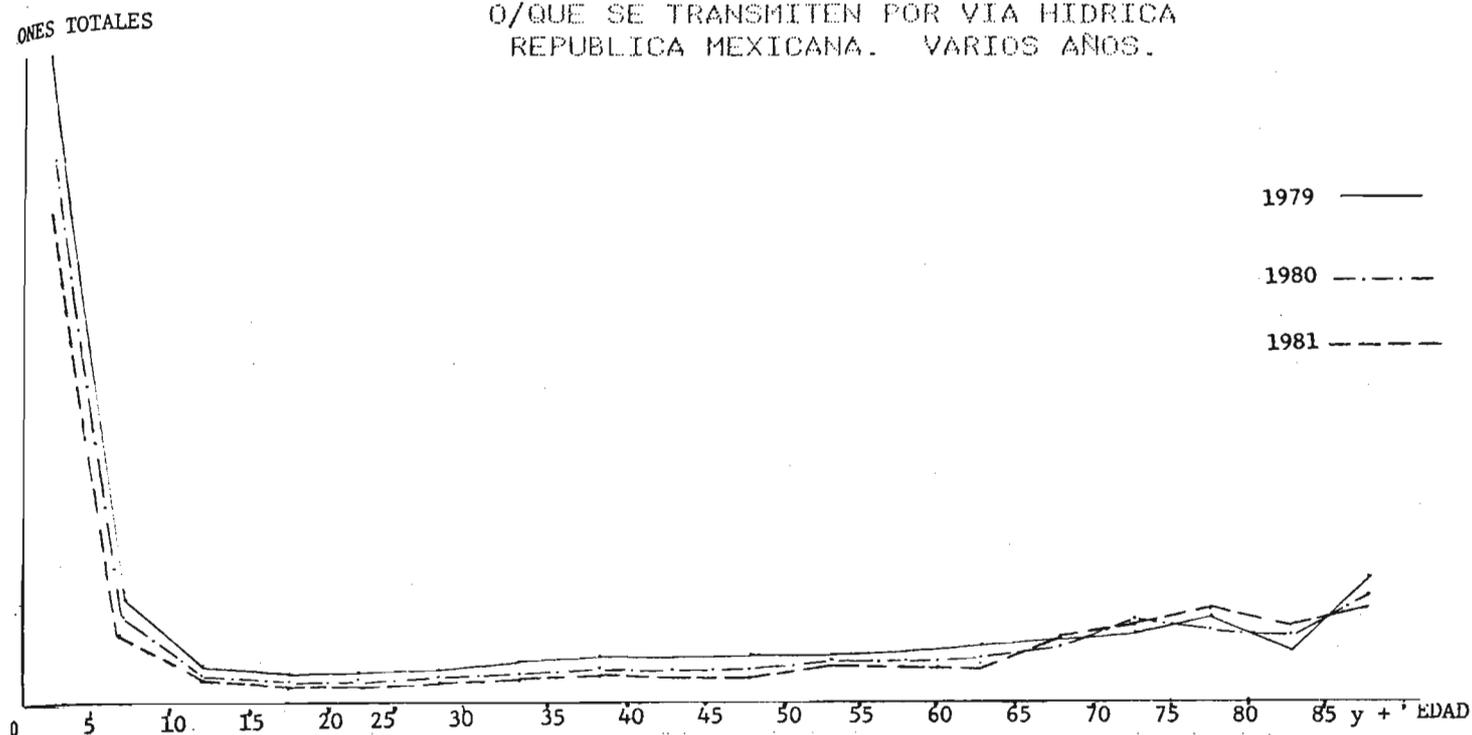
[12] En el anexo se especifican los índices aceptables de los componentes del agua. Nos interesa ahora el tipo de contaminación biológica y que constituye la potabilidad en sí misma.

y depósitos de agua, además, existe la posibilidad de que las legumbres y frutas hayan sido regadas con agua no potable, que el servicio sea provisto de manera poco higiénica al no tener las manos limpias el comerciante, la presencia de animales y heces fecales cercanas a los puestos, en fin, que los mecanismos de transmisión suelen ser múltiples y toda vez en el cuerpo humano comenzar sus efectos.

A pesar de todo, los adultos ofrecen mayor resistencia a este tipo de agentes que los niños y los ancianos; se piensa que los niños entre 1 y 4 años cumplidos, están más expuestos a estos contaminantes por su propio desconocimiento del riesgo de ingerir agua contaminada. Igualmente, los menores de un año dependen del cuidado de la madre principalmente, y de los adultos con los que comparte la vivienda, sobre todo cuando deja de ser lactante. Así, el menor comienza a tener mayor contacto con el agua a través de biberones y alimentos preparados que lo exponen a contraer enfermedades de tipo gastrointestinal.

La mayor vulnerabilidad de estos grupos de edad (0 y 1-4) al medio ambiente adverso se refleja claramente en la distribución de las defunciones por grupos de edad. En la gráfica se muestra el comportamiento de un patrón típico de mortalidad por infecciones y gastrointestinales en México (1979-1981)

NIVELES DE MORTALIDAD DEBIDOS AL GRUPO DE ENFERMEDADES  
O/QUE SE TRANSMITEN POR VIA HIDRICA  
REPUBLICA MEXICANA. VARIOS AÑOS.



FUENTE: Estimaciones propias (1979-1980 y 1981).

Como se puede apreciar, un 45% de las defunciones de origen hidrico, ocurre en los primeros cinco años de vida, además, en ese grupo de edad la cuarta parte de las defunciones totales se deben al grupo de causas 01 [13]. Conviene recordar que el comportamiento típico de las defunciones por causas infecciosas intestinales se ha conservado constante a través del tiempo, sin

[13] Según la Clasificación Internacional de enfermedades, el grupo de causas de muerte 01 se refiere a las siguientes enfermedades: la fiebre tifoidea, la shigelosis, la amibiasis, el cólera (ya erradicada en el país), las diarreas e infecciones intestinales más definidas. (010-016). (Se excluyen las enfermedades infecciosas transmitidas por el aire).  
Para construir la gráfica se diseñó un tabulador que, a manera de ejemplo, se muestra en el anexo para todas las entidades federativas del país y para 3 años consecutivos.

embargo, ha cambiado en cuanto a sus niveles. Es así como para 1950, las tasas de mortalidad de estas enfermedades oscilaban en México entre 300 y 310 mientras que para 1970 y 1980 descendieron hasta 150 y 50 respectivamente [14]. (Cifras por 100,000 habitantes).

El mismo patrón fue observado para Haití (1976) aunque con niveles mayores de las tasas de mortalidad. Se piensa que en otros países de la región (América Latina y el Caribe) la distribución de defunciones por grupos de edad sea similar.

Contrariamente y, como expusimos anteriormente, los países industrializados, dadas sus características climatológicas y económicas, casi han erradicado este tipo de mortalidad en los menores de cinco años.

Como veremos más adelante en este trabajo, en nuestro país se observaron las mayores tasas de incidencia de estas enfermedades en los niños, entre 1 y 4 años cumplidos a pesar de que la letalidad es mayor en los menores de 1 año. No dispusimos de mediciones de morbilidad en esos grupos de edad, sin embargo, se acepta como una buena medida indirecta de la presencia de estas enfermedades a las tasas de mortalidad [15].

---

[15] Debido a que el episodio que deriva en el fallecimiento del menor, dura un período de tiempo breve, entre una y cuatro semanas.

Estas tasas significan la consecuencia última de la enfermedad y se considera que una serie de factores biológicos, ambientales, económicos y sociales actúan conjuntamente para su desenlace. A la intervención del Saneamiento se orientará el esfuerzo por medir su impacto en la mortalidad infantil y preescolar.

Aunque basta un somero análisis de las causas de muerte en la población nacional para comprender las enfermedades transmisibles agudas por agentes de contaminación biológica (vía hídrica o por aire) contribuyen en más de una cuarta parte frente a la mortalidad general (ver cuadros) [16], se requiere, al igual que el estudio de su comportamiento epidemiológico, el conocimiento de cuáles son los contaminantes y las condiciones o mecanismos directamente responsables de tan trascendente problema de salud [17]. Ahora, la contaminación ofrece diversas variantes y, en consecuencia, métodos de conocerla y políticas de manejo muy diferentes para un país o ciudad subdesarrollados. La evaluación de la contaminación debe partir siempre del análisis de cada situación concreta [18]. Así, la contaminación química de la atmósfera requiere políticas diferentes que la contaminación biológica del suelo, el agua y los alimentos que, en países subdesarrollados, deben tener.

---

[16] Cuadro III y Cuadro IV.

[17] Neri. R. "La contaminación y sus repercusiones en la Salud", en Salud Pública de México. Volumen XX. Época V, No. 3. Mayo-Junio de 1978.

[18] Neri, Op. Cit. Pág. 288.

CUADRO III

PROMEDIO ANUAL DE LAS CINCO PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD  
GENERAL  
Estados Unidos Mexicanos 1971-1975

Causa	Casos	
	Número	Tasa
Gastroenteritis	298,022	530.0
Influenza y neumonías	124,183	220.8
Disenteria, todas formas	68,195	122.6
Parasitosis	42,312	75.2
Paludismo	31,271	55.6
Todas las demás	241,494	429.6
<b>T O T A L</b>	<b>806,197</b>	<b>1,433.8</b>

\* Por 100,000 habitantes.

FUENTE: Dirección General de Bioestadística S.S.A.

CUADRO IV

PROMEDIO ANUAL DE LAS CINCO PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD  
GENERAL  
Estados Unidos Mexicanos 1970-1974.

Causa	Defunciones	
	Número	Tasa
Influenza y neumonías	69,403	127.7
Enteritis y otras enfermedades diarréicas	61,498	114.0
Enfermedades del corazón	37,904	69.8
Ciertas causas de la morbilidad y de la mortalidad perinatales	24,210	44.6
Tumores malignos	19,379	85.7
Todas las demás	249,597	459.2
<b>T O T A L</b>	<b>462,441</b>	<b>851.0</b>

\*Por 100,000 habitantes.

FUENTE: Tabulaciones de defunciones de la Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio. Para 1979, 1980 y 1981, la proporción se mantuvo casi constante.

Se revisará aquí el panorama epidemiológico de nuestro país, derivado de los contaminantes biológicos en agua, suelo y alimentos, dada la importancia de éstas en la Salud Pública del País. Trataremos de situar y comparar este panorama con los que se presentan en otras regiones y países del mundo. Se pretende plantear y proponer medidas de salud pública referentes a la intervención de los efectos que produce en la población la adecuada asignación de Servicios de Saneamiento, a través del estudio del comportamiento de la relación disponibilidad-status de salud, con el objeto de que la aplicación de los recursos existentes puedan ser distribuidos con mayor amplitud y eficacia.

La Contaminación del Agua: La contaminación de las aguas y su grado son, contrariamente a lo que pudiera pensarse, puntos tan controvertidos o más que el de la contaminación del aire. La razón estriba en la apreciación cualitativa, más que cuantitativa que se hace de qué contaminantes merecen atención prioritaria [19], particularmente en las grandes urbes, donde se considera de mayor relevancia la contaminación atmosférica, mientras que en los sectores periféricos o conurbados los problemas de enfermedades infecciosas gastrointestinales son graves o endémicas.

---

[19] Ibid. pág. 289.

El enfoque debe darse atendiendo a las condiciones sanitarias del lugar o región en función de la variación geográfica, tipo de agroindustrias, industrias, disposición de las aguas negras y del grado de desarrollo de los sistemas de saneamiento, apoyados por mediciones adecuadas del volumen de contaminantes en el ambiente.

Los principales riesgos para la salud relacionados con el agua son:

- 1) Los derivados de agentes biológicos que pueden afectar al hombre al ingerir o entrar en contacto con el líquido o en cuanto éste puede ser el asiento de otros agresores biológicos como los vectores, y
- 2) Los resultantes de la presencia de contaminantes químicos y radiactivos derivados de los desechos industriales o de las aguas residuales, siendo éste riesgo más propio de los países desarrollados que de los subdesarrollados.

Igualmente, para México, la atención debe dirigirse actualmente a los contaminantes biológicos, ya que las bacterias, los virus y los parásitos se encuentran en abundancia como consecuencia de la contaminación directa de las fuentes de agua o durante el trayecto del abastecimiento al consumidor [20]. Los

---

[20] Este caso es frecuente cuando la conducción del agua se hace por medio de canales a cielo abierto y cuando el agua se destina a la elaboración de alimentos para su comercialización en la calle.

contaminantes incluyen las excreciones fecales y urinarias del hombre y animales, las aguas negras y efluentes de los alcantarillados y sistemas de recolección y las aguas que a través de la erosión o filtración acarrean gérmenes de suelos contaminados.

La contaminación de los alimentos. Existen alrededor de 50 agentes causantes de contaminación de los alimentos. Según su concentración pueden causar brotes agudos de intoxicación alimentaria o casos esporádicos en la población expuesta [21]. El grado de contaminación varía con las medidas sanitarias aplicadas en la preparación, transporte, almacenamiento y consumo de los alimentos. La temperatura es un factor importante para la proliferación de los contaminantes biológicos en los alimentos, así como los hábitos culturales de la región. Una muestra se encuentra en la manipulación de los alimentos en carnicerías, panaderías, expendios de leche o en el hogar; la costumbre de cortar la carne cruda y la cocida en la misma tabla; el empleo de utensilios de cocina y biberones sucios; el almacenamiento de un mismo lugar de alimentos crudos y elaborados; la falta de aseo personal -en especial de las manos-; etc. (ver cuadro V). Así, el empleo de agua contaminada es una importante fuente de contaminación de los productos alimentarios, ya sea como ingrediente para lavar, enfriar o

---

[21] Neri, Rolando, Op. cit. pág. 292.

conservar los alimentos. El hielo es un buen ejemplo de esto último [22].

CUADRO V

ENFERMEDADES BACTERIANAS TRANSMITIDAS POR AGUA  
CONTAMINADA O ALIMENTOS PREPARADOS CON LA MISMA

ENFERMEDAD	ORGANISMO PATOGENO
Cólera	Vibrio cholerae
Disenteria bacilar	Shigella spp
Fiebre tifoidea	Salmonella typhi
Fiebre paratifoidea	Salmonella paratyphy A, B y C.
Gastroenteritis	Otros tipos de Salmonella, Shigella, Proteus spp. etc.
Diarrea infantil	Tipos enteropatógenos de Escherichia coli
Leptospirosis	Leptospira spp.

Los microorganismos patógenos transmitidos directamente por ingestión o uso del agua, o indirectamente cuando el líquido contamina los alimentos, constituyen una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en los países en desarrollo y, seguramente, la cobertura de los servicios de saneamiento inciden en la magnitud de los niveles de mortalidad. Para ilustrar esta situación, conviene revisar algunas estadísticas a nivel internacional.

[22] Ibid. pág. 292.

CUADRO VI

ACCESO A LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN 91 PAISES EN DESARROLLO SELECCIONADOS  
Diciembre 31 1970

Comisión Panamericana de la Salud Región	Población Urbana con Suministro						Población Rural con Acceso Razonable		Total Urbano y Rural	
	Conexiones en la Vivienda		Tomas Públicas		Total Urbano		MILES	PORCENTAJE	MILES	PORCENTAJE
	MILES	PORCENTAJE	MILES	PORCENTAJE	MILES	PORCENTAJE				
	8 876	29	11 921	39	20 797	68	16 717	11	37 514	21
del Centro y Sur	95 410	60	26 724	17	122 134	76	29 549	24	151 683	54
Subterráneo	38 093	59	16 726	26	54 819	84	31 255	18	86 074	33
Marruecos, Turquía	12 406	50	5 426	22	17 832	73	18 400	44	36 232	55
Asiático	56 391	36	26 798	17	83 189	53	61 095	9	144 284	17
Occidental	25 107	65	3 668	10	28 775	75	16 067	21	44 842	40
	236 283	49	91 263	19	327 546	68	173 083	14	50 629	29

Las definiciones de "rural" y "urbano" son las adaptadas por cada país, de manera que no son uniformes.

OPS "Abastecimiento de agua comunitarios y disposición de aguas negras en países en desarrollo, (finales de 1970)".  
Informe Estadístico. Vol. 26. No. 11, 1973. Pág. 726.

CUADRO VII

POBLACION URBANA EN 61 PAISES EN DESARROLLO SELECCIONADOS, ATENDIDOS POR FACILIDADES DE DRENAJE POR TIPO DE SERVICIO  
DICIEMBRE 31 1970  
( EN MILES )

Comisión Panamericana de la Salud Región	(Sistema Público de Drenaje)					(Sistemas Domésticos)			
	Tratamiento Convencional	Estanques de Oxidación	Sin Tratamiento	Total	Porcentajes del Total de la Población	Pozo, Pozo Privado ó Fosa Séptica	Por Baldes ó Cubetas	Total	Porcentaje de la Población Total
	696	159	347	1 202	11	3 431	953	4 384	40
del Centro y Sur	2 933	1 614	45 699	50 246	34	46 041	20	46 061	31
Subterráneo	1 023	164	751	1 938	8	21 274	300	21 574	86
Marruecos, Turquía	267	20	2 976	3 263	27	1 148	355	1 503	13
Asiático	4 468	500	36 659	41 627	26	31 950	43 220	75 170	48
Occidental	1 341	19	8 633	9 993	26	14 182	6 099	20 281	53
	10 728	2 476	95 065	108 269	27	118 026	50 947	168 973	42

Como ya mencionamos, la población más expuesta al riesgo de fallecer por enfermedades de origen hídrico, es la del grupo de menores de 5 años, de ahí que el siguiente cuadro sea revelador, dada la contribución a la mortalidad que ejercen las enfermedades gastrointestinales.

CUADRO VIII  
INFORMACION SOBRE LA MORTALIDAD INFANTIL EN LAS  
AMERICAS, 1979.

SUBREGION	Indice de mortalidad ( por 1000 niños )		Porcentaje de todas las muertes produci- das en niños	
	Menos de 1 año	1 a 4 años	Menos de 1 año	1 a 4 años
América del Norte	12.9	0.7	2.4	0.4
Caribe	20.5	0.7	10.5	3.0
América Central Continental	50.9	10.4	28.4	15.4
América del Sur Templada	32.5	1.5	11.5	1.9
América del Sur Tropical	36.6	4.2	24.0	10.5

FUENTE: Organización Panamericana de la Salud. Condiciones de Salud en las Américas. 1977-1980 (3).

En reconocimiento de este problema, tanto la Organización Panamericana de Salud, como la Organización Mundial de la Salud, declararon que las metas del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Básico, son condiciones necesarias para alcanzar mejores niveles de Salud en la Región. En consecuencia, el mejoramiento del abastecimiento de agua potable y alcantarillado, se ha convertido en la prioridad más

importante del Programa de Salud Ambiental de la OPS y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) [23]. Una primera aproximación del análisis de los tres cuadros anteriores, nos sugiere la idea de que en aquellas macro-regiones donde las coberturas sanitarias son exiguas, los niveles de mortalidad infantil y preescolar son mayores. (Ver mapa 1).

La premisa "A mayor saneamiento, menor mortalidad", nos indica el camino a seguir el estudio del peso específico de la variable, ya que no actúa por sí sola y la importancia, en el caso de nuestro país, de simular su comportamiento, ofrece amplias posibilidades de una planeación más racional.

Clasificación de las enfermedades transmitidas por el agua. Uno de los avances más importantes por conocer los efectos o impactos del Saneamiento en la sobrevivencia infantil y de los preescolares, ha sido la adecuada identificación de los vectores y enfermedades relacionadas con las deficiencias de los suministros de agua potable y drenaje que permiten la contaminación. Así, las enfermedades relacionadas con las afecciones a la salud humana transmisibles por vía hídrica, son

---

23/ Carl R. Bastone<sup>2</sup> y Henry J. Salas<sup>2</sup>. Nuevos enfoques para la disposición final de aguas residuales en América Latina y el Caribe en: "Saneamiento Ambiental" OPS, Washington D.C. No. Vol. pp. 34-50. Enero de 1985.

MAPA 1.1 Tasas de mortalidad estimadas por países, 1975-1980.



Source: Population Division of the Department of International Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 1984.

MAP NO. 3180.2 REV. 2 UNITED NATIONS  
JANUARY 1984

relativamente amplias y abundantes en las áreas rurales de los países en desarrollo. Su incidencia depende del clima local, geografía, cultura, hábitos sanitarios y facilidades, y, por supuesto, de la cantidad y calidad del agua disponible y de los métodos por deshacerse de las aguas residuales [24].

En su primera Clasificación, Bradley [25] resume y establece cinco grupos con características bien definidas aunque no son necesariamente excluyentes entre sí y si hay alguna incertidumbre entre el lugar que debiera ocupar alguna enfermedad con mayor precisión. Los cinco grupos son los siguientes:

---

[24] Saunders, J. Robert & Warford, Jeremy. "Village Water Supply. Economics and Policy in the Developing World". A. World Bank Research Publication Johns Hopkins University Press. Washington. D.C. U.S.A. 1976.

[25] Bradley J. David, "Infective Disease and Domestic Water Supplies", en Water Supply. ed. G.T. Schamrel, BRAZUP, Research Paper No. 20 Dar es Salaam. 1971.

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON DEFICIENCIAS EN EL ABASTECIMIENTO  
DE AGUA O SANEAMIENTO.

GRUPO	ENFERMEDADES	Ruta de salida del hombre *	Ruta de entrada al hombre *
Enfermedades de origen hídrico	Cólera	H	O
	Tifoidea	H,O	O
	Leptospirosis	U.H	P.O
	Giardiasis	H	O
	Amibiasis	H	O
	Hepatitis infecciosa	H	O
Enfermedades propiciadas por el lavado con agua	Costras	C	C
	Sepsis de la piel	C	C
	Frambesis	C	C
	Lepra	N (?)	?
	Tifo	B	B
	Tracoma	C	C
	Conjuntivitis	C	C
	Desintería bacilar	H	O
	Salmonelosis	H	O
	Diarreas enterovirus	H	O
	Fiebre paratifoidea	H	O
	Ascaries	H	O
	Tricuriasis	H	O
Gusano enterobius	H	O	
Gusano anquilostoa	H	O.P	
Enfermedades por aguas sucias	Esquistosomiasis urinaria	U	P
	Esquistosomiasis rectal	H	P
	Dragonculosis (gusano de Guinea )	C	O
Enfermedades relacionadas con insectos vectores	Fiebre amarilla	B	B mosquito
	Dengue	B	B mosquito
	Fiebre del Nilo Oeste	B	B mosquito
Enfermedades relacionadas con disposiciones fecales.	Encefalitis arbovirus	B	B mosquito
	Filiariasis	B	B mosquito
	Malaria	B	B mosquito
	Oncocercosis	B	B mosca Similium
	Enfermedad del sueño	B	B mosca tsetse
	Clonorquiasis	H	Pescado
	Difilobotriasis	H	Pescado
	Fasciolopsiasis	H	Planta comestible
Paragonimiasis	H.S	Pescado	

H= heces : Oral; U = orina; P = Pericutáneo; C= cutáneo; B= picadura  
N= Nariz.

Una descripción de los 5 grupos nos indica lo siguiente:

1. Enfermedades de origen hídrico: El agua actúa solamente como un vehículo pasivo del agente infeccioso. Todas ellas dependen del deficiente saneamiento.
2. Enfermedades propiciadas por el lavado con agua: la higiene personal pobre, crea condiciones favorables para su extensión. Las infecciones intestinales en este grupo también dependen de la ausencia de desagües de excretas humanas adecuadas.
3. Enfermedades por aguas sucias: Una parte del ciclo de la vida de los agentes infecciosos toma lugar en animales acuáticos y, son además, afectados por la disposición de excretas. Así, se extienden al contacto o ingestión de ellas, a organismos receptores.
4. Enfermedades relacionadas con insectos-vectores relacionados con el agua las infecciones se extienden a través de insectos que se crían en el agua o pican cerca del lugar.
5. Enfermedades relacionadas a disposiciones fecales y poco afectadas por la acción directa del agua: Estas son un extremo de el espectro de enfermedades la mayoría por el contacto con aguas que se introducen al comer pescado sin cocer o en otros organismos acuáticos.

Como se puede suponer, las fuentes de enfermedades son múltiples y los factores físicos y culturales deben ser tomados en cuenta en el manejo del control de enfermedades. Esta clasificación de

Bradley, ha sido perfeccionada a través del tiempo y la gran mayoría de ellas pertenecen al grupo 01 de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE).

Por otro lado, Mc Junkin clasificó las enfermedades transmisibles por vía hídrica más importantes en el Tercer Mundo [26] de acuerdo con el papel desempeñado por el agua en la cadena de transmisión como se indica a continuación:

- enfermedades transmitidas directamente por el agua, por ejemplo, enfermedades diarreicas, entéricas, fiebre tifoidea y hepatitis.
- enfermedades relacionadas con la higiene deficiente, debido a la falta de agua como la shigelosis y la tracoma.
- enfermedades producidas por contacto con el agua por ejemplo, la esquistosomiasis.
- enfermedades en las que el agua favorece al vector como el paludismo y la oncocercosis.

Pocos cambios incorpora respecto a la original clasificación de Bradley, lo importante es que se han identificado los agentes patógenos y las características de su desarrollo.

Para nuestro estudio del caso de México, utilizaremos la Clasificación Internacional de Enfermedades, en su gran apartado

---

[26] Mc Junkin, F.C. "Water and Human Health", Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos de América, Washington, D.C. U.S.A. 1982.

de enfermedades del grupo 01 e identificando a las que nos interesan [27]. Como grupo, las enfermedades entéricas y diarreicas, constituyen uno de los problemas de salud más graves de la región. (Tercer Mundo).

De acuerdo con la información suministrada por la OPS, en 1979, todavía representaban la causa número uno de la mortalidad infantil en muchos países. Se piensa que el hecho de que sólo el 72% de la población urbana y el 15% de la población rural de América Latina cuenten con abastecimiento de agua entubada y de que sólo el 43% de la población urbana y el 2% de la población rural cuenten con servicio de alcantarillado, agraven el panorama de Salud Pública de la Región.

Debido a que el fenómeno mortalidad-saneamiento presenta interesantes controversias y diversos enfoques -como veremos a continuación- nos avocaremos al estudio de los antecedentes históricos y las experiencias de trabajo de varios países, con el objeto de derivar en un estudio de caso que nos permita construir un modelo matemático que represente el comportamiento de la relación.

---

[27] En el anexo se indican estas enfermedades y se ejemplifica la manera en que se captaron las defunciones por causa por entidad federativa para los años de 1979, 1980 y 1981.

La cantidad y calidad del agua potable: La literatura acerca del área del agua, encuentra un punto de discusión respecto de los beneficios en los niveles de salud de las poblaciones del Tercer Mundo en el sentido de la directriz de los esfuerzos por mejorar la cantidad o calidad del suministro de agua potable bajo un marco de recesión y la crisis económica. Esto se debe a que, como se refiere Briscoe [29], la situación de los países industrializados es muy distinta a la realidad de los países en desarrollo. Así, mientras que los primeros pueden considerar la decisión fundamental en términos de Ingeniería (ergo, la capacidad del sistema) independientemente de la decisión económica (el precio que se cargará por el agua) e ignorando las consideraciones de salud, los segundos enfrentan desafíos que varían desde la distancia de los abastecimientos a las comunidades -particularmente en el Africa, donde el acarreo es la regla del medio rural- a los problemas de financiamiento donde sistemas modernos pudieran instalarse.

Por lo tanto, concluye Briscoe, es evidente que en los países subdesarrollados, las decisiones económicas y de ingeniería relativas al suministro de agua deben ser contempladas conjuntamente con los aspectos de salud [30]. Así, el diseño de un suministro rural de agua potable puede adquirir diversos valores, la Organización Mundial de la Salud, recomienda 30

---

[29] Briscoe. Op. Cit. pág. 243.

[30] Idem.

litros por habitante al día como requerimiento mínimo mientras que otros autores sugieren, al menos, 50 litros (Mc. Junkin, 1983). Lo cierto es que la cantidad de agua utilizada para propósitos higiénicos (mínimos) y domésticos, varían considerablemente de una cultura a otra [31].

Se tiene, de estudios de campo en el Africa rural, la sugerencia de que la demanda de agua es inelástica con respecto a la distancia de recolección de la misma, bajo un cierto rango, pero elástica cuando la distancia es más grande un un kilómetro. (White et al., 1972. Feachem et al., 1978).

En el caso de México, recordamos que la asignación de la dotación, varía en función del clima y de la proyección de población del periodo de diseño del sistema, lo cual deriva en una distribución desequilibrada a corto plazo (excedentes en los usuarios privilegiados por el servicio y escasez en el resto de la población).

Concluimos que el objetivo de los proyectos de suministros rurales de agua potable deben ser maximizar los beneficios de salud; es decir, mientras que el agua conserve los niveles

---

[31] Los hábitos de empleo del agua forman parte de un patrón completo de cultura; así, una familia que usa 15 litros por cabeza por día en Nueva Guinea destina el agua a fines muy diferentes a los que una familia Bengalie empleando esa misma cantidad. (Briscoe, 1984).

aceptables de potabilidad (calidad), los incrementos en cantidad, deben ser racionalmente asignados con el objeto de no caer en el dispendio ni en el agotamiento de los recursos acuíferos. No debe entonces buscarse un número "mágico" en la asignación de la dotación de agua diaria por habitante, sino trasladar el conocimiento epidemiológico a líneas de diseño apropiadas a los sistemas de agua y drenaje locales y optimizar los recursos existentes. En este sentido se dirigirán los esfuerzos de éste trabajo.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS INTENTOS DE EVALUACION DEL IMPACTO ECOLOGICO DE LAS OBRAS DE SANEAMIENTO

Los efectos en las mejoras en el tratamiento de las aguas se hicieron sentir tan pronto como se aplicaba tecnología sanitaria y se contrastaban con los efectos que tenía en la salud pública. Así, acompañado de los avances científicos se daban convincentes demostraciones de mejoría en la situación epidemiológica de las comunidades. Por ejemplo, un estudio en el Valle del Río Ohio demostró una reducción de la tasa de mortalidad por tifoidea de 76.8 (por 100,000) a 74.5 (por 100,000) en 1906 y 1914 respectivamente en 11 ciudades con suministros de agua no tratados mientras que las mismas tasas cayeron de 90.5 en 1906 a 15.3 en 1914 en 16 ciudades que de un año a otro adoptaron el tratamiento del agua. (Maxey, 1941). Esto es, se tuvieron reducciones del 3% en los sistemas no tratados por 83% en sistemas tratados. Se tenía entonces, las bases de medición de los efectos del saneamiento en las poblaciones receptoras del servicio. Más tarde, en Sri Lanka (Ceylán) se observa que en los años de 1946 a 1947 la tasa bruta de mortalidad (TBM) de la isla cayó de 20 a 14 por mil habitantes. (Srinivasa Meegama, 1982).

Tan precipitada declinación no sería buena base de comparación si consideramos que en 1946 tuvo lugar una epidemia de malaria

que elevó, la TBM en ese año, sin embargo, la isla ya ofrecía un descenso de la mortalidad desde la década anterior y el autor destaca la declinación de las enfermedades diarreicas debido a la introducción de medidas preventivas de salud, específicamente en relación a la provisión de agua potable y la construcción de letrinas, para ello, busca una asociación causal mediante los cuadros siguientes:

CUADRO IX

AGUA Y SANEAMIENTO EN POBLADOS  
(Sri Lanka)

Año	Porcentaje de Poblados con insuficiencia de (o) sin letrinas	Porcentaje de Poblados con suministros de agua no protegidos
1927	58	50
1928	48	41
1929	34	22

CUADRO X

TASA DE MORTALIDAD POR MILLON PARA ENFERMEDADES  
DIARREICAS Y ANQUILOSTOMIASIS EN POBLADOS  
(1927-1929)

Año	Enfermedades diarreicas	Anquilostomiasis
1927	5246	1834
1928	4628	1811
1929	3738	1692

FUENTE: Administration Reports of the Director of Medical and Sanitary Service.

Se observa claramente cómo las enfermedades diarreicas y anquilostomiasis descienden en cantidad a medida que los poblados de la isla protegen sus suministros de agua y las

letrinas cubren a un porcentaje mayor de éstos. Más adelante señala que, además del factor saneamiento, intervienen otros dos factores en la declinación de la mortalidad en Sri Lanka, que son debidos a la introducción y extensión de servicios de maternidad y bienestar infantil, así como la mejora en los niveles generales de nutrición que se dieron con la transformación de una economía de subsistencia a una de importación-exportación que minimizó la frecuencia de hambrunas periódicas.

A pesar de todo, Sri Lanka sufrió un año de hambruna (1979) por culpa de una crisis económica y se elevó el nivel de mortalidad para tal año. Además, en las últimas dos décadas, las tendencias de la mortalidad en Sri Lanka, presentan variaciones - incremento de enfermedades cardiovasculares, dentro de las cuales nos interesa reconocer un incremento también de enfermedades diarreicas (ver cuadro XI).

CUADRO XI

TASA DE MORTALIDAD POR MILLON DE DESINTERIA Y ENTERITIS,  
SRI. LANKA.

-----			
AÑO			
1953	1963	1971	1976-1977
529	539	385	512
-----			

FUENTE: Registro General of Sri-Lanka.

El autor considera que el fenómeno se explica por los deficientes niveles de nutrición de las clases más pobres y al deterioro de las condiciones ambientales que propiciaron brotes de cólera en la década de los 70's, sin embargo, ya no presenta datos respecto a la cobertura y calidad de los servicios de saneamiento. A pesar de todo, constituye un antecedente en la búsqueda de la correlación de efectos saneamiento-mortalidad.

En el siglo pasado pueden encontrarse también, intentos de medición del peso relativo con que contribuían las medidas sanitarias a las enfermedades asociadas con el agua y los alimentos. Es así como en el estudio de las enfermedades que han declinado, Mc Keown (1973) ofrece una perspectiva histórica de la situación epidemiológica en Inglaterra y Gales, desde 1838 -año en el que por primera vez las causas de defunción fueron certificadas- hasta 1971. Del descenso de mortalidad que ocurrió a partir de mediados del siglo XIX, el 40% era por enfermedades transmitidas por el aire, el 21% por enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos, el 13% por otras enfermedades y el resto (26%) por estados no infecciosos. Aclara que han existido problemas que surgen de la vaguedad y la inexactitud del diagnóstico y de los cambios en la nomenclatura y la clasificación. En el caso que nos interesa -enfermedades transmitidas por el agua-, McKeown agrega a los alimentos como agente y agrupa las enfermedades diarreicas como se muestra en el cuadro XII:

CUADRO XII

TASAS DE MORTALIDAD ESTANDARIZADAS (POR MILLON) POR ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA Y ALIMENTOS: INGLATERRA Y GALES.

ENFERMEDADES	AÑOS		Porcentaje de reducción por todas las causas atribuibles a cada
	1848-1854	1971	
Cólera, diarrea y desinteria	1,819	33	10.8
Tuberculosis (no respiratoria)	753	2	4.6
Fiebre tifoidea (tifo exentemático)	990	0	6.0
<b>TOTAL</b>	<b>3,562</b>	<b>35</b>	<b>21.4</b>

FUENTE: Mc Keown, Thomas.

Así, este tipo de enfermedades se asociaron con casi la quinta parte del descenso de la tasa de mortalidad entre tales periodos y aproximadamente la mitad de la mejoría ocurrió antes de 1901 (pág. 48). Además, fueron responsables de cerca de una décima parte del descenso en la mortalidad antes de 1971; un tercio del mismo también ocurrió antes de 1901. Debe señalarse, que la proporción del descenso de la mortalidad antes del cambio de siglo era mayor para las enfermedades intestinales, transmitidas en gran manera por el agua, que para las enfermedades diarreicas transmitidas principalmente por los alimentos. Esto ha permitido que las mejoras tecnológicas en los abastecimientos de agua potable coincidan con el descenso de la mortalidad por enfermedades de este tipo. (ver cuadro I).

Concluye así McKeown que / ..."la mortalidad no estaba descendiendo en las décadas posteriores a los registros y no empezó a decaer sino hasta que se mejoraron los servicios de agua potable y se dispuso de alcantarillado en Inglaterra y Gales a partir de la séptima década del siglo XIX".

Es clara la asociación de causalidad de muerte infecciosa intestinal con la disponibilidad de saneamiento pero no se establece aún una metodología que lograra esclarecer cuantitativamente el impacto de las medidas sanitarias y la salud pública, a pesar de ello, son notables antecedentes de nuestro campo de estudio. Si consideramos que el principal elemento utilizado en la desinfección del agua, o sea, el cloro fue aislado hasta 1810 por el Químico inglés Humpry Davy y sus beneficios aplicados a fines del siglo XIX, podríamos suponer que nuestros antepasados carecían de una buena calidad de agua potable, sin embargo, no fue así. Las condiciones de las fuentes de abastecimiento se degradaron a medida que la civilización creció demográficamente, varió sus costumbres y modificó la naturaleza.

En Mesoamérica se concedía gran importancia a las obras hidráulicas, siendo eje del modo de producción establecido. Bajo el reinado de Chimalpopoca, en 1410, los manantiales de Chapultepec proveían de agua dulce a los habitantes, siendo las obras de conducción de cal y canto. Los acueductos cobraron

auge a la conquista española. (Zempoala, Querétaro, Guanajuato, etc.). La calidad del agua era aceptable y las grandes pestes y epidemias adquiridas por los indígenas procedían de orígenes diferentes a la fuente de agua por sí misma. Durante el periodo que va de la iniciación de la Independencia a la culminación de la guerra de la Reforma, las obras hidráulicas que se emprendieron fueron muy raquíticas y poco trascendentes. A pesar de ello, la calidad del agua que llegaba a la capital, no presentaba objeciones, pues contamos con el mejor filtro del mundo. El agua de los manantiales y pozos que brotan en su cuenca, tienen los caracteres de la mejor agua potable según demostró en su momento el Dr. Río de la Loza. Sin embargo, a principios de éste siglo, una inmensa urbe en desarrollo comienza a dificultar el abastecimiento del líquido en condiciones de óptima pureza. Los ríos fueron ensuciados por los desagües industriales y domésticos (material fecal y orgánico); los bosques fueron talados y la deforestación de las cuencas alimentadoras de los cursos de agua disminuyen la infiltración, matan los manantiales y contaminados los pozos por aguas residuales ante la falta del manto del suelo forestal, sólo la labor compensadora de la ciencia y la técnica podrán dotarnos agua libre de microorganismos fatales. Pero eso es sólo en las ciudades que tenemos esta clase de servicios; a nivel rural, los escurrimientos malsanos pasaron inadvertidos hasta que se manifestaban en alta incidencia de enfermedades gastrointestinales.

Las aguas sucias de las montañas o de terrenos poco elevados, cargados de materias infectadas u orgánicas putresibles, penetran a través de capas de terreno impropio para una conveniente filtración por grietas, fallas y hendiduras hasta grandes profundidades, llegando esas aguas a contaminar los manantiales, filtros y aguas freáticas. Dicha polución explica porqué en algunos casos concretos en los que existían buenas obras de captación y distribución de aguas superficiales, aparecían súbitamente brotes de tifoidea.

No se tiene información sobre la distribución geográfica de las defunciones causadas por las enfermedades transmitidas por el agua. Solamente suponemos la incidencia debe ser más alta en el medio rural y proletario-urbano, que en las metrópolis. También es notable como se distribuyen las muertes para diversos grupos de edad. (Cuadro XIII) veamos el caso del Distrito Federal 1978.

### CUADRO XIII

#### DEFUNCIONES CAUSADAS POR ENTERITIS Y OTRAS ENFERMEDADES DIARREICAS (TASAS)

<u>Grupo de edad</u>	
Menores de un año	-
De 1 a 4 años	889.5
De 5 a 14 años	27.1
De 15 a 24 años	1.8
De 25 a 74 años	Despreciable
75 y más años	2.4

FUENTE: Certificados de defunción procesados por la Unidad de Información. S.S.A. Tasas por 100,000 habitantes.

El caso mexicano es diferente, ya que el proceso de industrialización es tardío con respecto a la Gran Bretaña, pero el procedimiento es mucho más acelerado de modo que Bobadilla señala que México atraviesa por un lento periodo de transición epidemiológica consistente en el cambio de las causas de muerte producidas por padecimientos infecciosos y parasitarios, por los crónicos degenerativos. El Dr. Roberto Fernández de Hoyos, apoya esta tesis; recuerda que las enfermedades diarreicas ocupaban en 1978 el octavo lugar como causa de muerte en el país con una tasa de 37/100,000, rebasada por las enfermedades del corazón, tumores y enfermedades cerebro-vasculares, influenza y neumonías, perinatales, diabetes mellitus, los accidentes y la cirrosis hepática. En 1970, los padecimientos infecciosos y parasitarios cobraron el 14.0% del total de los decesos, para 1975 bajó al 11.2% y en 1978 era el 9.5% del total. La introducción de técnicas desinfectantes y la dotación de agua potable por si mismas no resuelven el riesgo de contraer enfermedades de este tipo, ya que debe ser acompañada del uso adecuado de ella, el manejo de los alimentos y de ser necesario, hervirla (sobre todo si hay animales en el hogar, lugares de depósitos fecales cercanos o si el material del piso es de tierra). Una campaña cívica sobre educación de manejo del agua ayuda y permite resultados como los obtenidos en Sri Lanka.

Ahora nos resta evaluar en qué medida se ha significado el saneamiento para abatir las tasas de mortalidad, en qué relación respecto a la mortalidad general y cómo puede ayudar a explicar una transición epidemiológica. En el caso de México, el Dr. José Luis Bobadilla nos demuestra como nuestro país ha tenido el descenso de los niveles más espectaculares de la mortalidad, de manera que la disminución porcentual agregada entre 1900 y 1975 ha sido del 78% (de una tasa de 33.6 por mil a una de 7.2 por mil en 1975). En su estudio sobre la mortalidad en México, Bobadilla estudia también la distribución de los decesos por grupos de edad y causas de muerte. Destaca por su importancia para nuestro análisis, el siguiente párrafo: "México atraviesa por un lento periodo de transición epidemiológica que consiste en el cambio de las causas de muerte producidas por padecimientos infecciosos y parasitarios por los crónicos degenerativos. Esta transición se ha dado en otros países como resultado del proceso de envejecimiento a que han estado sujetas sus poblaciones... en México, la situación ha sido diferente y está adquiriendo modalidades distintas. Ya desde la quinta década de este siglo ocupan algunos lugares entre las 10 principales causas de defunción las enfermedades del corazón, los tumores y las enfermedades cerebro-vasculares. Sin embargo, a la abundancia de los padecimientos infecciosos y parasitarios se sigue atribuyendo la mayoría de las muertes y resta mucho tiempo para que esta causalidad sea desplazada" (Bobadilla, La Mortalidad en México. P. 27). Estos padecimientos son más

frecuentes y mortales entre los bebés menores de un año y en los preescolares.

CUADRO XIV

DEFUNCIONES POR PRINCIPALES ENFERMEDADES PARASITARIAS EN BEBES MENORES DE UN AÑO Y PREESCOLARES. MEXICO, 1975.

ENFERMEDADES	MENORES DE UN AÑO			UNO A CUATRO AÑOS		
	NUMERO	%(A)	%(B)	NUMERO	%(A)	%(B)
Fiebre Tifoidea	450	0.64	0.37	498	1.56	0.95
Desinteria Amibiana	410	0.58	0.34	287	1.35	0.77
Enteritis y otras diarreicas	28,376	40.81	23.85	10,498	49.64	28.43

FUENTE: Bobadilla, José Luis, "La Mortalidad en México" Cuadro 5. Pág. 26.

Notas: (A) Porcentaje con respecto al total de defunciones por enfermedades infecciosas y parasitarias en ese grupo de edad.

(B) Porcentaje con respecto al total de defunciones en ese grupo de edad.

Por otro lado, y dentro del contexto salud-enfermedad a nivel nacional, las enfermedades diarreicas infecciosas y parasitarias permiten un marco de estudio de salud pública en México, debido a que se caracterizan por ser de abatimiento de menor complejidad y su erradicación es un indicador de calidad de vida dentro de una comunidad. Así, sabemos que el cólera ha sido desterrado debido a la facilidad con que es destruida la bacteria portadora en las plantas de tratamiento de agua y que el resto de enfermedades transmitidas por vía hídrica (desinterias, tifoidea, gastroenteritis, salmonelosis, esquistosomiasis) son susceptibles al ataque de la cloración -o

desinfección-, la cual reduce o elimina los organismos coliformes y bacterias presentes en el agua a ser distribuida a las poblaciones. Esto significa tener una infraestructura costos y de mediana tecnología que se ha hecho necesaria por urbanización, la industrialización y la degradación de las fuentes de abastecimiento de agua potable-pozos, manantiales, ríos, lagunas, etc, que, en última instancia, la presión demográfica ha provocado.

Panorama epidemiológico de México en los últimos años en relación a las enfermedades de origen hídrico.

Disponemos de datos a partir de 1970, se realizó un promedio anual (1971-1977) sobre las cinco principales causas de morbilidad en la República Mexicana, que arrojó los siguientes resultados:

CUADRO XV

PROMEDIO ANUAL DE LAS CINCO PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD GENERAL EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 1971-1977.

CAUSA	TASA POR 100,000 HABITANTES
Gastroenteritis	530.00
Influenza y Neumonías	220.80
Disenteria, todas formas	122.60
Parasitosis	75.20
Paludismo	55.60
Todas las demás	429.60

FUENTE: Dirección General de Bioestadística. S.S.A.

La mortalidad y morbilidad no es proporcional en ningún caso, pero para nuestro ensayo importa saber que la propensión a adquirir una enfermedad de origen hídrico se eleva en los meses de calor (abril, mayo, junio), ya que bajan los índices de potabilidad del agua distribuida, disminuyen en función a la proliferación bacteriana durante ese periodo y que la contaminación de tipo químico-biológico no alcanza en nuestro país, niveles como los de los países industrializados donde es tema de preocupación la presencia de contaminantes de origen radioactivo y/o químico que afectan la salud. En fin, se considera que la mortalidad en México hasta 1974, presentaba el siguiente descenso:

CUADRO XVI  
MORTALIDAD GENERAL EN LA REPUBLICA MEXICANA  
(1965-1974).

AÑOS	DEFUNCIONES	TASA POR 1,000 HABITANTES
1965	404,163	9.6
1966	424,161	9.8
1967	420,298	9.4
1968	452,910	9.8
1969	458,886	9.7
1970	485,656	9.9
1971	458,323	9.0
1972	476,206	9.5
1973	458,915	8.4
1974	433,104	7.7
TOTAL	4,472,602	9.2

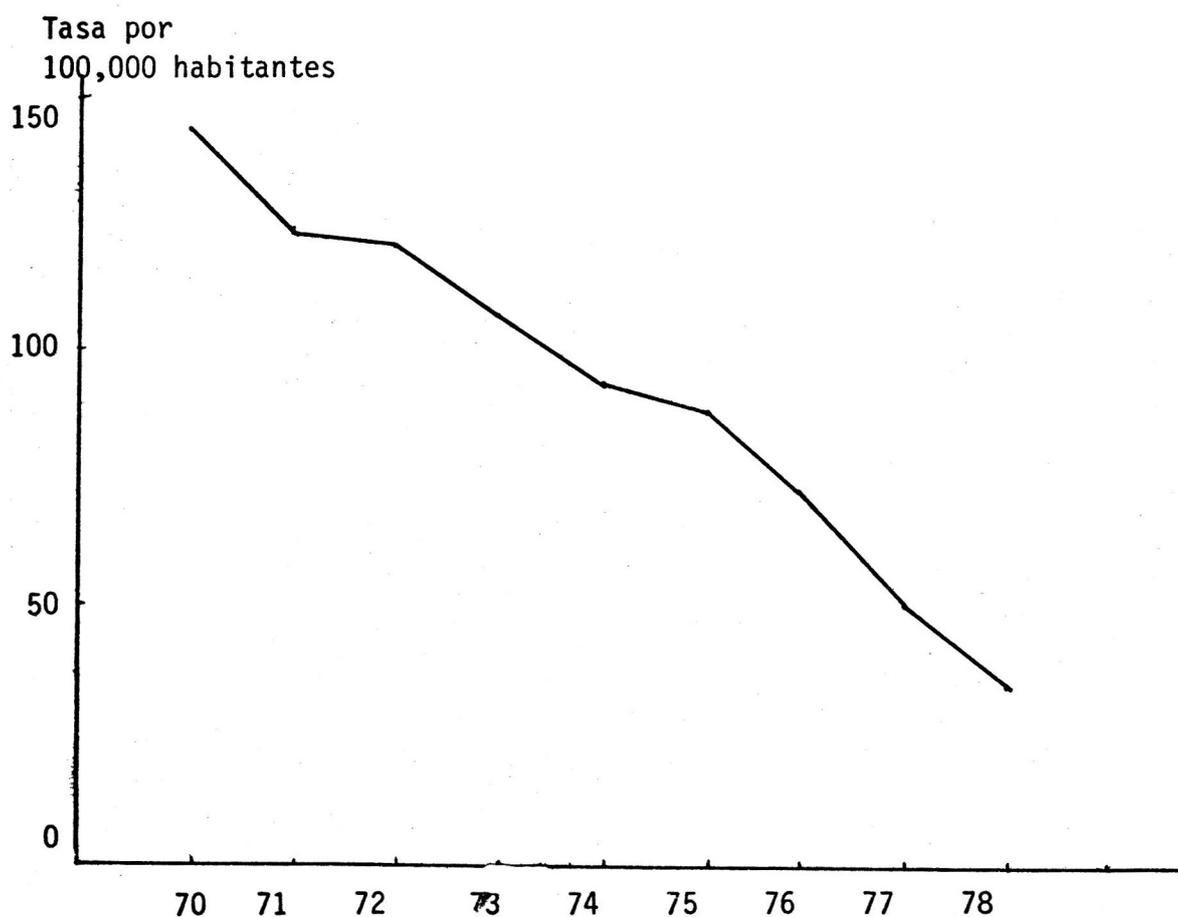
Así, las enfermedades que nos ocupan generan el octavo lugar (1978), mientras que en 1973, se establecían en el segundo lugar todo ello por complejidad de factores. Se aprecia este descenso en la siguiente gráfica y cuadro XVII.

CUADRO XVII

TASAS ESPECIFICAS DE MORTALIDAD POR ENTERITIS Y OTRAS ENFERMEDADES DIARREICAS.

AÑO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Tasa por 100,000 habitantes	141.80	120.50	127.0	107.0	90.0	87.0	60.9	48.4	37.0

GRAFICA 2.1 Tasas de mortalidad por enfermedades gastrointestinales. México, varios años.



FUENTE: Dirección General de Bioestadística, S.S.A. y Unidad de Información, S.S.A.

De estas enfermedades, las que más rápidamente han declinado son: la amibiasis, la fiebre tifoidea manteniéndose las disenterías, gastroenteritis y salmonelosis más activas.

Estando confirmada la declinación del tipo de enfermedades diarréicas y el incremento de los padecimientos crónico-degenerativos (enfermedades del corazón, los tumores malignos, las enfermedades cerebro-vasculares y la diabetes) que cobraron el 20.7% del total de muertes en 1975, además de la alta tasa de crecimiento de decesos por accidentes, envenenamiento y violencia (sobre todo en algunos grupos de edad, como el de 25 a 44 años, que ocupaban el primer lugar), apreciamos mejor el concepto de transición epidemiológica que atraviesa el país y que sugiere la mejor atención de este fenómeno por parte de autoridades y ciudadanos, sin descuidar u olvidar que todavía fallecen muchos menores de edad y que podrían evitarse muchos decesos producidos por bacterias transmisibles en el agua.

### CAPITULO III

#### EL MARCO TEORICO

En este tercer capitulo veremos el contexto que ocupa el saneamiento dentro del estudio de la mortalidad infantil y preescolar.

Primeramente, se establece la urgente necesidad de mejorar las condiciones de salud de los paises en desarrollo por medio de la evaluación de las estrategias de los servicios de salud locales. Esta evaluación implica una serie de necesidades de información y de la identificación de variables que definan asociaciones causales entre los diversos tipos de enfermedades y el entorno en que se desarrollan. Para ello, cabe recordar que mientras en los paises industrializados alrededor del 97% de los niños que nacen sobreviven a la edad preescolar (1-4 años cumplidos), en la mayoría de los paises pobres entre el 20 y el 25% de los niños mueren antes de alcanzar su los cinco años de edad, resultando en una mortalidad estimada de 15 millones anuales. (UNICEF, 1984).

Henry Mosley [32] considera que la mayoría de esas defunciones son prevenibles con la tecnología en salud disponible. En el caso que nos ocupa, la mortalidad por causas infecciosas

---

[32] Mosley, Henry, "Child Survival: Research and Policy" en Population and Development Review: Child Survival: Strategies for Research. Vol. 10. New York. U.S.A., 1984.

intestinales en los niños menores de 5 años, la prevención sería más factible si quedara demostrado que la interacción del saneamiento y el adecuado empleo de él -promovido por la concientización y educación de los usuarios-, redundaría en el abatimiento de los niveles de morbilidad y mortalidad de tales enfermedades y el problema quedaría reducido a un contexto de disponibilidad y de educación.

Robert Grosse [33] establece una función de mortalidad infantil dependiente de diversas variables socioeconómicas, a saber:

$5M^i_0 = (\text{Saneamiento, Nutrición, Atención Médica, Educación de los padres, etc.})$ .

donde:  $5M_0$  sería la tasa de mortalidad debida a enfermedades infecciosas de 0 a 5 años exactos.

Considera que, incluso, el saneamiento pudiera ser la variable que mayor peso específico llegase a adquirir en la función. Existe así una contribución bien diferenciada de las variables en cuanto a la mortalidad en menores de cinco años si separamos los grupos de edad convencionales, es decir, 0-1 y 1-4 años cumplidos.

Algunas acciones que pretenden ayudar al aumento de la sobrevivencia en la infancia, encabezadas por la UNICEF,

---

[33] Grosse N. Robert. "Estimating the Costs and Effectiveness of Health Sector Policy Alternatives in Developing Countries", School of Public Health, Ann Arbor Michigan, U.S.A., 1982.

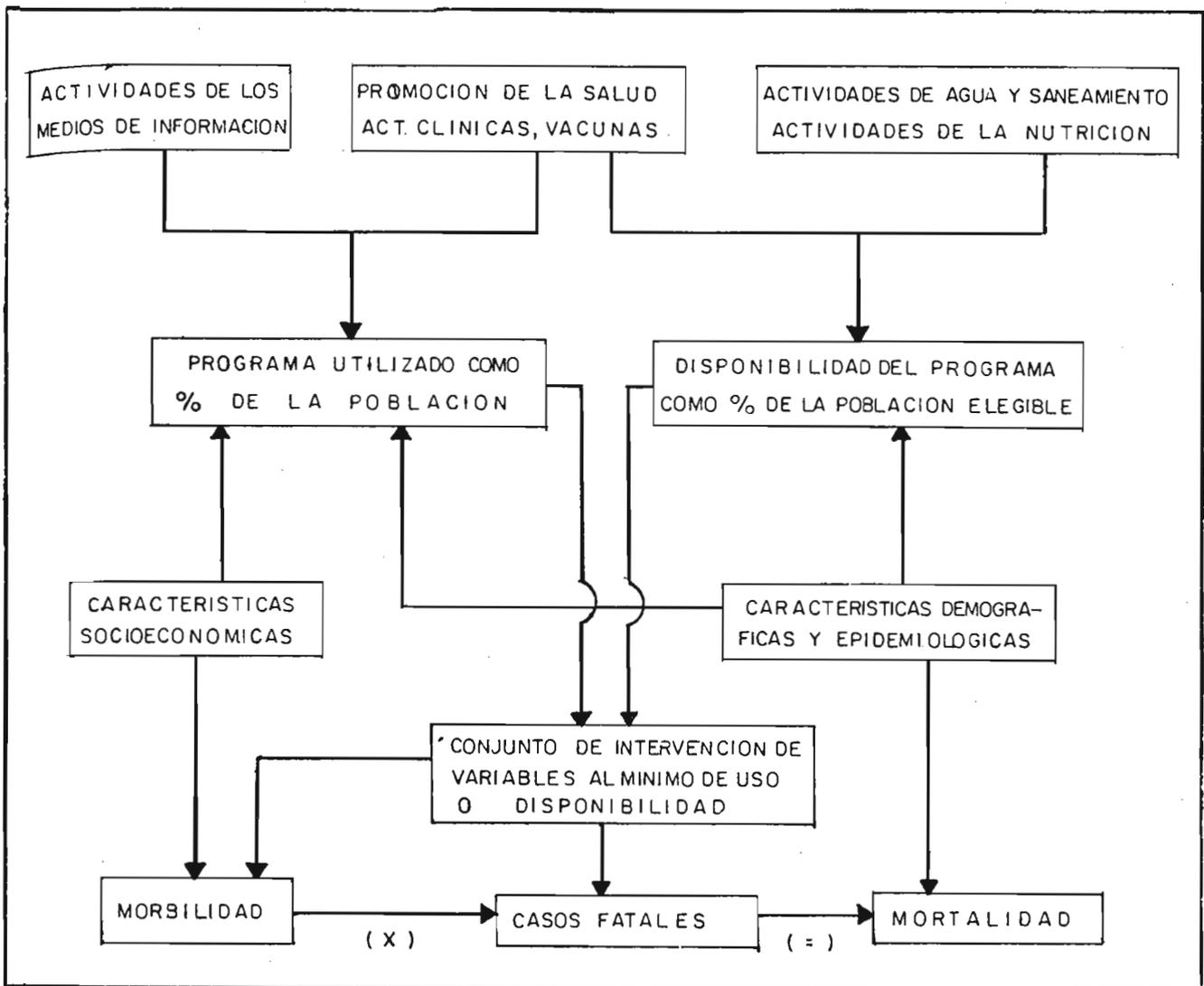
consisten en el crecimiento monitoreado, la terapia de rehidratación oral, lactancia, vacunas, complementos alimenticios y planeación familiar (enfoque biomédico). Otro camino, que promueve el desarrollo económico y social, conduce al incremento de mejoras en la educación, particularmente de la mujer, y en las condiciones de vivienda -incluyendo saneamiento- y trabajo de la familia (enfoque social).

Por tratarse de un problema de prioridades y que involucra a diversos sectores de la estructura social, se impone una racionalización de los recursos que se destinen a los diversos programas. Debido a la necesidad de contar con modelos que simulen acciones específicas de mejoras en los niveles de salud pública, se propondrá en este trabajo la construcción de uno de ellos. Sin embargo, conviene ubicar nuestra variable dentro de un modelo más complejo y que resulta de la conciliación de los enfoques -biomédico y social- y que es propuesto por Barnum y Barlow [34] para identificar y optimizar la asignación de recursos para la Sobrevivencia Infantil. El autor esquematiza su modelo de la manera siguiente:

---

[34] Barnum N. Howard and Barlow Robin, "Modeling Resource Allocation for Child Survival", en "Child Survival op. cit. pp. 367-388.

GRAFICA 3.1 El modelo de Barnum y Barlow.



FUENTE: Howard Barnum & Barlow, op. cit. p. 371.

Como se puede observar, está implícita una definición muy profunda de causa de muerte que rebasa la noción común de causa-efecto y que va más lejos al ligar la interacción de elementos biosociales que derivan en la muerte de los niños.

Con un esquema similar, Mosley y Chen identifican 14 variables determinantes próximas de la mortalidad infantil en 5 grandes categorías relacionadas con (1) fecundidad materna, (2) contaminación del medio ambiente, (3) disponibilidad de nutrientes, (4) daños y (5) control de la enfermedad, que vienen señalando los factores de riesgo de la población infantil y preescolar. El problema, como establecen Mosley y Chen, es medir la asociación de los factores socioeconómicos con los factores de riesgo y las consecuencias demográficas, así como la propuesta de políticas que afecten a las variables socioeconómicas con objeto de mejorar los niveles de sobrevivencia infantil. En la recopilación de Mosley & Chen [35] se revisan las diversas aportaciones de los enfoques biomédicos o "focalistas" (Black, 1984; Foster 1984; Huffman, 1984) y los enfoques sociales o "desarrollistas", (Briscoe, 1984; Schultz, 1984; Bradley 1983, Preston 1978, etc.), de manera que los autores intentan dirigir una estrategia de investigación que incorpore ambos enfoques. Así, como se aprecia en el Modelo de Mosley & Chen, se tiene el sistema siguiente: [36]

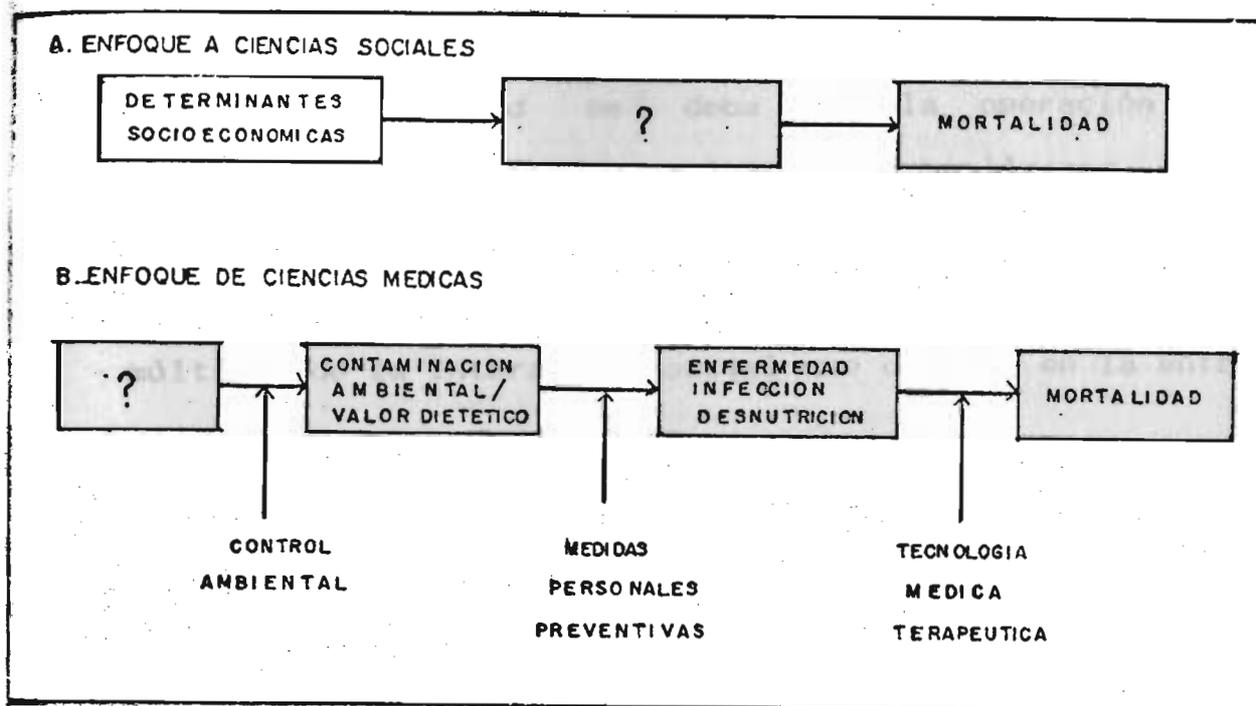
---

[35] Op. Cit.

[36] Idem. p. 5.

GRAFICA 3.2 El modelo de Mosley y Chen.

FIGURA 2. MODELOS CONCEPTUALES DE LOS ENFOQUES DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y MEDICAS PARA LA INVESTIGACION EN SOBREVIVENCIA INFANTIL.



El modelo conserva las características del marco analítico que proponen Mosley & Chen para el estudio de la supervivencia infantil en los países en desarrollo y que incorpora las variables sociales y biológicas y los métodos empleados por los científicos, tanto médicos como sociales. El marco conceptual está basado en la premisa de que todos los determinantes económicos y sociales de la mortalidad infantil operan a través de un conjunto común de mecanismos biológicos (variables

intermedias o próximas) que ejercen un impacto sobre la mortalidad [37].

Las premisas que sostienen este marco se basan en que la reducción en las probabilidades de sobrevivir de los niños en cualquier sociedad se debe a la operación de fuerzas ambientales, sociales, económicas y biológicas, así como el hecho de que la mortalidad en niños (variable dependiente) representa la acumulación de consecuencias de un proceso múltiple de la interacción social que derivan en la enfermedad.

Los determinantes próximos o variables intermedios de la mortalidad en niños se agrupan como habíamos ya señalado, en cinco categorías, a saber:

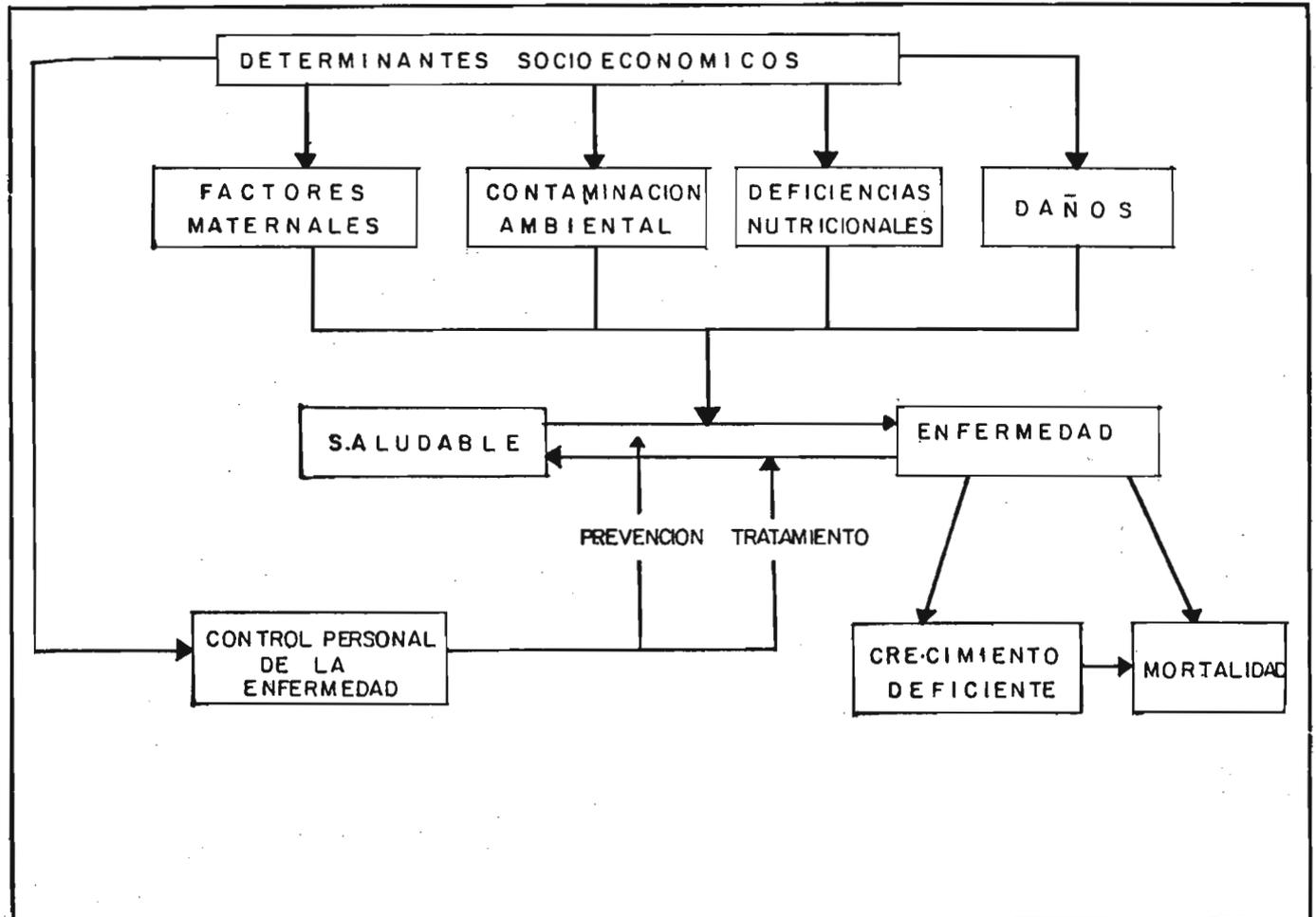
- Factores maternos: edad, paridad, intervalo entre nacimientos.
- Contaminación del medio ambiente: aire; comida/agua/dedos; piel/suelo/objetos inanimados; vectores insectos.
- Deficiencias nutricionales: calorías; proteínas; micronutrientes (vitaminas y minerales).
- Daños: Accidental; intencional.
- Control personal de la enfermedad; medidas de prevención personal; tratamiento médico.

---

[37] Mosley and Chen, "An analytical Framework for the study of Child Survival in Developing Countries".

[38] Idem. P. 27.

Este grupo opera sobre la dinámica de la salud de una población como se muestra en la figura siguiente:



Podríamos concluir que el saneamiento se encuentra involucrado en casi todo el proceso dinámico (a excepción de los daños) pues interviene en los factores maternos -contribuye a la salud de la madre-, de contaminación ambiental y en las deficiencias nutricionales. Los determinantes socioeconómicos se han agrupado en 3 amplias categorías de variables que se utilizan comúnmente en la literatura de las Ciencias Sociales y que son:

- Variables de nivel individual: productividad individual de padres y madres, medida a través de sus habilidades (nivel educativo y salud), ocupación; tradiciones, normas y actitudes, (entorno cultural).
- Variables a nivel del hogar: ingreso económico o riqueza: alimentación, agua (calidad y cantidad), vestido, energía, ventilación, atención médica, información.
- Variables a nivel de la comunidad: habitat ecológico, economía política; sistemas de salud. Aquí interviene el saneamiento, aunque profusamente ligado a las 2 variables anteriores puesto que el ingreso, ocupación y riqueza de los padres pueden determinar el entorno físico donde desarrollarán su familia.

Igualmente, la "producción" de un niño sano requiere de una buena atención prenatal de la madre, un lugar adecuado donde se atiende el nacimiento, limpieza del hogar, lactancia, minuciosa preparación de los alimentos, lavado de ropa, higiene y vigilancia de las posibles enfermedades. De ésta manera, las consecuencias de la salud o muerte de un niño, dependerán en general, de las circunstancias socioeconómicas del hogar y sus habitantes. Sin embargo, concluyen Mosley & Chen, la necesidad de un enfoque multidisciplinario para entender si la mortalidad en los niños es clara.

Es así como el saneamiento forma parte de las variables socioeconómicas y ejerce una influencia sobre la mortalidad en niños interviniendo desde las condiciones de la salud de la madre en su embarazo, lactancia y desde el nacimiento del niño a través de la preparación de sus alimentos, de su desarrollo y contacto con el agua y su medio ambiente.

Los riesgos de contraer una enfermedad infecciosa gastrointestinal, son diversos a lo largo de sus primeros cinco años de vida. Ya vimos los mecanismos de transmisión y el tipo de enfermedades que se pueden contraer por vía hídrica (capítulo I) por lo cual, estudiamos posteriormente la incidencia de ellas en nuestro país.

Ahora, el problema radica en la forma de evaluar el impacto que tiene la escasez o ausencia del saneamiento -así como los grados de disponibilidad del mismo- en las condiciones epidemiológicas de determinadas localidades y los efectos demográficos. Para cumplir tal objetivo, es necesario contar con información en la cual se especifique la disponibilidad de los servicios de saneamiento y los estados de salud correspondientes (medidos a través de tasas de morbilidad y/o mortalidad por causas específicas) para poder establecer los fundamentos de un modelo predictivo que ligue saneamiento con niveles de mortalidad infantil y preescolar. El estudio se hará sin intervenir en población alguna, solamente partiendo de información disponible

en censos, estadísticas vitales o encuestas.

Se reconoce que las investigaciones en conjunto con algunas intervenciones (por ejemplo: habilitar un sistema de saneamiento donde no había antes) pueden medir un impacto general sobre la población y así desarrollar estrategias alternativas, sin embargo, esas estrategias quedan limitadas a cumplirse dentro de un entorno definido con factores climáticos, culturales, económicos, etc. que los diseñadores de políticas de salud deben tomar muy en cuenta.

Conviene recordar la identificación que se hace de los elementos que intervienen en el modelo más que la sistematización del mismo, pues contempla la variable saneamiento como uno de los determinantes socioeconómicos que inciden en la mortalidad de acuerdo al marco teórico que retoma los orígenes de la ingeniería sanitaria. (Capítulo 1 de éste trabajo).

Una condición implícita de este modelo se refiere a la existencia de una mejoría del desarrollo económico para el logro de los objetivos o una racionalización muy aguda de los recursos existentes. Sin embargo, el desarrollo es un proceso lento de manera que las decisiones deben alternar las medidas de intervención (por ejemplo: programas de nutrición, mejoría del agua potable -en calidad y/o cantidad, provisión de atención clínica, etc.) con las necesidades de la población en un momento dado.

En la búsqueda de la eficiencia, debe tenerse presente siempre el elemento de la "coordinación", ya que, como señalan Barnum & Barlow, en ocasiones, los programas (de Salud Pública) compiten por el mismo conjunto de recursos de manera que, por ejemplo, un programa de atención prenatal puede utilizar el tiempo que se requiere para capacitar enfermeras o el mismo tiempo y recursos para un programa de vacunación de los niños. Así, los Programas de Salud necesitan ser coordinados y hacer una cuidadosa elección entre los programas alternativos compitiendo por los recursos limitados disponibles [39]. La mejor política de salud será, por supuesto, consistente a el conjunto de intervenciones que acarreen el mayor incremento en sobrevivencia infantil a un nivel dado de gastos en recursos.

En un país de elevado ingreso económico, el castigo a una decisión equivocada es probablemente bajo, pero un país pobre, con un alto nivel inicial de mortalidad en niños y con una aguda escasez de recursos, el castigo a una elección sub-óptima de las intervenciones es seguramente alto (costoso).

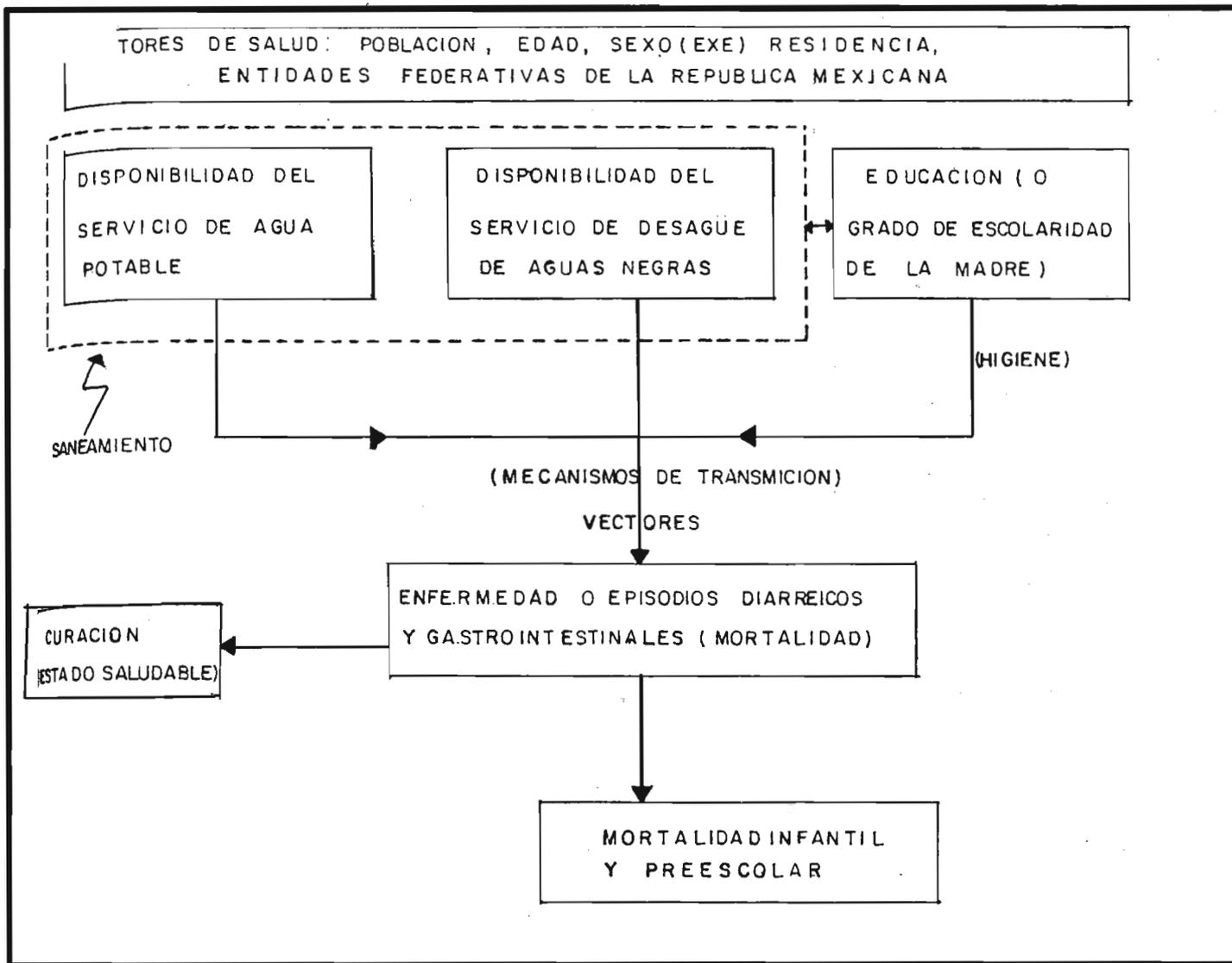
En el caso del Saneamiento, es posible pensar que también se encuentre en competencia con otras medidas de salud pública. Dado que el objetivo de éste trabajo consiste en medir el efecto o contribución de las condiciones de saneamiento sobre las enfermedades infecciosas intestinales en nuestro país, se

---

[39] Howard & Barnum op. cit. p. 368.

propone un modelo reducido para lograr tal meta. Así, remitiéndonos al nivel de la vivienda, encontramos que las variables que necesitamos para identificar el fenómeno pueden ser, básicamente, las que se refieren a la disponibilidad del servicio de agua potable y drenaje así como de aquellas que tengan relación con el uso adecuado de éste. Este último conjunto de variables se vió reducido a una sola que pudiese resumir la interacción del uso del agua con la posibilidad de que se presenten los mecanismos de transmisión de enfermedades hídricas.

Más adelante, se presentarán los argumentos que derivaron en la elección de la última variable. Por ahora, el modelo propuesto queda indicado en el esquema que se muestra a continuación:



De esta manera, podemos establecer que los determinantes socioeconómicos de la mortalidad señalados anteriormente en el modelo de Mosley & Chen, están implícitos en nuestro modelo ya que la disponibilidad, cantidad y calidad del agua suministrada, así como el tipo de desague de la vivienda están directamente relacionadas con el ingreso familiar, (variables de nivel del hogar), el hábitat ecológico y los sistemas de salud de la

comunidad (variables a nivel de la comunidad) y el adecuado uso del agua en los quehaceres domésticos tiene mucho que ver con los conocimientos, habilidades, normas, tradiciones y actitudes de los padres o madres jefes de familia (variables de nivel individual). Es decir, consideramos a los adultos como los responsables del cuidado de los niños en el sentido de que son quienes generalmente suministran el agua y los alimentos o les indican los hábitos a seguir respecto de la higiene sanitaria cuando se acercan a la edad preescolar.

Particularmente, son las madres o la mujer adulta la que, en la vivienda, se ocupa de la preparación de los alimentos, los biberones etc. de los pequeños. Por este motivo se pensó que la escolaridad de mujeres y hombres adultos incide en el desenlace de las enfermedades infecciosas intestinales de los niños. Así pues, se requería de una medida educativa de las poblaciones en estudio y, recordando que nuestra unidad de análisis son las entidades federativas del país, fue necesario buscar indicadores adecuados.

Se desterró la proporción de analfabetas por entidad federativa porque el desconocimiento del adecuado empleo del agua no es un fenómeno particular a éstos. Además, no solamente ellos carecen de servicio adecuado sino también de otros grandes núcleos de población rural y urbana prescinden de él. Acudimos finalmente, a la proporción de población de 15 años y más (ambos sexos) que

tenían estudios mayores a la primaria (educación básica) por entidad federativa para 1980 [40]. Jürgen Richtering\* obtuvo en un análisis sobre los determinantes de la mortalidad y la fecundidad que la educación de la mujer en post-primaria era de gran significancia estadística. Con este indicador se evitan problemas de heteroestaticidad en el resultado de las regresiones al informar los datos para 1980, además, se refuerza la idea de que el hecho de tener una educación superior a la básica previene el riesgo de adquirir el tipo de enfermedades que nos ocupa mientras que la población con educación básica o menos desconoce algunos de los mecanismos y hábitos que inciden en la presencia de ellas. A pesar de que éste indicador puede ser perfectible o substituido por otro, nos proporciona por ahora una primera aproximación del fenómeno.

Algunos de los esfuerzos de medición del fenómeno que nos ocupa son de reciente publicación y en adelante trataremos de mostrar los avances más significativos en el sector del agua.

---

[40] Este indicador se muestra en el anexo y su cálculo se debe al Consejo Nacional de Población (CONAPO).

\* Richtering, Jürgen, "Modelling fertility and mortality rates under a demographic-economic framework", United Nations on Trade and Development (U.N.C.T.A.D.), No. 15, New York, U.S.A., 1986.

## CAPITULO IV

### LA TEORIA DEL UMBRAL - SATURACION.

Una teoría general acerca de la relación entre el suministro de agua potable y las inversiones en saneamiento con la salud, ha sido propuesta a principios de la década de los ochentas. Se conoce como la Teoría del Umbral - Saturación [41].

Esta teoría toma en cuenta tres variables: estatus de salud (medido a través de tasas de morbilidad o mortalidad), estatus socioeconómico (que puede estimarse con diferentes indicadores) y el nivel de saneamiento (medido como cobertura proporcional de las poblaciones).

Es un objetivo de la teoría el encuadrar por primera vez, dentro de un marco general, numerosos descubrimientos empíricos aunque algunos de ellos conflictivos. La forma logística desarrollada en una "s" alargada a ambos extremos que se propone, supone que a los más bajos niveles del espectro socioeconómico existe un umbral debajo del cual las inversiones en saneamiento por sí solas resultan en una mejoría poco detectable en los estatus de

---

[41] Shuval, Tilden, Perry & Grosse, "Effect of investments in water supply and sanitation on health status: a threshold-saturation theory", Bulletin of the World Health Organization, No. 59, Washington D.C., 1981, U.S.A. pp. 243-249. Por la importancia que tiene este artículo para éste trabajo, se reprodujo casi íntegramente con permiso del Dr. Robert N. Grosse y así disponer de la traducción al español para los interesados en el tema.

salud. Similarmente, a los niveles más altos de la escala socioeconómica se sugiere la existencia de un punto de saturación que después de ser alcanzado, son poco significativos los beneficios adicionales en salud que se obtienen con las inversiones en la comunidad de facilidades convencionales en saneamiento.

Un intento preliminar que trata de validar este modelo, utiliza datos publicados sobre el nivel de saneamiento (en este caso, definido como acceso al agua potable), esperanza de vida al nacimiento, y tasas de alfabetismo en adultos para 65 países en desarrollo y aparece como proveedor de un primer sostén de la teoría umbral - saturación, pero se desea que posteriores validaciones empíricas sean desarrolladas antes de que un modelo predictivo pueda ser implementado.

Uno de los objetivos de esta tesis atiende a dicha sugerencia. Trabajando con datos para la República Mexicana y considerando que la calidad de los datos necesarios que intervienen en el modelo es buena, se puede llegar a resultados interesantes. Además de los antecedentes ya señalados en el capítulo anterior, se sabe que, actualmente, ----"Numerosas agencias nacionales e internacionales del desarrollo económico y otras de asistencia técnica que están haciendo inversiones masivas en agua potable, drenaje y otros programas de saneamiento rural y urbano en los países en desarrollo están justamente interesados con la salud

potencial y los beneficios económicos que pueden resultar de las mejoras ambientales" [42].

Las agencias involucradas en este esfuerzo han estado trabajando con el supuesto generalmente aceptado de que el aprovisionamiento de una cantidad adecuada de agua potable y facilidades propias para el manejo sanitario y disposición de los desechos del cuerpo humano, son necesidades básicas para el mantenimiento de la buena salud y la productividad. Sin embargo, a pesar del hecho de que esta premisa ha sido ampliamente aceptada, solo ha sido validada cuantitativamente en un número limitado de estudios bien controlados en áreas urbanas y en cierto grado para situaciones rurales. A pesar de todo, un panel de expertos del Banco Mundial concluyó que ningún procedimiento fue aceptado como confiable para estimar y predecir los beneficios en salud resultantes de tales inversiones [43].

Cjetanovic & Grab han propuesto un modelo relativamente simple para determinar los costos y beneficios de las inversiones en saneamiento, bajo el supuesto de que una reducción porcentual

---

[42] Idem. pp. 243.

[43] International Bank of Reconstruction and Development, "Measurement of the health benefits of investments in water supply". Report of an Expert Panel, Washington, D.C. 1976. No publicado IBRD P.U. No. 20.

fija de enfermedades relacionadas con saneamiento puede ser establecida para cada nueva situación sobre las bases de la experiencia pasada [44]. Su modelo se basó en los descubrimientos de algunos estudios publicados, que mostraron diferentes grados de mejoría en los estatus de salud en respuesta a inversiones en saneamiento.

Las evidencias conflictivas sobre los beneficios en salud debidos a las inversiones en saneamiento, se han empezado a acumular y han alcanzado algunas dudas acerca de la validez de los modelos predictivos simples de Saunders & Warford [45] quienes revisaron 28 estudios sobre los efectos en la salud por el suministro de agua y concluyeron que, en general, los estudios probaban la evidencia de que las mejoras en los sistemas de abastecimiento de agua potable beneficiaban la salud, pero que ofrecían poca ayuda (los estudios) en la determinación exacta de qué tanta mejoría en salud podía ser esperada, esto es, no encontraron modelos cuantitativos o predictivos.

Cuatro estudios epidemiológicos recientes en el flujo del Río Meghna del área de Bangladesh, examinaron los efectos en la

---

[44] Cjetanovic, B & Grab. B., "Rough determination of the cost-benefit balance point of sanitation programmes. Bulletin of the World Health Organization", No. 54, Washington D.F. pp. 207-215, U.S.A. 1976.

[45] Saunders, R. & Warford, J., "Village Water supply: economic and policej in the developing world", Baltimore, Johns Hopkins University Press, U.S.A. 1976. pp. 42-43.

salud de el aprovisionamiento de agua doméstica a través de tuberías de bombeo manual sobre la incidencia del cólera y otras enfermedades diarreicas. Estos estudios resultaron en lo que el autor llama la conclusión de "intuición contraria" de que el agua potable entubada no estaba asociada con la reducción en las enfermedades estudiadas [46].

Igualmente, un estudio de Feachem y Colégas [47] en Lesotho no encontraron evidencias de reducciones en las enfermedades como resultado de un mayor programa para construir suministros de agua a las aldeas. Mucha inquietud ha derivado de un estudio de hace apenas tres años, de un estudio de salud en dos aldeas en Guatemala, una con un moderno sistema de abastecimiento de agua y otra sin él, que fue diseñado específicamente para probar los beneficios en salud de los sistemas. Sin embargo, no hubo un cambio significativo en morbilidad por estas enfermedades en la prueba de la aldea [48].

---

[46] Briscoe, J., "The role of water supply in improving health in poor countries (with special reference to Bangladesh) Dacca, Cholera Research Laboratories, Scientific Report. No. 6, 1977.

[47] Feachem, R. "Water, health and development: and interdisciplinary evaluation, "London, tri Med Books Ltd, England, 1978.

[48] Shiffman, M. A. et al. "Field studies on water sanitation and health education in relation to health status in Central América. Progress in water technology, 110, U.S.A., (1978) pp. 143-150.

Los Modelos de dos parámetros. Es claro que la gran diferencia geográfica de las regiones donde se realizan estudios controlados, puede afectar los resultados y posiblemente no se tomen en cuenta todas las condiciones particulares que afectan la situación epidemiológica de las aldeas o poblados. Además, se siguen metodologías distintas en cada caso. Se trata pues, de generalizar una teoría y se comienza con las evidencias empíricas que con mayor frecuencia se presentan en el fenómeno. La mayoría de estos estudios han intentado definir una relación entre mejoras en saneamiento con mejoras en los estatus de salud. A este enfoque de dos parámetros se refiere esquemáticamente la figura 1.

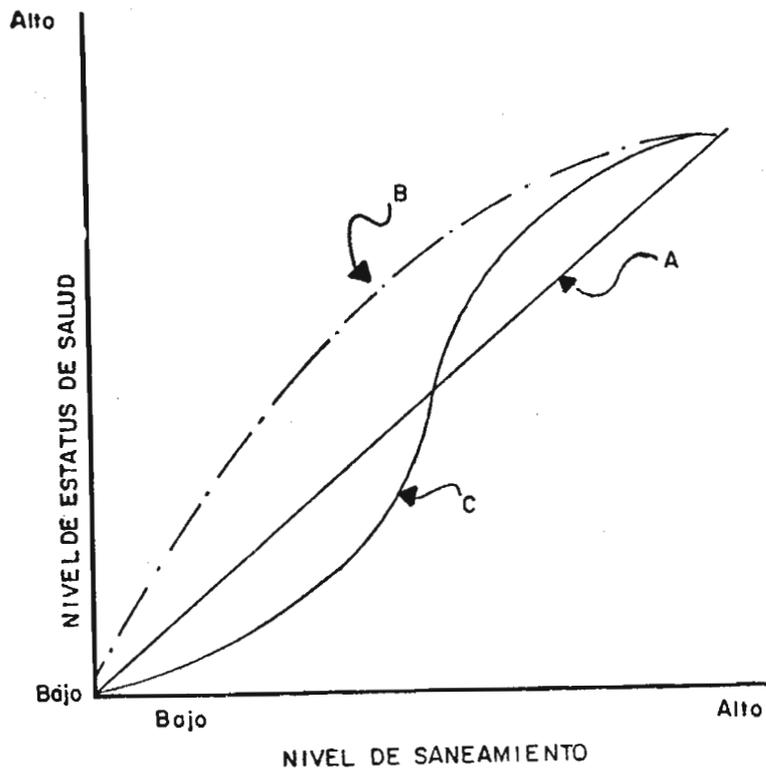


Figura 4.1 - MODELO DE DOS PARAMETROS DE EL EFECTO DEL SANEAMIENTO EN LOS ESTATUS DE SALUD.

La curva A supone una relación lineal entre el grado de mejora sanitaria, que podría ser expresado por la proporción de viviendas con acceso a agua potable y/o drenaje con los estatus de salud.

La curva B, una hipérbola se basa en el supuesto económico ampliamente aceptado de que a medida que al nivel de saneamiento se incrementa hasta un cierto nivel de estatus de salud, en que se presenta una tasa decreciente.

Se considera adicionalmente una alternativa, curva C, la cual sugiere que las mejoras en saneamiento redundarán en mejoras en los estatus de salud sólo hasta después de un cierto nivel mínimo de inversión que después de llegar a un punto de saturación, adquiere una tasa decreciente de retorno. Sin embargo, Shuval, Tilden, Perry y Grosse [49] consideran en este ensayo que el enfoque de dos parámetros es inadecuado para explicar las muchas anomalías encontradas en estudios llevados al cabo en áreas o países con características culturales, sociales y económicas muy diferentes. De ahí la necesidad de incorporar más variables al modelo y de diseñar un tipo de análisis más completo.

El Modelo de Tres parámetros. Con el objeto de predecir más adecuadamente el grado de mejoría en salud que puede resultar de una intervención dada en saneamiento, es esencial tomar en

---

[49] Shuval et al. Op. cit. p. 244.

cuenta factores culturales, sociales y económicos.

Robert N. Grosse [50] ha demostrado que algunos indicadores de estatus socioeconómico son buenos predictores de estatus de salud en países en desarrollo y concluyó que el mejor predictor de la esperanza de vida al nacimiento es la proporción de población adulta que es letrada, o sea, alfabetizada. Esto parece lógico pero no es tan simple como parece. Se acepta que la gente adulta que sabe leer y escribir tenga más posibilidades de que su descendencia sobreviva a los primeros años de vida y ellos, a su vez, se aprovisionen de los elementos que prolonguen su existencia. Sin embargo, para el caso de la higiene sanitaria se consideró que no ser analfabeto no es suficiente para manejar adecuadamente los alimentos y el uso del agua (potable y de desagüe) sino que requiere de conocimientos adicionales. El modelo de tres parámetros agrega entonces un factor socioeconómico -ya que los factores culturales no son fácilmente mesurables- y descansa en los siguientes supuestos:

- Bajo ciertas condiciones de bajo estatus socioeconómico (BES) no puede darse una mejoría en los estatus de salud en respuesta a una mayor mejoría dada en saneamiento. Este concepto (hipótesis de umbral) se presenta esquemáticamente en la figura 2.

---

[50] Grosse N. Robert, "Interrelation between health and population: observations derived from field experiences", Social Science and Medicine, No. 14, U.S.A., 1980. pp. 99-120.

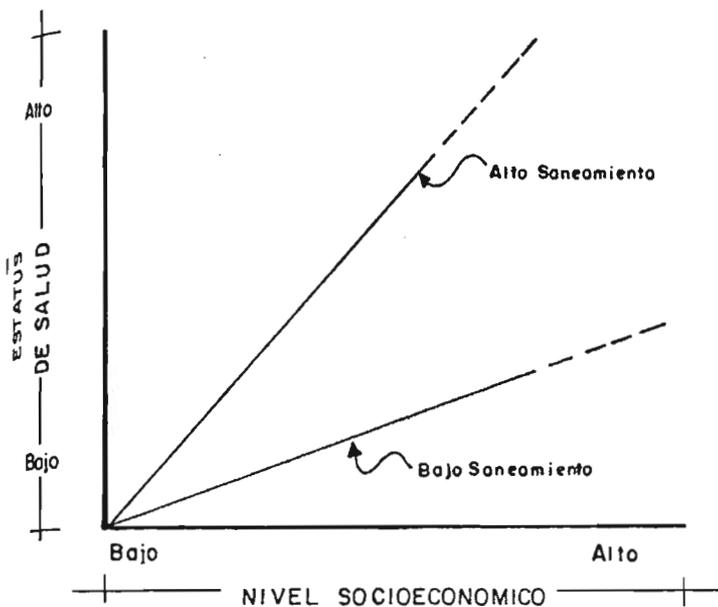


Figura 4.2- MODELO DE 3 PARAMETROS SOBRE EL EFECTO DEL SANEAMIENTO EN ESTATUS DE SALUD A VARIOS NIVELES SOCIOECONOMICOS: HIPOTESIS DE UMBRAL.

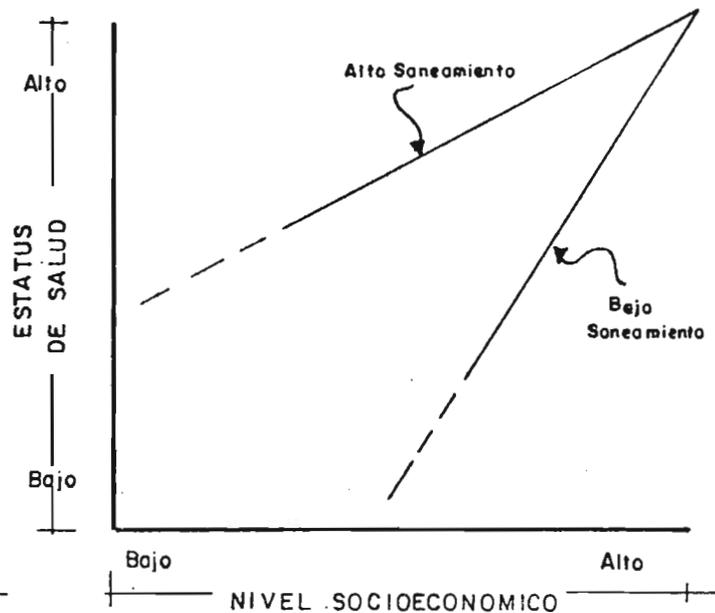


Figura 4.3- HIPOTESIS DE SATURACION EN RELACION AL EFECTO DEL SANEAMIENTO SOBRE LOS ESTATUS DE SALUD A VARIOS NIVELES SOCIOECONOMICOS.

La línea más baja (Saneamiento bajo) representa el incremento en estado de salud al incrementar el estatus socioeconómico que ocurre aún en la ausencia de cualquier proyecto de mejoras de los saneamientos mientras que la línea superior, con una pendiente más grande, representa el efecto del incremento de los proyectos sanitarios sobre los estados de salud al incrementar los niveles del estado socioeconómico. El concepto supone la posibilidad de un efecto de umbral donde a cierto punto las dos líneas deben converger a un nivel socioeconómico muy bajo. En ese punto, un pequeño o nada detectable mejora en salud resulta de una inversión en proyectos de saneamiento.

Un intento por encontrar algún soporte empírico para esta teoría, fue hecha por un estudio de Koopman y colaboradores [51] en la ciudad de Cali, Colombia. Los datos analizados incluyen información sobre agua potable y estado de saneamiento, nivel socioeconómico y estatus de salud en 2500 viviendas. Los descubrimientos de éste estudio se dirigen en sentido contrario a nuestra inicial hipótesis de umbral, (figura 4.2). Los datos de Cali nos sugieren la existencia bajo ciertas condiciones, de una respuesta reducida en la tasa de ganancia en estatus de salud a medida que el nivel socioeconómico se incrementa mucho más que lo contrario. A esto le llamamos hipótesis de saturación, que teóricamente lleva a un punto de convergencia al pico más alto de la escala del estatus socioeconómico, donde ningún incremento (o muy pequeños) en ganancia de salud es obtenido. Esta hipótesis se presenta gráficamente en la figura 3.

En análisis posteriores, se tomó en cuenta el hecho de que Colombia en general, excede relativamente a los países en desarrollo si consideramos su PNB per cápita (alrededor de \$700.00 US) y en tasa de alfabetismo adulto (81%) y que el área bajo estudio se encuentra en una región próspera del país y se concluyó que se podría resolver esta reversibilidad aparente en la relación entre nivel socioeconómico y ganancias en salud.

---

[51] Koopman, J.S. et al, "Food, sanitation and socioeconomic determinants of child growth in Colombia", American Journal of Public Health, No. 71, U.S.A., pp. 31-37 1981.

Así, se suponen dos hipótesis operando independientemente sobre diferentes regiones del espectro socioeconómico, la hipótesis de umbral en la porción más baja y la hipótesis de saturación en la porción más alta, con ambos sistemas encontrándose en un punto intermedio. El efecto de cambiar mecánicamente los dos conjuntos de curvas (figs. 2 y 3) se ilustra en la figura 4.

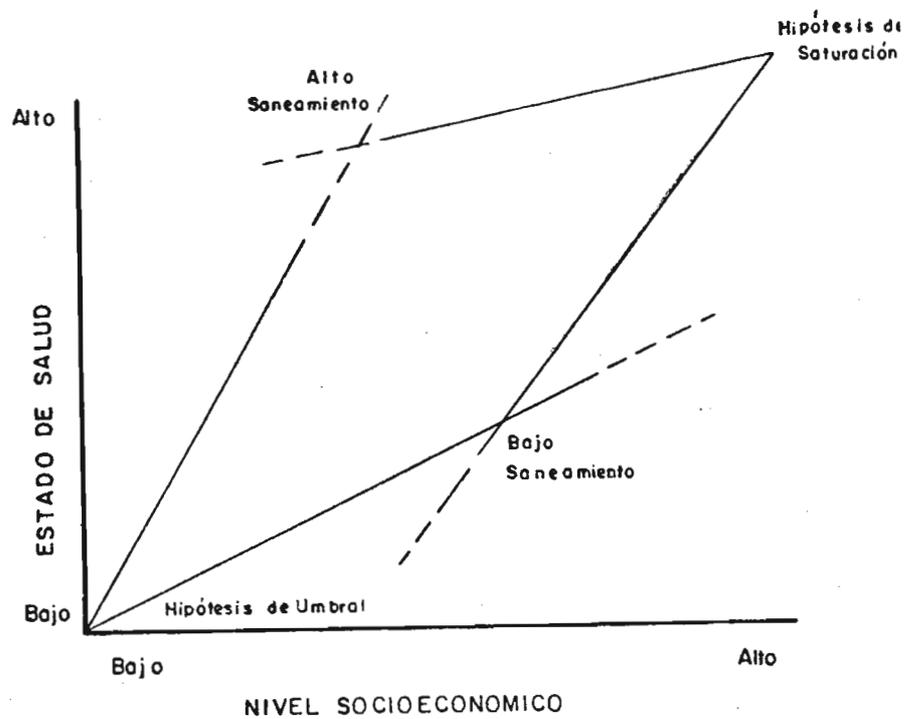


Fig. 4.4 - UNA COMBINACION DE LAS HIPOTESIS DE UMBRAL Y SATURACION.

Como un refinamiento adicional de este concepto, se han integrado ambas hipótesis en un sistema lógico continuo y se desarrolló así una teoría general del "umbral saturación" que cubre el amplio espectro de las condiciones socioeconómicas.

La figura 5 presenta el concepto básico de esta teoría en forma de dos curvas logísticas. La más baja representa las situaciones con poca o ninguna ganancia en salud con los proyectos de saneamiento. (Bajo Saneamiento). Mientras que la curva superior representa la respuesta que puede pronosticarse como resultante en ganancias en salud por una inversión en mejoras sanitarias.

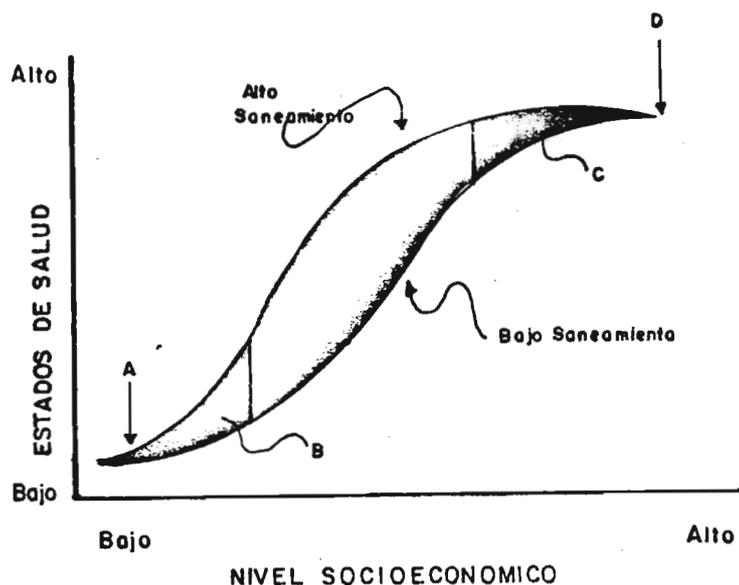


Fig. 4.5- PRESENTACION ESQUEMATICA DE LA TEORIA DEL UMBRAL-SATURACION

Este modelo está en una forma generalizada no cuantitativa y está diseñada para representar las relaciones predictivas entre los tres parámetros bajo consideración:

- Estados de Salud
- Nivel de Saneamiento
- Estatus Socioeconómico

El contorno logístico en forma de "S" ha sido seleccionado para

describir esta relación ya que corresponde a los conceptos básicos asociados con otros importantes fenómenos biológicos y sociales que presentan ambas características de umbral y saturación.

Una fase de retraso inicial o de umbral se propone para los niveles más bajos de la escala socioeconómica (punto A y area B) en la cual la comunidad no es capaz de responder en ganancias de salud a las mejoras físicas resultantes de cualquier intervención en el medio ambiente (por ejemplo: el suministro de agua potable o desague de excretas).

Se sugiere que bajo tales condiciones existen múltiples y simultáneos caminos de transmisión de enfermedades y que los niveles de nutrición e higiene personal son tan bajos que la mayoría de los individuos tienen una baja resistencia a las enfermedades.

Reduciendo esta exposición a la enfermedad aisladamente, como es el mejorar la calidad del agua por sí sola, como ocurrió en el caso de los estudios en Bangladesh, no se llega necesariamente a una mejora sensible en los estados de salud de la comunidad. En otras palabras, se puede decir que mientras los sistemas de abastecimiento de agua potable son indudablemente necesarios a las poblaciones (problema de disponibilidad), puede no ser suficiente para asegurar la mejora en la salud pública, por

este motivo agregamos la variable educativa en el modelo más que una variable económica como podría ser el PNB, el ingreso per capita u otra. Los estudios de Feachem [52] en Lesotho y de Briscoe [53] en Bangladesh parecen apoyar este concepto.

Chenery & Syrquin [54] estudiaron diez diferentes procesos económicos en cerca de 100 países cuyas economías estaban en transición y encontraron que esos procesos podrían ser mejor descritos por curvas logísticas. Sus descubrimientos provieron mayor soporte a la elección de este tipo de curva a este caso.

Así, en el campo teórico exclusivamente, a través de esta hipótesis (de umbral - saturación) se puede sugerir que en las comunidades con el nivel más bajo de la escala socioeconómica en el rango debajo del umbral, una política prudente de promoción de la salud podría, en adición al saneamiento incorporar el desarrollo de un plan integrado con un amplio espectro de programas en las áreas de educación, nutrición atención primaria de la salud, apareados a los esfuerzos de desarrollo socioeconómico general.

Arriba y a la derecha de la figura 5, o a medida que se

---

[52] Feachem, op. cit.

[53] Briscoe, op. cit.

[54] Chenery & Syrquin, "Patterns of development 1950-1970 London, Oxford University Press, 1975, pp. 135-136.

incrementa el nivel socioeconómico, se asciende a una mejoría general en el estandar de vida y a una reducción en la exposición al riesgo de las infecciones; pasamos del área del umbral (área B) a una zona de rápida respuesta a los incrementos de inversión en saneamiento. Sin embargo, en algún punto a la derecha, aún más lejos de la escala del estatus socioeconómico, se aproxima al punto de saturación. Esta área está representada por el área C de la figura 5, la cual sirve para explicar los aparentemente contradictorios descubrimientos de Koopman et al. Finalmente, el punto teórico de saturación (D) es alcanzado por las comunidades con muy alto nivel socioeconómico. En este punto, se supone que las mejoras en estados de salud en términos de reducir niveles de enfermedades transmisibles e incrementos en la esperanza de vida, resultarán de medidas diferentes a las inversiones en saneamiento. Esto, por supuesto no es aplicable aún en países en desarrollo. Incluso, en nuestro país, veremos las condiciones que presenta el saneamiento y las enfermedades relacionadas con él para poder hacer un juicio sobre las acciones recomendables a futuro en base a los resultados que arroje la aplicación de esta teoría con datos para México en 1980.

#### Validación preliminar de la teoría del umbral - saturación.

En el mismo trabajo de Shuval et al se intenta una primer validación de la teoría del umbral - saturación usando estadísticas publicadas sobre estatus de salud, nivel de

saneamiento y estatus socioeconómico en países en desarrollo. Estadísticas Nacionales sobre esperanza de vida al nacimiento fueron seleccionadas como la medida más confiable y disponible sobre estatus de salud para ese momento. A pesar de que las tasas por enfermedad gastrointestinal hubieran sido más relevantes, no se encontraron disponibles para la mayoría de tales países en desarrollo. La tasa de alfabetismo adulto fue seleccionada como el indicador "proxy" más fuerte del estatus socioeconómico [55].

Los datos sobre el nivel de saneamiento se basaron estadísticas nacionales publicadas sobre la proporción de población urbana que tiene acceso al suministro de agua potable ya sea por tubería a la vivienda o al edificio [56]. Datos para 65 países en desarrollo para el año de 1962 son graficados en la figura 6. Los 38 países con "altos niveles de saneamiento", se representan por círculos negros; en ellos, un promedio de 79% de hogares en áreas urbanas poseen grifos de agua o tomas de agua. Los círculos abiertos representan 27 países en el grupo de "bajo saneamiento", en los cuales el suministro de agua estaba disponible -en promedio- al 41% de los hogares.

---

[55] World Bank, World tables (1976), Baltimore, Johns Hopkins University Press, U.S.A. 1976.

[56] Pineo, S.C. & Subrahmanyam, D.V. "Community water supply and excretadisposal situation in the developing countries", Geneva, World Health Organization, 1975, 41 pp. (Offser Publication No. 15).

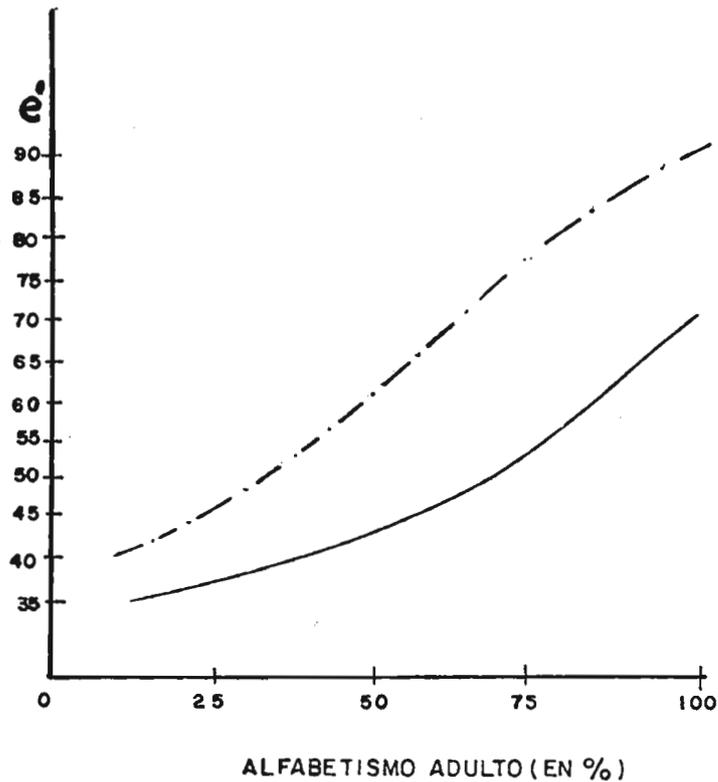


Fig. 4.6 - RELACION ENTRE ESTATUS DE SALUD Y NIVEL SOCIOECONOMICO A 2 NIVELES DE COBERTURA DE AGUA POTABLE EN 65 PAISES EN DESARROLLO.

Una inspección visual de la distribución de los datos para los países con "bajo" y "alto" saneamiento, sugiere fuertemente que la relación no es lineal. Se realizó un esfuerzo para ver en qué grado la forma de la curva logística se ajustaba a los datos y se obtuvieron resultados satisfactorios a pesar de que la convergencia incompleta puede deberse a que se examinaron solo 65 países.

Las pruebas sobre la bondad del ajuste produjeron una  $R^2$  del 50% ( $R=0.70$ ) para los países con "bajo" acceso al agua potable y una

$R^2$  del 56% ( $R=0.75$ ) para los 38 países con "alto nivel" con una significancia de  $P \leq 0.0001$  en ambos casos.

Un sesgo importante puede producirse al relacionar enfermedades por causa específica (infecciosas intestinales) con la esperanza de vida al nacimiento en la cual, como sabemos, concurren todo tipo de enfermedades y la contribución de estas últimas son sólo una fracción (mayor o menor) del total. Por otro lado, están colapsados todos los grupos de edad en la estimación de la esperanza de vida al nacimiento y como ya demostramos, existen grupos de edad que son particularmente más vulnerables a las infecciones gastrointestinales y que se ubican en las edades extremas de la vida -grupos de 0 a 5 y de 70 y más años-. Sin embargo, hay que recordar que no se encontraron disponibles los datos sobre mortalidad o morbilidad para los 65 países.

A pesar de estas consideraciones, se puede concluir que las relaciones estudiadas muestran una fuerte asociación de forma no lineal, que la teoría parece ser apoyada por ésta primera validación empírica y que el caso de México puede arrojar nuevos soportes a la teoría al disponer datos indicadores de mortalidad para los grupos de edad, más afectados, los indicadores de saneamiento y socioeconómicos. A la determinación de esos parámetros y el estudio de su relación se dedican los próximos capítulos.

Por último, debe señalarse que el estudio de Shuval et al enfatiza el hecho de que éste primer ajuste, por ser una razonable descripción de los datos, no excluye otras formas de comportamiento del fenómeno y que por el momento se tiene un soporte teórico que debe estudiarse con mayor profundidad. Además, reconocen que hubo serias limitaciones en los datos publicados por algunos países que implican se cuestione su confiabilidad. A pesar de estas limitaciones, en conjunto la teoría encuentra la razonable impresión de que la teoría puede hallar soporte en el mundo real.

Pruebas más confiables de la teoría del umbral - saturación requerirán el análisis de datos longitudinales y transversales para muchos y diferentes países, particularmente con insumos para áreas rurales y -muy importante-, permanece la búsqueda de la determinación apropiada de indicadores del desarrollo social o cultural, del estatus socioeconómico, solos o en combinación con otros factores políticos, geográficos ó climatológicos que sirvan como mejores predictores más confiables de la respuesta a las inversiones en saneamiento. La construcción de modelos que ayuden a validar esta teoría, serán de gran utilidad a la estimación de los beneficios en salud dependientes de la acción pública, sobre todo en los países en vías de desarrollo.

Veamos ahora el estudio del caso de México.

## CAPITULO V

### EL MODELO MORTALIDAD-SANEAMIENTO PARA LA REPUBLICA MEXICANA

5.1. La información sobre Saneamiento. De los capítulos anteriores se desprende la necesidad de conseguir información relacionada a las cuatro variables principales de nuestro modelo, de esta manera iniciamos con la obtención de los índices de saneamiento (abastecimiento de agua potable y drenaje) para continuar en los capítulos siguientes con los índices de mortalidad infantil y preescolar; así como los de educación o socioeconómicos..

Los índices de saneamiento se diseñaron para el año de 1980 a fin de conseguir la mejor información disponible para el país a nivel entidad federativa y es solamente gracias a los censos que se puede tener éste tipo de información transversal para el mismo punto del tiempo en todo el país; además, se trató de tener los datos más recientes y éstos fueron los que cumplieron tal requisito:

La posibilidad de tener el proceso de saneamiento-mortalidad en las últimas décadas serán objeto de estudio posterior para los años de 1940 a 1970 tan pronto como sean analizados los resultados de validación de la metodología para éste trabajo que sólo se ocupa de 1980. Un estudio de esa naturaleza podría ser de gran utilidad para esclarecer el desarrollo de la

distribución del servicio de saneamiento y su relación con el abatimiento de enfermedades diarreicas en el país pero es necesario calibrar la calidad de la información sobre mortalidad infantil y preescolar en cada año censal. Por el momento nos ocuparemos de la construcción de los índices de saneamiento, el rango en que se manejan, su distribución a lo largo de las entidades federativas del país y la manera en que su cobertura es equitativa o no.

Construcción de los Índices de Saneamiento. Los índices de saneamiento no son otra cosa más que los porcentajes de habitantes en la entidad federativa que recibían en cada caso servicios de suministro de agua potable y drenaje en alguna de sus distintas variantes de acuerdo a la información extraída del X Censo General de Población y Vivienda de la República Mexicana, 1980; así se tiene que:

$$AGPOT = \frac{\sum_{i=1}^{32} P_{i1980}(agpot)}{P_{1980}}$$

$$P_{1980}$$

(1)

$$DREN = \frac{\sum_{i=1}^{32} P_{i1980}(dren)}{P_{1980}}$$

(2)

Donde: AGPOT es el porcentaje de habitantes del país (en las 32 entidades federativas) que poseían servicio de agua potable para el 30 de junio de 1980.

DREN es el porcentaje de habitantes del país que

poseían servicio de drenaje para el 30 de junio de 1980,

$\bar{P}$  es la población media del país al momento del censo, 30 de junio de 1980. (66'315,920).

Conviene señalar tres aspectos muy importantes en la estimación de los índices de saneamiento:

- 1) El censo capta diversos tipos de abastecimiento de agua potable y de drenaje como puede apreciarse en el cuadro XIX; así como diferentes combinaciones de saneamiento; sin embargo, para fines de nuestro análisis, donde interesa más el aspecto de la disponibilidad no se realizó ninguna jerarquización del servicio y solo se estableció la dicotomía entre la posesión o no en la vivienda del mismo.
- 2) La información censal se presenta en la forma que muestran los cuadros XIX y XX. Se puede apreciar que el servicio es asignado a las viviendas y sabemos cuantos individuos habitan las mismas pero a nosotros nos interesa saber cuantos individuos reciben el servicio y cuantos no. Como sabemos que la cantidad de habitantes por vivienda es diferencial por entidad federativa se obtuvieron los índices de saneamiento por habitante y no por vivienda para así poder uniformar la información de saneamiento con la de mortalidad, es decir por habitante. En los mismos cuadros XIX y XX se ilustra la manera en que se estimaron los índices o porcentajes de habitantes por entidad federativa

que reciben agua potable y servicio de desagüe.

- 3) Un supuesto adicional de ésta forma de calcular los índices de saneamiento estriba en el hecho de que en la vivienda se asume que la asignación del servicio de agua potable se distribuye uniformemente entre los habitantes de la misma, sin distinción de edades. Esto implica que donde hay disponibilidad de agua se entiende que a los niños en edad infantil y preescolar corresponde una dotación adecuada de manera que las diferencias en consumo quedará en función de los adultos con quienes conviven en el hogar, así como la forma en que les sea suministrado.

Es claro que el servicio de agua potable a la vivienda y la conexión al drenaje público son, en relación a la otra clase de suministros, los que privilegian mayormente los estados de salud de la población; sin embargo, las fuentes contaminantes que pueden presentarse (por ejemplo, en la toma pública afuera de la vivienda) son asimiladas por la variable socioeconómica de acuerdo al uso, mantenimiento y educación de quienes la comparten. Existe pues, una jerarquía del servicio de saneamiento en nuestro país que puede presentar las siguientes condiciones:

- a) viviendas que disponen de agua entubada dentro de la misma poseen tubería de drenaje pública.
- b) Viviendas que disponen de agua entubada dentro de la misma tienen fosa séptica.
- c) Viviendas que disponen de agua entubada dentro de la misma su desague se dirige al suelo.
- d) Viviendas que disponen de agua entubada dentro de la misma pero que carecen de drenaje o no especificaron que tipo de desague tienen.
- e) Viviendas que no tienen agua entubada dentro de la vivienda pero sí en el edificio o en la llave pública y su desague dirige, ya sea al drenaje público, a una fosa séptica, al suelo o no lo especificaron.
- f) Viviendas que no disponen de ningún abastecimiento de agua potable pero sí de alguna forma de desague, ya sea por medio de drenaje público, fosa séptica, al suelo, etc.
- g) Viviendas que no disponen ni de agua potable ni de drenaje.

Los cuadros XIX y XX muestran el arreglo censal de éstas categorías y se ilustra a manera de ejemplo, la forma en que fueron distribuidos, primeramente, los rubros no especificados luego los porcentajes de viviendas y habitantes que disponen de agua entubada (en alguna de sus presentaciones) y de desague (también de cualquier manera).

Para efectos de nuestro análisis solamente se estableció

INFORMACION CONCERNIENTE A LA OBTENCION DE LOS INDICES DE SANEAMIENTO PARA

LA REPUBLICA MEXICANA. ( 1980 ). ESTADO : SINALOA

2. CENSO X de Vivienda	Total de Viviendas	Con tubería de Drenaje				Sin tube- ría dren.	No espe- cific.
		Fosa Sept.	Público	Suelo	No espec.		
LES	319,834	15,048	90,281	2,844	4,532	181,431	25,69
de agua entubada	214,237	13,517	88,179	2,979	4,086	99,560	6,41
de la Vivienda	137,087	10,230	77,882	1,744	3,537	41,084	2,61
no, Edif. sí.	63,944	2,811	9,302	628	453	47,652	3,68
no, llave pub. sí	13,206	476	995	107	96	10,814	7,18
men de agua	102,096	1,531	2,102	365	446	81,871	15,78
ificado	3,501	-	-	-	-	-	3,50
3 CENSO X de Vivienda	Total de Ocupantes	Con tubería de Drenaje				Sin tube- ría dren.	No espe- cific
		Fosa Sept.	Público	Suelo	No espec.		
LES	1'833,487	84,620	489,233	16,430	84,597	1'670,530	147,677
de agua entubada	1'224,553	76,680	477,920	14,715	22,170	595,470	38,178
de la vivienda	764,852	57,202	419,201	10,358	19,128	243,735	15,228
no, Edif. sí	386,934	16,308	53,337	3,816	2,538	291,918	19,017
no, llave pub. sí	72,767	8,570	5,382	541	504	59,817	3,953
men de agua	590,597	8,540	11,313	2,115	2,427	475,060	91,142
ificado	18,337	-	-	-	-	-	18,33
A DE VIVIENDA	Total de Viviendas	Con tubería de Drenaje				Sin tube- ría dren.	No espe- cific
		Fosa Sept.	Público	Suelo	No espec.		
LES	319,834	15,048	90,281	2,844	4,532	181,431	25,69
de agua entubada	216,608	13,517	88,179	2,479	4,086	99,560	8,78
de la Vivienda	137,087	10,230	77,882	1,744	3,537	41,084	2,610
no, Edif. sí	63,944	2,811	9,302	628	453	47,662	3,088
no, llave pub. sí	13,206	476	995	107	96	10,814	718
men de agua	103,226	1,531	2,102	365	446	81,871	16,911
IA DE VIVIENDA	Total de Ocupantes	Con tubería de Drenaje				Sin tube- ría dren.	No espe- cific
		Fosa Sept.	Público	Suelo	No espec.		
LES	1'833,487	84,620	489,233	16,830	24,597	1'070,530	147,67
de agua entubada	1'236,924	76,080	477,920	14,715	22,170	595,470	50,569
de la Vivienda	764,852	57,202	419,201	10,358	19,128	243,735	15,228
no, Edif. sí	386,934	16,308	53,337	3,816	2,538	291,918	19,017
no, llave pub. sí	72,767	2,570	5,382	541	504	59,817	3,95
men de agua	596,563	8,540	11,313	2,115	2,427	475,060	47,10

INFORMACION CONCERNIENTE A LA OBTENCION DE LOS INDICES DE SANEAMIENTO  
 PARA LA REPUBLICA MEXICANA ( 1980 ) ESTADO: SINALOA

de Vivienda	Número de Vivienda	Con tubería de Drenaje		Sin tubería de Drenaje	No Especificado.
		Público	Forma Rústica		
de agua entubada	216,608	88,179	80,082	99,560	8,787
nen de agua ent.	103,226	2,102	2,342	81,871	16,911
<b>A L E S</b>	<b>319,834</b>	<b>90,281</b>	<b>82,484</b>	<b>181,431</b>	<b>25,698</b>

de Vivienda	Número de Ocupantes	Con tubería de Drenaje		Sin tubería de Drenaje	No Especificado.
		Público	Forma Rústica		
de agua entubada	1'236,924	477,920	112,955	595 470	50,569
nen de agua ent.	596,563	11,313	13,082	475,060	97,108
<b>A L E S</b>	<b>1'833,487</b>	<b>489,233</b>	<b>126,047</b>	<b>1'070,530</b>	<b>147,677</b>

de Análisis	Número de Ocupantes por Viv.	Con tubería de Drenaje		Sin tubería de Drenaje	No Especificado.
		Público	Forma Rústica		
de agua entubada	3.867	1.49427	0.3531990	2.862809	0.15811
nen de agua ent.	1.865	0.035371	0.0409024	1.485333	0.30362
<b>A L E S</b>	<b>5.732</b>	<b>1.529641</b>	<b>0.3941014</b>	<b>3.347242</b>	<b>0.46173</b>

de Análisis	Habitantes por c/1000 Viviendas	Con tubería de Drenaje		Sin tub de Drenaje	No Especificado.
		Público	Forma Rústica		
de agua entubada	3,867	1,494	353	1,862	158
nen de agua ent.	1,865	35	41	1,485	303
<b>A L E S</b>	<b>5,732</b>	<b>1,529</b>	<b>394</b>	<b>3,347</b>	<b>461</b>

de Análisis	% de Habitantes.	Con tubería de Drenaje		Sin tubería de Drenaje	No Especificado.
		Público	Forma Rústica		
de agua entubada	67.46	26.06	6.16	38.48	2.76
nen de agua ent.	32.54	0.61	0.71	25.90	5.28
<b>T A L E S</b>	<b>100.00</b>	<b>26.67</b>	<b>6.87</b>	<b>58.38</b>	<b>8.04</b>



e Saneamiento= 67.46

condición de disponibilidad o ausencia de los servicios, es decir, lo importante es tener la proporción de gentes que reciben alguna dotación de agua potable sin distinguir si es dentro de su vivienda o en el edificio o en la toma pública. Igualmente no importa si el drenaje es público o rústico (fosa séptica, suelo etc.) sino que exista la facilidad de hacer el desague de excretas y aguas negras al exterior de la vivienda. Repitiendo el procedimiento de cálculo de los cuadros XIX y XX para todas las entidades federativas del país (32) se obtuvieron los índices de saneamiento correspondientes a cada una de ellas utilizando las ecuaciones (1) y (2) para cada estado [57]. En el cuadro XXI se exponen los resultados obtenidos para las entidades federativas del país de los índices de saneamiento. También se muestran los índices de mortalidad infantil y preescolar y los de la variable socioeconómica que veremos más adelante.

[57] En este caso, a nivel entidad federativa se tiene:

$$agpot = \sum_{i=1}^n \frac{P(n)_{agpot}}{P_i} \quad \text{y} \quad dren = \sum_{i=1}^n \frac{P(n)_{dren}}{P_i}$$

donde:  $P_i$  = es la población media en la entidad federativa al nombre del censo

$n$  = es el número de municipios en la entidad federativa "i"

$P(n)_{agpot}$  y  $P(n)_{dren}$  es la población con servicio de agua potable y drenaje en el municipio (n) de la entidad federativa "i", respectivamente.

MORTALIDAD Y SANEAMIENTO EN 1980

ENTIDAD FEDERATIVA	DIARRÉICAS Y PARASITARIAS			INDICES DE SANEAMIENTO		
	1M0	4M1	5M0	AGPOT	DREN	PREP
BASCALIENTES	16.22	1.47	4.51	88.45	70.26	17.90
CALIFORNIA NORTE	12.16	0.51	3.09	77.48	59.81	27.40
CALIFORNIA SUR	14.50	0.79	3.78	78.03	41.14	24.50
COPECHE	14.32	1.13	3.84	60.07	32.30	17.60
CHUILA	13.48	1.12	3.68	85.38	53.38	22.90
CHIHUAHUA	15.54	1.37	4.27	85.00	56.84	21.10
CHAPAS	23.78	3.00	7.31	43.87	23.55	8.00
CHIHUAHUA	14.23	1.14	3.88	78.04	51.17	19.80
CIUDAD FEDERAL	8.86	0.76	2.41	92.82	83.47	37.40
COAHUILA DE ZARAGOZA	8.37	0.63	2.23	73.82	34.44	15.40
GUANAJUATO	14.63	1.87	4.39	69.85	46.35	11.60
GUERRERO	16.81	2.36	5.46	47.23	21.77	12.20
GUERRERO	16.01	2.46	5.19	60.71	26.35	12.70
GUERRERO	11.79	1.16	3.32	78.53	65.83	17.90
GUERRERO	14.11	1.86	4.26	82.53	65.66	21.80
GUERRERO	15.85	2.00	4.81	67.43	44.65	12.90
GUERRERO	14.33	1.39	4.03	76.97	45.72	22.00
GUERRERO	12.58	0.67	2.94	71.69	32.58	18.90
GUERRERO	6.22	0.48	1.65	87.97	65.30	30.20
GUERRERO	25.46	4.20	8.75	44.95	14.07	8.40
GUERRERO	15.02	2.42	4.98	59.80	33.85	13.60
GUERRERO	14.18	2.06	4.42	66.55	34.70	14.60
GUERRERO	11.69	1.04	3.20	58.30	29.56	16.70
GUERRERO	11.20	1.35	3.35	51.25	30.27	13.50
GUERRERO	12.35	0.69	3.01	67.46	33.34	19.20
GUERRERO	15.13	0.74	3.91	83.86	48.25	24.60
GUERRERO	22.86	2.05	6.38	70.83	48.51	12.90
GUERRERO	12.08	0.80	3.15	39.72	36.76	22.20
GUERRERO	14.12	2.27	4.44	73.18	27.64	16.20
GUERRERO	16.08	1.74	4.68	49.20	35.63	13.70
GUERRERO	10.95	1.25	3.21	49.80	29.24	16.40
GUERRERO	10.58	0.94	2.92	58.13	25.00	10.00

NOTA: Para la variable PREP, CONAPO, "Geografía del Bienestar", información no publicada. Las otras variables: Estimaciones propias, ver metodología.

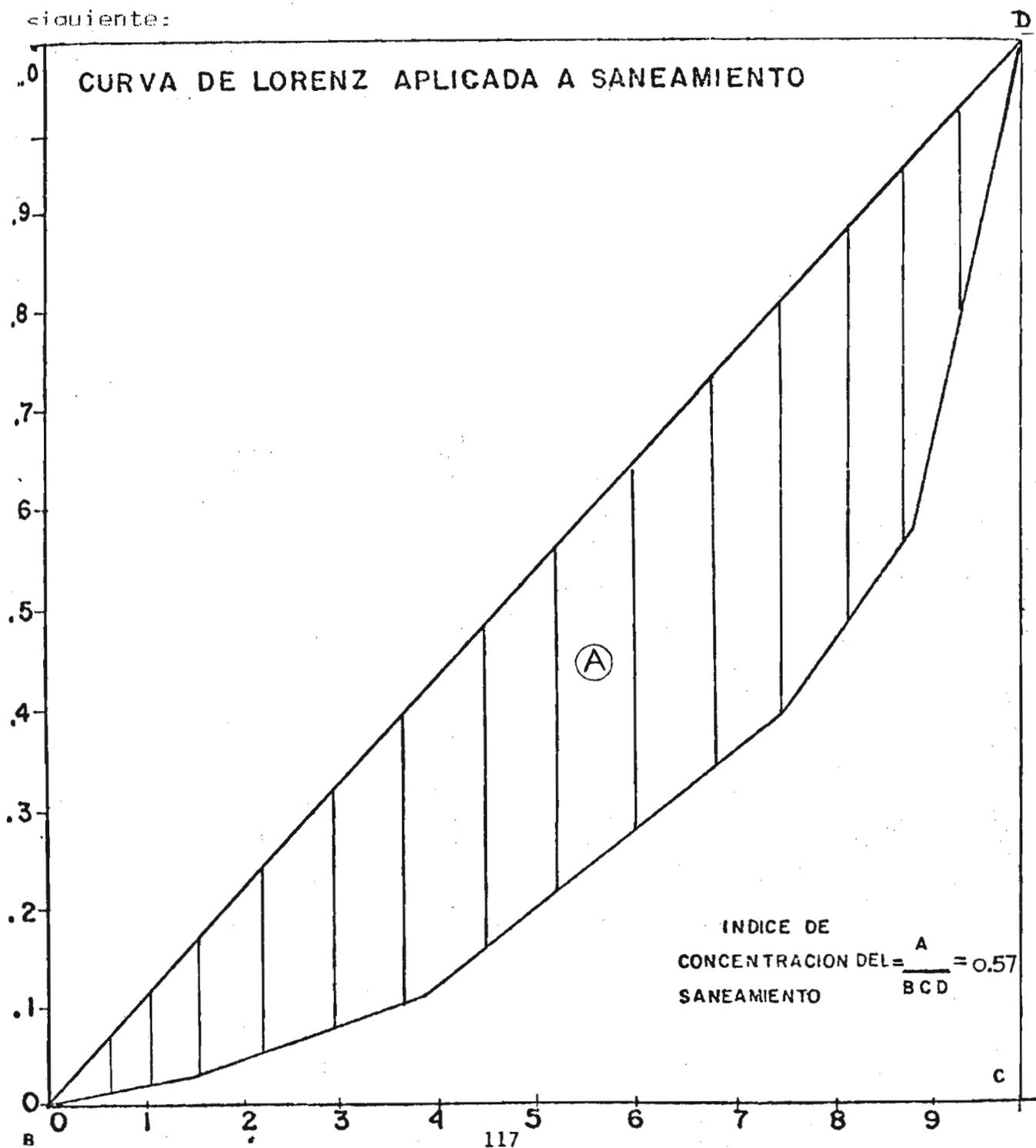
Análisis de los índices de saneamiento en México (1980). A partir del cuadro XXI podemos elaborar un análisis sobre las condiciones de saneamiento que ofrecía el país al momento del censo [58]. En relación a la cobertura nacional, el 70.63% de la población total tenían acceso al servicio de agua potable, la cual representa 46'836,897 de habitantes, mientras que el sólo la mitad (49.30%) disponían de servicios de desagüe, esto es, 32'693,748 habitantes. El rango en que se mueve la cobertura nacional varía desde un 39.72% de cobertura en agua potable en Tabasco a un 92.82% en el Distrito Federal por un 14.07% de cobertura en drenaje en Oaxaca a un 83.47% en el Distrito Federal, lo cual significa unas diferencias porcentuales de 53.10% y del 69.40% respectivamente.

En cuanto a la distribución del servicio de saneamiento se encontró una gran inequidad en el país puesto que, mientras que cuatro entidades del país (Distrito Federal, México, Jalisco y Veracruz) que albergan al 39.18% de la población total del país concentran el 46.70% de la población con saneamiento, 20 entidades en que habita el 30.44% de la población total del país disponen solamente del 27.84% del saneamiento instalado. Los

---

[58] El total de habitantes censados (66'846,833) no coincide con nuestro total (66'315,920) puesto que solamente estamos considerando los habitantes que se alojan en viviendas u hogares. La diferencia (530,913) se explica por los mexicanos que prestan sus servicios en el exterior, las fuerzas armadas, que residen en asilos, reclusorios, etc. y que no entran en nuestro campo de estudio.

restantes 8 estados, con 30.38% del total de habitantes ocupan el 25.46% del servicio. Para poder llegar a éstos resultados se imitó el proceso de cálculo que utiliza la curva de Lorenz para la distribución del ingreso económico en las poblaciones. Como resultante de este tipo de análisis se encontró la curva siguiente:



La forma de la curva implica una clara desigualdad en la distribución regional del servicio de saneamiento. Todaro [59] considera que valores del índice de Gini que oscilan entre 0.50 y 0.80 representan condiciones de inequidad. En nuestro caso el índice de Gini viene siendo un símil del índice de concentración del Saneamiento.

Con la misma metodología se han construido índices como el de concentración de Población Urbana [60] y el que ahora proponemos de saneamiento. En el anexo se describe y se discute con mayor detalle la obtención y procedimiento de cálculo que nos condujo a las conclusiones ya mencionadas. Su posible aplicación a los años censales previos (1940-1970) nos arrojarían la transición de las condiciones de saneamiento en el país a través del tiempo y ver si ésta inequidad actual es un proceso que se ha venido ampliando o ensanchando.

Nuestra población objetivo, los niños menores de cinco años exactos representan una proporción casi constante de la población total por entidad federativa -entre un 12 y 15%-. Este hecho, aunado a que los índices de hacinamiento (número de habitantes por vivienda) en las entidades federativas no mostrò mucha varianza de 4.88 en Baja California a 6.28 en Guanajuato,

---

[59] Todaro, Michel, "Economic Development in the third World", Second Edition, Longman Inc., New York, U.S.A. 1981. pp. 90-143.

[60] Shiryock & Siegel, "The Methods and Materials of Demography". Studies in Population, Academic Press, London, England, 1976. pp. 96-102.

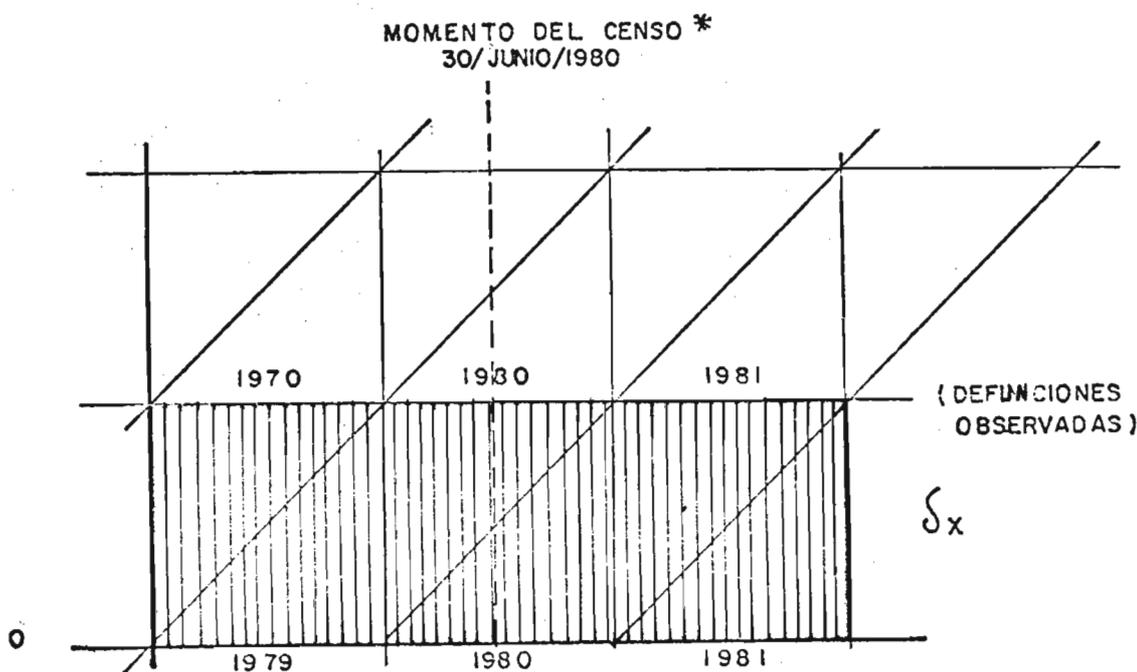
oscilando entre 5 y 6 para casi todo el país nos hace suponer que los sesgos que podrían introducirse en el análisis de regresión serían mínimos.

En resumen, suponemos que en promedio, viven entre 4 y 6 habitantes en cada vivienda de las cuales, cerca del 15% son menores de 5 años y que las diferencias en las coberturas sanitarias estatales determinarán junto con otras variables socioeconómicas, los niveles de morbilidad y mortalidad debidos a enfermedades infecciosas intestinales de las 32 entidades federativas. Ahora, conviene avanzar en la construcción de los índices de mortalidad a nivel entidad federativa para contrastarlo con los índices de saneamiento y observar que tipo de relación existe entre ambas variables.

## CAPITULO VI

### LA INFORMACION SOBRE MORTALIDAD INFANTIL Y PREESCOLAR

Una vez que la información sobre los índices de saneamiento ha sido estimada para el 30 de junio de 1980, fue necesario calcular los índices -en este caso, tasas- de mortalidad infantil y preescolar para el mismo corte transversal. Así, consideramos que una primera aproximación a la obtención de dichas tasas resultaba de promediar las defunciones totales y por causas de origen hídrico para los años 1979, 1980 y 1981 para "empatar" la información en la misma fecha. Esquemáticamente se tiene:



**FIG. 6.1. DIAGRAMA DE LEXIS PARA LA INFORMACION DE MORTALIDAD - SANEAMIENTO.**

\* En realidad, el Censo de Población y Vivienda se llevó a cabo el 4 de junio de 1980 pero, en términos prácticos, se hablará aquí de su realización al 30 de junio de 1980 y éste desplazamiento carece de efectos importantes o muy significativos en la metodología desarrollada.

donde se calcula:

$${}_n m_x^i = \frac{[{}_n d_x^i(1979) + {}_n d_x^i(1980) + {}_n d_x^i(1981)]}{\frac{3}{{}_n P_x^{(1980)}}$$

es decir, si  $m$  es la tasa de mortalidad por causa específica de muerte del grupo de edad  $(x, n)$ ,  $d$  son las defunciones observadas por causa específica de muerte en el grupo de edad  $(x, n)$  y  ${}_n P_x$  es la población media del grupo de edad  $(x, n)$ , entonces se tiene una tasa promedio de mortalidad específica centrada al 30 de junio de 1980, barriendo algunos problemas de temporalidad en el registro de defunciones en el caso de tener observaciones para el exclusivo año de 1980. Sin embargo, el cálculo de estas tasas observadas\* distan mucho de ser unas tasas adecuadas al tipo de estimación que se pretende realizar en este estudio ya que no se está cubriendo el tradicional subregistro que presentan los grupos de edad que, en particular nos interesan. Considerando que el ajuste de estas tasas observadas nos conducirán a valores diferentes, esto es:

$${}_n m_x^i \neq \hat{m}_x^i$$

Se presentan dos problemas fundamentales que debe subsanar la metodología de ajuste de tasas de mortalidad:

- 1) Construir tasas de mortalidad general observadas para los

---

\* La información se capturó en el Registro Continuo de Estadísticas Vitales de la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

grupos 0-1 y 1-4 y por causa específica de muerte [61] tomando en cuenta las poblaciones medias captadas por el X Censo de Población y Vivienda para esos grupos de edad y...

- 2) Estimar la proporción o medida en que contribuyen las enfermedades de origen hidrico sobre el total de defunciones por entidad federativa.

En el cuadro del anexo se enlistan las causas de muerte del grupo 1 que se tomaron en cuenta para el análisis, pues de la original clasificación de Bradley (capítulo I de este trabajo) a las Clasificación Internacional de Enfermedades, existe un buen número de enfermedades que han sido erradicadas en nuestro país, (por ejemplo: el cólera) y otras que no se han presentado nunca o quedan en el rubro de infecciones intestinales mal definidas. Además, el mismo cuadro presenta la manera en que fue captada la información de mortalidad para cada entidad federativa y para cada año. Por la necesidad de espacio no se ilustran las 96 retículas de captación de información pero se muestra a manera de ejemplo el caso de Sinaloa y en el cuadro XXIII se resume la información obtenida y los coeficientes de mortalidad proporcional por causas del grupo 01 para los grupos de edad que nos interesan.

---

[61] En nuestro caso de estudio, nos interesan las enfermedades del grupo I de la Clasificación Internacional de Enfermedades de la Organización de la Salud que se presentan en el anexo y que en adelante, llamaremos defunciones por causas del grupo 01.

CUADRO XXIII MORTALIDAD PROPORCIONAL (COEFICIENTES) DE LAS ENFERMEDADES DEL GRUPO 01 RESPECTO AL TOTAL DE DEFUNCIONES POR GRUPOS DE EDAD.

EDAD FEDERATIVA	POBLACION MEDIA POR GRUPOS DE EDAD			TODAS LAS CAUSAS GRUPO 0-1				DEFUNCIONES POR CAUSAS DEL GRUPO 0-1 EN NIÑOS DE 0-1 AÑO				TODAS LAS CAUSAS GRUPO 1-4				DEFUNCIONES DEL GRUPO 1-4 AÑOS				COEFICIENTES DE PROPORCIONALIDAD				
	op1	IP4	op5	1do <sup>79</sup>	1do <sup>80</sup>	1do <sup>81</sup>	1do	1do <sup>199</sup>	1do <sup>180</sup>	1do <sup>181</sup>	1do	4d1	4d1	4d1	4d1	1979	1980	1981	Σd's	3	180	4R1	5R0	
ASCALIENTES	15128	64189	79317	964	962	840	922	312	296	222	276	185	186	167	179	60	60	32	152	50	0.3000	0.2825	0.2972	
BAJACALIFORNIA	27763	119886	147649	1290	1202	959	1150	331	271	198	266	256	213	191	220	33	21	14	68	22	0.2318	0.1030	0.2111	
BAJACALIFORNIA SUR	6146	25163	31509	298	328	320	315	80	103	91	91	54	37	65	52	12	7	8	27	9	0.2896	0.1750	0.2731	
BECHE	10013	52080	62093	425	519	380	441	119	154	114	129	131	136	102	123	38	28	28	94	31	0.2923	0.2547	0.2841	
BHUILA	39316	176838	216154	1794	1819	1586	1733	437	519	410	455	360	363	327	350	61	110	73	244	81	0.2627	0.2324	0.2576	
BIMA	8614	39974	48588	520	481	423	474	142	117	102	120	214	178	179	190	48	36	30	122	40	0.2535	0.2137	0.2421	
BPAS	53829	253903	307732	2507	2628	2770	2635	788	849	913	850	1252	1537	1455	1414	447	541	480	1468	439	0.3226	0.3459	0.3307	
BHUAHUA	46507	207064	253571	2619	2777	1963	2453	621	738	465	608	664	666	594	641	137	147	97	381	127	0.2478	0.1980	0.2375	
TRITO FEDERAL	206405	860498	1066901	10861	10783	9774	10472	2185	2651	1789	2001	1398	1190	1037	1205	273	226	171	670	223	0.1911	0.1053	0.1905	
AMGO	30920	142610	173530	1014	940	891	948	156	166	140	154	252	208	239	259	36	35	32	103	34	0.1624	0.1522	0.1559	
BAJUATO	82155	364952	447107	7646	6852	6898	7132	1736	1752	1549	1679	1740	1620	1499	1619	485	496	408	1389	463	0.2354	0.2859	0.2447	
BKERO	55130	255059	310189	2208	2201	1847	2085	537	524	462	507	1728	1272	1182	394	543	370	362	1275	425	0.2434	0.3049	0.268	
ALGO	41620	189613	231225	2576	2779	2629	2661	521	559	574	551	920	955	865	913	223	274	225	722	240	0.2072	0.2635	0.2216	
BSCO	114534	497188	611722	6831	6539	5939	6436	1511	1467	1185	1387	1724	1466	1275	1488	407	338	229	974	324	0.2156	0.2181	0.216	
ICG	203394	907572	1110966	12761	13385	14446	13530	3057	3129	3200	3128	3642	2910	2807	3119	459	379	293	2740	913	0.2312	0.2928	0.2427	
MOACAN	71125	338244	409369	3934	3789	3165	3629	1053	986	718	919	1457	1268	1024	1249	106	75	49	1131	377	0.2532	0.3017	0.2656	
ELOS	22966	106484	129450	833	762	669	754	230	189	153	190	398	292	244	311	47	38	38	230	76	0.2526	0.2465	0.2509	
FRIT	18857	87787	106644	552	469	418	479	139	126	103	122	418	210	198	275	74	68	40	123	41	0.2557	0.1489	0.2167	
NO LEON	63924	275965	339889	2143	2117	2209	2256	395	383	255	344	392	488	397	425	1261	1067	954	182	60	0.1526	0.1425	0.1510	
ACA	57582	275004	332586	3994	4184	3524	3874	1068	1091	1011	1056	3764	3586	2693	3347	1261	1067	954	3282	1094	0.2729	0.3268	0.2941	
ELA	89289	435217	494506	8335	8094	7214	7881	1537	1524	1438	1499	3514	3188	2655	3119	899	781	677	2357	785	0.1983	0.2519	0.2078	
PETARO	22244	96707	118951	1447	1650	1629	1575	297	376	340	337	455	386	378	406	128	124	96	348	116	0.2143	0.2855	0.2289	
MIANA ROO	7228	30350	37878	203	311	161	225	51	63	42	52	66	95	59	73	18	20	11	49	16	0.2311	0.2227	0.229	
LUIS POTOSI	46202	203809	250011	2352	2050	1989	2130	478	433	370	427	850	700	681	743	204	191	154	549	183	0.2004	0.2460	0.2122	
ALOA	49325	218963	268288	1232	1185	925	1114	294	342	209	281	514	462	428	468	88	77	55	220	73	0.2528	0.1567	0.2247	
ORA	59239	166343	205582	1901	1740	1508	1716	554	488	366	469	382	350	299	343	45	56	41	142	47	0.2735	0.1377	0.2506	
AGUILAS	47309	208922	256231	1551	1719	1342	1537	336	430	326	364	381	154	354	396	70	73	58	201	67	0.2368	0.1800	0.2229	
ASCO	30340	135758	166098	1746	1850	1501	1699	656	613	491	586	573	613	528	571	160	197	127	484	161	0.3152	0.2824	0.3291	
COALA	14928	67780	82708	1399	1169	1722	1430	285	236	353	291	274	215	290	259	84	54	88	226	75	0.2057	0.2901	0.211	
ACRUZ	132842	602266	735108	5352	5223	4670	5081	1358	1460	1184	1334	2371	2387	1849	2202	701	636	469	1806	602	0.2625	0.2733	0.2658	
ATAN	24771	115075	138846	1596	1532	1275	1467	342	325	234	300	493	557	354	468	129	116	90	335	111	0.2046	0.2386	0.2128	
ATECAS	32230	144440	176670	1956	1871	1665	1830	427	354	323	368	472	382	372	408	98	66	66	230	76	0.201	0.1876	0.1988	

NOTA: Para poblacion; Y Censo General de Poblacion y Vivienda, para defunciones: Registro Continuo de Estadísticas Vitales de la D.G.E.

Estos coeficientes de proporcionalidad (1RO, 4R1 y 5RO) nos indican la contribución porcentual de la mortalidad por enfermedades del grupo 01 respecto del total en mortalidad para los grupos específicos de edad.

En Chiapas, el 32.26% de las defunciones en menores de un año se debe a enfermedades diarreicas contra un 15.26% que contribuyen en Nuevo León. Además, la magnitud de las tasas de mortalidad son muy diferentes como veremos más adelante. En general, la contribución promedio de éstas enfermedades supera el 20% de la mortalidad total en los niños menores de 5 años.

Cabe recordar que estos coeficientes proceden de información sobre mortalidad "no corregida" pero se mantendrán constantes al ser aplicadas a las tasas de mortalidad corregidas bajo el supuesto de que las causas de muerte se encuentran subestimadas en la misma proporción. Así pues, nos encontramos en la posibilidad de construir las probabilidades de fallecer por grupos de edad por todas las causas de muerte para después proceder al cálculo de las tasas de mortalidad por causa específica no sin antes resaltar algunas consideraciones:

- La información sobre mortalidad exige correcciones del orden demográfico.
- Trabajar con tasas de mortalidad en lugar de probabilidades de fallecer. Una completa descripción de éstas

transformaciones puede verse en... Chin Long Chiang, "the life table and its applications" (pp. 71-90).

Un somero análisis del cuadro XXIII ratifica la hipótesis del hecho propuesto por la relación "a mayor saneamiento menor mortalidad del grupo 01", sin embargo, también se aprecian serias divergencias como el caso de Durango, donde se observa la menor mortalidad proporcional con un servicio de saneamiento que se ubica arriba de la media nacional.

Por otro lado, tenemos el caso de Aguascalientes, que con un alto nivel de saneamiento (el segundo de mayor cobertura en el país) presenta una mortalidad proporcional que se ubica entre las cinco más altas del país.

Algunos casos más presentan discrepancias respecto a nuestra hipótesis (Zacatecas, Estado de México y Colima) pero la mayoría de los casos apuntan a confirmarla. Sin embargo, es conocido el hecho de que el subregistro y calidad de la información sobre mortalidad, particularmente en éstos grupos de edad, sea de diferente nivel en los estados de la República, motivo por el cual se exige un ajuste a dicha información con las herramientas demográficas conocidas.

El cuadro XXIV nos muestra las probabilidades de fallecer entre las edades 0-1 (mortalidad infantil) y entre 1-4 (mortalidad preescolar) por todas las causas a nivel entidad federativa para 1980 [62]. Además, se suma una medida ponderada (5q0) que resume la probabilidad de fallecer entre el nacimiento y antes de cumplir el quinto aniversario. El programa del que se desprenden las estimaciones de éstas probabilidades proviene de interpolaciones en tablas Modelo de Naciones Unidas Patrón Latinoamericano para un nivel de esperanza de vida al nacimiento (por sexo) que refleja las condiciones de mortalidad en el país para 1980. Este paso fue indispensable para construir las tasas específicas de mortalidad que pretenden corregir el subregistro de las defunciones en las distintas entidades federativas del país ya que a esas disparidades se pueden deber los sesgos en la hipótesis planteada. Tradicionalmente, los estados de Zacatecas

---

[62] Las estimaciones del cuadro XXIII se deben al Profr. Virgilio Partida de El Colegio de México a quien se le agradece su colaboración.

Durango y el Estado de México se encuentran entre aquellos cuya información estadística respecto de mortalidad infantil y preescolar no es considerada buena. Algunos trabajos donde se puede revisar el aspecto de la cobertura e información sobre mortalidad infantil se encuentra en publicaciones de Cordero, Ordorica, Herrero y Camposortega\*.

- 
- [\*] En el caso de México, diversos estudios han mostrado los problemas de estimación de la mortalidad infantil al utilizar información de estadísticas vitales y censos, entre ellos podemos citar a:
- Cordero, Eduardo., "La subestimación de la mortalidad infantil en México", Demografía y Economía. Vol. II, No. 1, El Colegio de México, México, D.F., 1968.
- Ordorica, M. et al, "Evaluación de la mortalidad infantil en la República Mexicana, 1930-1970", Evaluación y Análisis, Serie III, No. 1, Dirección General de Estadística, México, D.F., 1976.
- Aguirre y Camposortega Sergio, "Evaluación de la información básica sobre mortalidad infantil en México", Demografía y Economía, Vol. XIV, No. 4, El Colegio de México, México, D.F., 1981.
- Herrero, Juan Manuel, "El uso de registros continuos y censos para el estudio de la sobrevivencia en la infancia", ponencia presentada en el Taller Internacional de Sobrevivencia Infantil en Teotihuacán, México, 21-24, Agosto de 1985. México, D.F.

CUADRO XXIV Probabilidades de fallecer por grupos de edad y por entidad federativa, 1980.

	PROBABILIDADES DE FALLECER 1980								
	MASCULINAS			FEMENINAS			AMBOS SEXOS		
	100	401	500	100	401	500	100	401	500
AGUASCALIENTES	0.05937	0.02302	0.08102	0.04389	0.01801	0.06111	0.05182	0.02056	0.07131
BAJA CALIFORNIA NORTE	0.05786	0.02211	0.07870	0.04240	0.01697	0.05865	0.05032	0.01958	0.06892
BAJA CALIFORNIA SUR	0.05529	0.02056	0.07471	0.04056	0.01567	0.05559	0.04810	0.01815	0.06538
CAMPECHE	0.05305	0.01927	0.07130	0.04090	0.01590	0.05616	0.04712	0.01762	0.06391
COAHUILA	0.05396	0.01979	0.07269	0.04435	0.01834	0.06187	0.04927	0.01908	0.06741
COLIMA	0.06676	0.02771	0.09262	0.04986	0.02258	0.07131	0.05851	0.02518	0.08223
CHIAPAS	0.07911	0.03633	0.11257	0.06012	0.03142	0.08966	0.06985	0.03391	0.10139
CHIHUAHUA	0.06165	0.02443	0.08458	0.04786	0.02098	0.06783	0.05492	0.02273	0.07641
DISTRITO FEDERAL	0.04910	0.01705	0.06532	0.04003	0.01532	0.05473	0.04468	0.01620	0.06015
DUFANGO	0.05764	0.02198	0.07835	0.04084	0.01586	0.05606	0.04945	0.01897	0.06748
GUANAJUATO	0.06759	0.02825	0.09393	0.05053	0.02311	0.07248	0.05927	0.02572	0.08347
GUERRERO	0.07672	0.03458	0.10866	0.05397	0.02597	0.07853	0.06562	0.03033	0.09396
HIDALGO	0.08348	0.03954	0.11972	0.06218	0.03334	0.09345	0.07309	0.03648	0.10690
JALISCO	0.05906	0.02283	0.08054	0.04542	0.01915	0.06369	0.05240	0.02102	0.07232
MEXICO	0.06648	0.02753	0.09218	0.04963	0.02239	0.07091	0.05826	0.02500	0.08180
MICHOACAN	0.06821	0.02867	0.09492	0.05076	0.02330	0.07288	0.05970	0.02602	0.08416
MORELOS	0.06209	0.02471	0.08527	0.04607	0.01963	0.06480	0.05427	0.02221	0.07528
NAYARIT	0.05378	0.01969	0.07242	0.04050	0.01563	0.05550	0.04730	0.01770	0.06416
NUEVO LEON	0.04154	0.01312	0.05412	0.03716	0.01344	0.05010	0.03941	0.01328	0.05216
OAXACA	0.09868	0.05171	0.14529	0.07604	0.04763	0.12005	0.08764	0.04970	0.13298
PUEBLA	0.08720	0.04243	0.12593	0.06138	0.03258	0.09196	0.07461	0.03756	0.10936
QUERETARO	0.07358	0.03235	0.10355	0.05179	0.02412	0.07466	0.06295	0.02829	0.08946
QUINTANA ROO	0.05759	0.02195	0.07828	0.03911	0.01471	0.05325	0.04858	0.01838	0.06600
SAN LUIS POTOSI	0.06086	0.02392	0.08332	0.04579	0.01943	0.06433	0.05351	0.02171	0.07400
SINALOA	0.05479	0.02026	0.07394	0.03877	0.01449	0.05269	0.04697	0.01742	0.06350
SONORA	0.06067	0.02381	0.08304	0.04491	0.01876	0.06283	0.05298	0.02133	0.07310
TABASCO	0.07174	0.03109	0.10061	0.05385	0.02587	0.07832	0.06301	0.02852	0.08970
TAMAULIPAS	0.05690	0.02153	0.07720	0.04067	0.01574	0.05577	0.04898	0.01868	0.06670
TLAXCALA	0.07506	0.03337	0.10592	0.05616	0.02784	0.08244	0.06584	0.03065	0.09440
VERACRUZ	0.06756	0.02823	0.09389	0.04893	0.02183	0.06969	0.05847	0.02508	0.08200
YUCATAN	0.05383	0.01971	0.07248	0.04870	0.02165	0.06929	0.05132	0.02066	0.07090
ZACATECAS	0.05794	0.02216	0.07882	0.04270	0.01717	0.05914	0.05051	0.01971	0.06920

El siguiente paso, el cálculo de las tasas específicas de mortalidad por causas del grupo 01; implica la asimilación de supuestos importantes; los principales son los siguientes:

1) Los coeficientes de proporcionalidad obtenidos para la mortalidad por causas del grupo 01 respecto a la mortalidad general se mantienen constantes, es decir, se consideró que el subregistro de las defunciones por causa de muerte no era diferencial entre lo observado y lo estimado. Por ejemplo, la distribución relativa de mortalidad por las principales causas de muerte en niños se mantenía constante y no se infería si las infecciones intestinales se estimaban en mayor o menor medida que las enfermedades respiratorias, las alteraciones congénitas, accidentes, meningitis etc., sino que se establece que las omisiones eran proporcionalmente iguales, o sea, se tiene que:

2) Las tasas específicas de mortalidad por causa de la población estacionaria serían equivalentes a las tasas específicas de mortalidad de la población observada. De esta manera, haciendo:

$nq_x$  la probabilidad de fallecer antes del año "n" teniendo "x" años por todas las causas de muerte,

$nM_x$  la tasa de mortalidad de la población estacionaria para la  $nq_x$  correspondiente,

N el intervalo de edad correspondiente y

$nAx$  como la fracción del último año del intervalo de vida, estimados por el método propuesto por Coale & Demery, se tiene que:

$$nqx = \frac{N \cdot nMx}{1 + (N-nAx) nMx} \quad (1)$$

Despejando, bajo el supuesto de que  $nMx = nMx$ , se tiene:

$$nMx = \frac{nqx}{N - (N-nAx)nqx} \quad (2)$$

Aquí, se encuentran las tasas específicas de mortalidad por todas las causas de muerte y como nos interesan solo el grupo 01 de causas acudimos al primer supuesto, entonces para la mortalidad proporcional se tiene que:

$$nR_x^i = \frac{nd_x^i}{nMx} = \frac{nMx}{nqx} \quad (3)$$

donde "i" es un grupo específico de causas de muerte y  $nR_x^i$  es la constante de proporcionalidad para el grupo "i" de causas de muerte respecto al total en el intervalo de edad (x,n).

Concluimos, si despejamos que de la ecuación (3)

$$nMx = nMx [nd_x^i] \quad (4)$$

y de  $nMx = nMx$  se tiene finalmente que:

$$nMx = nMx [nR_x^i] \quad (5)$$

Igualmente, el cuadro (XXIV a) muestra los resultados de este paso.

Así, la fracción de muertes por causas específicas de los datos observados, o sea la constante de proporcionalidad  $nR_x^i$  es igual para las tasas ajustadas, de manera que basta con multiplicar éste coeficiente por las tasas específicas de mortalidad general ajustadas para obtener nuestras tasas específicas de mortalidad

por causas del grupo 01. Los cuadros XXI y XXIV a muestran, en definitiva, las tasas de mortalidad de las cuales nos ocuparemos en adelante con su relación a los índices de saneamiento.

Un ejemplo de obtención de las tasas específicas de mortalidad por causa del grupo 01 sería, tomando alguna de las entidades federativas, (Sinaloa), como se indica a continuación:

1. Del cuadro XXIV. Probabilidades de fallecer 1980.

	----- ambos sexos -----		
Sinaloa	<u>1g0</u>	<u>4g1</u>	<u>5g0</u>
	0.04697	0.01742	0.06358

2. Con la fórmula (1) se obtiene

	----- ambos sexos -----		
Sinaloa	<u>1m0</u>	<u>4m1</u>	<u>5m0</u>
	0.0488	0.0044	0.0134
(por mil)	48.8	4.4	13.4

3. Del cuadro XXIII se obtiene el coeficiente de proporcionalidad nRx.

	----- ambos sexos -----		
Sinaloa	<u>1R0</u>	<u>4R1</u>	<u>5R0</u>
	0.2528	0.1567	0.2243

4. Se multiplican las tasas de mortalidad general por grupo de edad por sus respectivos coeficientes de proporcionalidad se tienen las tasas de mortalidad por causa:

$$nm_x = nm_x (nR_x)$$

	----- ambos sexos -----		
Sinaloa	<u>1m0</u>	<u>4m0</u>	<u>5m0</u>
	0.01235	0.00069	0.00301

Que son las tasas de mortalidad que aparecen en el cuadro XXI

El mismo procedimiento se realizó para las 32 entidades federativas.

CUADRO XXIV A Tasas específicas de mortalidad por todas las causas y por causas del grupo 01.

FEDERATIVA	MORTALIDAD GENERAL			DIARREICAS Y PARASITARIAS		
	1M0	4M1	5M0	1M0	4M1	5M0
ALIENTES	54.1	5.2	15.2	16.2	1.5	4.5
ALIFORNIA NORTE	52.4	5.0	14.6	12.2	0.5	3.1
ALIFORNIA SUP	50.1	4.6	13.8	14.5	0.8	3.8
IE	49.0	4.5	13.5	14.3	1.1	3.8
JA	51.3	4.8	14.3	13.5	1.1	3.7
	61.3	6.4	17.6	15.5	1.4	4.3
S	73.7	8.7	22.1	23.8	3.0	7.3
HUA	57.4	5.8	16.3	14.2	1.1	3.9
MO FEDERAL	46.4	4.1	12.7	8.9	0.8	2.4
J	51.5	4.8	14.3	8.4	0.6	2.2
JATO	62.1	6.5	17.9	14.6	1.9	4.4
RO	69.1	7.7	20.4	16.8	2.4	5.5
J	77.3	9.3	23.4	16.0	2.5	5.2
J	54.7	5.3	15.4	11.8	1.2	3.3
	61.0	6.4	17.5	14.1	1.9	4.3
CAN	62.6	6.6	18.1	15.9	2.0	4.8
S	56.7	5.6	16.1	14.2	1.4	4.0
T	49.2	4.5	13.6	12.6	0.7	2.9
LEON	40.8	3.3	10.9	6.2	0.5	1.6
	93.3	12.8	29.8	25.5	4.2	8.7
	78.9	9.6	24.0	15.0	2.4	5.0
ARO	66.2	7.2	19.3	14.2	2.1	4.4
NA ROO	50.6	4.6	14.0	11.7	1.0	3.2
IS POTOSI	55.9	5.5	15.8	11.2	1.4	3.3
A	48.8	4.4	13.4	12.3	0.7	3.0
	55.3	5.4	15.6	15.1	0.7	3.9
O	66.2	7.3	19.4	22.9	2.1	6.4
IPAS	51.0	4.7	14.1	12.1	0.8	3.2
LA	69.3	7.8	20.5	14.1	2.3	4.4
UZ	61.3	6.4	17.6	16.1	1.7	4.7
IN	53.5	5.2	15.1	11.0	1.2	3.2
OCAS	52.7	5.0	14.7	10.6	0.9	2.9

## CAPITULO VII

### EL MODELO MORTALIDAD-SANEAMIENTO (MORSAN)

El procedimiento que nos condujo a la selección de la metodología de regresión múltiple partió del análisis detallado de los datos que disponemos en los cuadros anteriores. El modelo de regresión constituye una herramienta de pronósticos. Ello significa que el interés recae en el producto final entregado por la ecuación y su grado de confiabilidad. Este modelo supone cierta abstracción de la realidad y su significado adquiere dos tipos de contextos: Uno predictivo, donde el problema fundamental reside en elegir aquél modelo que entregue pronósticos provistos del mayor grado de precisión alcanzable y que es el objetivo primario de nuestro estudio. El otro contexto es de tipo explicativo que pretende conocer la estructura causal que gobierna las relaciones entre las variables y tener éxito en la validación (por medio de los signos de los coeficientes, magnitud de ellos, partición de varianzas observadas, etc.). Así, la gran diferencia entre los contextos reside en que la lógica de la aplicación lleva a considerar no solo el producto final y su grado de confiabilidad, sino todos los parámetros y relaciones de las ecuaciones estructurales como de la descomposición de la varianza de las variables endógenas para determinar el peso relativo de las distintas causas y la intensidad con que ellas operan mientras que el pronóstico se ocupa más de la ecuación en sí y de la amplitud del intervalo de predicción.

Primeramente, se trató de establecer la relación de los datos ya graficados en un diagrama de dispersión donde, para un análisis bivariado, se observará el tipo de curva que mejor se ajustara a dicho diagrama.

Las gráficas I a IX de la página siguiente demuestran claramente que no se presenta una relación lineal entre las variables independientes (AGPOT, DREN Y PREP) y las variables dependientes (1m0, 4m1 y 5m0). Se propuso entonces una curva con pendiente negativa que correlacionara mejor este comportamiento y de un análisis preliminar que buscaba un coeficiente más alto para expresar los diagramas de dispersión. Así, de esos resultados y de la inspección visual de los datos se eligió la relación que atiende a la forma general:

$$y = ax^b \quad (7)$$

y, en nuestro caso particular,

$$nm_x^i = aS^b \quad (8)$$

y linerizando la función, se tiene, tomando logaritmos decimales,  $\log nm_x^i = \log a + B \log S$  (9)

donde:  $nm_x^i$  es el nivel de mortalidad esperado por causas del grupo 01 en el intervalo de edad (x,n).

S es el porcentaje en cobertura de la población de servicios de agua potable, drenaje o educación básica, a y B son constantes, si hacemos:  $\log a = \alpha$ ,  $\log nm_x^i = y$ .  $\log S = x$ , entonces se tiene:  $y = \alpha + \beta x$  (10)

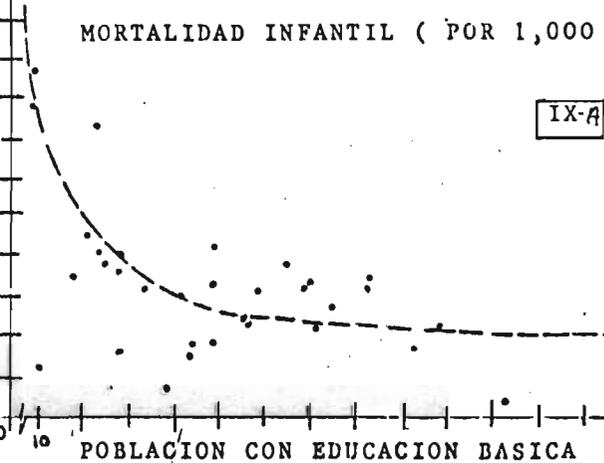
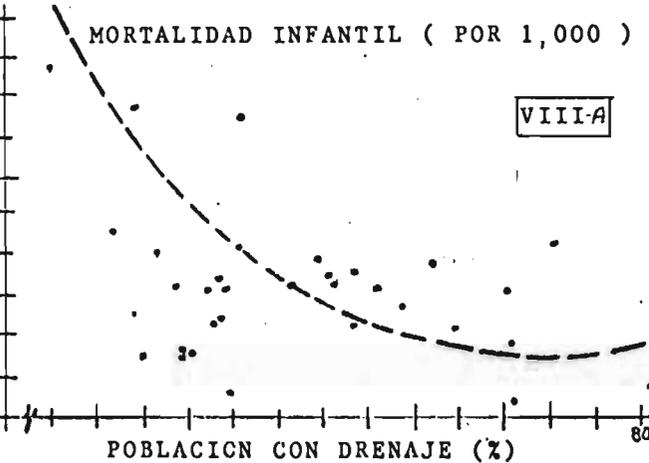
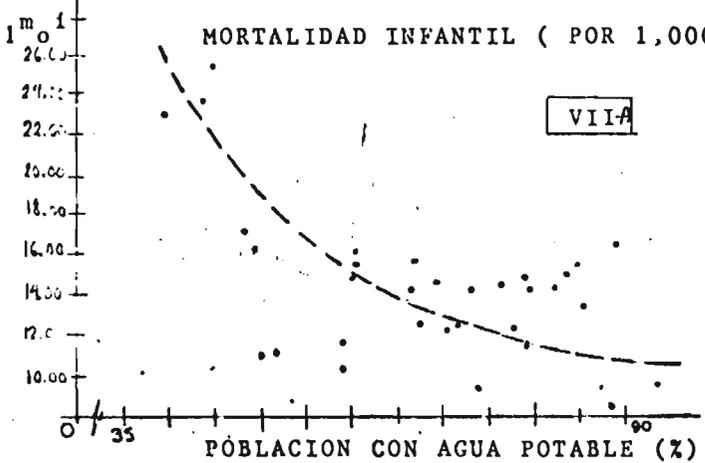
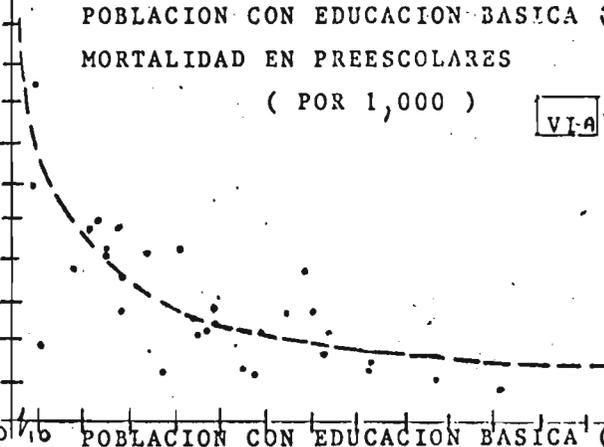
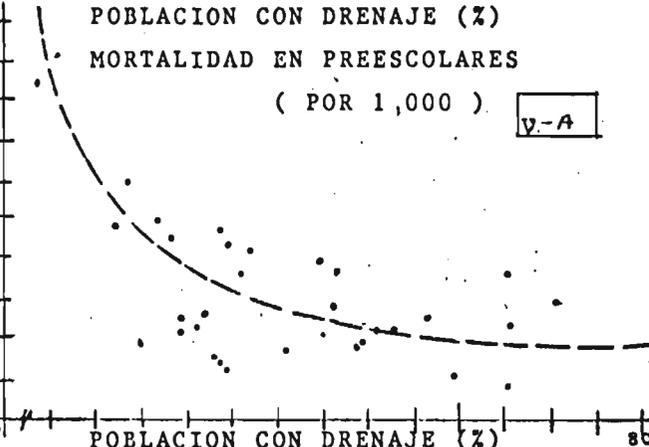
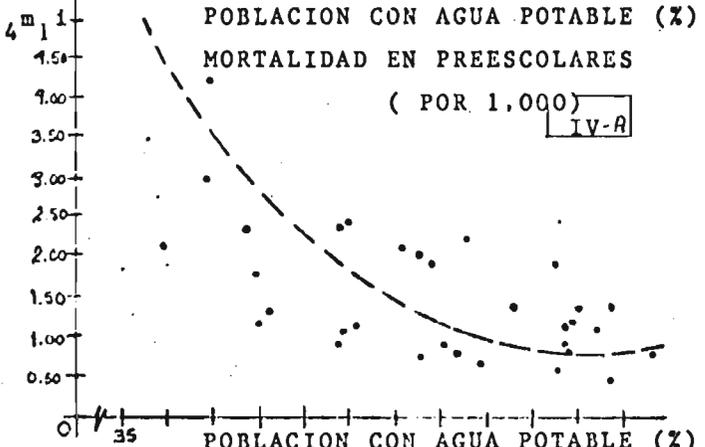
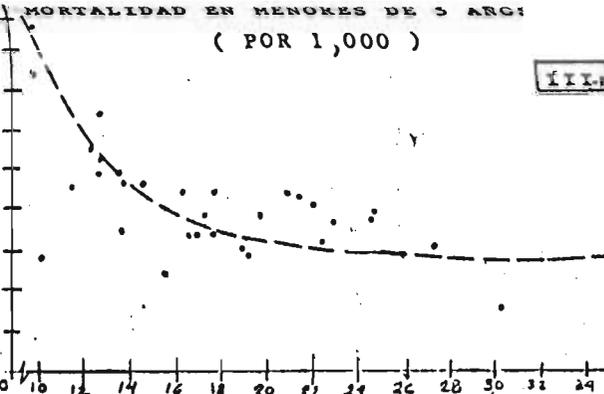
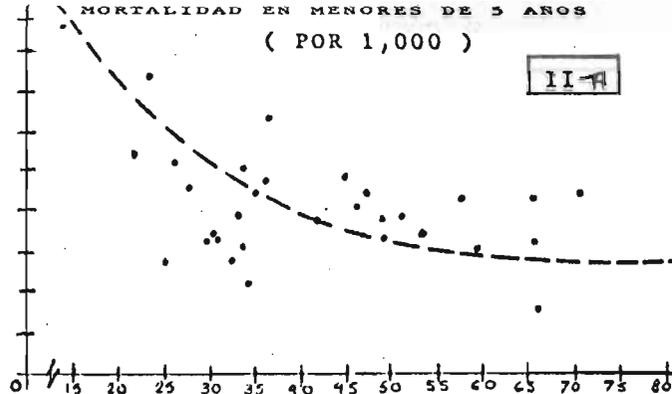
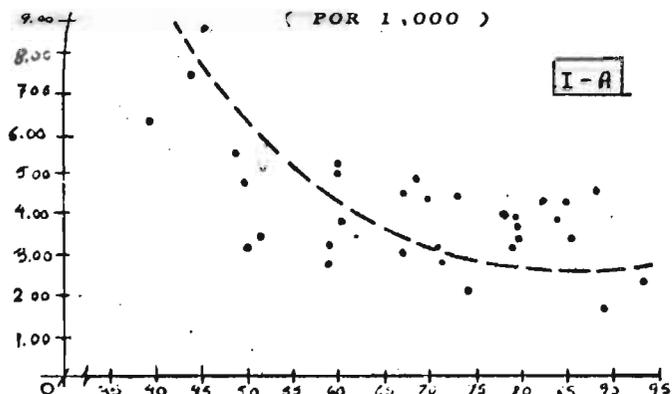
que representa la ecuación linearizada de la expresión original (7).

Con un programa de Regresión Lineal Simple, donde los valores de las variables independientes han sido linearizados con logaritmos decimales, se obtiene un juego de ecuaciones con sus respectivos parámetros estadísticos que se muestran en los cuadros XXIV y XXV [63]. Además, si graficáramos los resultados de las regresiones simples ó de orden cero, en papel logaritmico tendríamos la forma linearizada de ellas para tener una visión más clara de la manera en que las variables independientes, sin interacción entre ellas, determinan niveles de mortalidad por causas del grupo 01.

La gráfica III esquematiza los resultados del cuadro XXIII. Del análisis de ellos se desprenden algunas conclusiones preliminares, por ejemplo, se puede observar que, por sí solas, la correlación es más fuerte para la variable educativa, la disponibilidad de agua potable y el drenaje en ese orden pero con mayor importancia en el grupo de edad preescolar (1-4) que en el del grupo infantil. En la medida resumen, (5m0) se aprecia que la variable educativa por sí sola, explica aproximadamente la mitad de la varianza, (0.4402). Sin embargo, el coeficiente de determinación ( $r$ ) encuentra que todas las variables tienen una presencia significativa en el fenómeno y que la curva propuesta se ajusta a los datos en buena medida y se describe así una función exponencial negativa como la mejor

---

[63] Todos los programas de regresión, tanto lineal simple como múltiple fueron procesados con el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS) en el Consejo Nacional de Población.



FUENTE: CUADRO XIII.

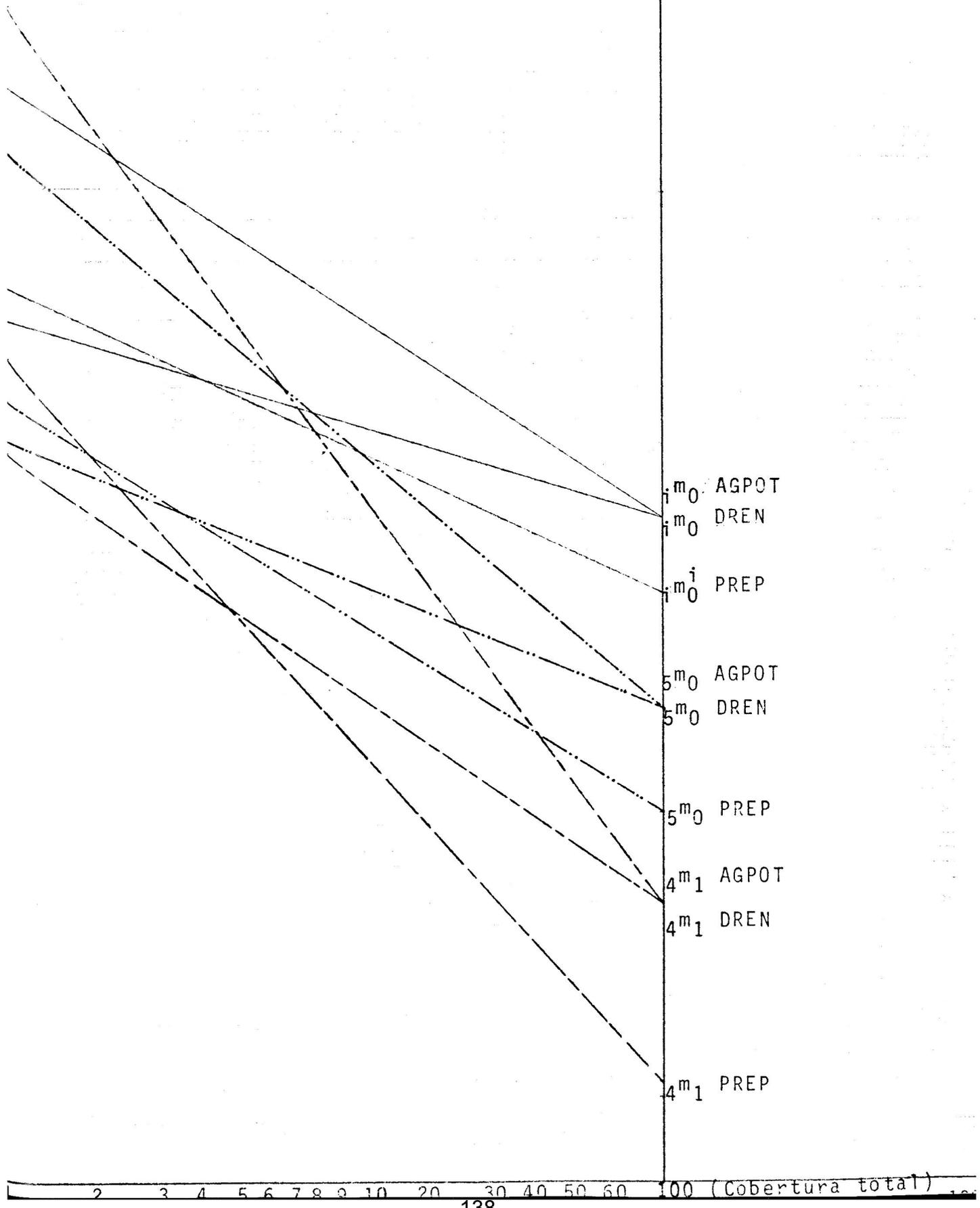
Correlaciones de Orden Cero entre Saneamiento y Educación con Mortalidad por causa  
específica (grupo 01) infantil y preescolar. México 1980

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE <sup>1</sup>	r	r <sup>2</sup>	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
log Suministro de Agua Potable	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5304	0.2813	p < 0.0018
log Suministro de Agua Potable	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	0.5728	0.3281	p < 0.0006
log Suministro de Agua Potable	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5763	0.3321	p < 0.0006
log Disponibilidad de Drenaje	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.4246	0.1804	p < 0.0154
log Disponibilidad de Drenaje	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup> 7	0.5060	0.2560	p < 0.0031
log Disponibilidad de Drenaje	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.4839	0.2341	p < 0.0050
log Educación Básica	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5825	0.3394	p < 0.0005
log Educación Básica	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	0.7340	0.5388	p < 0.0000
log Educación Básica	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.6640	0.4408	p < 0.0000

1) Donde  $m_{n,x}^i$  corresponde a la tasa de mortalidad del grupo de causas i - en este caso el grupo 01 - en el rango de edades (x,n)

NIVELES DE MORTALIDAD EN NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS DE ACUERDO A LA COBERTURA EN SANEAMIENTO Y EDUCACION BASICA. MEXICO 1980

(Tasa de Mortalidad por Diez Mil)



aproximación a la hipótesis propuesta.

De la gráfica III se podría encontrar un paradigma interesante en el sentido de que a pesar de contar con un coeficiente de correlación menor la variable AGPOT que la variable PREP, la primera alcanza los niveles de mortalidad más altos en los diversos niveles de cobertura de las poblaciones. A la extrema derecha de la gráfica se observan los niveles de cobertura al 100% (situación hipotética) de los servicios sanitarios y educativos y los niveles de mortalidad al saturarse la cobertura. Como se desprende la inspección de ese extremo, nunca se alcanza la erradicación total de este tipo de mortalidad pero si se diera la situación de saturación se minimizarían las tasas de defunciones del grupo 04 a niveles de entre 2 y 7 por diez mil niños y por la sola acción de la cobertura total.

Por el contrario, en la situación hipotética de la ausencia de servicios (1% de cobertura de la población), los niveles de mortalidad que alcanzarían la magnitud más elevada se deberían a la falta de disponibilidad de agua potable en la población. Este hecho aunado a que los niveles de mortalidad dependen de la pendiente ( ) de las ecuaciones estructurales simples ratifica que estamos en presencia de un problema de disponibilidad de agua potable que se ve incrementado o decrementado por la intervención de otras variables socioeconómicas dentro de las

cuales la educación juega un papel principal. Por su parte, la existencia de servicios de desague parece jugar un papel complementario ya que por sí solo no maximiza el abatimiento de los niveles de mortalidad de forma significativa pero al interactuar con las otras dos variables ayuda a dicho mejoramiento.

También se observa que algunas rectas de la gráfica se intersectan lo cual indica que existirían niveles de indiferencia ante la misma cobertura de servicios, por ejemplo, al 4% de cobertura, ya sea de drenaje o de educación básica se tendría el mismo nivel de mortalidad en la medida resumen 5m0 del 1% (100/10,000 en la gráfica) que nos recuerda la tesis o noción de un umbral en que, a tan bajos niveles de saneamiento, la comunidad no responde adecuadamente a los servicios escasos pero disponibles a una pequeña proporción de la población. En cambio, el hecho de que al nivel de cobertura máxima, la variable educación superior al nivel básico, minimize la mortalidad en el grupo de edad preescolar; nos hace pensar en la noción de saturación y a que al estar satisfecha en un 100% la demanda de saneamiento, lo que optimiza el abatimiento de mortandad en la comunidad es el uso adecuado del mismo. Sin embargo, hemos visto que, si bien las variables son independientes entre sí (AGPOT, DREN y PREP), siempre están interactuando simultáneamente, es decir, en todas las entidades federativas se presentan las 3 variables como determinantes, -en

el modelo de la mortalidad infantil y preescolar. Así pues, la regresión múltiple podía arrojar mayor luz en el análisis de modo que se plantearon dos tipos de ecuaciones más, con dos y tres variables independientes, respectivamente, de la manera siguiente:

$$nm_x^i = a + B_1 X_1 + B_2 X_2 \quad (11)$$

$$y \quad nm_x^i = a + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 \quad (12)$$

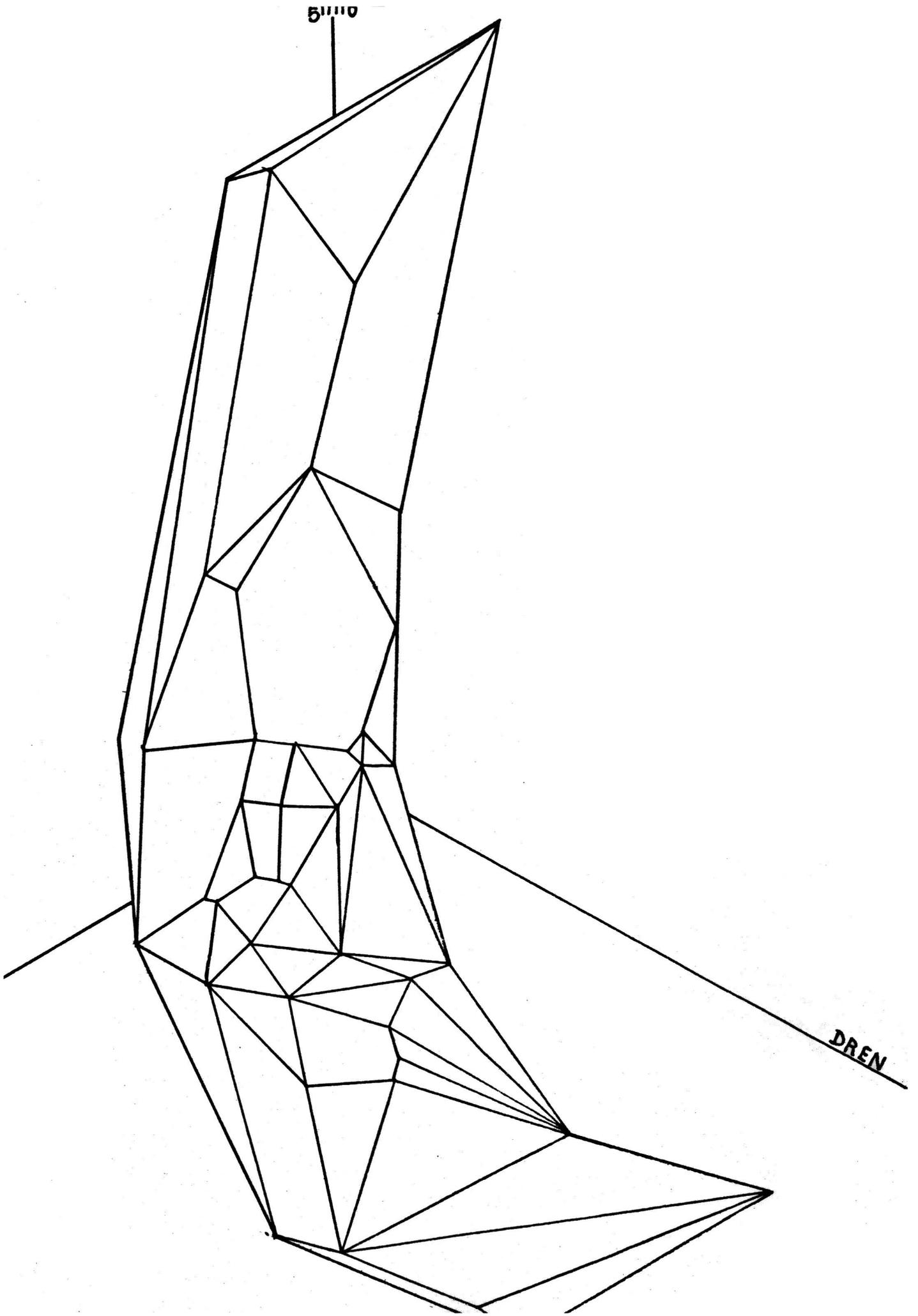
donde los niveles de mortalidad estarían nuevamente en función de las tres variables propuestas, pero ahora interactuando en conjunto. Se realizó una nueva inspección preliminar de la forma que debería conservar la ecuación que mejor descubriera el comportamiento de los datos y, como se aprecia en la figura , se nota que la forma no lineal se conserva, tendiendo a la curva propuesta en las regresiones simples.

Así pues; la representación gráfica con una variable más (PREP) no es factible pero la tendencia observada en las regresiones simples nos permiten establecer que la relación mortalidad-saneamiento bien puede expresarse en las ecuaciones ahora propuestas:

$$\log nm_x^i = a + B_1 \log(x_1) + B_2 \log(x_2) + e_1 \quad (13)$$

$$y \quad \log nm_x^i = a + B_1 \log(x_1) + B_2 \log(x_2) + B_3 \log(x_3) + e_i \quad (14)$$

haciendo  $\alpha = \log a$  y  $nm_x^i = \text{antilog}(\log(nm_x^i))$ , tenemos finalmente las ecuaciones 15 y 16.



51110

DREN

$$nm_x^i = \alpha + B1 \log (x1) + B2 \log (x2) + e_i \quad (15)$$

$$y \quad nm_x^i = \alpha + B1 \log (x1) + B2 \log (x2) + B3 \log (x3) + e_i \quad (16)$$

donde  $nm_x^i$  es el nivel de mortalidad esperado por causas del grupo 01 en el intervalo de edad (x,n), x1, x2 y x3 son las variables independientes AGPOT, DREN y PREP respectivamente y  $\beta$  son constantes y  $e_i$  son variables independientes aleatorias que están distribuidas normalmente con media cero y varianza constante.

En el caso del hiperplano de tres variables independientes y una dependiente, se supone que por el hecho de que -en todos los casos- las correlaciones de orden cero presentaban el comportamiento de una transformación logarítmica con una  $p < 0.005$ , tendremos igualmente un buen ajuste. Así, de la observación de los resultados del cuadro XXVI podríamos concluir lo siguiente: Las variables independientes que utilizamos en la construcción de las ecuaciones multivariadas representan una "función social de producción", en la que a cualquier nivel de coberturas ofrece una respuesta para la contribución de los factores (v.i.) y para la predicción de los niveles de mortalidad.

La pregunta a si los incrementos en el empleo de alguno de los factores afecta en mayor o menor grado los niveles de mortalidad se responde probando los efectos en las "salidas" del modelo con solamente substituir los valores deseados en la ecuación correspondiente. "La incidencia de enfermedades gastrointestinales y el nivel de las tasas de mortalidad causada por las diarreas e infecciones intestinales en los niños menores de cinco años, está asociada fuertemente con la disponibilidad de servicios de saneamiento comunitario. Además, la preparación escolar de los adultos (mayores de 15 años) en quienes recae la tutela y cuidado de los menores, adquiere un efecto agregado muy importante en la elevación o disminución de tales niveles".

"A la intervención conjugada de las 3 variables estudiadas (suministro de agua potable, disponibilidad de drenaje y educación básica) se le asocia una alta correlación ( $r = 0.6779$ ) que explica casi la mitad de la variación total ( $r^2 = 0.4596$ ) del número de episodios de muertes en menores de cinco años.

\* "El rango de edades 1-4 es el que obtendría mayores beneficios generados por mejoras en las 3 variables propuestas, ya que el grupo infantil (menores de un año) también se vería beneficiado aunque en menor grado".

\* "A ciertos porcentajes de coberturas, el impacto del saneamiento es indiferente con respecto al nivel educativo de la población adulta, pues la interacción es igualmente pobre, sin embargo, a partir de un umbral (55%), las ganancias en mortalidad son constantemente elevadas y la educación juega un papel fundamental al lograr que la disponibilidad de servicios optimice su función".

\* "El drenaje solo tiene así efecto importante cuando interactúa con las otras dos variables, ya que, por sí solo, no gravitaría tanto en la determinación de los niveles de mortalidad 01".

La derivación de las conclusiones obtenidas surgen de la esencia misma de la regresión múltiple. En este caso, nos apoyamos en parámetros estadísticos y pruebas de hipótesis que deben

contestar a diversas interrogantes. Primeramente, determinar si nuestras variables independientes son buenos predictores de los niveles de la causa de mortalidad que nos interesa a través de los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y de correlación de Pearson (R). Además, el apoyo del análisis de varianza como de residuales y de las pruebas estadísticas (F, Durbin-Watson) permiten enfatizar el sentido dado al conjunto de resultados obtenidos. En palabras de Mc. Mahon (la estrategia en la epidemiología) se considera que... "Cuanto más fuerte es una asociación estadística, mayor es la posibilidad de que surja una hipótesis causal; aquí, fuerza no quiere decir el grado de significancia estadístico sino el grado en que se aproxima a la situación en que la enfermedad está enteramente ausente en una circunstancia e invariablemente presente en la otra" (p. 31). El comportamiento que señalamos sobre la variable AGPOT ilustra fielmente ésta premisa.

Por otro lado, el análisis de regresión nos lleva a preguntarnos cómo asignar la importancia relativa de cada variable independiente? Entonces, depende como se haga la pregunta, si queremos saber cómo es importante AGPOT y DREN por ejemplo) cuando cada una es utilizada aisladamente para predecir los niveles de mortalidad o cómo son importantes si se utilizan junto con otras variables independientes en la ecuación estructural?

La matriz de correlación puede ofrecer respuesta a tales preguntas; considerar si la magnitud de los coeficientes se presentan medidos en las mismas unidades para hacerlos directamente comparables -como en el caso que nos ocupa donde nos referimos a porcentajes de Población- y, en caso contrario se acude a la estandarización de los coeficientes. Finalmente, algunas consideraciones importantes relativas al análisis de regresión se indican a continuación:

- Aunque la  $R^2$  nunca decrece a medida que se añaden variables independientes, esto no significa necesariamente que una ecuación con más variables ajuste mejor el comportamiento del fenómeno (tanto en la muestra como de la población). El SE (error estándar) puede crecer ya que se pueden perder grados de libertad.
- Incluir un número más grande de variables independientes en un modelo de regresión nunca es buena estrategia, a menos que haya fuertes y previas razones que todas ellas deban ser incluidas. Además son más difíciles de interpretar.
- Existen varios procedimientos para seleccionar variables que deben ser incluidas en el modelo de regresión para obtener el más conciso y que ejecute la mejor predicción posible.
- Uno puede construir una variedad de modelos de regresión para el mismo grupo de variables. Así, se pueden construir siete diferentes ecuaciones para tres variables independientes: 3 con una sola variable independiente, 3 con 2 variables

independientes, y una con las 3 variables independientes. Como el número de variables se incrementa, también lo hace el número de modelos potenciales (10 variables independientes producen 1,023 modelos).

A pesar que hay procedimientos para computar todas las ecuaciones de regresión posibles, muchos métodos simplifican el proceso (selección avanzada, eliminación de otras y regresión por pasos). Ninguna de esas selecciones producen la "mejor" en todos los sentidos sino que identifica subgrupos de variables que, dada la muestra son buenos predictores de la variable dependiente. Por todas estas razones y por éste trabajo una primera aproximación al fenómeno es que se marginaron algunas variables que podrían haberse incluido en el análisis y que serán motivo de trabajos posteriores.

Los resultados de las regresiones múltiples pueden observarse en los cuadros XXV y XXVI de las páginas anteriores y que muestran los coeficientes y parámetros estadísticos más importantes obtenidos con el paquete SPSS.

El cuadro XXVI ofrece un resumen del sistema de ecuaciones simples y múltiples con sus respectivos signos y coeficientes, los parámetros estadísticos de significancia se incluyen. También, se substituyeron valores de coberturas a diversos niveles para establecer los márgenes de ganancia en abatimiento

de la mortalidad y poder así señalar las mejores combinaciones de inversión en ésta área. con éstos resultados y los índices de saneamiento ya calculados previamente, estamos en posibilidad de analizar, discutir y resaltar las posibles aplicaciones de este trabajo.

Queda por establecer, entonces la asociación empírica aquí encontrada en el marco geográfico de la República Mexicana de acuerdo a la distribución del saneamiento y las condiciones de este tipo de mortalidad; la determinación de los niveles de umbral y de saturación para el país, el papel específico, las variables independientes en la determinación de esos niveles y la validación del modelo así como las aplicaciones futuras del mismo.

En el próximo capítulo, último de este trabajo, quedarán asentadas las líneas de investigación a mediano plazo del aspecto del saneamiento, no sin antes comentar los resultados de mayor relevancia.

Ecuaciones de Regresión Múltiple para Saneamiento y Educación con Mortalidad por causa específica (grupo 01) infantil y preescolar. México 1980

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE	r	r <sup>2</sup>	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
log AGPOT + log DREN	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5304	0.2813	p < 0.0083
log AGPOT + log DREN + log PREP	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.6050	0.3660	p < 0.0047
log AGPOT + log PREP	log 1 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5939	0.3528	p < 0.0018
log AGPOT + log DREN	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	0.5786	0.3477	p < 0.0027
log AGPOT + log DREN + log PREP	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	0.7428	0.5518	p < 0.0000
log AGPOT + log	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	0.7340	0.5388	p < 0.0000
log DREN + log PREP	log 4 m <sub>1</sub> <sup>i</sup>	—	—	—
log AGPOT + log DREN	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.5777	0.3337	p < 0.0028
log AGPOT + log DREN + log PREP	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.6779	0.4596	p < 0.0006
log AGPOT + log PREP	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.6695	0.4482	p < 0.0002
log DREN + log PREP	log 5 m <sub>0</sub> <sup>i</sup>	0.6661	0.4436	p < 0.0002

RESULTADOS DEL PROGRAMA DE REGRESION MULTIPLE SPSS PARA EL PROGRAMA M O R S A N

MEXICO 1980

Ecuaciones de Regresión Simple y Múltiple	Estadísticos Asociados a las Ecuaciones Estructurales				Nivel Asociado de Mortalidad <sup>(2)</sup> Bajo Diferentes Condiciones Sociales			Decrementos Porcentuales <sup>(3)</sup> en $x_{mn}^i$ debidos a cambios del 50% al 100%
	Prueba (F)	Nivel de Significancia (F)	Coefficiente de Correlación Múltiple (r)	Coefficiente de Determinación ( $r^2$ )	( $\alpha_o$ ) Mínimo (1.00%)	Medio (50%)	( $\alpha_f$ ) Máximo (100.00%)	
$10^i = 2.31917 - 0.64846X_1$	11.7439	0.0018	0.5304	0.2813	2 085	166	105	37.00
$10^i = 1.61606 - 0.3009X_2$	6.6003	0.0154	0.42466	0.18034	413	126	100	21.00
$10^i = 1.70659 - 0.46391X_3$	15.40974	0.0005	0.58254	0.33935	509	83	60	27.72
$10^i = 2.31585 - 0.64347X_1 - 0.00362X_2$	5.6765	0.0083	0.5304	0.2813	2 070	165	103	38.00
$10^i = 2.05164 - 0.35334X_1 + 0.14762X_2 - 0.4117X_3$	5.38792	0.0047	0.60498	0.3660	1 126	100	65	35.00
$10^i = 2.56663 - 1.34805X_1$	14.6484	0.0006	0.57279	0.32808	3 687	19	7	63.16
$10^i = 1.20988 - 0.68912X_2$	10.32253	0.0031	0.50596	0.25600	162	11	7	36.36
$10^i = 1.49226 - 1.12357X_3$	35.04039	0.0000	0.73399	0.53875	311	4	2	50.00
$10^i = 2.39779 - 1.09231X_1 - 0.1845X_2$	7.29710	0.0027	0.57860	0.33477	2 499	17	7	58.82
$10^i = 1.58459 - 0.19933X_1 + 0.28101X_2 - 1.26719X_3$	11.49111	0.0000	0.74284	0.55181	384	4	2	50.00
$10^i = 2.11344 - 0.8356X_1$	14.9146	0.0006	0.57625	0.33207	1 300	50	27	46.00
$10^i = 1.23749 - 0.40664X_2$	9.17019	0.0050	0.48385	0.23411	173	35	27	22.85
$10^i = 1.35603 - 0.62714X_3$	23.6503	0.0000	0.66395	0.44082	229	20	13	35.00
$10^i = 2.06172 - 0.75791X_1 - 0.0565(X_2)$	7.26245	0.0028	0.57768	0.33371	1 153	74	27	63.50
$10^i = 1.67957 - 0.33827X_1 + 0.16225X_2 - 0.5955X_3$	7.93760	0.0006	0.67793	0.45959	478	24	14	41.66

NOTE: (1) Donde:  $10^i_{mn}$  = La tasa de mortalidad del grupo de edad (x,n) debida a enfermedades infecciosas intestinales. Su valor se obtiene con el antilogaritmo del resultado de cada ecuación.

$X_1$  =  $\log_{10}$  del porcentaje de la población a la que se le suministra agua potable. (Dentro o fuera de la vivienda).

$X_2$  =  $\log_{10}$  del porcentaje de la población que posee alguna forma de servicio de drenaje.

$X_3$  =  $\log_{10}$  del porcentaje de la población mayor de 15 años con estudios posteriores a la educación básica. (Primaria).

(2) El nivel máximo ( $\alpha_o$ ) "esperado" de mortalidad en el grupo de edad (x,n) si ningún habitante de la población tuviera servicios. Por lo tanto se aplicó el 1.0% porque el  $\log_{10}$  de ese valor es cero. (De  $1 = 10^0$ ).

El nivel mínimo ( $\alpha_f$ ) de mortalidad que se esperaría observar si el 100% de la población recibiera los servicios mencionados. El valor residual se debería a la acción de otras variables no consideradas en el análisis.

(3) Como se observa, los mayores decrementos se obtienen de acuerdo a la magnitud de las pendientes (B) de los regresores.

Las Tasas se expresan por 10 000 .

## CAPITULO VIII

### ANALISIS, DISCUSION Y PERSPECTIVAS DEL MODELO DE MORSAN.

El Modelo como instrumento de predicción de los niveles de mortalidad infantil y preescolar. En un aspecto práctico, conviene resaltar la utilización de las ecuaciones estructurales de regresión múltiple puesto que contemplan la interacción de todas las variables, explican una mayor proporción de la varianza y permiten la simulación de posibilidades de cobertura bajo diferentes e infinitas combinaciones. Siendo este juego de ecuaciones una herramienta de pronóstico, a pesar de poseer un grado de incertidumbre a nivel entidad federativa, se puede pensar en su aplicación a nivel nacional dado que ésta construido con datos mexicanos y, en todo caso, es mucho mejor que la aplicación de modelos extranjeros. Así pues, si tenemos las ecuaciones del cuadro XXVI, para el caso de tres variables independientes y una dependiente a las expresiones:

$$\log 1m_i^0 = 2.05164 - 0.35334 X_1 + 0.14762 X_2 - 0.4117 X_3 + e_i$$

$$\log 4m_i^1 = 1.58459 - 0.19933 X_1 + 0.28101 X_2 - 1.26719 X_3 + e_i$$

$$\log 5m_i^0 = 1.67957 - 0.33827 X_1 + 0.16225 X_2 - 0.5955 X_3 + e_i$$

Obtenemos un conjunto de ecuaciones que pueden definir los niveles de mortalidad por causas del grupo 01 bajo diversas combinaciones de cobertura en servicios en agua potable, drenaje y educación básica. Substituyendo en  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  los logaritmos

decimales de los porcentajes de población a ser cubiertos por las diferentes variables se obtienen valores que, al ser retomados por el antilogaritmo, dan los niveles esperados, por ejemplo:

Si hacemos  $X_1 = 70\%$ ,  $X_2 = 50\%$  y  $X_3 = 17\%$  para los porcentajes de población que poseen abastecimiento de agua potable, drenaje y educación básica o más, respectivamente para el caso de la mortalidad infantil, se tiene, substituyendo en la primera ecuación de las expuestas anteriormente:

$$\log i_{m0} = 2.05164 - 0.35334 X_1 + 0.14762 X_2 - 0.4117 X_3 + e_i$$

$$\log i_{m0} = 2.05764 - 0.35334 \log(70) + 0.14762 \log(50) - 0.4117 \log(17),$$

$$\log i_{m0} = 2.05764 - 0.35334 (1.845) + 0.14762 (1.69897) - 0.4117 (1.23045) =$$

$$\log i_{m0} = 2.05764 - 0.651947 + 0.250802 - 0.5065762 =$$

$$\log i_{m0} = 1.1499$$

$$i_{m0} = \text{antilog}(1.1499) = 15/1000$$

Esto es, 15 defunciones por cada mil niños menores de un año se producen a causa de diarreas e infecciones intestinales. La aproximación respecto a la tasa de mortalidad infantil es sorprendentemente buena pues habíamos visto que cerca del 25% del total de defunciones en menores de 1 año se debían a éstas causas y, siendo el valor de la TMI de casi 60/1000 entonces se cumple dicha proporción, o sea  $15/60 = 0.25$ .

Si sustituimos en las otras dos ecuaciones los valores de X1, X2 y X3 para México en 1980, obtenemos resultados muy significativos y aproximados a los niveles de mortalidad reales. De ésta manera, de validarse las ecuaciones propuestas, se puede partir de un valioso elemento para predecir los niveles de mortalidad específica esperados bajo futuras condiciones de saneamiento en el país.

Por ejemplo, una meta factible que pretendiera elevar los valores de X1, X2 y X3 en 10, 20 y 13% respectivamente dentro de "x" años daría como resultado un decremento en mortalidad por causas del grupo 01 del orden del 39% en promedio para los menores de cinco años [63]. Aquí, es conveniente recordar que el crecimiento demográfico del país (2.4%) y de viviendas obliga, al menos, a mantener los porcentajes de cobertura sanitaria y educativa que se presentaban en el país en 1980, lo cual es una tarea enorme de inversión en obras y capital que

[63] Bastaría, nuevamente, substituir para la ecuación:

$$\log 5m_0^i = 1.67957 - 0.33827 \log(70+10) + 0.16225 \log(50+20) - 0.5955 \log(17+13) =$$

$$\log 5m_0^i = 1.67957 - 0.33827 \log(80) + 0.16225 \log(70) - 0.5955 \log(30) =$$

$$\log 5m_0^i = 0.45556 \quad \text{antilog}(0.45556) = 2.8546/1000, \text{ que comparado con la tasa de } 3.9659/1000 \text{ de la situación original (1980) produce dicho decremento, esto es } = (3.9659 - 2.8546)/2.8546 = 0.3893.$$

necesita de incrementarse en un ritmo mayor al del crecimiento demográfico.

Las ecuaciones anteriores sugieren, teniendo datos referentes a costos y presupuestos de obras, la posibilidad de un modelo de optimización en el cual las metas serían la minimización de los niveles de mortalidad bajo restricciones presupuestarias y que podría solucionarse fácilmente con Programación Lineal.

Otra idea que parte de las ecuaciones estructurales se refiere a la posibilidad de jugar con los porcentajes de cobertura dados los resultados por los parámetros estadísticos, por ejemplo, se puede afirmar que las obras en drenaje son poco productivas (en términos de salud) si no van acompañadas de una inversión paralela en agua potable o educación o ambas. Para ejemplificar podemos substituir valores en alguna de las ecuaciones propuestas. En el caso de la mortalidad infantil, si mantenemos constantes los porcentajes de cobertura en  $X_1$  y  $X_3$  y proponemos un incremento, (respecto de 1980) del 20% y otro del 40% en drenaje ( $X_2$ ), obtendremos decrementos en mortalidad de apenas 3% mayor en el segundo caso que el primero, es decir, poco significativos siendo que una diferencia de cobertura en drenaje del orden del 20% de la población representa miles de millones de pesos. Además, de resultar la hipótesis de saturación bastante lógica, implicando un mínimo de ganancias en mortalidad después de un cierto punto, entonces se podría plantear un tope

a la cobertura del agua potable (por ejemplo: un 85%) y dirigir los esfuerzos e inversiones a las otras dos variables.

Como ya señalamos anteriormente, se puede minimizar éste tipo de enfermedades a los niveles de los países más desarrollados (2/1000) a pesar de contar con una climatología tan distinta a estos últimos pero los niveles de cobertura parecen lejanos de ser alcanzados a corto plazo.

Los niveles de umbral y de saturación. Otro de los objetivos de éste trabajo consiste en determinar -si los hay- los niveles de umbral y de saturación del servicio de agua potable en nuestro país. En el caso de 1980 y con los datos disponibles podemos en base a la teoría del umbral-saturación, explorar la posibilidad a través de una metodología propia.

Como vimos en el capítulo IV, la construcción de las logísticas requieren de muchas observaciones para lograr un buen ajuste. En nuestro caso, que sólo tenemos una tercera parte de las observaciones que el modelo de Shuval, Grosse et al disponían para su modelo internacional (92), se puede salvar el obstáculo atendiendo a los principios básicos de la teoría del umbral-saturación. Así pues, tomando en cuenta que, en esencia, la teoría trata de construir un modelo que describa el comportamiento que adquiere la mejoría en los niveles de salud debida a los incrementos porcentuales en cobertura del servicio

sanitario se pudo encontrar un modelo para nuestro país mediante el procedimiento siguiente:

- 1) Se ordenaron de menor a mayor las entidades federativas de acuerdo a sus niveles de cobertura del servicio de abastecimiento de agua potable, nuestra variable más significativa (capítulo VII), como se observa en el cuadro XXVII de la página siguiente,
- 2) Se asociaron las correspondientes tasas de mortalidad para los niños menores de cinco años por causa del grupo 01 (5m0) a cada entidad federativa.
- 3) Se calcularon los decrementos en mortalidad (5m0) debidos a los incrementos porcentuales en cobertura de agua potable.
- 4) Se construyó un diagrama de dispersión de éstos puntos y se realizó un primer ajuste de la curva definida por dicho diagrama.
- 5) Se obtienen conclusiones referentes a la curva de mejor ajuste obtenido.
- 6) Se hace una regionalización del país de acuerdo a los niveles de umbral y de saturación obtenidos.

CUADRO XXVII

DECREMENTOS PORCENTUALES EN MORTALIDAD DEBIDOS A INCREMENTOS EN SANEAMIENTO

ENTIDAD FEDERATIVA	% AGUA POTABLE	INCREMENTOS PORCENTUALES			5Mo (POR MIL)	GANANCIAS EN MORTALIDAD **	GANANCIAS (ACUMULADAS)
			EN COBERTURA	ACUMULADO			
Tabasco	39.72	--	--	6.38	--	0	
Chiapas	43.87	4.15	(4.15)	7.31	0	0	
Oaxaca	44.95	1.08	(5.23)	8.75	0	0	
Guerrero	47.23	2.28	(7.51)	5.46	+3.29	(3.29)	
Veracruz	49.20	1.97	(9.48)	4.68	+0.78	(4.07)	
Yucatan	49.80	0.60	(10.08)	5.21	+1.47	(5.54)	
San Luis Potosi	51.25	1.45	(11.53)	3.35	0	(5.54)	
Zacatecas	58.13	6.88	(18.41)	2.92	+0.43	(5.97)	
Quintana Roo	58.30	6.17	(18.58)	3.20	0	(5.97)	
Puebla	59.80	1.50	(20.08)	4.98	0	(5.97)	
Campeche	60.07	0.27	(20.35)	3.84	+1.14	(7.11)	
Hidalgo	60.71	0.64	(20.99)	5.19	0	(7.11)	
Queretaro	66.55	5.84	(26.83)	4.42	0.77	(7.88)	
Michoacan	67.43	0.88	(27.71)	4.81	0	(7.88)	
Sinaloa	67.46	0.03	(27.74)	3.01	+1.08	(8.96)	
Guanajuato	69.85	2.39	(30.13)	4.39	0	(8.96)	
Tamaulipas	70.83	0.98	(31.11)	3.15	+1.24	(10.20)	
Nayarit	71.69	0.86	(31.97)	2.94	+0.21	(10.41)	
Flaxcala	73.18	1.49	(33.46)	4.44	0	(10.41)	
Durango	73.82	0.64	(34.10)	2.23	+2.21	(12.62)	
Morelos	76.97	3.15	(37.27)	4.03	0	(12.62)	
Baja California	77.48	0.51	(37.76)	3.09	+0.94	(13.56)	
Baja California Sur	78.03	0.55	(38.31)	3.73	0	(13.56)	
Chihuahua	78.04	0.01	(38.32)	3.88	0	(13.56)	
Jalisco	78.53	0.49	(38.81)	3.32	+0.56	(14.12)	
Estado de Mexico	82.53	4.00	(42.81)	4.26	0	(14.12)	
Sonora	83.56	1.03	(43.84)	4.27	+0.35	(14.47)	
Colima	85.00	1.44	(45.28)	3.68	0	(14.47)	
Coahuila	85.38	0.38	(45.66)	1.65	+0.59	(15.06)	
Nuevo Leon	87.97	2.59	(48.25)	4.51	+2.03	(17.09)	
Aguascalientes	88.45	0.48	(48.73)	2.41	0	(17.09)	
Distrito Federal	92.82	4.37	(53.10)		+2.10	(19.19)	

\*\*Se consideran ganancias nulas en mortalidad si se invierte la relación.

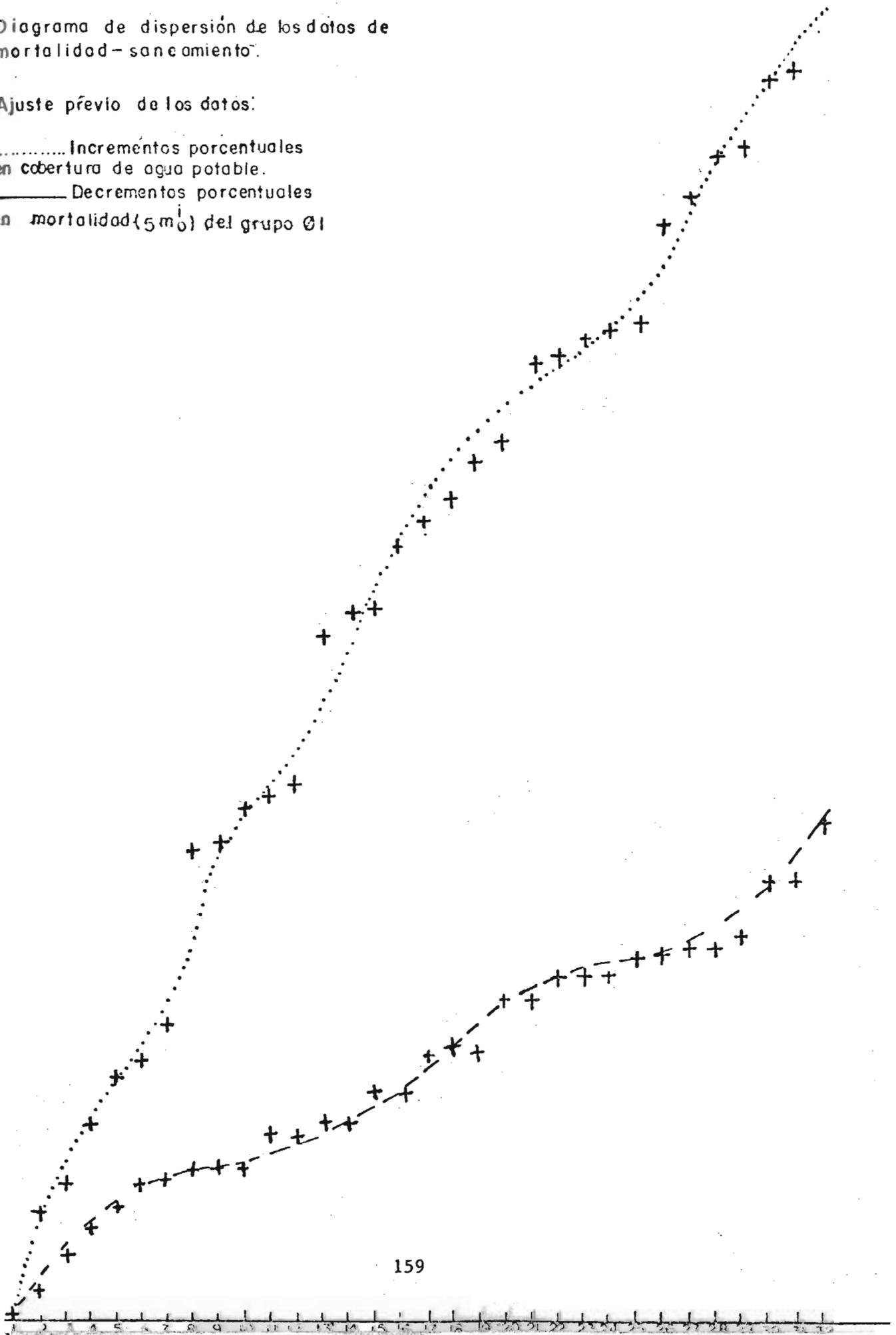
# GRAFICA VIII.1

Diagrama de dispersión de los datos de mortalidad - saneamiento.

Ajuste p̄vio de los datos:

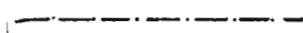
..... Incrementos porcentuales en cobertura de agua potable.

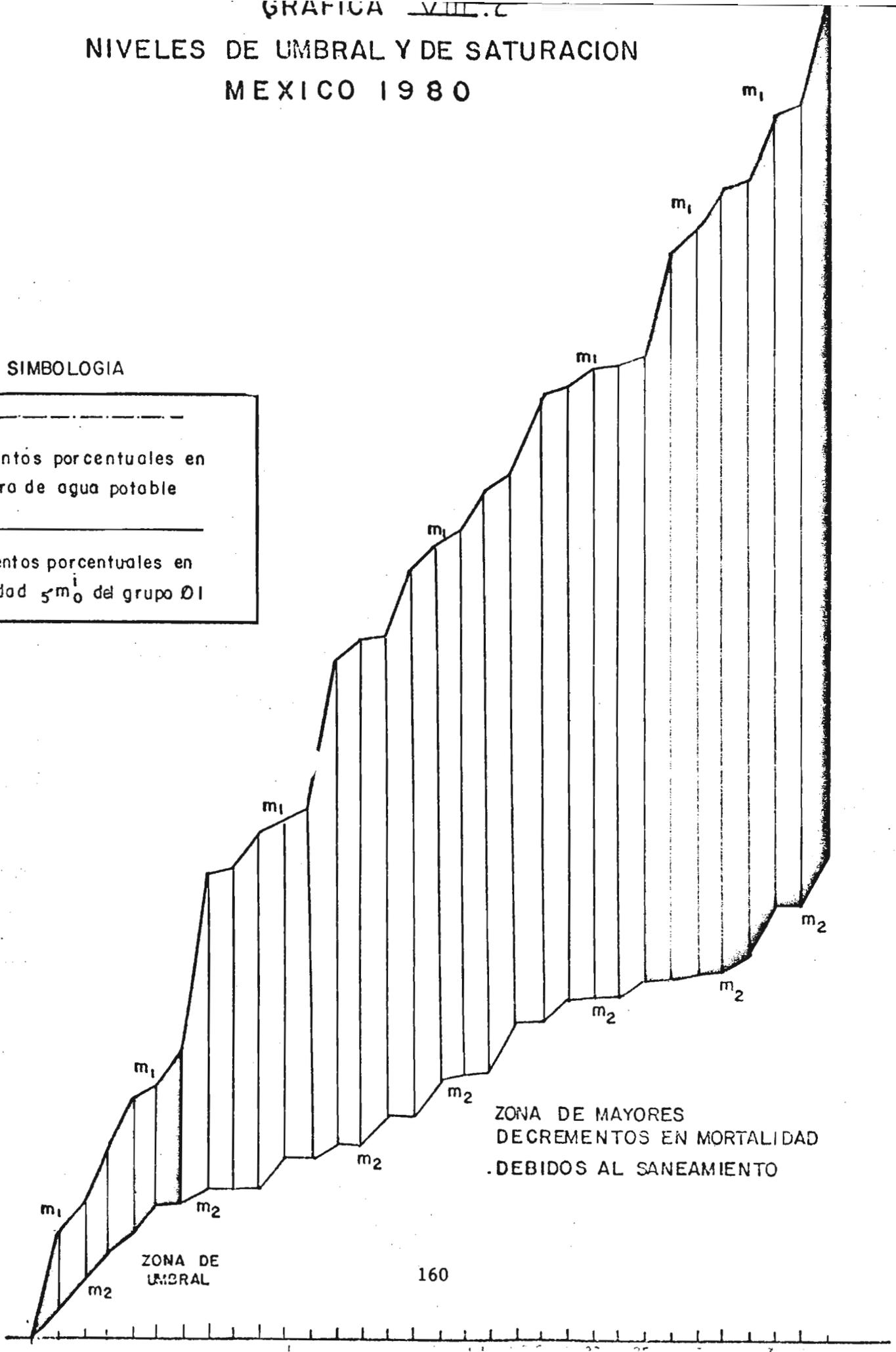
----- Decrementos porcentuales en mortalidad (5 m<sub>0</sub>) del grupo 01



# NIVELES DE UMBRAL Y DE SATURACION MEXICO 1980

## SIMBOLOGIA

	Incrementos porcentuales en el costo de agua potable
	Incrementos porcentuales en la mortalidad $5^m_0$ del grupo OI



ZONA DE UMBRAL

ZONA DE MAYORES DECREMENTOS EN MORTALIDAD DEBIDOS AL SANEAMIENTO

160

COMENTARIOS. De las gráficas VIII.1 y VIII.2 se pueden desprender las observaciones siguientes:

- 1) La asociación de los puntos correspondientes a los niveles de mortalidad con los de cobertura sanitaria describen un comportamiento definido. En efecto, se aprecia claramente una zona de umbral en los primeros estados, ordenados de menor a mayor cobertura sanitaria, en los cuales las ganancias en mortalidad son muy pequeñas. Esto se debe a que la comunidad no es capaz de responder a las mejoras sanitarias por el bajo nivel de cobertura a la población (alrededor del 50%) y que, a la vez, sus condiciones de vida y educación son poco favorables al desarrollo sostenido. Sin embargo, a partir de esa zona de umbral, se presenta una zona de ganancias en mortalidad que engloba a la mayoría de los estados del país. Casi todas las entidades cuya cobertura del servicio de agua potable oscila entre cerca del 60% y el 85% ofrecen fuertes ganancias en mortalidad. De hecho, existe un "salto" entre las ganancias de San Luis Potosí (51.25%) y Zacatecas (58.13% de cobertura) que rompe la zona de umbral -zona asegurada de la gráfica
  
- 2) La zona de saturación no es clara. Al parecer, no se ha llegado a tal situación en nuestro país. Sin embargo, la tendencia desarrollada por la curva ajustada a ojo en los incrementos porcentuales en cobertura de agua potable apunta

a una disminución de las ganancias en mortalidad. Esto podría ser más patente en posteriores estudios pues si bien sólo 4 entidades del país rebazan el 85% de cobertura (Coahuila, Nuevo León, Aguascalientes y el D.F.), que son pocas observaciones, si se observa en la curva una inflexión que trata de estabilizarse. Por otro lado, sigue habiendo ganancias en mortalidad en ese tramo como consecuencia de ser grandes centros urbanos (Distrito Federal y Nuevo León) donde la cobertura sanitaria requiere de proteger a una cantidad mayor de personas.

- 3) El ajuste de las curvas se aproxima entonces bastante a la par de logísticas estudiadas en el capítulo IV aunque presenta mayores complicaciones por representar solamente el 30% de las observaciones del Modelo de Shuval, Grosse et al. Aún así, queda bien definida la zona de umbral y, con algunas reservas, se propone una zona de saturación para nuestro país.
- 4) Conviene recordar que la interacción de las demás variables se encuentra implícita en la definición de éstas zonas pues ya habíamos demostrado la estrecha relación que guardan los niveles de cobertura sanitaria con otras variables socioeconómicas. Es decir, que a pesar de tratarse de variables independientes entre sí, (AGPOT, DREN y PREP), existe una tendencia (ver cuadro) a que las poblaciones con

mayor proporción de cobertura sanitaria también ofrezca niveles mayores de educación y viceversa.

- 5) Si aceptamos estos niveles de umbral y de saturación como válidos, entonces podemos definir una regionalización de las condiciones de mortalidad (grupo 01) -saneamiento para la República Mexicana en 1980; sea

NIVEL DE SANEAMIENTO, NIVEL DE MORTALIDAD

Rango	(% de Población con Agua Potable)	(5m0, por cien mil)
Bajo	menor de 50	menor de 300
Mediano	entre 50 y 85	entre 300 y 400
Alto	mayor de 85	mayor de 400

Entonces, de acuerdo al cuadro XXIII, asignando a cada entidad federativa sus correspondientes valores de mortalidad y de saneamiento, podemos construir el siguiente cuadro de contingencia:

CUADRO 22  
MATRIZ DE CONTINGENCIA. MEXICO, 1980  
NIVEL DE MORTALIDAD (5m0 )

		ALTA	MEDIANA	BAJA
NIVEL DE SANEAMIENTO	ALTA	Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Yucatán		
	BAJA	Tabasco, Veracruz,		
	BAJA	Colima, Guanajuato,	Baja California Norte,	Durango,
	MEDIANA	Hidalgo, Estado de México,	Baja California Sur,	Nayarit
	MEDIANA	Michoacán, Morelos, Puebla,	Campeche, Chihuahua,	Zacatecas
	MEDIANA	Querétaro, Tlaxcala,	Jalisco, San Luis Potosí, Quintana Roo,	
	MEDIANA		Sinaloa, Sonora,	
	MEDIANA		Tamaulipas	
	ALTA	Aguascalientes	Coahuila,	Distrito Federal
	ALTA			Nuevo León

La diagonal principal de la Matriz indica las entidades federativas que se comportan conforme al criterio "a mayor

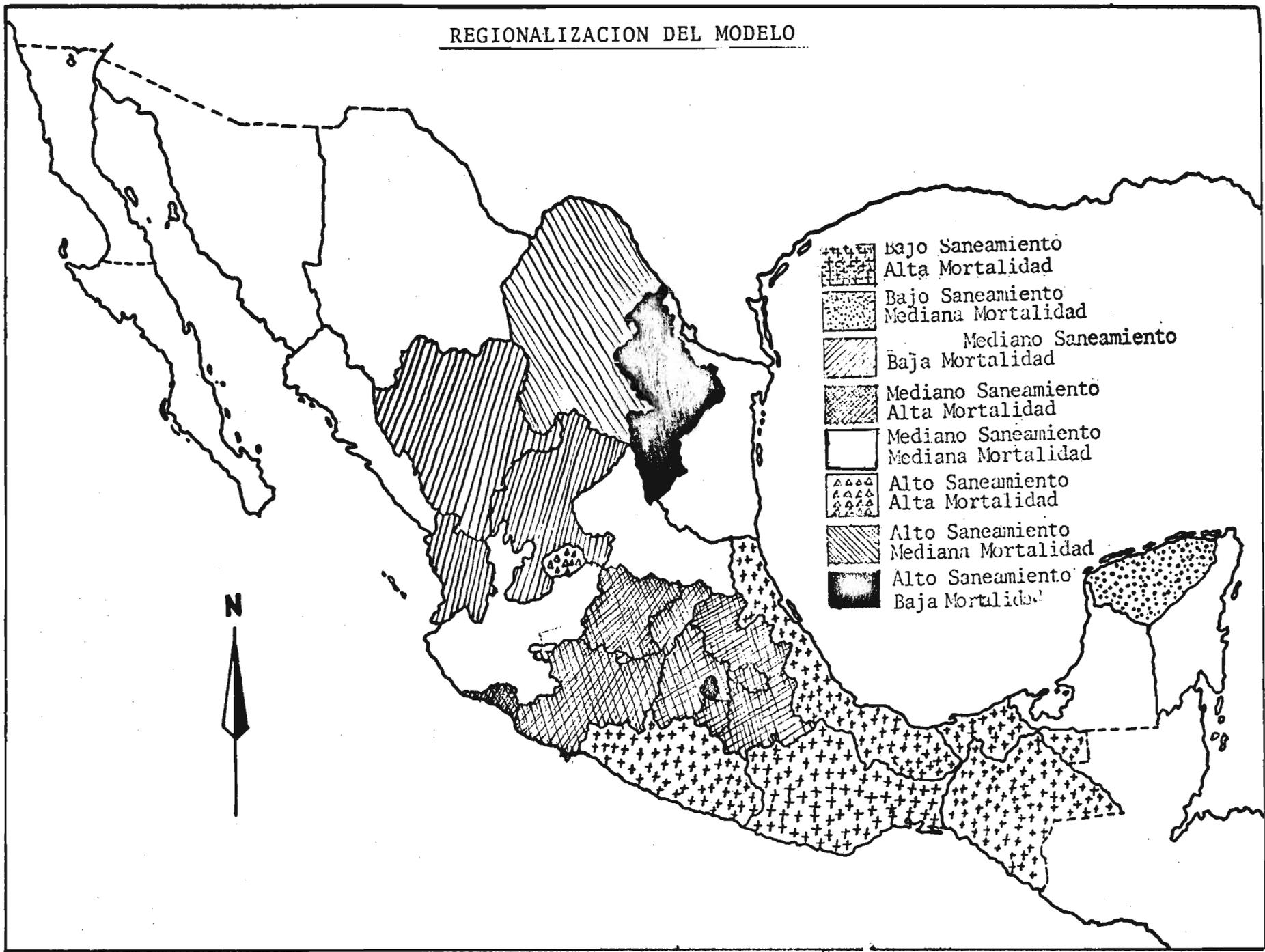
saneamiento, menor mortalidad", los casos discrepantes merecen observaciones aparte. El 54% de las entidades federativas responden al criterio señalado y dentro de los niveles de umbral-saturación definidos. El 28% (9 entidades) se ubican en una zona de transición de mediano saneamiento y alta mortalidad que debe tender a una mortalidad más baja a corto plazo según nuestra estimación de las zonas de umbral y saturación. Esto es, se ubican en la zona donde la elasticidad de ganancias en mortalidad es más alta y pueden ser capaces a responder a estímulos o incrementos porcentuales en el servicio de abastecimiento de agua potable; Yucatán ofrece un caso particular de Baja Mortalidad y mediano saneamiento que puede explicarse por lo costoso de suministrar estos servicios en una zona particularmente difícil en su topografía y geología. Es probable que las acciones del estado y la comunidad (uso de letrinas) hayan logrado bajar los niveles de mortalidad infecciosa intestinal. Durango, Nayarit y Zacatecas, entidades con Mediano saneamiento y baja mortalidad podrían pertenecer al grupo que suple su nivel de saneamiento con medidas adicionales en salud pública para disminuir la frecuencia de mortandad infantil y preescolar. El caso de Aguascalientes es sorprendente pues, teniendo el segundo lugar en saneamiento (88.45%) de todo el país, posee una tasa de mortalidad elevadísima (451 por cien mil niños), equivalente al noveno lugar en mortalidad en la República por estas causas y de la misma magnitud que en Tlaxcala, Veracruz y Querétaro, quienes

tienen un saneamiento del 15.27%, 39.29% y 21.90% menor que los hidroclidos. No tenemos elementos para explicar este fenómeno pero debemos recordar que nuestro modelo no incluye variables climatológicas, de potabilización del agua, de nutrición infantil, de contaminación biológica, etc. que en un momento dado pueden gravitar de manera importante en la determinación de los niveles de mortalidad para algunos casos específicos.

El mapa de la página siguiente presenta una regionalización de los resultados obtenidos en la matriz de concordancia con el fin de observar ciertas tendencias geográficas de la distribución de las condiciones de mortalidad-saneamiento en el país, que como ya habíamos demostrado en el capítulo V, muestran una inequidad evidente.

REGIONALIZACION DEL MODELO

-  Bajo Saneamiento  
Alta Mortalidad
-  Bajo Saneamiento  
Mediana Mortalidad
-  Mediano Saneamiento  
Baja Mortalidad
-  Mediano Saneamiento  
Alta Mortalidad
-  Mediano Saneamiento  
Mediana Mortalidad
-  Alto Saneamiento  
Alta Mortalidad
-  Alto Saneamiento  
Mediana Mortalidad
-  Alto Saneamiento  
Baja Mortalidad



Alcances y limitaciones del modelo MORSAN. De acuerdo al conjunto de resultados obtenidos en las ecuaciones estructurales y a la determinación de los niveles de umbral y de saturación para nuestro país así como la curva de Lorenz modificada y el índice de concentración del servicio de saneamiento, consideramos que el modelo reducido MORSAN podría encontrar aplicaciones en la planeación de obras sanitarias que persigan un objetivo específico en el renglón epidemiológico. Por el hecho de ser un modelo predictivo a nivel nacional, se tiene como principal limitante a la incertidumbre o exactitud de los resultados. A pesar de todo, los parámetros estadísticos muestran una significancia digna de tomarse en cuenta. En política sanitaria debe buscarse una distribución más equitativa del servicio, favoreciendo a las entidades que se encuentran tanto en la zona de umbral (Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Tabasco y Veracruz), con acciones asociadas a la educación y particularmente elevar los niveles de cobertura a la población. Igualmente, incrementar los servicios en las entidades que están en la zona de transición y al menos, mantener los actuales niveles de cobertura en las que se encuentran en la zona que asignamos como de transición.

La tarea no es fácil, el ritmo de crecimiento demográfico del país y sus viviendas requieren de dotar para el año 2000 a 24.5 millones de habitantes más (respecto de 1980) de suministro de agua potable tan solo para mantener la actual cobertura de los

abastecimientos y a 55.4 millones de habitantes más si se pretendiera cubrir al 100% de la población en ese año. Esto, sin mencionar los esfuerzos en drenaje y educación postprimaria. Evidentemente, las acciones sucedáneas como los programas de rehidratación oral pueden ayudar a abatir los niveles de mortalidad por causa de las enfermedades del grupo O1 pero la dotación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y drenaje alargan sus efectos a un plazo más largo. Finalmente, conviene recordar que, como todo modelo, debe estar sujeto a controles periódicamente y en este caso, dada su fuente de información censal, se tendría una evaluación y ajuste decenal.

A N E X O S

## NORMAS MEXICANAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE.

(Contenidas en el Artículo 7o. del Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable. Publicado en el Diario Oficial del 2 de julio de 1953)

Se considera agua potable a toda aquella cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud para lo cual deberá llenar los requisitos siguientes:

### I. Caracteres físicos:

De preferencia la turbiedad del agua no excederá del número diez en la escala del sílice, y su color del número veinte de la escala platinocobalto. El agua será inodora y de sabor y temperatura agradables. De no cumplirse con los requisitos anteriores, se admitirán aquellos caracteres físicos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde los puntos de vista químico y bacteriológico.

### II. Caracteres químicos:

Un pH de 6.0 a 8.0 para aguas no tratadas. Para aguas sometidas o tratadas a su proceso químico, se aplicarán las normas especiales de la fracción IV.

Un contenido por millón de elementos iónicos y sustancias que a continuación se expresan- 1 p.p.m. = 1 mg/lt-:

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta .....	0.60
Nitrógeno (N) proteico, hasta .....	0.10
Nitrógeno (N) de nitritos 9 con análisis bacteriológico aceptable, hasta .....	0.05
Nitrógeno (N) de nitrato hasta .....	5.00
Oxígeno (O), consumido en medio ácido, hasta .....	3.00
Oxígeno (O), consumido en medio alcalino, hasta .....	3.00
Sólidos totales de preferencia 500, tolerándose hasta ...	1000.0
Alcalinidad total, expresada en Ca Co , hasta.....	400.0
Dureza total, expresada en Ca Co , hasta .....	300.0
Cloruros, expresados en CL, hasta .....	250.0
Sulfatos expresados en So , hasta .....	250.0
Magnesio, expresado en Mg, hasta .....	125.0
Zinc, expresado en Zn, hasta .....	15.0
Cobre, expresado en Cu, hasta .....	3.00
Fluoruros, expresados en FL, hasta .....	1.50
Hierro y Manganeso, expresados en Fe y Mn, hasta .....	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta .....	0.10
Arsénico, expresado en As, hasta .....	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta .....	0.05
Cromo hexavalente, expresado en Cr, hasta .....	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta .....	0.0001
Cloro libre, en aguas cloradas no menos de .....	0.20
Cloro libre, en aguas sobrecloradas, no menos de 0.20 ni más de .....	1.00

### III. Caracteres Biológicos.

El agua estará libre de gérmenes patógenos, procedentes de contaminación fecal humana. Se considerará que el agua estará libre de esos gérmenes cuando la investigación bacteriológica de como resultado final:

- a) Menos de veinte organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra, definiéndose como tales a todos los bacilos no esporógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.
  
- b) Menos de doscientas colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra, en la placa de agar incubada a 37 C por 24 horas.
  
- c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de gelatina cromógenas o fétidas en la siembra de un centímetro cúbico de muestra, en gelatina incubada a 20°C por 24 horas.

Los métodos que se utilicen para las investigaciones físicas, químicas y bacteriológicas anteriores, serán los que sugiera la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los que fije la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA).

Debe entenderse que las técnicas bacteriológicas tienen como primordial importancia determinar si los procesos de tratamiento son efectivos o no, en vez de ser una medición exacta de la

calidad del agua a partir de muestras recolectadas en el sistema de distribución. La presencia de organismos coliformes indica la existencia de canales de invasión patógena a las fuentes de abastecimiento, los cuales deben ser investigados como vías de polución y contaminación.

Constituye a pesar de todo, una ventaja el hecho de que los adelantos en el tratamiento de aguas lleven un avance ligeramente superior a los adelantos logrados en procesos de laboratorio de modo que en lugar de una afinación que lleve a una especificación mayor, la técnica bacteriológica sea simplificada y nos proporcione una medición más amplia de polución general bacteriana, complementada por restricciones más rígidas en cuanto al grado permisible para dicha polución.

DATOS DE LA CURVA DE LORENZ Y DEL INDICE DE CONCENTRACION DE SANEAMIENTO\*.

ENTIDAD FEDERATIVA	Población Total (de menor a mayor)	Población Total con Saneamiento** (agua Potable y Drenaje)	Proporción Población... con Saneamiento (Yi)	Acumulada (%) Total (Xi)
California Sur	212 868	126 837	0.31883	0.32099
Yucatán	223 199	98 051	0.56530	0.65659
Chiapas	342 258	242 729	1.17546	1.17269
Veracruz	418 237	193 163	1.66102	1.80336
Colima	515 354	408 959	2.68904	2.58047
Guerrero	550 201	277 356	4.56383	3.41013
Morelos	720 333	375 546	5.50786	4.49634
San Luis Potosí	735 259	372 225	6.44354	5.60506
Quintana Roo	936 914	574 750	7.88832	7.01786
Oaxaca	1 054 257	403 148	8.90174	8.60760
Tabasco	1 057 388	417 880	9.95220	10.20207
Coahuila	1 132 494	470 721	11.13548	11.90979
California	1 165 927	800 351	13.14737	13.66794
Chihuahua	1 173 855	635 408	14.74460	15.43804
Baja California	1 501 184	991 607	17.23720	17.70173
Baja California Sur	1 533 177	677 392	18.91480	20.01366
San Luis Potosí	1 547 714	1 073 804	21.61411	22.34750
Veracruz	1 663 132	677 893	23.31810	24.85539
Quintana Roo	1 832 487	925 911	25.64560	27.62016
Chiapas	1 912 069	1 140 932	28.51360	30.50343
Guerrero	1 994 357	1 288 454	31.75240	33.51708
Morelos	2 060 494	694 592	33.49840	36.61786
San Luis Potosí	2 082 827	718 475	35.30470	39.75860
Veracruz	2 355 580	695 513	37.05300	43.31060
León	2 499 148	1 915 922	41.86840	47.07915
Coahuila	2 851 256	1 597 844	45.88400	51.37865
Quintana Roo	2 982 086	1 732 592	50.23933	55.87543
Chiapas	3 325 681	1 557 250	54.15389	60.89034
Veracruz	4 343 792	3 135 349	62.03543	67.44050
Morelos	5 356 637	2 272 018	67.74671	75.59870
Estado de México	7 511 360	5 565 542	81.73730	86.92533
D.F. Federal	8 773 395	7 733 309	100.00000	100.00000
A L E S	66 315 920	39 780 923	100.00000	100.00000

Índice de concentración se calculó geoméricamente.

Población total con saneamiento se obtuvo del promedio aritmético de los porcentajes de cobertura de agua potable y drenaje en cada entidad federativa, por ejemplo: para Jalisco, Población Total: 4 343 792 se multiplica por  $(0.7853 + 0.6583/2 = 0.7218)$  y nos queda: Población Saneamiento =  $4 343 792 (0.7218) = 3 135.349$ .

CONCEPTO	Defunciones en la Entidad					Tasas de Mortalidad				% del total de muertes	
	Todas las Causas	Del Grupo I (OMS)					General	0	1-4		0-4
		0	1	2	3	4					
TOTALES											
HOMBRES											
MUJERES											
No Especificado											
Enfermedades Infecciosas Intestinales (10-16)											
11.- Fiebre Tifoidea											
12.- Shigelosis											
13.- Intoxicación Alimentaria											
14.- Amibiasis											
15.- Infecciones Intestinales debidas a Organismos específicos											
16.- Infecciones Intestinales mal definidas											
Población Media Correspondiente											

\* por 100,000 habitantes.

GRUPO I (OMS)

## B I B L I O G R A F I A

- American Water Works Association, "Water Quality Treatment", New York, U.S.A. Interscience Publishers Inc. 1966.
- Arriaga, Eduardo. "Necesidad de Políticas de Población en América Latina", Universidad de Berkeley, California, U.S.A. 1975.
- "The deceleration of the decline of mortality in the case of Latin America". U.S.A. Bureau of the Census. Washington D.C.
- Barnum, H & Barlow Robin, "Modelling Resource Allocation for Child Survival" en Child Survival: Strategies for Research, pp. 367-388, U.S.A., 1984.
- Bastone Carl y Salas Henry, "Nuevos enfoques para la disposición final de las aguas residuales en América Latina y el Caribe", en Saneamiento Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Washington D.C. No. 12. pp. 34-50. Enero 1985.
- Behm Hugo. "Socioeconomic Determinants of Mortality in Latin America Proceedings of the meeting on socioeconomic determinants and consequences of mortality, Mexico, City, June 1979.
- "Sobrevivencia en la infancia: las dimensiones del Problema en América Latina". Ponencia presentada durante el taller Internacional: Sobrevivencia en la infancia: Problemas y Prioridades pp. 21-24, Agosto. Teotihuacán, México, 1985.
- Bradley, J. David, "Infective Disease and Domestic Water Supplies", en Water Supply, ed. Gt. Schamrel, BRAZUP, Research Paper P. 20, Dar es Salaam, Tanzania, 1971.
- Bradley J. David. "Health Aspects of Water Supplies in Tropical Countries"., Water, Wastes and Health in Hot Climates: John Wiley E Sons, 1977. pp. 2-48.
- Briscoe, John, "Technology and Child Survival: The example of Sanitary Engineering", de la Recopilación de Lincon & Chen, Child Survival: Strategies for Research, pp. 237-252, U.S.A., 1984.
- Camposortega, Sergio. "Nivel y Estructura de la Mortalidad en México. 1940-1980". Ponencia presentada en el seminario sobre niveles, tendencias y determinantes de la mortalidad en México, organizado por el Colegio de México. Noviembre, 1984.
- "Estado actual del conocimiento sobre los niveles y tendencias de la mortalidad en México". CONAPO. México, D.F. 1984.

- Chenery & Syrquin, "Patterns of development 1950-1970", London, Oxford University Press, 1975; pp. 135-136.
- Chin Long Chiang, "The life table and its applications", Robert Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, U.S.A., 1984.
- Cjetanovic & Grab, "Rough determination of the cost-benefit balance point of sanitation programmes. Bulletin of the World Health Organization, No. 54, Washington D.C. pp. 207-216. U.S.A., 1976. Department of Health and Social Security. "Sharing Resources for health in England", Report of the Resource Allocation Party. (RAWP). London, England 1976.
- De la Loza Saldivar, Arnoldo. "Avances en los niveles de Salud en México en 1974" Centro Nacional de Información y Documentación en Salud. México, D.F., 1976.
- El Colegio de México. (Varios autores) "Dinámica de la Población de México". Centro de Estudios Económicos y Demográficos". Publicación Conmemorativa por los 40 años de la fundación de El Colegio de México. 10 edición. México, D.F. 1970.
- Feachem, R. "Water, Health and Development: and interdisciplinary evaluation", London Tri Med Books Ltd, London, England, 1978.
- Fernández de Hoyos, Roberto. " Cuáles son realmente las principales causas de defunción en México?. Salud Pública de México, Vol. 25. Número 3, México, D.F., Mayo-Junio 1983.
- Frenk, Julio. "La Polémica y la realidad", en Estado y Salud, Revista Nexos. Trabajo presentado en el Seminario de Mortalidad organizado por el CEDDU de El Colegio de México, Noviembre de 1984.
- García D. Marco, "La cloración en los sistemas de abastecimiento de agua potable. Importancia, dosificación y equipo". Tesis de licenciatura, U.N.A.M., México, 1980, D.F.
- Gómez De León, José. "La Mortalidad Rural en México: Un análisis exploratorio del peso relativo de algunas de sus determinantes". El Colegio de México. Ponencia presentada durante el taller internacional: Sobrevivencia en la infancia: Problemas y Prioridades. 21-24 Agosto, Teotihuacán, México, 1985.
- Grosse, Robert N. et. al. "Estimating the Costs and Effectiveness of Health Sector Policy Alternatives in Developing Countries". School of Public Health. The University of Michigan. Ann Arbor. Michigan, 1978.

..... "Interrelation between Health and Population: Observations derived from field experiences, Social Science and Medicine, Vol. 14 C, No. 2 June 1980 pp. 99-120.

Grosse Robert E Perry Barbara. "Correlates of life expectancy in less developed countries". Department of Health Planning & Administration School of Public Health, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan U.S.A. (1982).

Grosse Robert and Harkavy O. "The Role of Health in Development", Social Science and Medicine. Vol. 14 c. No. 2 June 1980.

House, James & Mason, "Political alienation in America", en American Sociological Review. No. 40, April. pp. 123-147. U.S.A., 1971.

Harfouche, J.K. "Health care problems of the young child in developing ecological context", WHO Bulletin, 57, 3. 1979.

Herrero, Juan Manuel, "El uso de registros continuos y censos para el estudio de la sobrevivencia en la infancia", ponencia presentada en el Taller Internacional de Sobrevivencia Infantil en Teotihuacán, México. Agosto 21-24 de 1985.

Hillel Shuval, et. al. "Effect of water supply and sanitation investments on health status; a threshold saturation theory. Bulletin of the WHO. Vol. 59 No. 2, 1981.

Hughes, M. James. "Potential Impacts of Improved Water Supply and Excreta disposal on Diarrhoeal Morbidity: An Assessment based on a Review of Published Studies", WHO Diarrhoeal Disease Control Programme Consultative Report. Draft. July 6, 1981.

Koopman, J.S. et. al., "Food, sanitation and socioeconomic determinants of Child growth in Colombia", American Journal of Public Health, No. 71, U.S.A. pp. 31-37, 1981.

Leon López, Enrique. "La Ingeniería en México", Colección SEP/Setentas, SEP. México, D.F., 1974 pp. 19-65.

López Cervantes, M. "El uso de la mortalidad para la planeación de los servicios de salud: El caso de México". Trabajo presentado durante el Seminario de Mortalidad, organizado por el Colegio de México (MIMEO). México 1984.

Mc. Junkin, F.C. "Water and Human Health", Agencia para el Desarrollo Internacional de E.U.A., Washington D.C. U.S.A., 1982.

Mc. Keown Thomas E Record R. "Reasons for the decline of Mortality in England and Wales during the Nineteenth Century". Center for Population Studies Library, U.S.A. 1973.

Meegama, Srinivasa. "The decline in Mortality in Sri Lankain historical perspective". Colombo, Srilanka, 1982. pp. 143-161.

Mosley H. and Chen. L., "An analytical framework for the study of Child Survival in Developing Countries", in Child Survival: Strategies for Research, Vol. 10, U.S.A., 1984.

Mosley, Henry, "Child Survival: Research and Policy" en Population and Development Review, in Child Survival: Strategies for Research Vol. 10, New York, U.S.A., 1984.

Murray R. Spiegel. "Estadística", Mc Graw Hill Co. U.S.A. 1978. pp. 217-250.

Naciones Unidas, "Reunión del Grupo de Expertos encargados de estudiar la formulación de modelos de las correlaciones entre población y desarrollo organizada por las Naciones Unidas y el Fondo de las Naciones Unidas para las Actividades en Materia de Población, Ginebra, 24 a 28 de septiembre de 1979", Boletín de Población de las Naciones Unidas No. 13-1980, Nueva York, Naciones Unidas, 1982, pp. 89-94.

\_\_\_\_\_, Boletín de Población de las Naciones Unidas No. 15, 1983, ST/ESA/SER. N/15 New York, U.S.A., 1984.

\_\_\_\_\_, Population Distribution Policies in Development Planning. Papers of the United Nations/UNFPA Workshop on population distribution policies in development planning. Bangkok, 4-13 September 1979, New York, Naciones Unidas, 1981, Population studies, No. 75. ST/ESA/SER.A/75. p. 205.

\_\_\_\_\_, Population Distribution, Migration and Development. Proceedings of the Group on Population Distribution, Migration and Development Hammamet (Tunisia), 21-25 March 1983 International Conference on Population, 1984, Department of International Economic and Social Affairs New York, 1984, Naciones Unidas, 1984 ST/ESA/SER.A/89 p. 505.

\_\_\_\_\_, Manual X Técnicas indirectas de estimación demográfica, Nueva York, Naciones Unidas, 1986. Estudios de Población. No. 81, p. 318.

\_\_\_\_\_, Demographic Transition and Socioeconomic Development proceedings of the United Nations/UNFPA Expert Group Meeting Istanbul, 27 april-4 may 1977, New York, Naciones Unidas, 1981, Population Studies, No. 65 ST/ESA/SER.A/75 p. 153.

\_\_\_\_\_, "Model life tables for Developing Countries", Department of International Economic and Social Affairs, Population Studies No. 77, New York, U.S.A., 1982.

Neri, R. "La contaminación y sus repercusiones en la Salud", en Salud Pública de México. Volumen XX, Epoca V, No. 3 Mayo-Junio de 1978.

Newman Peter. "Malaria Eradication and Population Growth". (with special reference to Ceylon and British Guiana). Bureau of Public Health Economics Research Series No. 10 School of Public Health, The University of Michigan (1965) pp. 22-104.

Population Reference Bureau, "Resources environment and Population: the Nature of future limits" Vol. 34, No. 3. August 1979, Washington D.C.

Population Reference Bureau, "Planet earth 1984-2034: a demographic vision", Vol. 39, No. 1, February 1984. Washington D.C. U.S.A.

Population Reference Bureau. "Populatin Growth and Poverty in the Developing World". Vol. 35, No. 5, December, December, 1980. Washington, D.C. U.S.A.

Potts Malcom. "Meeting the Family Planning Needs of the Urban Poor", International Fertility Research Program. Research Triangle Park, North Carolina, U.S.A. 1981.

Pérez Astorga, Javier. "Mortalidad por causas en México: 1950-1980". Ponencia presentada en el "Seminario sobre niveles, tendencias y determinantes de la Mortalidad en México", organizado por El Colegio de México, Noviembre de 1984.

Pineo, S.C & Subrahmanijam, D, "Comunity water supply and excreta desposad situation in the developing countries", Geneva, World Health Organization, 1975, pp. 41 Offset Publication No. 15.

Richtering Jurgen, "Modelling Fertility and Mortality rates under a demographic-economic framework", United Nations on Trade and Development (UNCTAD), Bulletin No. 15, New York, U.S.A., 1986.

Rogers, G.B. "Income and Enequality as determinants of Mortality. An international Cross-Section Analysis", Population Studies Vol. 33, No. 2 July 1979 pp. 342-351.

Saunders Robert J. and Jeremy J. Warford, Village Water Supply: Economics and Policy in the Developing World, The Johns Hopkins University Press, 1976, pp. 31-85.

Secretaria de Salubridad y Asistencia, "Control de enfermedades transmisibles", Volumen Técnico, México, D.F., 1973.