

## ANTECEDENTES

Los efectos del clima y el tiempo sobre la vida del hombre, animales y plantas se reconocen desde épocas muy remotas, pero se comenzaron a estudiar de manera más rigurosa e interdisciplinaria a escala mundial desde los inicios del siglo XX. Hoy existen variadas publicaciones que abordan este complejo tema desde diversos puntos de vista. Sin embargo, dentro de este contexto, el servicio de pronósticos biometeorológicos está dirigido específicamente a la predicción de los efectos de los cambios bruscos o contrastantes del estado del tiempo sobre la salud humana.

Desde comienzos del siglo XX se encuentran referencias sobre estas investigaciones en distintas fuentes. En general, las primeras investigaciones se orientaron hacia el estudio y clasificación de los estados del tiempo diarios, evaluando sus efectos sobre distintas actividades del hombre, por ejemplo: la producción de trigo en zonas centrales de la antigua Unión Soviética (Fedorov, 1925), o describiendo las características de los tipos de tiempo que predominaban en las diferentes estaciones del año en los Estados Unidos (Howe, 1925) o el estudio de las características climáticas de México, Panamá y Cuba (Switzer, 1925).

De acuerdo con S.W. Tromp (1963): entre 1934 y 1938 el Profesor William F. Petersen en la Universidad de Illinois, Estados Unidos, escribió varias monografías en la serie *El paciente y el Tiempo*. Estas monografías trataron sobre las influencias meteorológicas en la persona normal y en el paciente. También Tromp menciona al Profesor B. de Rudder en la Universidad de Frankfurt, Alemania, como uno de los científicos relevantes por sus aportes a la Biometeorología. De Rudder escribió el libro *Grundriss einer Meteorobiologie des Menschen. Wetter und Jahreszeiteneinflüsse*, cuyas 3 ediciones aparecieron en 1931, 1938 y 1952, en el cual se hace un resumen excelente sobre varios aspectos esenciales de la biometeorología.

Es ya en la década de los años 50 del siglo XX cuando se encuentran referencias más específicas sobre los efectos del tiempo en la salud humana. De un lado la creación de la Sociedad Internacional de Biometeorología contribuyó de una manera significativa a organizar el marco internacional de las actividades biometeorológicas y las investigaciones científicas relacionadas con éstas; y por otro lado, dentro de la comunidad biometeorológica de los antiguos países socialistas, las principales actividades eran lideradas por varios científicos rusos, entre ellos: Voronin (1954), Chubukov (1956), Voronin *et al.* (1958) y Ovcharova (1958).

Voronin, Ovcharova y Spiridonov (1963) señalaban que: "El organismo humano responde a los cambios de tiempo poco frecuentes y a las variaciones estacionales. La respuesta del cuerpo humano a estos cambios puede verse principalmente a través del aumento de la actividad nerviosa, los cambios abruptos del sistema termorregulador y del balance de calor del cuerpo, así como de la actividad cardiovascular."

En la mayoría de los casos estas respuestas internas transcurren de forma natural, gracias a la gran capacidad de adaptación del ser humano, pero bajo ciertas condiciones muy específicas, cuando se exceden ciertos umbrales de impacto, pueden aparecer reacciones de carácter patológico asociadas a las condiciones de tiempo contrastantes. Los autores nombraron éstos desórdenes de salud como: respuestas meteoro-patológicas o efectos meteoro-trópicos de la población local.

Fue Ovcharova (1963) quién estableció una asociación experimental entre la actividad nerviosa superior de animales de laboratorio y el intercambio gaseoso de éstos con el

ambiente circundante. Los experimentos llevaron posteriormente a proponer el uso de la densidad del oxígeno en el aire (DOA) como un indicador complejo de los efectos de los cambios de tiempo en la salud humana (Ovcharova, 1981).

También en los años ochenta, Ovcharova desarrolla y aplica un método de pronóstico biometeorológico para la ciudad de Moscú, basado en la variabilidad interdiaria del índice DOA (Ovcharova, 1987a y 1987b). Estos resultados se presentaron a la comunidad biometeorológica mundial durante el Primer Simposio Internacional "El Clima y la Salud Humana" celebrado en Leningrado, antigua URSS (ahora San Petersburgo, Rusia) bajo los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización de Mundial de la Salud (OMS) y el Servicio Hidrometeorológico Estatal de la antigua URSS. Sin embargo, la compleja situación político-económica que afectó a este país durante la década de los años 90, no favoreció la continuidad de estos estudios y llevó a la suspensión del servicio operativo de pronósticos biometeorológicos.

Significativas investigaciones biometeorológicas fueron realizadas también durante este periodo en otros países europeos, Canadá y los Estados Unidos. Se publicaron importantes artículos con el fin de reflejar "el estado del arte" de la biometeorología humana en esos momentos, tales como: los dos volúmenes del Simposio Clima y Salud (WMO, 1987), los resúmenes del Taller "Tiempo y Salud" organizado por el Servicio Meteorológico de Canadá (editado por A.R. Maarouf, 1992) y los dos números de la revista "Experientia" dedicados a la Biometeorología Humana en 1993.

En este período, precisamente, el Prof. Wolf H. Weihe (1992) define a la biometeorología como: "una ciencia de adaptación", introduciendo así un nuevo concepto dinámico que ponía la atención en las capacidades de los individuos de lidiar con las condiciones del entorno atmosférico y otras influencias medioambientales. Un año después Bucher y Haase (1993) señalan conceptos fundamentales que es apropiado recordar:

- "La naturaleza de las denominadas reacciones meteorotrópicas es una función de la intensidad de los factores actuantes y de la exposición a ellos, así como de la capacidad de adaptación del individuo."
- "La tarea de la investigación médico-meteorológica es considerar la influencia del tiempo sobre el organismo humano, en la llamada escala de tiempo biosinóptica. Una tarea posterior es estimar la contribución del tiempo a las condiciones medioambientales de los seres humanos."
- "Con la excepción de las condiciones extremas, los cambios de tiempos no pueden causar las enfermedades. Pueden, sin embargo, ser un disparador para la ocurrencia de enfermedades agudas o contribuir al agravamiento de problemas crónicos, si la habilidad del organismo para adaptarse a estos cambios no es suficiente."

En el Estados Unidos el Prof. Larry Kalkstein lideró el desarrollo de las investigaciones que relacionaron la mortalidad humana con los cambios de tiempo, sobre todo durante la ocurrencia de olas de calor (Kalkstein, 1988; Kalkstein, 1991; Kalkstein, 1995). También él estuvo involucrado en los estudios sobre cómo algunos tipos específicos de masas de aire pueden afectar la salud humana (Kalkstein y Davies, 1989; Kalkstein, 1996), hasta llegar al desarrollo del primer Sistema de Avisos y Alertas contra las Olas de Calor de los Estados Unidos, que se aplicó en la ciudad de Filadelfia (Kalkstein, Jamason y Greene, 1996).

En la arena internacional, esta fase de las investigaciones estuvo orientada a tratar de conocer mejor cómo los cambios del estado del tiempo influyen en las reacciones humanas, y terminó con la publicación de una monografía realizada por un Grupo de Expertos a nombre de la OMS, la OMM y el PNUMA, editada por McMichael, *et al.*, 1996.

En Cuba, las investigaciones relacionadas con los efectos de tiempo sobre la salud humana empezaron en la primera mitad de la década del 80 del pasado siglo. Primero mediante la valoración de distintos índices complejos; el cálculo del balance de calor del cuerpo humano; la caracterización compleja del clima de Cuba basada en los tipos de tiempo diarios y la climatología sinóptica de los principales procesos. Estos primeros resultados aparecen en una tesis doctoral (Lecha, 1984), en varios artículos científicos (Lecha et al., 1986; Lecha, 1987; Lecha y Llanes, 1989), en dos monografías (Lecha y Florido, 1989; Lecha, Paz y Lapinel, 1994), así como el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1988).

Durante el periodo 1991-1995 se llevó a cabo la ejecución del proyecto "Efectos del tiempo en la salud humana en las condiciones climáticas del trópico húmedo". En el cual, para evaluar los impactos de tiempo en la salud, se comparó la ocurrencia diaria de seis enfermedades crónicas non-trasmisibles: el asma bronquial (CAAB) en los niños y adultos, las enfermedades del corazón (EC), la hipertensión arterial (HTA), las enfermedades cerebro-vasculares (ECV), las cefaleas (CEFA) y ciertos tipos de infecciones respiratorias agudas (IRA) con el comportamiento también diario del complejo biometeorológico local.

El resultado práctico más significativo de este proyecto fue el desarrollo del primer Sistema de Avisos y Alertas para la Salud (SAAS versión 1.0) que estaba basado en las variaciones interdiarias del índice DOA a escala sinóptica. El sistema se basó en las facilidades del programa TeleMap GIS (Lecha y Delgado, 1996), y se probó con éxito en las instituciones de salud de las provincias de Villa Clara y Cienfuegos, durante los inviernos de 1995-1996 y 1996-1997, respectivamente.

Durante el periodo de 1997 a 2006, los nuevos resultados que se obtienen relacionando los efectos del clima y el tiempo sobre la salud humana, en su mayoría, se ubican dentro del contexto europeo (Kovacs, Ebi y Menne, 2003) y en el marco del Programa de Aplicaciones y Servicios Climáticos de la OMM (PMASC, 1999a; PMASC, 1999b; PMASC, 2002; PMASC, 2004), por lo que dichos resultados pusieron la atención principal en los impactos potenciales de la variabilidad del clima y el papel de los eventos meteorológicos extremos en la salud humana (Kirch, Menne y Bertollini, 2005).

En la actualidad, el uso del modelo numérico desarrollado por Estrada, Moya y Lecha (2007) ha hecho posible la aplicación operativa del servicio de pronósticos biometeorológicos para Cuba y otras regiones geográficas del mundo. El modelo accede a través de Internet a las bases de datos del Sistema de Previsión Global (GFS), y usa los valores pronosticados de la temperatura del aire, la presión atmosférica y la humedad al nivel de superficie, desde tiempo real hasta 180 horas de antelación (una semana). Éstos son los parámetros necesarios para hacer los cálculos del índice **PODA**. La corrida del modelo se hace cada 24 horas.

La difusión internacional y validación del servicio de pronósticos biometeorológicos están ahora en proceso, y se llevan a cabo mediante el esfuerzo conjunto del Centro de Estudios y Servicios Ambientales (CESAM) y el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (ambos pertenecientes al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba); la Universidad de Cantabria, país Vasco, España, y el apoyo de voluntarios internacionales.

El sitio Web "PronBiomet" le ofrece una nueva perspectiva sobre cómo influyen los cambios del estado del tiempo en la salud humana, basado en las experiencias prácticas derivadas de la aplicación del sistema de pronósticos biometeorológicos cubano a escala global. El servicio está disponible desde el año 2007.

## Referencias.

Chubukov, L.A. (1956): Fundamentos de la climatoterapia [en ruso]. En: Bases de la climatoterapia, Tomo 1, Edit. Médica, Moscú.

Fedorov, E.E. (1925): Experiencias en el estudio del clima local a través de los estados del tiempo diarios [en ruso]. Rev. Geografía y Meteorología. Vol. 3-4, 2; 8-19.

Howe, C.F. (1925): The summer and winter weather of selected cities in North America. Mon. Wea. Rev. Vol. 53, 10; 45-51.

Kalkstein, L.S. (1988): The impacts of predicted climate change on human mortality. Publications in Climatology, 41: 1-127.

----- (1991): A new approach to evaluate the impact of climate change upon human mortality. Environmental Health Perspectives, 96: 145-150.

----- (1995): Lessons from a very hot summer. Lancet, 346: 857-859.

----- (1996): A new spatial synoptic classification: application to air mass analysis. Int. Journal of Climatology, 16(8): 1-22.

Kalkstein, L.S. y R.E. Davies (1989): Weather and human mortality: an evaluation of demographic and inter-regional responses in the United States. Annals of the Association of American Geographers, 79: 44-64.

Kalkstein, L.S., P.F. Jamason y J.S. Greene (1996): The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: development and application. Bulletin of the American Meteorological Society, 77(7): 56-64.

Kirch, W., B. Menne y R. Bertollini (2005): Extreme weather events and public health responses. Editorial Springer-Verlag, ISBN 3-540-24417-4; 303 pp.

Kovacs, S., K.I. Ebi y B. Menne (2003): Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. En: Health and Global Environmental Change, serie 1, ISBN 92 890 1090 8, World Health Organization; 111 pp.

Lecha, L. (1984): Principales peculiaridades del clima de la parte central de Cuba [en ruso]. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geográficas. Inst. Geografía AC URSS, Moscú; 153 pp.

----- (1987): Las condiciones de calor sofocante en la región central de Cuba. Rev. Ciencias Tierra y Espacio, 13; 56:58.

----- (1993): Estudio bioclimático de la provincia de Cienfuegos. Editorial Academia, La Habana; 131 pp.

----- (1998): Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. Int. Journal of Biometeorology, 42, 2; 77:83.

Lecha L., V. Morozov, M. Nieves y M. Sardiñas (1986): Influencia de las bajas extratropicales sobre los estados del tiempo en Cuba y tipos de circulación asociados. Rev. Cub. Meteorología, 2, 18:25.

Lecha, L. y A. Florido (1989): Tipificación del régimen térmico del aire en Cuba. Rev. Cub. Meteorología, 2, 1; 34:41.

Lecha, L. y A. Chugaev (1989): La bioclimatología y algunas de sus aplicaciones en condiciones del clima tropical cálido y húmedo. Edit. Academia, La Habana; 35 pp.

Lecha, L. y A. Llanes (1989): Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba. Rev. Cub. Meteorología, 1, 1; 49:56.

Lecha, L., L. Paz y B. Lapinel (1994): El clima de Cuba. Edit. Academia, La Habana; 186 pp.

Lecha, L. y T. Delgado (1996): On a regional health watch and warning system. En: Proceedings of the 14<sup>th</sup> Int. Congress of Biometeorology, Ljubljana, Slovenia; Part 2, Vol. 3; 94 - 107 pp.

McMichael, A.J., A. Haines, R. Sloof y S. Kovats (1996): Climate change and human health. World Health Organization, Geneva; 297 pp.

Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección VI (1988): El clima y los recursos climáticos. Edit. ACC y Edit. Cartográfica Española, Madrid - La Habana.

Ovcharova, V.F. (1958): Cambios en la actividad nerviosa superior y en el intercambio gaseoso de animales durante la aclimatación a diferentes condiciones climáticas [en ruso]. Rev. Problemas de Climatoterapia experimental, Vol 3, Moscú.

----- (1963): Cambios en la actividad nerviosa superior y en el intercambio gaseoso de animales en diferentes épocas del año [en ruso]. En: Problemas de la Climatología Compleja, Edit. AC URSS, Moscú; 141 - 149 pp.

----- (1981): Cálculo del contenido de oxígeno en el aire sobre la base de parámetros meteorológicos (presión, temperatura y humedad) para el pronóstico de los efectos de las condiciones de hipoxia [en ruso]. Rev. Problemas de Climatoterapia, Fisioterapia y Cultura Física, Vol 2; 29 - 34 pp.

----- (1987a): Homeokines in weather hypoxia and hyperoxia. En: Simposio OMS/OMM de Clima y Salud, Vol 2; pp.149.

----- (1987b): Nueva aproximación al pronóstico de las reacciones meteoro-patológicas [en ruso]. Rev. Problemas de Climatoterapia, Fisioterapia y Cultura Física, Vol 5; 40 - 44 pp.

Programa Mundial de Aplicaciones y Servicios Climáticos (1999a): Report of the planning meeting for the Shanghai CLIPS showcase project: heat/health warning system. WMO/TD No. 984, WCASP-49.

----- (1999b): Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium. Selected papers from the Conference ICB-ICUC'99. WMO/TD No. 1026, WCASP-50.

----- (2002): Report of the capacity building training workshop on reducing the impacts of climate extremes on health. WMO/TD No. 1162, WCASP-59.

----- (2004): Proceeding of the meeting of experts to develop guidelines on heat-health warning systems. WMO/TD No. 1212, WCASP-63.

Switzer, J.E. (1925): Weather types in the climates of Mexico, the Canal Zone and Cuba. Mon. Wea. Rev. Vol. 53, 10; 30-35.

Tromp, S.W. (1963): Medical Biometeorology. Ed. Elsevier Pub. Co., Amsterdam-London-New York; 991 pp.

Voronin, I.M. (1954): Estudio experimental del efecto de los factores climatoterapéuticos sobre el organismo humano [en ruso]. En: Documentos de la 2da Conferencia Interinstitucional sobre experiencias en la Climatoterapia. Moscú, Noviembre 25 – 27.

Voronin, I.M., F.V. Spiridonova, Y.A. Ayitskii, E.V. Savelev y L.B. Zenfil (1958): Variación del intercambio gaseoso, de la temperatura de la piel y de la reacción espástica en enfermos y sanos durante la aclimatación al clima marítimo de las ciudades de Yalta y Feodosia [en ruso]. Rev. Problemas de Climatoterapia Experimental, Vol 3, Moscú.