

# Posibles cambios geográficos para la expansión de enfermedades metaxénicas en la región centro-norte de Venezuela

*Possible geographic changes for the spread of metaxenics diseases in the northern-centre region in Venezuela*

**Sáez Sáez Vidal\* y Martelo María Teresa\*\***

*Recibido: octubre, 2005 / Aceptado: abril, 2006*

## Resumen

Se conocen como enfermedades metaxénicas (transmitidas por vectores) en la población humana al dengue, malaria, tripanosomiasis, leishmaniasis, entre otras. Presentan en común que son transmitidas a partir de un insecto, en algunos casos representados por mosquitos. Las áreas endémicas de estas enfermedades en Venezuela se identifican con espacios geográficos con montos de precipitación y temperatura del aire que favorecen, entre otros factores, la presencia de la enfermedad; por otra parte, algunas proyecciones de estudios sobre cambio climático señalan que existe la plausibilidad de un incremento de la temperatura del aire, que estaría entre 1° C y 3° C, para las próximas décadas. Al revisar y comparar de forma exploratoria espacios geográficos con valores de temperatura del aire actuales y futuros en la región centro-norte del país, los resultados sugieren la 'incorporación de nuevas áreas geográficas', de condición favorable para el establecimiento de los vectores, que coinciden con espacios donde se emplazan gran cantidad de centros poblados y ciudades de Venezuela.

**Palabras clave:** cambio climático; salud; temperatura; precipitación; enfermedades; geografía de la salud.

## Abstract

As metaxenic diseases (transmitted by vectors) in the human population are known: dengue, malaria, tripanosomiasis, leishmaniasis, among others. What they have in common is that they are transmitted by an insect and, in some cases, more specifically by mosquitoes. Endemic areas in Venezuela for these diseases are identified with geographic spaces with amounts of precipitation and air temperature that favour, among other factors, the presence of the disease. Some study projections on climate change indicate, on the other hand, the plausibility of an increase in air temperature, that would be between 1°C and 3°C, for the

\* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, Escuela de Geografía, e-mail: vial2ss@cantv.net

\*\* Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales / Universidad Central de Venezuela, Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología, mmartelo@cantv.net

next decades. When reviewing and comparing exploratorily geographic spaces with values of present and future air temperature in the Northern-Centre region of the country, results suggested the “incorporation of new geographic areas”, presenting favourable conditions for the location of the vectors, that coincided with spaces where great amount of centres of population and cities in Venezuela are located.

**Key words:** climate change; health; temperature; precipitation; diseases; health geography.

## Presentación

Las cifras referentes a los registros de enfermedades en la población como malaria y dengue en el país durante los últimos cincuenta años, indican que hay una diferenciación temporal en la ocurrencia de las enfermedades. En relación al dengue, en Venezuela el número promedio anual de afectados, durante el período 1941 a 2004, fue de 6.200 personas, en tanto que durante el período de 1990 a 2004, el promedio de afectados por esta enfermedad fue de 25.000 personas (Figura 1). A partir del final de los años de 1980, y hasta la actualidad, los casos se han ido incrementando, a pesar de las medidas que se han tomado al respecto. Esta situación es compleja y son diversas las causas que lo originan, entre ellas la variabilidad de las condiciones ambientales representada por la lluvia y la temperatura del aire, que intervienen de manera decisiva (Rosenberg, 2003). Este escenario afecta a todo el país, aunque hay enfermedades restringidas a determinadas áreas, como se ha observado con la malaria en los estados Sucre, Bolívar y Anzoátegui.

Por otra parte, existe una preocupación sobre los cambios que están ocurriendo en las condiciones ambientales a mediano y largo plazo (Cárdenas y Alon-

so, 2003; Farinati, 2002; OPS, 1995). En la evaluación de impactos del cambio climático sobre los asentamientos humanos, se tiene que una de las consecuencias previsible es el incremento de la vulnerabilidad de los centros poblados a los problemas sanitarios, a causa del aumento de la temperatura del aire (Martelo, 2003; Martelo 2002; WHO, 1996; IPCC, 2002).

Estudios realizados sobre los impactos ambientales que el cambio climático plausiblemente produzca en el país (Martelo, 2003) señalan, según las tendencias, situaciones que favorecerían la conformación de nichos para los vectores (y las enfermedades que transmiten) que, actualmente, están espacialmente restringidos en nuestro país. Por tanto, el objetivo de la investigación es describir las áreas potenciales para la aparición de enfermedades transmitidas por vectores a la población, según la temperatura media anual del aire, en la región centro norte de Venezuela.

## Consideraciones generales sobre el cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (GIECC), organismo dependiente de la Organiza-

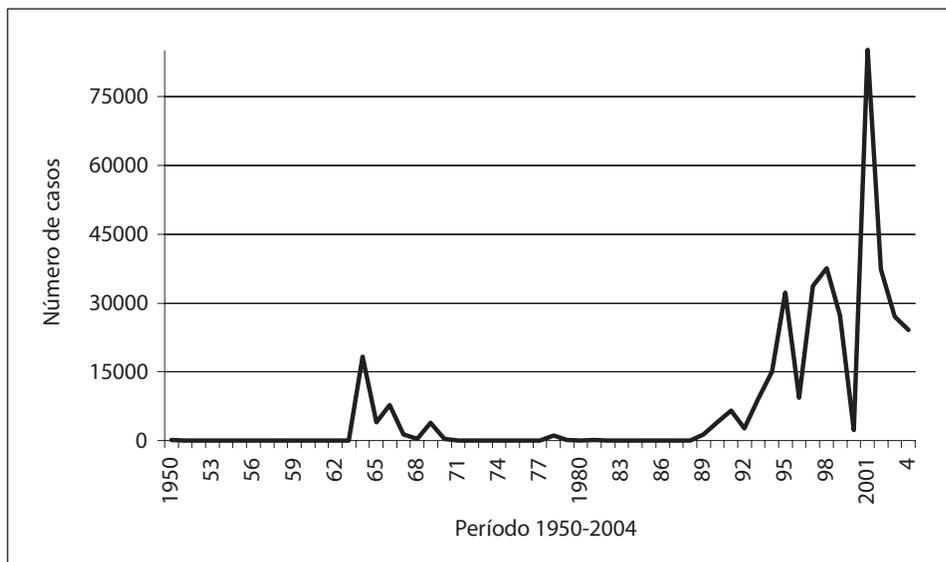


Figura 1. Casos ocurridos de dengue en Venezuela. Período 1950-2004

ción Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), presentó su Tercer Informe de Evaluación (TAR, siglas en inglés), así como el Reporte de Síntesis (2003). Este último resume el contenido del TAR, en tres volúmenes de unas 900 páginas cada uno, con base en nueve preguntas, que intentan dimensionar las principales inquietudes sobre las causas y consecuencias del cambio climático sobre la Tierra, así como las posibles vías de acción. De este conjunto de interrogantes se tomaron en cuenta dos para sustentar esta investigación y fueron las siguientes:

2. (...) (b) ¿Qué se conoce sobre las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los cambios climáticos desde la época preindustrial, y especialmente en los últimos 50 años?

5. ¿Qué se sabe sobre la inercia y las escalas temporales asociadas con los cambios en los sistemas climáticos y ecológicos, y los sectores socioeconómicos y sus interacciones?

Y para nuestro territorio, una cuestión adicional es: ¿qué evaluaciones se han llevado a cabo con relación al cambio climático?

A continuación se describen las consideraciones utilizadas para caracterizar los escenarios plausibles del clima en nuestro país, basados en los lineamientos del IPCC. Aun cuando la precipitación no es un elemento tomado en cuenta para el estudio, en esta sección se hace una referencia al mismo, por cuanto tiene una estrecha relación con las formas de vida.

### **Cálculo de la temperatura del aire y la precipitación futuras, basado en modelos que describen el cambio climático para Venezuela**

Martelo (2003), basada en la metodología del IPCC, utilizó escenarios que sugieren la situación del clima futuro y su impacto en los ecosistemas y actividades humanas. Según el GIECC (2003), los escenarios se basan en una descripción plausible y coherente e internamente son consistentes en la representación de un posible estado futuro del mundo. Los escenarios climáticos, en este caso, se basan en situaciones de emisión de gases de efecto invernadero (denominados EEGEI), que al mismo tiempo se apoyan en propuestas de escenarios socioeconómicos; en otras palabras, los escenarios representan ejemplos de lo que pudiera ocurrir bajo premisas particulares.

Martelo se apoyó en dos EEGEI, de un total de seis, que se mencionan a continuación:

- a) **SRES-A2**, que indica un mundo heterogéneo, la tasa de crecimiento demográfico es siempre creciente a lo largo del siglo XXI, el desarrollo económico está orientado regionalmente (poca globalización) y el crecimiento económico *per cápita* y el cambio tecnológico son muy lentos y fragmentados.
- b) el escenario **SRES-B1** sirvió de comparación a los resultados. Este escenario hace hincapié en encontrar soluciones globales a las cuestiones de sostenibilidad económica, social y ambiental, incluido un mejoramiento en términos de equidad, pero sin con-

tar con iniciativas climáticas adicionales.

Los escenarios climáticos, en general denominados 'optimista', 'intermedio' y 'pesimista' son una combinación de un EEGEI, con uno de los tres niveles de sensibilidad climática. Está última es un concepto que se deriva del rango de respuesta que simulan los modelos de circulación global y se entiende como la variación global de temperatura que se produciría para una concentración de CO<sub>2</sub> doble de la era pre-industrial, y trata de representar la 'fuerza' de la respuesta del sistema climático ante el forzamiento radiativo que implica la mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Se consideran tres niveles de sensibilidad climática:

- baja (equivalente a un  $\Delta t$  global = 1,5 °C)
- media (equivalente a un  $\Delta t$  global = 2,5 °C)
- alta (equivalente a un  $\Delta t$  global = 4,5 °C)

Al combinar un EEGEI con la sensibilidad se obtienen, como se mencionó, los escenarios climáticos. Por otra parte, para simular el comportamiento de la temperatura del aire y la precipitación en el futuro, en el marco de la elaboración de la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela, se realizó un taller de trabajo con asesoría de expertos nacionales e internacionales (Martelo, 2003), en el cual se seleccionaron dos modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (MCGAO), de los die-

ciséis incluidos en el software MAGICC-SCENGEN, desarrollado en la University of East Anglia, United Kingdom (Hulme *et al.*, 2000), a petición de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), para el uso de los países en vías de desarrollo, ya que los MCGAO originales sólo corren en supercomputadoras. Los modelos seleccionados fueron: UKTR, desarrollado por el Reino Unido y CCC-EQ de Canadá; éstos simulan el cambio promedio de temperatura del aire y precipitación para lapsos de 30 años.

Para estimar los promedios futuros de la precipitación y la temperatura, en tres períodos de 30 años centrados respectivamente en 2020 (2005-2035), 2040 (2025-2055) y 2060 (2045-2075), según los dos modelos bajo los tres escenarios climáticos, se aplicaron los factores de cambio a los valores de 'línea base', representados por el promedio del período 1961-1990 de un conjunto de estaciones nacionales.

El cuadro 1 resume las características que definen a los escenarios climáticos (basados en los EEGEI y la sensibilidad climática), los lapsos y los MCGAO utilizados en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela (Martelo, 2003). Se aprecia en el caso extremo 'pesimista' con un EEGEI que implica grandes emisiones y, en consecuencia, un fuerte forzamiento radiativo, combinado con una respuesta (cambio) muy fuerte del sistema, representada por la alta sensibilidad. Mientras que el escenario 'optimista' está formado por la 'mejor' combinación, la de un mundo futuro con relativamente bajas emisiones de gases de efecto invernadero (SRES-B1) y un sistema climático que responde débilmente al forzamiento radiativo, representado por el nivel de baja sensibilidad.

Es importante recalcar que la sensibilidad climática **no** representa el aumento esperado de temperatura. Dicho aumento es generado por los MCGAO, para cada cuadrícula geográfica de 5° x

**Cuadro 1. Escenarios climáticos, lapsos y modelos de circulación global de la atmósfera para Venezuela**

	ESCENARIOS CLIMATICOS		
	Optimista	Intermedio	Pesimista
EEGEI	SRES-B1	SRES-A2	SRES-A2
Sensibilidad Climática	Baja (1,5 °C)	Media (2,5 °C)	Alta (4,5 °C)
Lapsos	2005-2035 (centrado 2020) 2025-2055 (centrado 2040) 2045-2075 (centrado 2060)	2005-2035 (centrado 2020) 2025-2055 (centrado 2040) 2045-2075 (centrado 2060)	2005-2035 (centrado 2020) 2025-2055 (centrado 2040) 2045-2075 (centrado 2060)
Modelos	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ

Fuente: Martelo, 2003

5°. Un ejemplo ayudaría a comprender el concepto: supóngase que se ejecuta un modelo según los escenarios optimista y pesimista, y se estima el valor de cambio de temperatura del aire para una cuadrícula delimitada por los paralelos 10°-15° LN y 65°-70° LW. Este modelo simularía en dicha cuadrícula un  $\Delta t = 0,48$  °C, bajo el escenario optimista y un  $\Delta t = 3,6$  °C en un escenario pesimista. Como se aprecia, dichos cambios no se corresponden ni con 1,5 °C, ni con 4,5 °C, valores que, como se expuso con anterioridad, se utilizan para caracterizar el grado de sensibilidad del sistema climático.

### **Descripción de los resultados con relación al cambio de precipitación y temperatura del aire**

A continuación se describen los resultados encontrados por Martelo (2003), indicando los cambios plausibles de la precipitación y la temperatura del aire. Aun cuando la lluvia no es elemento de interés para la investigación, requiere una mención, ya que su modificación ejerce una gran presión al patrón actual observado de las formas de vida, es de vital importancia como variable ambiental para las actividades del hombre, y se vincula con el comportamiento de otros elementos meteorológicos.

Los resultados señalan, para ambos modelos, que la precipitación disminuirá en sus montos totales anuales (Figura 2). Las áreas con promedio anual menor a 1.200 mm se amplían en la parte norte del país. En el sur de Venezuela, a pesar de conservar los más altos registros, se espera que a mediano y largo plazo los

valores actuales se reduzcan muy significativamente en algunas áreas.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de los cambios que se esperan en la temperatura promedio del aire para el país, según la aplicación de los modelos británico y canadiense. Al comparar los registros de la temperatura actual con los estimados, se observa un incremento progresivo de los valores para todas las estaciones tomadas en cuenta en la evaluación. Para el año 2020, según el modelo británico, el aumento de temperatura del aire sería de 0,4 a 0,8 °C con respecto a los montos actuales, en tanto que según el modelo canadiense las diferencias serían de 0,4 a 0,5 °C.

Martelo (2003) concluye en su investigación señalando las principales consecuencias que llevaría el cambio climático:

- 1) Incremento de la temperatura del aire para todo el país.
- 2) Impactos regionales diferenciales; es decir, el cambio no tendrá la misma proporción e intensidad en todas las localidades.
- 3) Disminución de la disponibilidad de agua, con consecuencias negativas para la población y sus actividades.
- 4) Se modificaría la agricultura y sus actividades regulares en la medida que varían los montos de lluvia, de temperatura y de amplitud térmica diaria (diferencia entre las temperaturas máxima y mínima diarias).
- 5) Las condiciones de confort humano y animal serán diferentes.
- 6) Incertidumbres y 'potencial para sorpresas': existe un elevado grado de incertidumbre, tanto en los aspectos

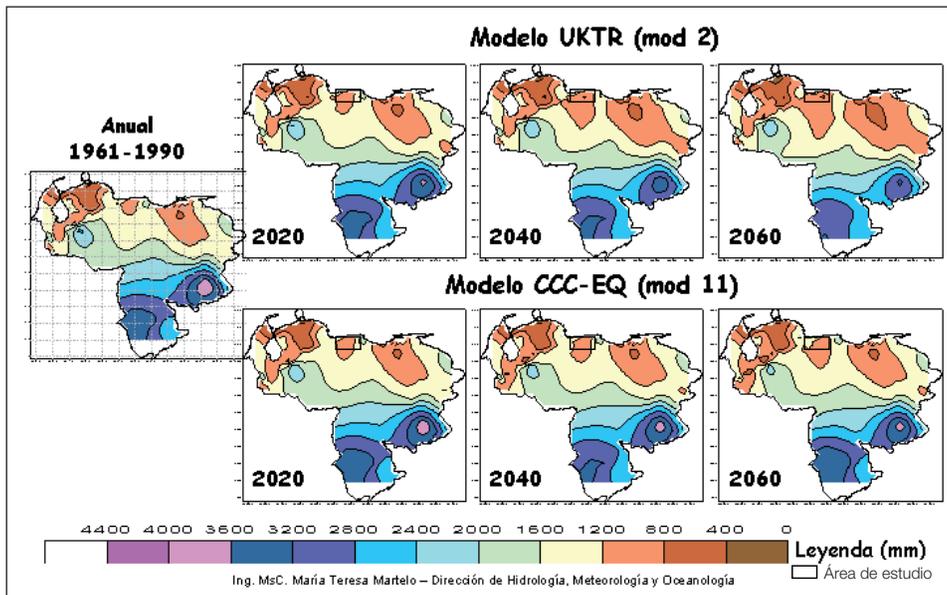


Figura 2. Comparación entre la precipitación media anual actual (1961-1990) y la precipitación media anual futura bajo el escenario climático intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5 °C) según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11)

científicos como socioeconómicos; especialmente preocupante es la incertidumbre respecto a la sensibilidad climática, que pudiera dar origen a cambios bruscos a gran escala, con consecuencias catastróficas.

Bajo estas consideraciones se tiene que hay un amplio abanico de incertidumbres sobre lo que acontecería en las formas de ocupación actual. Una de ellas se refiere al aspecto de la salud del hombre y las interrogantes que se vislumbran de manera inmediata son: ¿cómo se conformarían las condiciones ambientales en el mediano y largo plazo, y su efecto sobre los grupos humanos?

### Consideraciones metodológicas

El estudio, de carácter exploratorio, consistió en estimar la temperatura del aire a partir de proyecciones sobre cambio climático hechas para Venezuela, y comparar los resultados con la distribución actual de la temperatura del aire en la región central del país, a los fines de considerar áreas bajo amenaza por la presencia de enfermedades transmitidas por vectores a la población. El área de estudio corresponde a los estados Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital y Vargas, localizada entre las siguientes coordenadas geográficas 9°20' - 10°40' LN y 65°20' - 68°20' LW (Figuras 3 y 4).

**Cuadro 2. Valor de la temperatura media anual (°C) actual (1961–1990) y futura según los modelos UKTR y CCC–EQ para el lapso de 30 años centrado en 2020 (2005–20035), bajo el escenario climático intermedio (SRES–A2, sensibilidad climática media 2,5 °C), en 17 estaciones del país**

Longitud	Latitud	Grilla	Serial	Actual 1961–1990	Modelo UKTR (año)	Modelo CCC–EQ (año)
					2020	2020
71°44'	10°15'	1	1015	28,7	29,2	29,1
67°11'	10° 25'	2	1435	16,5	17,0	16,9
69°41'	11°25'	2	0232	28,9	29,4	29,3
67°39'	10°15'	2	0466	25,5	26,0	25,9
64°41'	10°07'	3	1773	27,3	27,7	27,8
62°19'	10°35'	3	1928	27,0	27,4	27,5
63°58'	10°55'	3	0871	28,0	28,4	28,5
71°11'	08°36'	4	3047	20,0	20,7	20,4
72°27'	07°51'	4	4022	26,6	27,3	27,0
67°19'	08°53'	5	3400**	28,1	28,9	28,6
67°30'	05°36'	5	6424	27,8	28,6	28,3
64°46'	74°21'	6	4712**	28,1	28,8	28,6
63°33'	08°04'	6	3882	28,5	29,2	29,0
63°11'	09°45'	6	2827	27,2	27,9	27,7
61°07'	07°18'	6	4974	26,6	27,3	27,1
67°08'	03°56'	8	9404**	27,7	28,6	28,2
61°07'	04°36'	9	7947	22,3	23,3	22,8

Fuente: Martelo, 2003. Notas: Latitud y Longitud expresadas en décimas de grado. \*\* = Período actual 1970–1990 DHMO, MARN

A partir de los resultados preliminares sobre escenarios de cambio climático y sus efectos ambientales generales (Martelo, 2003), desarrollados en el marco del proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31, “Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela”, se hace una presentación del procedimiento usado y se describen las condiciones plausibles de temperatura del aire y la precipitación media anual para la región para el año 2020. El procedimiento empleado para cumplir con el objetivo del trabajo fue el siguiente:

a) Se totalizaron las poblaciones y superficies de las parroquias, según censo

del año 2001, de los estados Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital y Vargas que están por encima de 700 msnm, umbral que se utiliza como límite para las zonas donde es posible el crecimiento de parásitos transmitidos por vectores y que afectan al hombre, ya que las temperaturas promedio del aire a esa altura están en el orden de los 22°C a 23°C, que limitan el crecimiento de los vectores. Estos totales se compararon con los registros estatales y regionales con el fin de caracterizar las proporciones que representan; por otra parte, la población del área de estudio censada en el



Figura 3. Localización relativa de los estados Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital y Vargas, y su división por parroquias. Región centro-norte, Venezuela

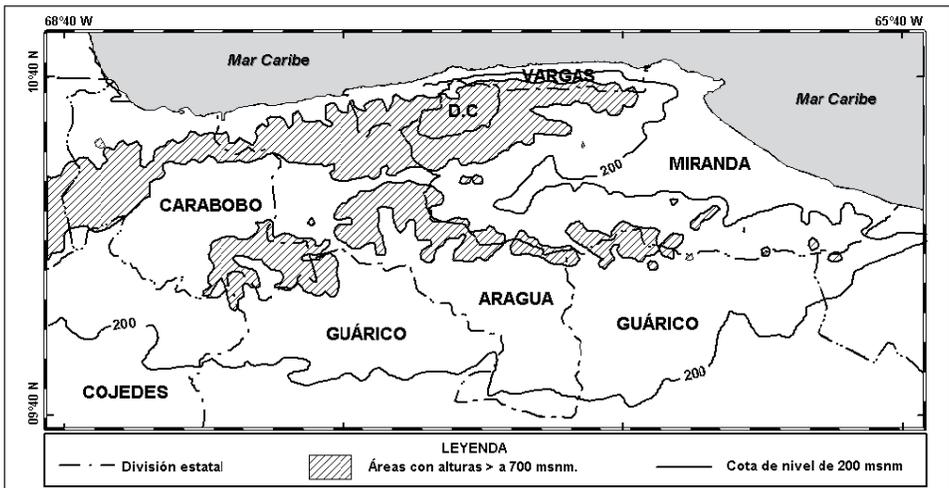


Figura 4. Distribución espacial de las áreas por encima de los 700 msnm, en los estados Carabobo, Aragua, Miranda, Vargas y Distrito Capital

año 2001 se comparó con las proyecciones de población que se esperan para el año 2020.

- b) Se caracterizó la temperatura mínima media actual, tomada de las estimaciones del MARNR (1997), se calculó la temperatura mínima media anual a partir del trabajo de cambio climático (Martelo, 2003) para el año 2020, según los parámetros allí establecidos, y según dos modelos (UKTR y CCC-EQ, descritos más adelante), y finalmente se espacializó la curva futura plausible de la isoterma de 22° C.
- c) A partir del mapa temático se describieron los nuevos espacios con los valores de temperatura mínima media anual del aire que permitiría la colonización de dichas áreas por parte de vectores transmisores de enfermedades metaxénicas.

## **Análisis de resultados y discusión**

Nuestro país tiene una superficie de 916.455 km<sup>2</sup>; el área de estudio está conformada por cinco entidades: Aragua, Carabobo, Miranda, Vargas y Distrito Capital; tiene una extensión de 23.040 km<sup>2</sup> (Cuadro 3), y aunque representa sólo 2,5% del territorio nacional concentra el 30% del total de los habitantes. La población de Venezuela para el año 2001 era de 23.054.210 habitantes y las proyecciones indican que para el año 2020 sería de 32.910.780 habitantes (INE, 2002). En los cuadros 3 y 4 se describen las características del área de estudio, y la figura 3 indica su localización con respecto al resto del país.

En las figuras 4 y 5 se puede observar la distribución espacial de las áreas con elevaciones mayores a 700 msnm. A partir de esta altura se estima que ocurran las temperaturas mínimas del aire de 22 °C o menores. La temperatura mínima media del aire corresponde a la medida más templada o fresca durante el día y, a su vez, este valor representaría un límite para el ciclo de vida (duración) de los vectores, el cual pudiera reducir su período de crecimiento, en sus diversas fases, mientras más alta sea la temperatura del aire. En el caso de la malaria, por ejemplo, con una temperatura media del aire de 24 °C, la duración de todo el proceso de crecimiento del mosquito, sería de once días, en tanto que si la temperatura promedio del aire fuera de 20 °C la duración se extendería por 26 días (OMS, 1964).

Estos espacios localizados por encima de los 700 msnm ocupan una superficie de 9.747 km<sup>2</sup>; se emplazan en la cordillera de la Costa entre las serranías del Interior y del Litoral, en la región centro-norte costera de Venezuela. Al comparar el número de habitantes con la superficie ocupada se tiene que las densidades en estas áreas son elevadas con respecto a valores estatales o nacionales (Cuadro 3).

En la figura 5 se aprecia la distribución de las parroquias que se emplazan por encima de la cota de los 700 msnm, que sirvieron de base para estimar la población del área de estudio, según el censo del año 2001. Existen 83 parroquias, con una población de más de 5.200.000 personas para ese año (INE, 2002).

Por otra parte, en la figura 6, también se presenta la distribución espacial de las

**Cuadro 3.** Superficie, población y densidad de población de las parroquias situadas sobre los 700 msnm en la región centro-norte de Venezuela

Entidad	Superficie km <sup>2</sup>	N° de Parroquias(*)	Superficie (km <sup>2</sup> ) (*)	Población total. Año 2001 (*)	Densidad hab./km <sup>2</sup> (*)
Carabobo	4.650	19	2.574,48	1.043.479	405,3
Aragua	7.014	16	2.049,88	454.863	221,9
Miranda	7.950	23	2.697,67	1.741.020	645,37
Dto. Capital	1.930	22	1.930,0	1.841.337	954,1
Vargas	1.496	3	495,06	215.272	434,8
Venezuela	916.455				27,0

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2002. (\*) &gt; 700 msnm

**Cuadro 4.** Población estimada para el año 2020 que se localiza sobre los 700 msnm en la región centro-norte de Venezuela

Entidad	Superficie/País (%)	Población total. Año 2001	Sup. >700 msnm/ Región (%)	Pob. >700 msnm. Año 2001	Población total. Año 2020	Pob.>700 msnm. Año 2020
Carabobo	2,5	2.165.364	9747 km <sup>2</sup> 43,3%	5.295.791	3.314.877	6.921.246
Aragua		1.506.971			1.934.673	
Miranda		2.668.069			3.782.252	
Dto. Capital		2.286.331			2.299.704	
Vargas		309.994			311.807	
Venezuela		23.054.210			32910780	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2002

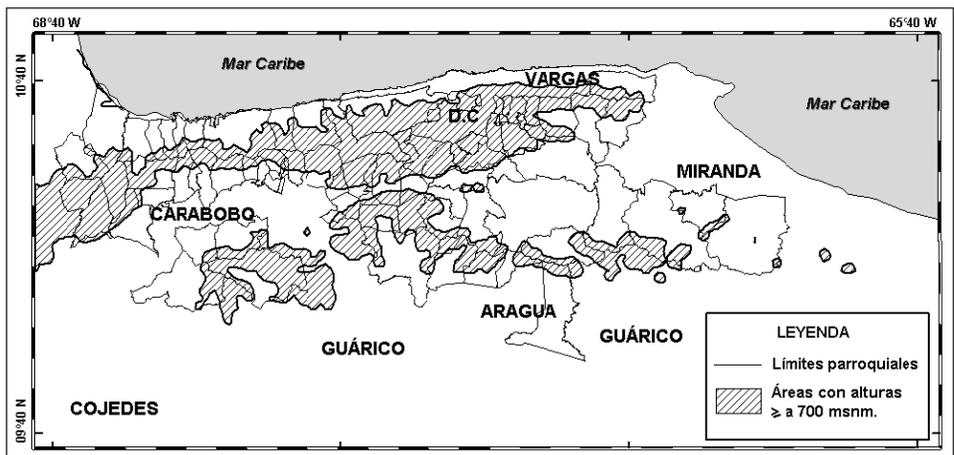


Figura 5. Distribución espacial de las parroquias con alturas iguales o mayores a 700 msnm, en la región centro-norte de Venezuela

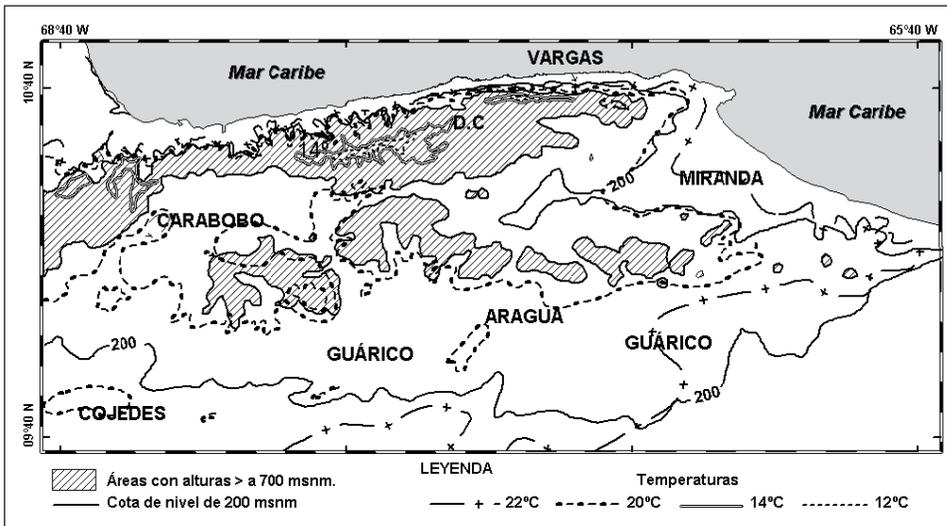


Figura 6. Distribución espacial de la temperatura mínima media anual del aire, y parroquias por encima de los 700 msnm, en la región centro-norte de Venezuela

isotermas para la temperatura mínima media del aire, observándose que en general presenta valores de 22°C y menos. La envolvente de la isoterma de 22°C está representada por una gran poligonal, que ocupa una parte de los estados Guárico, Cojedes, Carabobo, Aragua, Miranda, Distrito Capital y Vargas. Sus límites están definidos al norte, por el piedemonte de la región montañosa de la cordillera de la Costa, corriendo paralela a la costa de los estados Carabobo, Aragua, Vargas; al este con la región de Barlovento, del estado Miranda; al sur con la parte norte del estado Guárico; y al oeste con los estados Cojedes y Yaracuy.

Utilizando el software generador de mapas MapInfo versión 7, se calculó la superficie ocupada por temperaturas mínimas medias de 22 °C o menos, y se tiene una extensión de unos 32.910 km<sup>2</sup> aproxi-

madamente. En esta área se emplazan las ciudades más importantes de cada una de las entidades políticas administrativas mencionadas, y otros centros urbanos y rurales, entre ellas, en sentido oeste-este: Valencia, Maracay, Los Teques y Caracas. Se aprecia un pequeño núcleo cálido, con más de 22 °C en la temperatura del aire, al oeste de la ciudad de Valencia.

Por otra parte, los registros de las estaciones dentro del área de estudio, muestran valores medios anuales que llegan a ser tan bajos como 14 y 12 °C aproximadamente, en las partes más altas del estado Aragua y Distrito Capital, donde se tiene a la estación Colonia Tovar (Cuadro 2, estación con serial 1.435).

Según diversas definiciones, la temperatura mínima media del aire es el valor más bajo que se observa durante el día o las 24 horas (Guevara, 2004; OMM,

1990), registros que tienden a ser aún más bajos en la medida que se asciende en altura en los paisajes de colinas y montañas, tal como está conformada el área de estudio. En general, la temperatura mínima del aire se registra en horas de la noche y de la madrugada, en los momentos del día que no hay acción directa de la radiación solar, intervalo que puede representar varias horas del día.

De aquí se desprendería una situación de carácter particular, ya que al comparar este lapso en el intervalo de varios días, se pudieran establecer vinculaciones con el ciclo de vida de los mosquitos o vectores, dado que la temperatura del aire mientras más cálida sea pudiera influir sobre la duración más corta del ciclo de vida de estos organismos (OMS, 1964).

Los registros actuales señalados en el cuadro 2 y figura 6, indican que la temperatura del aire en esos espacios llega a valores de 12 a 14 °C, lo que hace suponer que las condiciones no favorecerían la presencia exitosa de los vectores, ya que ellos requieren de medios cálidos en algunas fases de crecimiento, por lo que su acción o dinámica como individuos y población estarían limitadas o atenuadas, a causa de esta resistencia ambiental (IPCC, 2003).

Las proyecciones de población señalan, al comparar los valores sugeridos por INE (2002), que la proporción de habitantes en el área de estudio disminuirá con respecto al total del país para el año 2020, pero seguirá siendo la región más densamente poblada, y dadas las condiciones geohistóricas en las que se han desarrollado las actividades de ocupación

y económicas, se espera que continuará siendo la región de mayor importancia e influencia en el resto del país.

En la figura 7, se presenta la distribución espacial de la curva plausible de la temperatura mínima media anual 22 °C, según los valores estimados para el aire en el año 2020. La superficie ocupada por temperaturas mínimas de 22 °C o menos disminuiría de los 32.910 km<sup>2</sup> actuales a unos 28.540 km<sup>2</sup>, lo que implicaría una disminución de 13,3 %, respecto a la superficie actual. Los espacios que se convertirían en más cálidos corresponden a las áreas localizadas al sur de los estados Aragua y Guárico; también se espera una franja relativamente más cálida al oeste del estado Miranda. La reducción de espacios ‘frescos’ implica el incremento del área que convertiría en vulnerable a la población allí localizada, ante las enfermedades que pudieran ser favorecidas por los cambios del medio.

Todos los centros poblados tomados en cuenta para el estudio seguirán registrando valores templados en la temperatura mínima del aire; hacia las partes más altas de la región, en donde se aprecian actualmente los valores más frescos, desaparecerían los registros entre 12 y 14 °C, pero estos espacios de poca extensión seguirán siendo los más frescos y, en consecuencia, aquellos donde la vulnerabilidad de la población a la amenaza de la presencia de vectores transmisores de enfermedades es menor.

Es necesario aclarar que los mapas presentados corresponden al valor promedio anual, que es ligeramente menor en los meses más fríos (como enero) y

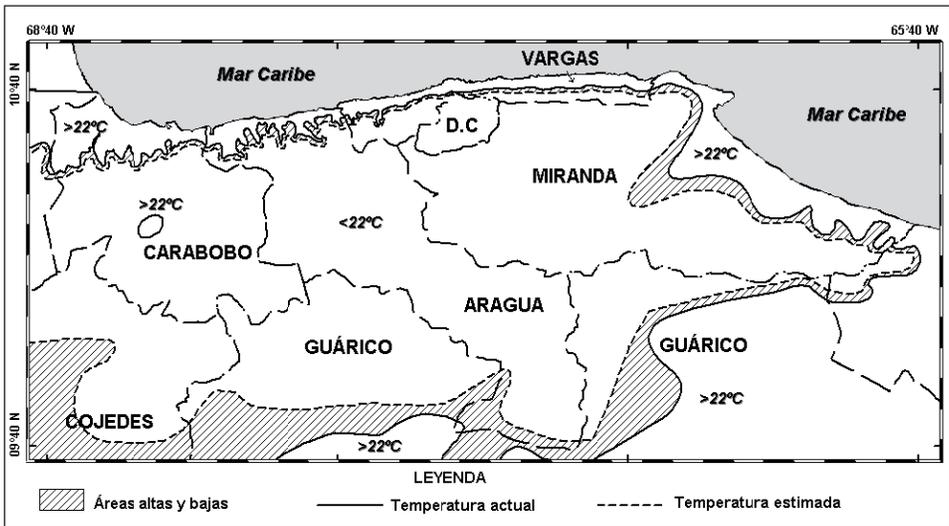


Figura 7. Límites de la distribución de la temperatura mínima media anual de 22 °C actual y estimada del aire para la región centro-norte de Venezuela

un poco mayor en los meses más cálidos (como marzo). Sin embargo, como es típico de la zona intertropical donde está situada Venezuela, la amplitud anual de las temperaturas (media, mínima media y máxima media) es en general menor a 5 °C.

También es importante señalar que la tasa de cambio de las temperaturas no es uniforme; los resultados de diversos estudios, nacionales e internacionales (Cárdenas y Alonso, 2003; IPCC, 2003), señalan que las temperaturas mínimas han estado aumentando a una tasa prácticamente el doble que las temperaturas máximas.

Esto lleva a considerar, como un escenario aproximado, que los lapsos de registros de temperaturas cálidas se harían más largos en el tiempo, especialmente durante las noches, y favorecería las con-

diciones ambientales para el establecimiento de los vectores en aquellos espacios no ocupados, o ya presentes pero no ‘activos’, como en los valles ubicados a más de 1.200 mnsnm.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1964), señala que la duración del proceso de ciclo de vida (tasa de desarrollo por día) en algunos de estos vectores, como los mosquitos, es directamente proporcional a la temperatura del aire; así se tiene como ejemplo, que a una temperatura media del aire de 16 °C, el ciclo de vida tardaría 55 días, en tanto que a una temperatura de media de 28 °C, el ciclo se reduciría a siete días, es decir, 87% menos tiempo que en condiciones templadas.

Un aspecto particular del problema del cambio climático es el de las inercias de los distintos componentes del sistema

climático y las relaciones entre las escalas temporales de respuesta del ambiente y dichas inercias. El Reporte de Síntesis del TAR (IPCC, 2003) tiene como uno de los ejes de trabajo lo que refiere sobre la inercia y la escala temporal en los sistemas climáticos y ecológicos y su relación, con respecto al cambio de las condiciones climáticas de la Tierra a mediano y largo plazo. La inercia de los sistemas ecológicos presenta como característica que algunas de sus partes muestran los efectos del cambio climático de forma rápida, mientras que otras lo hacen más lentamente (por ejemplo, la respuesta de los corales y los árboles, respectivamente). De allí que se deben realizar revisiones exhaustivas sobre el conjunto de variables que involucra la ocurrencia de enfermedades en humanos transmitidas por vectores a causa de un cambio de un elemento del medio o varios de ellos.

En cualquier caso, se debe considerar componentes más complejos como la inercia en los sistemas climáticos, ecológicos e incluso socioeconómicos y su relación entre ellos (IPCC, 2003). La inercia es una característica inherente y extendida de los sistemas que interactúan entre sí, por lo tanto, pasaría mucho tiempo antes de que algunos impactos del cambio climático se pongan de manifiesto, y algunos de estos impactos serían irreversibles si no se limita el ritmo y magnitud del cambio climático antropogénico antes de que se sobrepase ciertos límites de umbrales asociados, de los que se conoce muy poco.

## Conclusiones

Existe un consenso desde el punto de vista científico sobre la existencia del cambio climático. Ello supone que las autoridades vinculadas a la gestión nacional y regional deben comenzar a tomar medidas y/o políticas de sensibilización dirigidas a la población para que reconozcan las implicaciones de este evento, así como también orientar acciones que lleven a la adaptación de los impactos del cambio climático como una necesidad que debe ser abordada de manera inmediata. El trabajo presentado sugiere un ejemplo sobre uno de los diversos aspectos que implicaría el cambio climático en asentamientos humanos tomando en cuenta los métodos de análisis pertenecientes al campo de la geografía.

Bajo la consideración del cambio que se evidencia en la temperatura del aire, los resultados sugieren que se deben hacer mayores indagaciones sobre las posibles variaciones del clima en sus diversos elementos en la región centro-norte del país, tales como la humedad relativa, el régimen de los vientos, nubosidad, entre otros.

Las evaluaciones señalan la plausibilidad de disminución de los montos anuales promedios de precipitación y, a su vez, un incremento de la temperatura del aire en la región centro-norte del país; esto llevaría a indagar sobre situaciones asociadas entre la plausibilidad de cambio y las formas de vida, como por ejemplo ¿cómo se presentaría este cambio durante la estación lluviosa y seca del año (intensidad y duración) y la respuesta de los sistemas ecológicos?

Aun cuando los resultados señalan que la proporción del espacio que se hace más cálido es el 13%, y en particular en las partes más planas del área de estudio, donde no se presentarían las temperaturas mínimas medias de 22°C en promedio anual, igualmente toda la región centro-norte sufriría este cambio a valores más elevados de los actuales, en la que las zonas más templadas deberán seguir o mantener esa condición con relación al resto de los otros espacios, pero con la diferencia que valores observados en esos puntos hoy en día y en las últimas décadas, ya no volverían a ocurrir.

Se deben avizorar situaciones sobre cómo abordar los espacios geográficos que se pudieran presentar como extensiones que favorecerían la presencia de organismos que hoy su distribución está limitada por las condiciones de temperatura del aire y la humedad.

La región centro-norte del país es un espacio con altos registros de casos de dengue, tal como se aprecia en los registros durante el período 1990 al 2004, (MSDS, 2005), enfermedad vinculada con áreas urbanas, pero también esta población sería vulnerable a otras enfermedades que son transmitidas por vectores, si las condiciones del medio se hicieran favorables.

Realizar evaluaciones exploratorias sobre estas condiciones es pertinente, ya que permiten revisar las diferentes posibilidades que involucran los mecanismos que llevan al establecimiento de estas enfermedades producidas por la complejidad del medio.

## Referencias citadas

- CÁRDENAS, P. y R. ALONSO. 2003. *Variaciones de la temperatura del aire en Venezuela*. Caracas: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales–Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo–Proyecto VEN/00/G31.
- FARINATI, A. 2002. *¿Qué son las enfermedades emergentes?* Recuperado el 20 de abril de 2003 en: <http://www.drwebsa.com.ar/aam/bol151/15111.htm>
- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (GIECC). 2003. *Cambio climático 2001: Informe de síntesis*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- GUEVARA, J. 2004. **METEOROLOGÍA**. Colección Estudios. CDCH. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- HULME, M.; WIGLEY, T. M.; BARROW, E. M.; RAPER, S. C.; CENTELLA, A.; SMITH, S. and A. C. CHIPANSHI. 2000. *Using a climate scenario generator for vulnerability and adaptation assessments: MAGIC and SCENVEN Version 2.4 workshop*. Climate Research Init, Norwich
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2002. *XIII Censo general de población y vivienda. Estado Aragua*. Recuperado el 29 de abril de 2004. Disponible en: [On line] <http://www.ine.gov.ve/ine/censo/fichas-censo/fichacenso.asp>
- INTERNATIONAL PANEL CLIMATE CHANGE (IPCC). 2002. *Cambio climático: evaluación de los impactos*. Madrid: Organización Meteorológica Mundial-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo con Instituto Nacional de Meteorología-Ministerio

- de Obras Públicas y Transporte de España.
- MARTELO, M. 2002. *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Trabajo de ascenso (inédito), Maracay.
- MARTELO, M. 2003. *Metodología para la selección de modelos de circulación general de la atmósfera y de escenarios climáticos a incluir en la primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela*. Caracas: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Proyecto VEN/00/G31.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1997. *Estudio agroclimático de los estados Miranda, Aragua y Carabobo y Distrito Federal*. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología – Dirección General Sectorial de Información Ambiental. Caracas-Venezuela.
- MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO SOCIAL (MSDS). 2005. *Alerta epidemiológico. Semana 48*. Dirección General Sectorial Epidemiológica. Caracas-Venezuela.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1964. *Modificaciones del medio y sus consecuencias para la salud*. Ginebra. Servicio de Información Técnica.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 1995. *Enfermedades infecciosas nuevas, emergentes y reemergentes*. **Boletín Epidemiológico**, 16, (3), 62-89.
- ORGANIZACION METEOROLOGIQUE MONDIALE (OMM). 1990. *Glossaire des Termes Utilisés en Agrométéorologie*. WMO/TD-No 391. Génève. CAgM No 40.
- ROSSENBERG, M. 2003. *The geography of health*. Recuperado el 18 de abril de 2003 en: [www.geocities.com/Tokyo/Flats/7335/medical\\_geography-2.html](http://www.geocities.com/Tokyo/Flats/7335/medical_geography-2.html)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1996. *Climate change and human health. Climate, food production and nutrition*. En: McMICHAEL A., HAINES A., SLOOFF, R. Y KOVATS, S. Editors. Geneva.