

Estratificación de una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico

Roberto Barrera,¹ Nereida Delgado,² Matilde Jiménez,³
Iris Villalobos³ e Ivonne Romero³

RESUMEN

La gran heterogeneidad ambiental de viviendas y barrios en los centros urbanos donde se cría *Aedes aegypti*, principal vector del dengue, junto con la escasez de recursos y de personal entrenado en el control de mosquitos constituyen retos para cualquier iniciativa destinada a controlar el dengue hemorrágico (DH). Una adecuada vigilancia epidemiológica puede servir de base para comenzar a estratificar los centros urbanos e identificar las zonas críticas donde deben concentrarse las tareas de control. En este estudio, se estratificó una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico (Maracay, Venezuela) con la ayuda de un sistema de información geográfica (SIG) y el análisis de la persistencia, la incidencia y la prevalencia del dengue mediante diagnósticos clínicos registrados de 1993 a 1998.

Maracay tiene cerca de un millón de habitantes que viven en unos 349 barrios de 6 poblaciones que integran el Área Metropolitana, donde se notificaron 10 576 casos de dengue, 2 593 casos de DH y 8 defunciones. La incidencia de DH mostró una relación directa con la incidencia del dengue, el número de habitantes y la densidad poblacional. El patrón espacial de la incidencia del dengue fue estable durante los años estudiados y se encontraron relaciones positivas y significativas de la incidencia del dengue por barrio entre pares de años. La persistencia del dengue se relacionó directamente con la incidencia mensual por barrio. Estos patrones espaciales facilitaron la estratificación de la ciudad en tres estratos: 68 barrios sin dengue aparente, 226 barrios con baja persistencia y prevalencia, y 55 barrios con alta persistencia y prevalencia. Se recomienda otorgar alta prioridad de control a estos 55 barrios que ocupan 35% del área urbana y presentaron 70% de todos los casos de dengue.

La situación del dengue en las Américas se ha agravado durante los últimos 20 años con el incremento del número de casos y países afectados, y una mayor frecuencia de las manifestaciones graves del dengue hemorrá-

gico y el síndrome de choque del dengue (1, 2). Esta expansión está asociada con la introducción de nuevas variantes genéticas de virus dengue de mayor patogenicidad (3), la circulación simultánea de varios serotipos y resultante hiperendemicidad (4), y el aumento de la abundancia local y la extensión geográfica de *Aedes aegypti*, vector principal del dengue (5). El panorama epidemiológico descrito parece estar vinculado con el acelerado crecimiento no planificado de asentamientos urbanos, lo que produce el hacinamiento de grupos humanos sin adecuados servicios sanitarios como los de recolección de desechos sólidos,

suministro de agua potable y atención médica. Se encuentra igualmente influido por la frecuencia actual de viajes en avión, que posibilitan el intercambio de virus entre áreas geográficas muy distantes, y por limitaciones económicas que redundan en la implantación de medidas de emergencia para controlar los mosquitos y el dengue, en lugar de propiciar programas de prevención (4).

Si bien desde 1981 en adelante 25 países de las Américas habían notificado experiencias con el dengue hemorrágico, hasta febrero de 1998 la mayoría de los casos (52,5%) y las muertes (36%) se habían registrado solamente

¹ Toda la correspondencia debe enviarse a este autor a la siguiente dirección: Av. Los Ilustres, Los Chaguaramos, Laboratorio de Biología de Vectores, Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 47058, Caracas 1041-A, Venezuela. Correo electrónico: rbarrera@strix.ciens.ucv.ve

² Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

³ Corposalud Aragua, Av. Las Delicias, Maracay, Venezuela.

en Venezuela (2). Aunque no existe un inventario de las localidades infestadas con *A. aegypti* en Venezuela, hay razones para creer que este vector se encuentra presente en todos los centros urbanos por debajo de los 2 000 metros sobre el nivel del mar. En un estudio sobre la abundancia y las características de los criaderos de *A. aegypti* en 30 poblaciones costeras venezolanas, se encontró que todas estaban infestadas y que los recipientes de almacenar el agua constituían los criaderos más comunes (6). Este estudio confirmó la existencia de correlaciones positivas y significativas entre la frecuencia y el lapso de las interrupciones en el servicio de agua por acueducto y la abundancia de *A. aegypti* en los recipientes de almacenamiento de agua (7). De este modo se produce una gran abundancia de adultos de *A. aegypti* durante todo el año y se observan de tres a cuatro hembras por persona/hora durante el período diario de máxima actividad del mosquito (5 a 9 a.m. y 3 a 7 p.m.), especialmente durante las épocas secas, cuando normalmente la evaporación excede la precipitación (8, 9). La presencia de importantes poblaciones del vector todos los meses del año garantiza la circulación simultánea de los serotipos del dengue 1, 2 y 4 en Venezuela (10). En efecto, recientemente se ha demostrado el carácter hiperendémico en dengue de este país (10). A estos factores se suma la carencia generalizada de programas de control efectivos contra *A. aegypti* debido a limitaciones presupuestarias y la ausencia tanto de voluntad política como de personal capacitado.

El control de *A. aegypti* se hace difícil, no solamente por la limitación de recursos, sino también por la gran extensión y heterogeneidad de los barrios y edificaciones en el espacio urbano donde se cría este vector. Por ello es necesario contar con un adecuado sistema de vigilancia epidemiológico del dengue que permita determinar cuáles áreas urbanas deben tener prioridad en el control vectorial. Cuando se cuenta con informes adecuados sobre los factores espaciales y temporales de los casos de dengue, el centro urbano puede estratificarse para mos-

trar los lugares donde es más probable la transmisión del virus y tomar acciones para interrumpirla.

El presente trabajo describe la estratificación de un centro urbano hiperendémico en dengue hemorrágico, el Área Metropolitana de Maracay, Estado Aragua, basada en la notificación de casos con diagnóstico clínico desde 1993 hasta 1998. Maracay fue la primera ciudad de Venezuela donde se reconoció la emergencia de esta enfermedad (11–13), que desde 1989 ha sido endemoepidémica y produce un importante número de casos de dengue hemorrágico todos los años: 8,3% de todos los casos del país. Se ha seguido una metodología usada previamente para el estudio de la transmisión de la malaria en el nordeste de Venezuela (14), en la cual se propuso que las localidades afectadas podrían clasificarse como “focos calientes” si tienen todas las condiciones para la transmisión; “focos fríos” si las condiciones adecuadas para la transmisión son transitorias o inestables, y “focos helados” si no existen las condiciones para la transmisión local pero se notifican casos importados.

La hipótesis en que se basa el estudio propone concentrar los esfuerzos de control vectorial en las zonas de alta transmisión, esperando que ello traiga como consecuencia la reducción espontánea de casos en el resto de la zona afectada. Esta reducción se debería a la disminución en la presión de invasión del virus por exportación desde los focos calientes hacia las áreas donde es menos probable que se establezca la enfermedad. Para identificar tentativamente los posibles focos calientes por sector o barrio del área urbana de Maracay, usamos como parámetro la persistencia del dengue, es decir, el número máximo de meses consecutivos en los que una localidad tiene casos de la enfermedad, junto con los valores de incidencia del dengue.

MATERIALES Y MÉTODOS

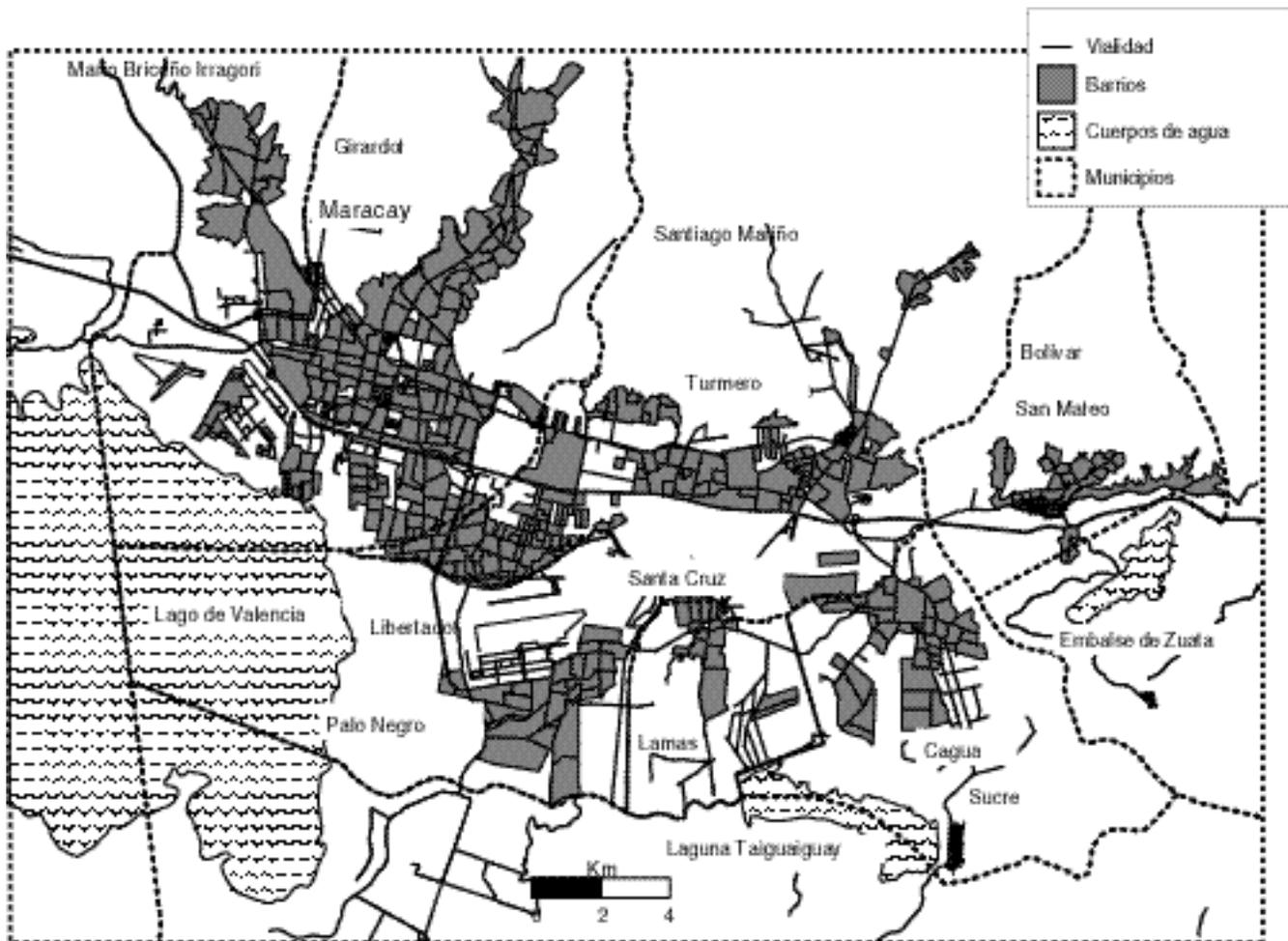
El presente trabajo se realizó en el Área Metropolitana de la ciudad de Maracay (AMM), al centro norte de Ve-

nezuela. La ciudad está situada 10° 07' a 10° 20' N y 67° 24' a 67° 38' W, es la capital del Estado Aragua, y está constituida por ocho municipios: Girardot, Santiago Mariño, Mario Briceño Irragori, Linares Alcántara, Sucre, Libertador, Bolívar y José Angel Lamas. Dada la reciente creación del municipio Linares Alcántara, los resultados correspondientes se notifican con los del municipio Santiago Mariño. La principal concentración urbana se localiza en la ciudad de Maracay (Municipios Girardot y Mario Briceño Irragori), aunque existe un activo intercambio de personas con los poblados aledaños de Palo Negro, Turmero, Santa Cruz, Cagua y San Mateo (figura 1).

En esos municipios, para 1998 se esperaba una población de aproximadamente 1 031 420 habitantes (15), equivalente a 72% de toda la población del Estado Aragua. La superficie ocupada por el área urbana es de aproximadamente 109 km², mientras que la de los municipios del área de estudio es de 624 km². El mayor número de habitantes se encontraba concentrado en el casco urbano formado por Girardot, Mario Briceño Irragori y Santiago Mariño (cuadro 1 y figura 1). El AMM fue subdividida en unos 418 sectores o barrios por el Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR), como parte del Plan de Ordenación Urbanística, Plano 1992. Al eliminar las subdivisiones de los sectores, estos se redujeron a 349 sectores o barrios con los que se trabajó siguiendo la nomenclatura del MINDUR.

El AMM se encuentra en un valle limitado al norte por la Cordillera de la Costa (Parque Henry Pittier) y forma parte de la cuenca del Lago de Valencia (véase la figura 1). La vegetación del valle se encuentra modificada por la agricultura (caña de azúcar, bananos, hortalizas) y la ornamentación de las áreas urbanas. En las laderas montañosas predomina actualmente una vegetación de sabana de montaña debido a las frecuentes quemadas y parches de vegetación boscosa a lo largo de los cursos de agua. Si no se realizaran quemadas, predominaría el bosque de ciduo tropical en las montañas y el bosque semiperenne en las zonas bajas. La precipitación promedio anual desde

FIGURA 1. Mapa del Área Metropolitana de Maracay, Estado Aragua, Centro Norte de Venezuela, que muestra los municipios, barrios, localidades, principales vías de comunicación y cuerpos de agua del área de estudio



CUADRO 1. Totales y densidad del dengue y el dengue hemorrágico (DH), en los municipios del Área Metropolitana de Maracay, Venezuela, 1993 a 1998

Municipio	Superficie (km ²)	Población	Casos al año		Casos por 1 000		Densidad (casos por km ²)	
			Total	DH	Total	DH	Total	DH
Girardot	14,78	447 754	881	220	1,97	0,49	60	15
Mario Briceño Irragori	3,83	124 478	231	50	1,90	0,41	60	13
Santiago Mariño	10,8	212 154	367	95	1,73	0,45	34	9
Sucre	4,73	99 472	153	34	1,54	0,34	32	7
Lamas	1,24	25 617	39	8	1,52	0,31	31	6
Libertador	4,47	85 331	89	19	1,05	0,22	20	4
Bolívar	2,11	39 614	23	6	0,58	0,14	11	3
Total	41,96	1 031 420	1 783	432	1,47 ^a	0,34 ^a	35,43 ^a	8,14 ^a

^a Media.

1993 hasta 1998 fue de 987 mm (Maracay, Fuerza Aérea, altitud 436 m), con una temperatura promedio de 25,4° C y una humedad relativa de 74,8%. Hay

una estación lluviosa desde mayo hasta octubre con máxima precipitación entre julio y octubre. En el período de 1993 a 1998, durante la época

de sequía de noviembre a abril se registró 13% de la precipitación anual.

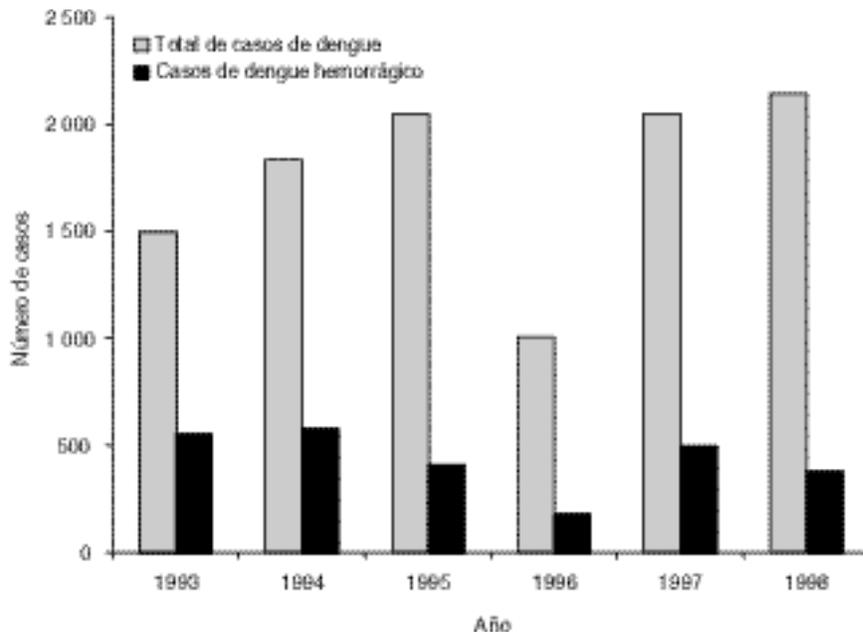
La Dirección de Epidemiología de la Corporación de Salud del Estado Ara-

gua suministró los datos sobre dengue para este estudio histórico de la incidencia registrada en los diversos centros de salud del AMM durante el período de 1993 a 1998. Los casos se verificaron por diagnóstico clínico siguiendo la definición de caso de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que requiere dos o más de las siguientes manifestaciones: dolor de cabeza, dolor retroorbital, mialgias, artralgia, erupción y manifestaciones hemorrágicas (16). Los casos de dengue hemorrágico se identificaron por todos los síntomas siguientes: fiebre aguda, alguna manifestación hemorrágica (prueba del torniquete positiva, petequias, equimosis, hemorragias de las mucosas, tracto intestinal y otras), trombocitopenia ($100\ 000/\text{mm}^3$ o menos) y algún síntoma de extravasación de plasma (hematocrito inicial 20% por encima del normal, derrame pleural, ascitis e hipoproteinemia).

Este estudio fue aprobado por un comité científico especialmente nombrado por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y no se utilizan identificadores personales. Calculamos la incidencia mensual según los nuevos casos del dengue, la prevalencia anual por división administrativa del centro urbano en municipios y barrios, y la persistencia o número máximo de meses consecutivos que un barrio presentó casos de dengue (14). Se calculó la tasa de prevalencia anual (casos por 1 000 habitantes por año) para los municipios. No se pudo calcular esa tasa por barrio, ya que en el momento de la investigación no se contaba con esos datos en ninguna institución y estábamos en proceso de adquirirlos.

Desarrollamos un sistema de información geográfica (SIG) para representar y analizar los patrones espaciales del dengue en el AMM. Con la ayuda del SIG, intentamos estratificar el área urbana identificando los barrios que presentaron la mayor prevalencia y persistencia del dengue durante el período de 1993 a 1998. La base cartográfica de este estudio reside en la digitalización (AutoCAD; Soft-Source) de los límites administrativos de municipios y sectores y la vialidad,

FIGURA 2. Variación anual del número total de casos de dengue y dengue hemorrágico en el Área Metropolitana de Maracay, 1993 a 1998



a partir de mapas (1:5 000 y 1:50 000) suministrados por MINDUR. Los datos de dengue y dengue hemorrágico se digitalizaron en Excel (Microsoft Corporation) y se pasaron a una base de datos (Visual dBASE; Borland International, Inc.). Estos datos se incorporaron a un SIG para su análisis y representación gráfica (Atlas GIS; ESRI, Inc.). Empleamos estadísticas descriptivas como la media y la desviación estándar, y correlaciones de Pearson entre las variables de interés.

RESULTADOS

Durante el período de 1993 a 1998 se registraron 10 576 casos de dengue en el AMM, con 2 593 casos hemorrágicos (24,5%) y 8 defunciones (0,08%). En 1996 se notificaron menos casos de dengue y dengue hemorrágico que en el resto del período (figura 2). Esta reducción no pareció relacionarse directamente con un descenso en la precipitación ya que en 1996 se registraron 986 mm de lluvia, una cantidad muy cercana al promedio de 987 mm de todo el período. El promedio de casos de dengue al año registrados en el AMM fue 1 762, de los cuales 432 fue-

ron hemorrágicos. Estas cifras equivalen a 1,7 casos de dengue y 0,42 casos de dengue hemorrágico (DH) por 1 000 habitantes al año en los municipios incluidos en el AMM.

El porcentaje de los casos de dengue con manifestaciones hemorrágicas para el período considerado varió entre 20,5% en Lamas y 25,8% en Mariño. Mediante el SIG se calculó el número de casos de dengue y DH notificados por km^2 (densidad de dengue) en el área urbana de cada municipio (cuadro 1). Los municipios con mayor densidad poblacional (Girardot y Mario Briceño Irragori) presentaron la mayor densidad de dengue y DH. La densidad del dengue registrado por municipio se relacionó directa y significativamente con la densidad poblacional ($R = 0,94$, $P < 0,01$, $n = 7$), la densidad de DH ($R = 0,98$, $P < 0,01$, $n = 7$), la prevalencia del dengue total ($R = 0,90$, $P < 0,01$, $n = 7$) y la prevalencia de DH ($R = 0,86$, $P < 0,05$, $n = 7$). La densidad del DH se relacionó positivamente con cada una de las variables anteriores ($P < 0,01$) y además con el número de habitantes ($R = 0,78$, $P < 0,05$, $n = 7$), el número de casos de dengue ($R = 0,82$, $P < 0,05$, $n = 7$) y el de DH ($R = 0,80$, $P < 0,05$, $n = 7$). De esta forma, la manifestación del dengue no

solo guardó una relación directa con el número de habitantes, sino también con la concentración urbana o densidad poblacional.

De un total de 349 barrios considerados en este estudio, 77% registraron casos de dengue entre 1993 y 1998. De los barrios con dengue, 84% presentaron casos de DH. Los municipios de Lamas y Bolívar tuvieron los menores porcentajes de barrios con DH (50 y 60%, respectivamente), mientras que en los municipios restantes los porcentajes variaron entre 81 y 90%. Como puede observarse en los mapas de distribución de casos de dengue por barrio y de la prevalencia por municipio (figura 3), el mayor número de casos se encontró concentrado en Maracay en

los municipios de Girardot y Mario Briceño Irragorri. Este patrón de distribución espacial correspondió a la correlación observada entre el número de habitantes y el número de casos de dengue. La distribución espacial de los casos de DH por sector y municipio (figura 4) fue muy parecida al total de los casos registrados (véase la figura 3). La correlación entre el número de casos de DH y los casos de dengue para el período de 1993 a 1998 por barrio resultó positiva y significativa ($R = 0,97$, $P < 0,01$, $n = 349$), lo que indica que los barrios con los mayores números de casos de dengue también registraron los mayores números de casos de DH.

El patrón espacial, que se resume en las figuras 3 y 4, fue homogéneo en

cada uno de los años considerados en el estudio. La correlación entre los números de casos de dengue por año y barrio fue significativa y positiva, con valores desde $R = 0,64$ ($P < 0,01$ en 1993 y 1996) hasta $R = 0,76$ ($P < 0,01$ en 1994 y 1995). Se observó una relación semejante en el DH, con valores desde $R = 0,45$ ($P < 0,01$ en 1996 y 1997) hasta $R = 0,60$ ($P < 0,01$ en 1994 y 1996). Estos resultados muestran que los barrios que produjeron muchos casos en un año continuaron produciendo muchos casos en los otros años considerados entre 1993 y 1998, y viceversa. Este patrón espaciotemporal podría servir de guía de referencia sobre cuáles barrios producirían los mayores números de casos en un futuro cercano.

FIGURA 3. Mapa del Área Metropolitana de Maracay, que muestra la distribución del número de casos acumulados de dengue por barrio y el número de casos de dengue por 1 000 habitantes en los municipios, 1993 a 1998

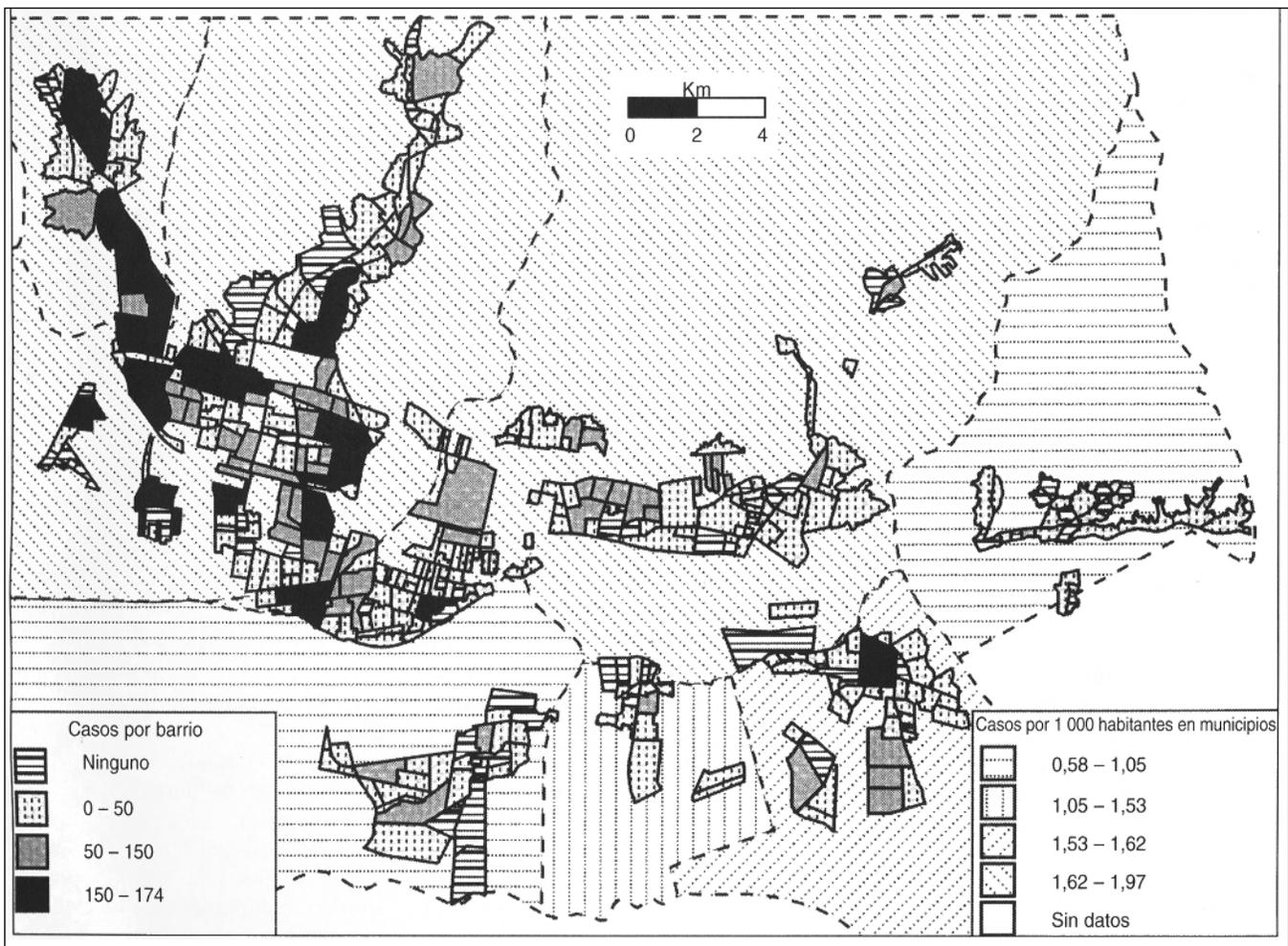
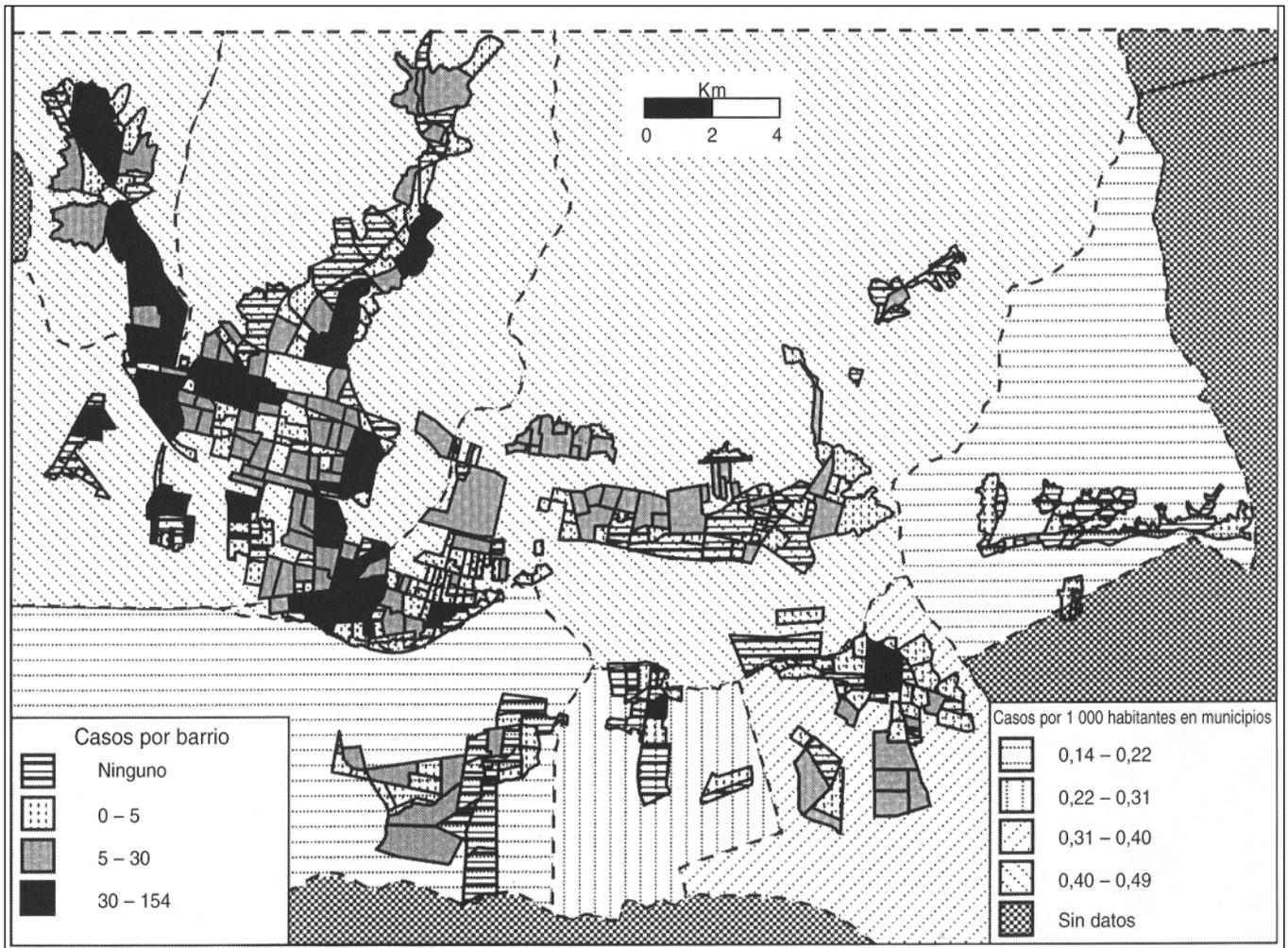


FIGURA 4. Mapa del Área Metropolitana de Maracay, que muestra la distribución del número de casos acumulados de dengue hemorrágico por barrio y el número de casos de dengue hemorrágico por 1 000 habitantes en los municipios, 1993 a 1998



El análisis de persistencia del dengue por barrio (números máximo y de meses consecutivos con casos) reveló que 14 barrios presentaron casos de dengue por largos intervalos de entre 16 y 50 meses seguidos. En 41 barrios se produjeron casos en períodos de entre 6 y 15 meses consecutivos, mientras que en 226 barrios la persistencia duró solo de 1 a 5 meses. Hubo 68 barrios que no presentaron casos de dengue durante el período de 60 meses estudiado.

También observamos relaciones directas significativas entre la persistencia y la incidencia mensual de dengue ($R = 0,92, P < 0,01, n = 349$) y DH ($R = 0,88, P < 0,01, n = 349$). La figura 5 muestra la relación entre persistencia e incidencia del dengue por barrio. Los

barrios se agruparon en tres clases según la persistencia y la prevalencia del dengue entre 1993 y 1998: 1) 68 barrios sin casos, 2) 226 barrios con una baja persistencia (1-5 meses) y prevalencia (3,5 casos de DH y 13,7 casos totales registrados por barrio) y 3) 55 barrios con alta persistencia (6-50 meses) y prevalencia (32,3 casos de DH y 134,9 casos en total registrados por barrio). En conjunto, los barrios incluidos en la categoría de alta persistencia y prevalencia notificaron 7 423 casos de dengue y 1 776 de DH entre 1993 y 1998. Esto representa 70% del dengue en el AMM en una zona de 37,9 km², es decir, tan solo 34,8% de toda el área urbana. Los 55 barrios representan el espacio geográfico prioritario en el cual

recomendamos concentrar los esfuerzos de control.

DISCUSIÓN

Al analizar el número de casos de dengue registrados en el AMM durante el período de 1993 a 1998, resalta la elevada proporción de casos de DH (24,5%). Esta cifra equivale a unos 245 casos de DH por cada 1 000 casos de dengue, la cual sobrepasa con mucho la registrada en Puerto Rico, de 30 por 1 000 casos (17, 18) y en Cuba, de 70 por 1 000 (16). Por otro lado, el número anual de casos de dengue por cada 100 000 habitantes en el AMM (170 casos) fue superior al promedio de Ve-

nezuela (153 casos) y al de la Región de las Américas (126 casos, según los datos enviados por los países a la OPS) en 1997 y 1998.

Tomando como base los cálculos realizados sobre Asia respecto del número de casos de dengue (de 15 a 40) que habría que esperar por cada caso hemorrágico (19, 20), pudieron haberse dado entre 38 000 y 103 000 casos de dengue en el AMM, en lugar de los 10 576 casos registrados entre 1993 y 1998. La tasa de mortalidad específica por dengue hemorrágico en el AMM fue baja (8 defunciones; 0,31%) en comparación con las cifras correspondientes a la Región de las Américas para el período de 1981 a 1998 (2; 1,4%) o con las observadas en Venezuela (2,3%) durante la primera epidemia de dengue hemorrágico en 1989 y 1990 (11-13). De acuerdo con la tasa de mortalidad para las Américas (2), se hubiesen esperado unas 33 defunciones en el AMM durante el período de estudio.

Este estudio parece mostrar que la mayor incidencia de DH se asocia con una mayor incidencia de dengue (21), tanto en el ámbito de los municipios como de los barrios del AMM (véase la figura 5). También encontramos relaciones directas entre el número de habitantes y la tasa de prevalencia del DH por municipio y entre la densidad poblacional y la densidad del DH (casos por km²). Evidentemente, la concentración poblacional es uno de los factores de riesgo para la aparición del dengue hemorrágico en el área de estudio. La coherencia espacial entre la aparición de casos de dengue y DH en los barrios durante cada uno de los años de estudio (véanse las figuras 3 y 4) muestra que, en general, la probabilidad de que se manifiesten casos de DH depende del nivel de circulación de los virus de dengue en una localidad dada. Desde el punto de vista del control focal, significa que poco se lograría si las medidas se limitaran a combatir los casos hemorrágicos únicamente, ya que estos son solo la punta del iceberg (21).

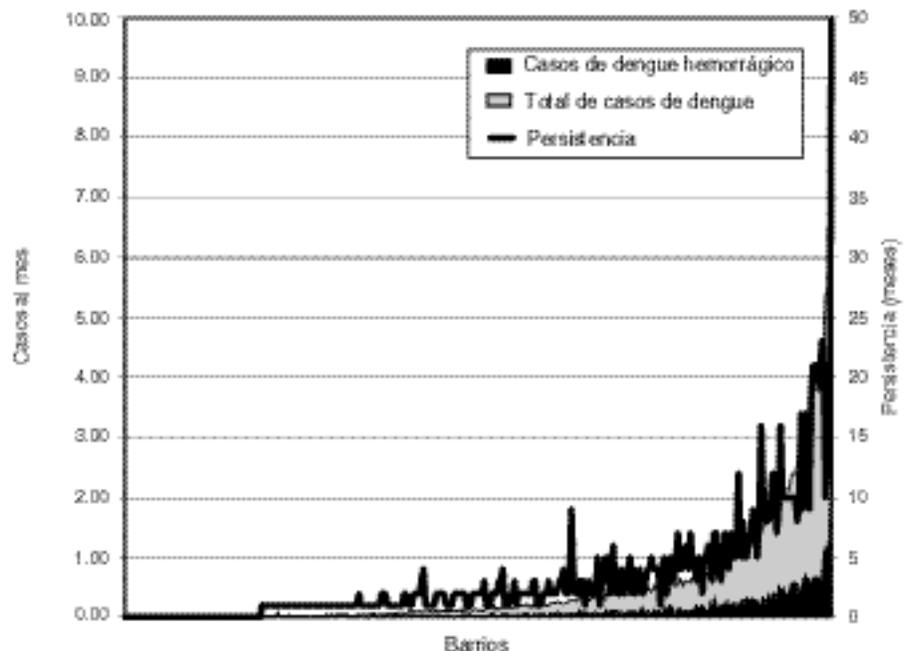
Un resultado inesperado, pero de gran valor predictivo, fue la gran homogeneidad interanual en el patrón espacial de la prevalencia del dengue

y DH en los barrios (véanse las figuras 3 y 4). En principio, esperábamos que los barrios con un gran número de casos de dengue en un año dado no los tuviesen al año siguiente debido al desarrollo de inmunidad colectiva. El hecho de que se repitiera el patrón espacial del dengue en los barrios a lo largo de los 6 años estudiados sugiere la circulación simultánea de varios serotipos. Aunque apenas se está desarrollando la capacidad local para identificar los serotipos del dengue, hay pruebas de la circulación simultánea de los serotipos 1, 2 y 4 en el AMM (Dr. G. Comach, comunicación personal, 1998). Este patrón espacial puede utilizarse para predecir en cuáles barrios se espera encontrar la mayor incidencia del dengue al año siguiente e iniciar operaciones de control. Es igualmente importante determinar cuáles son las variables del vector, de la población humana y del ambiente que puedan explicar este patrón espaciotemporal en la dinámica de la transmisión del dengue en el AMM (Barrera et al., en elaboración).

El simple proceso de estratificación empleado en este estudio sugiere que,

dada la condición limitada de los recursos, las labores de control deben concentrarse inicialmente en apenas 34,8% del área urbana del AMM, es decir, en 55 (15%) de 349 barrios existentes donde se registraron 70% de todos los casos de dengue. La estratificación se basó en el estudio de la persistencia, la incidencia y la prevalencia del dengue. Creemos que es importante tener en cuenta la variable persistencia (el número máximo de casos y el de meses consecutivos con dengue), ya que podría ser un indicador de la transmisión local. En este estudio y en uno anterior sobre la transmisión de la malaria en el nordeste de Venezuela (14), encontramos una correlación positiva y significativa entre la persistencia y la incidencia. Tal vez lo más importante que deba destacarse en esta relación es la cola inferior de la distribución (véase la figura 5) donde se encuentran las localidades con los menores valores de persistencia. Suponemos que la aparición errática de los casos de dengue en ese gran número de localidades puede servir de base para inferir que son casos principalmente introducidos o que en dichas localidades por alguna

FIGURA 5. Promedio mensual de casos de dengue y de dengue hemorrágico y persistencia del dengue por barrio en el Área Metropolitana de Maracay, 1993 a 1998



razón no se dan las condiciones para mantener la transmisión local.

Por otro lado, las localidades que presentaron dengue por varios meses consecutivos fueron las que registraron los mayores números de casos y, aparte de su importancia en función de la morbilidad y mortalidad locales, quizá sirvieron como centros para la exportación del virus o de los vectores hacia otras localidades que, en ausencia de este fenómeno, tal vez no habrían tenido casos de dengue. En consecuencia, las localidades con alta y persistente transmisión local en el centro urbano, donde suele haber mucha oportunidad de intercambio entre personas —como en las oficinas públicas, los mercados, las estaciones de pasajeros, las escuelas, etc.—, deberían recibir la mayor prioridad en cuanto a actividades de control. Nuestra hipótesis subyacente es que, al disminuir la transmisión del dengue en los focos calientes, es de esperar que se reduzcan los casos en muchas localidades aunque estas no reciban acciones directas de control. Para que el control sea efectivo en un escenario como el que se ha descrito, las medidas de control vectorial, protección personal y otras que se adopten para interrumpir la transmisión deben aplicarse simultáneamente en todos los focos calientes por un período más largo que el de la recuperación de los pacientes de dengue, es decir, hasta que desaparezca el virus en la mayoría de la población humana de los focos calientes. Se recomienda ejecutar estas medidas de forma preventiva durante el apogeo de la época seca para evitar la circulación simultánea de varios serotipos de dengue y prevenir epidemias durante la siguiente época lluviosa, así como los casos de DH en general. A mediano y largo plazo, sin embargo, en vez de medidas correctivas, deberían favorecerse las acciones preventivas de control como el almacenamiento de agua a prueba de mosquitos, un suministro de agua corriente ininterrumpido, la frecuente recolección de la basura dentro y fuera de las viviendas, y una mejor educación sanitaria y ambiental.

El desarrollo de un SIG para el dengue en el AMM permitió detectar la

heterogeneidad espacial o patrón de la enfermedad durante los años de los cuales existían registros en los barrios y municipios. La estratificación preliminar lograda en este trabajo puede refinarse mediante el estudio espacial y temporal de las variables involucradas en la transmisión del dengue (22). Sin embargo, creemos que con el nivel de información lograda en este análisis podrían comenzar a aplicarse las medidas de control en la forma recomendada anteriormente y emplear el SIG para evaluar el impacto de las medidas de control.

La estratificación del dengue con fines de investigación, planificación y aplicación de medidas de control debería realizarse a varias escalas (por región, país, zona ecológica y división administrativa como el municipio, la ciudad, barrio o sector y vivienda). Por ejemplo, en una investigación sobre la estratificación del dengue en México (23), se trabajó en los centros poblados, resaltando la importancia de variables ambientales como la altitud, la temperatura y la precipitación y de características de la población humana como el número de habitantes, el nivel socioeconómico, la edad y el sexo. Esa estratificación permitió calificar los centros poblados en función del riesgo epidemiológico de dengue que entrañaban y planificar la asignación de recursos. A otra escala, se ha utilizado un SIG para analizar el patrón de casos de dengue por viviendas en una localidad en Puerto Rico (24). En este caso, los resultados mostraron agrupamientos significativos solo en relación con las viviendas, sin un patrón espacial aparente del área urbana.

Debido a la ausencia de un patrón general y a la rapidez con que se extiende esta enfermedad, los autores (24) recomiendan aplicar medidas de control no solamente perifocales, sino que abarquen los municipios. Nuestra investigación de barrios o sectores es ejemplo de un nivel intermedio de estratificación del cual pueden derivarse recomendaciones de control a esa escala. Debido a que los SIG permiten integrar diversas escalas de estudio, recomendamos su uso en el proceso de estratificar las zonas de dengue.

Recientemente se han discutido otras ventajas de los SIG en el ámbito de los programas de control (25).

El presente estudio posee varias limitaciones características de los datos derivados de los sistemas pasivos de vigilancia del dengue; principalmente, que esta enfermedad puede confundirse con otras durante el diagnóstico clínico y que puede existir una fracción indeterminada de casos asintomáticos que no aparecen reflejados en las estadísticas. La fidelidad de la representación espacial y temporal de los casos de dengue está sujeta al grado en que los casos asintomáticos existan en una proporción que corresponda a los casos correctamente registrados. Por otro lado, es posible que el informe de casos hemorrágicos en zonas endémicas sea más preciso que el diagnóstico de los casos de dengue sin manifestaciones hemorrágicas. En el AMM, debido a la frecuencia del dengue hemorrágico, se ha hecho hincapié en entrenar al personal médico, y la cobertura y el acceso a los servicios médicos en esta zona metropolitana son razonablemente buenos. Otra limitación inherente del estudio es que los casos de dengue se notifican de acuerdo con el domicilio del paciente, el cual no necesariamente representa el lugar de infección.

Agradecimiento. Agradecemos la participación del Ministerio de Sanidad en la persona de Milena Mazzarri, la Corporación de Salud del Estado Aragua, la Fuerza Aérea Venezolana, el Ministerio de Desarrollo Urbano, las Alcaldías del Área Metropolitana de Maracay y la Oficina Central de Estadística e Informática por suministrar datos necesarios para esta investigación. Reconocemos la importante colaboración de las siguientes personas en el trabajo de laboratorio y campo: Víctor H. Aguilar, María González, Mónica Prado, Yelitza Moccó, Iris Obregón y Oscar Ruiz.

Esta investigación fue financiada por el convenio Banco Mundial — Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (VEN/92/006; LP 021-009), la Universidad Central de Venezuela y Fundación Aragua.

REFERENCIAS

1. Gubler DJ, Trent DW. Emergence of epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health problem in the Americas. *Infect Agent Dis* 1993;2:383-393.
2. Pinheiro FP, Chuit R. Emergence of dengue hemorrhagic fever in the Americas. *Infect Med* 1998;15:244-251.
3. Rico-Hesse R, Harrison LM, Salas RA, Tovar D, Nisalak A, Ramos C, et al. Origins of dengue type 2 viruses associated with increased pathogenicity in the Americas. *Virology* 1997;230:244-251.
4. Gubler DJ. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. En: Gubler DJ, Kuno G, eds. *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. New York: Cab International; 1997. pp. 1-22.
5. Gubler DJ, Clark GG. Dengue/dengue hemorrhagic fever: the emergence of a global health problem. *Emerg Infect Dis* 1995;1:55-57.
6. Barrera R, Navarro JC, Mora JD, Domínguez D, González J. Public service deficiencies and *Aedes aegypti* breeding sites in Venezuela. *Bull Pan Am Health Organ* 1995;29:193-205.
7. Barrera R, Avila JL, González-Tellez S. Unreliable supply of potable water and elevated *Aedes aegypti* larval indices: a causal relationship? *J Am Mosquito Control Assoc* 1993; 9:189-195.
8. Barrera R, Ávila JL, Navarro JC. Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (L.) en centros urbanos con deficiencia en el suministro de agua. *Acta Biol Venez* 1996;16:23-35.
9. Barrera R, Machado-Allison CE, Bulla LA. Persistencia de criaderos, sucesión y regulación poblacional en tres Culicidae urbanos (*Culex fatigans* Wied., *C. corniger* Theo., y *Aedes aegypti* L.). *Acta Cient Venez* 1981;32: 386-393.
10. Salas RA, Tovar D, Barrerto A, Mille, E, Leitmeier K, Rico-Hesse R. Serotipos y genotipos de virus dengue circulantes en Venezuela, 1990-1997. *Acta Cient Venez* 1998;49(1 Supl): 33-37.
11. Abreu M, Villalobos I, Romero I. Dengue hemorrágico en el Estado Aragua. *Bol Soc Venez Infect* 1990;1:37-38.
12. Araoz F. Dengue en Venezuela. *Bol Salud Publ* 1990;60:30-50.
13. Organización Panamericana de la Salud. Dengue hemorrágico fever in Venezuela. *Epidemiol Bull* 1990;11:7-9.
14. Barrera R, Grillet ME, Rangel Y, Berti J, Aché A. Temporal and spatial patterns of malaria reinfection in northeastern Venezuela. *Am J Trop Med Hyg* 1999; 61:784-790.
15. Caracas. Oficina Central de Estadística e Informática. *El Censo 90 en Aragua*. Caracas: OCEI; 1994.
16. Organización Panamericana de la Salud. Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para su prevención y control. Washington, DC: OPS; 1995. (Publicación Científica No. 548).
17. Gubler DJ. Dengue/dengue hemorrhagic fever in the Americas: prospects for the year 2000. En: Halstead SB, Gómez-Dantes H, eds. *Dengue: a worldwide problem, a common strategy*. México, D.F.: Ediciones Copilco; 1992. pp. 19-27.
18. Gubler DJ. Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas. En: *Epidemiology of dengue and dengue haemorrhagic fever*. Monograph on dengue/dengue hemorrhagic fever. Geneva: World Health Organization; 1993. pp. 9-11.
19. Eamchan P, Nisalak A, Foy HM, Chareonsook O. Epidemiology and control of dengue virus infections in Thai villages in 1987. *Am J Trop Med Hyg* 1989;41:95-101.
20. Halstead SB. Epidemiology of dengue and dengue hemorrhagic fever. En: Gubler DJ, Kuno G, eds. *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. New York: Cab International; 1997. pp. 23-44.
21. Gubler DJ. Dengue. En: Monath TP, ed. *The arboviruses: epidemiology and ecology*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc.; 1988. pp. 223-260.
22. Kuno G. Factors influencing the transmission of dengue viruses. En: Gubler DJ, Kuno G, eds. *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. New York: Cab International; 1997. pp. 61-88.
23. Gómez-Dantés H, Ramos-Bonifaz B, Tapia-Conyer R. El riesgo de transmisión del dengue: un espacio para la estratificación. *Salud Publ Mex* 37(1 Supl):S88-S97.
24. Morrison AC, Getis A, Santiago M, Rigau Perez JG, Reiter P. Exploratory space-time analysis of reported dengue cases during an outbreak in Florida, Puerto Rico 1991-1992. *Am J Trop Med Hyg* 1998;58:287-298.
25. Su MD, Chang NT. Framework for application of geographic information system to the monitoring of dengue vectors. *Kaohsiung J Med Sci* 1994;10:S94-S101.

Manuscrito recibido el 10 de noviembre de 1999 y aceptado para publicación, tras revisión, el 10 de julio de 2000.

ABSTRACT

Stratification of a city with hyperendemic dengue hemorrhagic fever

Any effort to control dengue hemorrhagic fever (DHF) faces a number of challenges. Among these are the great environmental heterogeneity of homes and neighborhoods in urban centers where the primary dengue vector, *Aedes aegypti*, breeds, as well as shortages of resources and of personnel trained in mosquito control. Adequate epidemiological surveillance could serve as a basis to begin to stratify urban communities and identify the areas in them where control efforts should be focused. In this study we stratified Maracay, Venezuela, a city with hyperendemic dengue hemorrhagic fever, using a geographic information system and analyzing the persistence, incidence, and prevalence of dengue, by means of clinical diagnoses reported from 1993 through 1998.

Maracay has around one million inhabitants living in some 349 neighborhoods in the six communities that make up the greater Maracay metropolitan area. During that 1993-1998 period the Maracay area reported 10 576 cases of dengue, 2 593 cases of DHF, and 8 deaths. The incidence of DHF was related to the incidence of dengue, the number of inhabitants in an area, and population density. The spatial pattern of dengue incidence was stable over the years that were studied, and significant, positive relationships were found between pairs of years and the incidence of dengue by neighborhood. The persistence of dengue was related directly to monthly incidence by neighborhood. These spatial patterns helped to divide the city into three strata: 68 neighborhoods without apparent dengue, 226 neighborhoods with low persistence and prevalence, and 55 neighborhoods with high persistence and prevalence. We recommend giving the highest priority for control efforts to these 55 neighborhoods, which make up just 35% of the Maracay urban area but had 70% of all the reported dengue cases.