

METODOLOGÍA SOBRE CARTOGRAFÍA BIOCLIMÁTICA

F.J. Ferrer, P.G. Cabrera, A. García y J.P. de Nicolás*

* Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna. S/C de Tenerife. España.
Tel. +34 922 603731; Fax. 253344; E-mail FFERRER@ULL.ES

Resumen: La información climática tiene un considerable interés científico, económico y ambiental, pero se utiliza poco debido a la escasez de cartografía climática básica y aplicada (bioclimática) de que se dispone. La razón es que falta una metodología flexible y rigurosa capaz de generar la variada información necesaria para los proyectos aplicados. Se describe una metodología que permitiría superar esta situación y suministrar abundante información bioclimática para la planificación, el diseño y la gestión de diferentes actividades con importantes repercusiones económicas y ambientales.

Palabras clave: Metodología, bioclima, cartografía climática, sistema de información geográfica, control de calidad.

Abstract: The information about the climate is of great importance for scientific, economic as well as environmental fields. However its use has not been widely extended due to a lack of basic climatic and applicated bioclimatic cartography. The reason for this is the absence of both, flexible and rigourous methodology in order to generate the information needed for the application projects. The methodology described here may have important social effects since it might allow the supply of enough bioclimatic information for the planning, design and management of several economical and environmental activities.

Keywords: Methodology, bioclimatology, climatic cartography, geographical information syytem, quality control

Resume: L'information climatique est de grande importance scientifique, économique et de l'environnement, mais s'utilisation on a vu releguée parce qu'il n'y a pas beaucoup de cartographie climatique basique et appliquée (bioclimatic) à défaut d'une méthodologie assez flexible et rigoureuse pour obtenir une information variée pour être appliquée dans les projets professionnels. On a décrit une schéma méthodologique qui peut avoir repercussions sociales puisqu'il permettrait fournir suffisante information bioclimatique pour le planning, le dessin et la gestion des diferentes activités économiques et de l'environnement.

Mots clés: Méthodologie, bioclimatologie, cartographie climatique, system d'information géographique, control de qualité.

I. IMPORTANCIA DE LA CARTOGRAFÍA BIOCLIMÁTICA.

La información climática tiene un particular interés científico, ambiental y económico debido a que integra factores ambientales que condicionan la distribución y el comportamiento de los organismos, así como el resultado económico y ambiental de actividades tan importantes como la agricultura, el turismo, la edificación, la planificación hidrológica y el ahorro energético.

Aunque la información climática general es necesaria para la planificación, el diseño y la gestión de muchas actividades económicas y ambientales, se utiliza menos de lo que cabría esperar. La razón es que las variables consideradas en climatología general se mueven en el ámbito de los sistemas físicos simples, mientras que las aplicaciones en las que intervienen organismos, seres humanos y organizaciones constituyen sistemas complejos cuya gestión exige asumir un nuevo paradigma, diferente del paradigma analítico heredado de la física, que tenga en cuenta la naturaleza no lineal de la respuesta de los organismos (DE NICOLÁS et al., 1994). Bajo este nuevo enfoque, utilizaremos la denominación de *bioclimatología* para referirnos a la climatología aplicada a sistemas complejos por su conexión con los organismos vivos y porque su metodología la asemeja más a la ecología que a la climatología meteorológica.

Una de las consecuencias más notables de las diferencias metodológicas aludidas es que mientras para la climatología es suficiente disponer de algunas variables físicas fundamentales, para la bioclimatología se requiere gran variedad de parámetros aplicados, de los que se carece en la práctica por no disponer de una metodología flexible y rigurosa que posibilite su cartografía.

La elaboración de una metodología sobre cartografía bioclimática que agilice la producción cartográfica sin perder rigor requiere un considerable esfuerzo metodológico, que se vería compensado por su utilización en proyectos aplicados. Por ello nos planteamos desarrollar una metodología flexible y rigurosa tomando como referencia la metodología aplicada para elaborar el Atlas Climático Básico de la Subregión de Madrid (CASADO et al., 1980), pero introduciendo una serie de precisiones metodológicas derivadas de las experiencias realizadas en Tenerife (FERRER, 1989).

Tabla 1. Motivos que aducen los turistas para elegir Canarias como destino turístico, según el Instituto Canario de Estadística (1995).

FACTORES	FEB. (%) *	AGO. (%) *	FACTORES	FEB. (%) *	AGO. (%) *
Clima	84	76	Otros motivos	19	22
Playa	32	41	Calidad hotel/apart.	17	18
Precios	27	24	Ambiente nocturno	10	18
Tranquilidad	24	27	Facilidad traslado	7	4
Calidad del entorno	21	24	Prácticas deportes	5	7

*Los porcentajes suman más de 100 porque las respuestas son múltiples.

Se eligió Canarias para desarrollar y experimentar la metodología por las singulares condiciones que confluyen en el Archipiélago y por la especial significación ambiental y económica que tiene la información climática en Canarias para la agricultura, la edificación y el turismo (Tabla 1).

Para valorar la metodología se elaboraron 91 mapas de diferentes variables climáticas a escala 1:200.000 para cada una de las siete islas del Archipiélago, entre cartografía anual y mensual, que hacen un total de 637 mapas. Esta cantidad es suficiente para los estudios de climatología, pero resulta insuficiente para desarrollar aplicaciones prácticas.

II. METODOLOGÍA GENERAL.

La cartografía climática se ha venido realizando artesanalmente, que tiene la ventaja de permitir al climatólogo controlar el proceso e incorporar su propia experiencia sobre el clima de la zona, pero que presenta el inconveniente de que el procedimiento es lento y requiere de la intervención de personal muy experimentado, justificando que existan pocos atlas climáticos, entre los cuales se encuentra el Atlas Climatológico Básico de la Subregión de Madrid (CASADO et al. 1980) y el Atlas Climático de España (FONT TULLOT, 1983).

La cartografía automatizada agiliza el proceso, pero debido a que el climatólogo no lo controla resulta menos precisa, particularmente cuando el territorio es accidentado y la distribución de las estaciones no es representativa. Por lo cual, la solución ideal sería conciliar las ventajas de ambos procedimientos, integrando la experiencia que el climatólogo aporta a la cartografía clásica con la capacidad, velocidad y flexibilidad de los procedimientos automatizados.

En las experiencias sobre automatización de la cartografía climática realizadas en la subregión de Madrid (DE NICOLÁS et al., 1979, CASADO et al., 1980) se aplicaron procedimientos que consideraban los gradientes locales y proporcionaban resultados válidos en zonas medianamente montañosas donde la distribución de los observatorios era relativamente representativa; sin embargo, los resultados no son los adecuados cuando no se cumplen estas condiciones, requiriéndose entonces aplicar procedimientos más exactos.

Se eligió Canarias para desarrollar una metodología más exacta que pudiera aplicarse en zonas montañosas, donde los observatorios no se distribuyen representativamente por todo el territorio, debido a las ventajas que supone el que los límites territoriales estén perfectamente definidos, que las interferencias de las masas de aire con otras zonas terrestres sean mínimas y disponer de una amplia red de observatorios meteorológicos. Se contaba también con experiencia sobre las posibilidades que ofrece la delimitación de sectores topoclimáticos homogéneos (FERRER, 1989) para integrar diferentes aspectos sobre dinámica atmosférica, características topoclimáticas e indicadores biológicos, que representan y completan la experiencia que los climatólogos vierten en la cartografía climática tradicional. Además, concurría la extraordinaria significación económica y ambiental que la información climática tiene en

Canarias, que servía de estímulo para desarrollar una serie de aplicaciones prácticas que no habían podido hacerse en Madrid.

Los procesos metodológicos y las transformaciones que experimenta la información se esquematizan en las figuras 1 y 2, respectivamente. Se comienza con la selección de las fuentes de información, se continúa con la recopilación, depuración y homogeneización de los datos y se sigue con la estimación de un modelo topoclimático para cada sector (Fig. 1). Estos dos últimos procesos se retroalimentan hasta obtener una información depurada y homogénea que constituye la información básica estacional (Fig. 2).

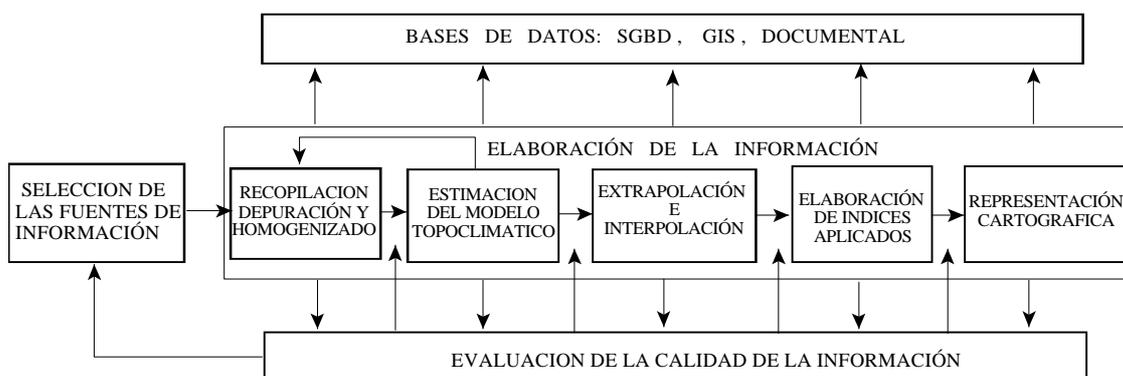


Figura 1.- Diagrama de la metodología aplicada para la elaboración de cartografía bioclimática.

Para ampliar la información básica estacional a una serie de puntos representativos del territorio se aplica un proceso de extrapolación. Posteriormente, sobre la información básica ampliada se aplica un proceso de interpolación que genera información básica en formato raster, que se almacena en un sistema de información geográfica (GIS). A partir de esta información se pueden elaborar diferentes índices bioclimáticos aplicados en formato raster (información elaborada). Finalmente, la información raster puede representarse cartográficamente mediante isolíneas o mediante imágenes en tonos de gris o en color.

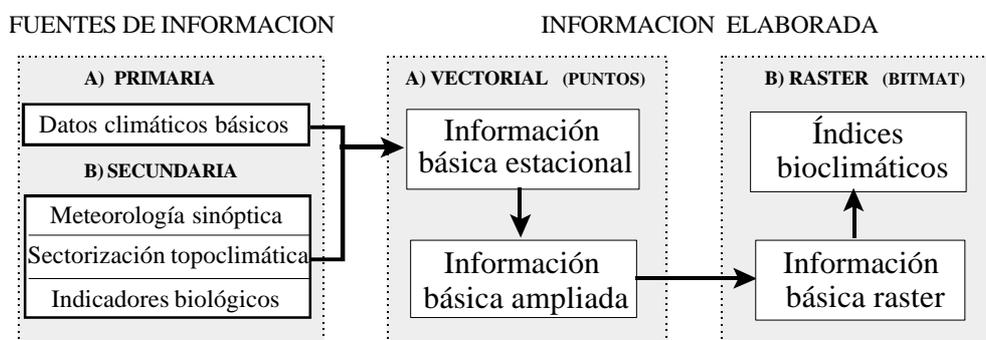


Figura 2. Transformación de la información en el proceso de elaboración cartográfica.

A lo largo del proceso metodológico se ha dispuesto de un sistema integrado, desarrollado *ad hoc*, de bases de datos relacionales, geográficas y documentales. Además, se ha prestado particular atención al control de la calidad de los datos estandarizando los procesos y contrastando la calidad de los datos bajo la triple perspectiva de la precisión, utilidad y accesibilidad de la información.

III. FUENTES DE INFORMACIÓN.

La información primaria está constituida por los datos numéricos suministrados por los observatorios meteorológicos. La información secundaria, por los patrones que ofrecen la meteorología sinóptica, la fisiografía del terreno y los indicadores biológicos (Fig. 2).

1. Información primaria.

Los datos primarios proceden de la red de observatorios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología y de otros organismos. La densidad de la red es alta en las islas de Tenerife y Gran Canaria, si bien en los observatorios que no forman parte de la red principal pueden presentarse problemas debido a la escasa antigüedad de las series y a la localización de los observatorios (MARZOL, 1980). Estos problemas pueden corregirse en la mayoría de los casos aprovechando la redundancia entre diferentes datos, aunque ha exigido prescindir de algunos de ellos.

2. Información secundaria.

La información secundaria complementa la información primaria y está representada por los siguientes aspectos:

- Información meteorológica sinóptica.

Para cartografiar diferentes parámetros climáticos es imprescindible contar con la información sobre las situaciones sinópticas asociadas a las condiciones del tiempo normal y a las perturbaciones del clima (FONT TULLOT, 1955, 1956; HUETZ DE LEMPS, 1969; MARZOL, 1993a,b; DORTA et al., 1993 y DORTA, 1996), con la suministrada por los radio sondeos sobre la estructura vertical de la atmósfera y con la proporcionada por los satélites meteorológicos.

- Indicadores biológicos.

La vegetación constituye un importante indicador que permite detectar condiciones microclimáticas difíciles de reconocer de otra forma, pero que requiere establecer previamente los patrones de variación de los indicadores más significativos. Para detectar los patrones de variación de los indicadores se consideró la variación estadística de la vegetación de la Macaronesia (HANSEN, A. et al., 1979; SUNDING, 1979; DE NICOLÁS et al. 1989), de Canarias y de Tenerife (VOGGENREITER, 1974; BARQUÍN, 1984; FERNÁNDEZ-PALACIOS, 1987; CABRERA, 1989), poniendo en evidencia la extraordinaria sensibilidad de la vegetación (DE NICOLÁS et al. 1991; FERNÁNDEZ-PALACIOS et al. 1995) y de su biomasa (FERRER, 1989) a las condiciones climáticas.

- Sectorización topoclimática.

Debido a que el clima de un lugar depende de la interacción entre las masas de aire y la fisiografía del terreno, se definieron una serie de sectores a partir de la cartografía topográfica, de maquetas del territorio, de la observación directa sobre el terreno y de las fuentes secundarias de información sobre exposición a los vientos dominantes y la pendiente, esperando encontrar gradientes homogéneos de variación climática (Fig. 3).

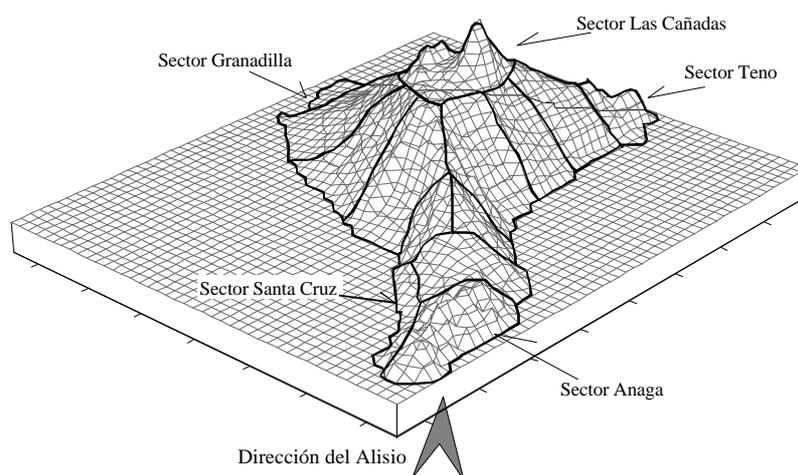


Figura 3. Esquema tridimensional de Tenerife mostrando algunos sectores topoclimáticos.

IV. RECOPIACIÓN, DEPURACIÓN Y HOMOGENEIZADO DE LA INFORMACIÓN.

Se dispuso de un sistema relacional de gestión de base de datos (SGBD) que permitió integrar los diferentes tipos y formatos de datos utilizados a lo largo de las diferentes fases:

1. Recopilación de los datos primarios.

Para recopilar los datos primarios suministrados por los observatorios y corregirlos antes de almacenarlos definitivamente en el ordenador, se siguieron los siguientes pasos:

- Descripción y selección de los observatorios meteorológicos.

Se elaboró una base de datos sobre los observatorios o estaciones meteorológicas que recogía su denominación, localización en coordenadas UTM, altitud, instrumentos disponibles, tipo de datos proporcionados y longitud de las series, contándose con la colaboración del personal del Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidentales y el reconocimiento directo de los observatorios cuando se consideró necesario. A partir de esta información se seleccionaron los más adecuados.

- Definición y selección de las variables primarias.

Conviene diferenciar entre las variables relativamente simples que se utilizan en climatología y las variables que se utilizan en las aplicaciones prácticas, pues en éstas están implicados organismos, seres humanos y organizaciones cuya respuesta no es lineal y presentan adaptaciones a determinadas circunstancias. Por ello las variables aplicadas necesitan tener en consideración una serie de circunstancias temporales que llevan a diferenciar valores diarios, mensuales y anuales; lo mismo que valores mínimos, medios o máximos, cuya significación aplicada varía. Así, los valores máximos informan de lo que sucede durante el día y los mínimos están ligados más bien a lo que sucede durante la noche.

Se han considerado la precipitación, la temperatura máxima absoluta, la temperatura máxima media, la temperatura media, la temperatura mínima media, la temperatura mínima absoluta y la oscilación térmica mensuales y anuales, que se ampliarán después con la humedad, la radiación y el viento.

- Mecanización de los datos.

La información sobre los observatorios meteorológicos se recopiló en tablas donde cada fila representa un observatorio y las columnas las diferentes características de éstos. Los datos climáticos se recogieron en tablas cuyas filas representaban a un observatorio durante un mes y un año determinado y las columnas las variables que se miden en cada observatorio. Ambas tablas se unían utilizando el sistema de gestión de base de datos relacional (SGBDR) para obtener tablas independientes de cada una de las variables seleccionadas, donde las filas representaban los meses de un periodo temporal concreto y las columnas los observatorios con datos para cada variable, añadiéndose registros en blanco en los meses sin datos. Finalmente, para el análisis de esta información se disponían las tablas en una hoja de cálculo que facilitaba el proceso de completar las series de cada observatorio al poner en evidencia qué datos faltaban.

2. Depuración de los datos.

A pesar de que durante la mecanización de los datos se establecieron filtros para detectar los datos que quedaban fuera de un cierto rango de variación, la información primaria presenta deficiencias, siendo preciso completar los datos que pudieran faltar, corregir los posibles errores instrumentales y referir la información a un periodo estandarizado. Todo ello constituye un trabajo laborioso y complejo que puede realizarse aprovechando la redundancia que existe entre las diferentes fuentes de información.

El proceso aplicado es, en cierta medida, equivalente al que se aplica para entender a una persona que habla comiéndose algunas palabras o que pronuncia incorrectamente otras, sólo que en lugar de operar intuitivamente se requiere formalizar los procedimientos para aprovechar la redundancia temporal y espacial entre los observatorios y depurar la información, seleccionando a tal fin las estaciones que presentan mayor nivel de redundancia mediante el cálculo de la matriz de correlación entre pares de observatorios.

3. Homogeneización de la series.

Para maximizar la significación espacial de la información de los observatorios se recurre a minimizar la significación del componente temporal a base de considerar periodos homogéneos que sean suficientemente representativos para obtener el nivel de precisión deseado. A este respecto, la Organización Mundial de Meteorología recomienda utilizar periodos de 30 años para estimar la precipitación y un periodo de 10 años para la temperatura en la zona templada, pudiéndose reducir el periodo sin variar la precisión según nos desplazamos hacia zonas más subtropicales y tropicales. En nuestro caso, se tomó como referencia para las temperaturas el periodo de 1980 a 1990 y el periodo de 1960 a 1990 para la precipitación.

Cuando la serie de datos es más larga que el periodo de referencia, se seleccionan las observaciones correspondientes al periodo estándar y, cuando es más corta, se aplican reglas de proporcionalidad para que los datos sean representativos de la serie temporal estándar.

V. BASE DE DATOS Y SISTEMA DE INFORMACIÓN.

Debido a la cantidad de información a utilizar y la diversidad de análisis a realizar, el manejo de los datos constituye un importante factor limitante que requirió desarrollar un sistema coherente de bases de datos, que estaba integrado por un sistema de gestión de base de datos relacional (SGBDR) para gestionar las tablas de información primaria, por un sistema de información geográfica (SIG) para gestionar la información vectorial y raster, y por una base de datos documental para manejar la información literal.

Se seleccionó el sistema de información geográfica IDRISI por ser fácil de manejar, permitir agregar la información a varias escalas, elaborar cartografía raster y digital, elaborar índices bioclimáticos, integrar la información bioclimática con otro tipo de información utilizada en la planificación territorial y por proporcionar cartografía de una forma rápida.

La información raster se almacenó tomando como referencia la retícula de 200×200 metros del modelo digital del terreno (MDT) del Instituto Geográfico Nacional, que en el caso de Tenerife consta de 351 filas y 426 columnas. La información geográfica relativa a la localización de los observatorios meteorológicos y áreas urbanas, trazado de carreteras, límites de los sectores topoclimáticos, términos municipales y espacios naturales protegidos se almacenó vectorialmente en coordenadas UTM.

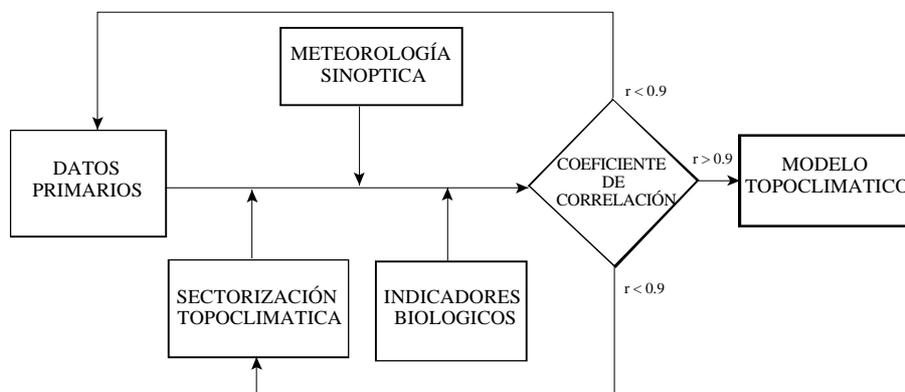


Figura 4. Integración de las diferentes fuentes de información (primaria y secundaria) para ajustar el modelo topoclimático de cada sector.

VI. ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS TOPOCLIMÁTICOS.

El modelo topoclimático de cada sector describe el gradiente altitudinal de variación climática, integrando diferentes fuentes de información primaria y secundaria para aprovechar la redundancia entre ellas y, de esta forma, controlar diferentes fuentes de error. Se desarrolla en dos fases:

1. Contraste de la significación de los sectores topoclimáticos.

Se trata de contrastar la homogeneidad y significación del gradiente altitudinal de variación climática de los sectores previamente definidos. Para cada sector se representa la dispersión de los datos climáticos respecto a la altitud y se calcula el coeficiente de correlación correspondiente, comprobándose qué observatorios se ajustan al patrón de variación de cada sector considerado, cuáles se alejan y qué observatorios podrían incorporarse a sectores próximos sin más que modificar el límite de uno u otro para mejorar el grado de ajuste de las estaciones de cada sector al patrón altitudinal de variación. Este proceso de ajuste se realiza de una forma cíclica y recurrente (Fig. 4).

2. Ajuste del modelo topoclimático.

Implica calcular la recta de regresión de cada variable climática básica en función de la altitud tomada como variable independiente. Cuando el patrón de variación no es continuo, sino que presenta puntos de inflexión, se realizan ajustes parciales para los diferentes tramos altitudinales (Fig. 5).

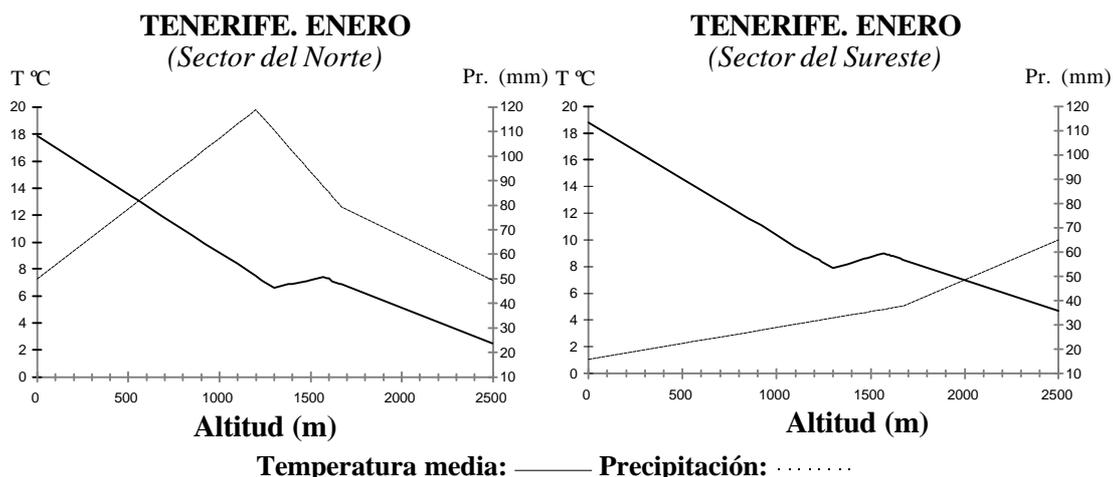


Figura 5. Modelo topoclimático de dos sectores de Tenerife, uno al Norte y otro al Sureste, durante el mes de enero. Se representa la variación de la temperatura media y de la precipitación.

VII. EXTRAPOLACIÓN E INTERPOLACIÓN. La cartografía climática requiere estimar las variables en lugares donde no se dispone de observatorios que proporcionen datos. La forma de operar difiere según que los observatorios sean abundantes y estén distribuidos representativamente o que no se cumpla ninguna de estas condiciones, la mayoría de las veces por cuestiones de accesibilidad. En el primer caso, poco frecuente, es posible aplicar directamente procedimientos automatizados de interpolación. En el segundo caso, el más frecuente, se necesita aplicar un proceso de estimación espacial más complejo (Fig. 6), que se desarrolla en dos fases:

1. Fase de extrapolación.

La extrapolación consiste en estimar el valor de las variables climáticas básicas para un conjunto de puntos de referencia, utilizando las ecuaciones de regresión respecto a la altitud de cada sector. Esta información constituye, junto a la información básica, la información básica ampliada.

Los puntos de referencia están integrados por puntos críticos y por puntos regulares. Los puntos críticos corresponden a estaciones del territorio seleccionadas en función de su localización en áreas donde presumiblemente pudieran producirse discontinuidades en los gradientes de variación topoclimática. Los puntos regulares corresponde a estaciones distribuidas regularmente según una retícula de 1 Km². En el caso de Tenerife se consideraron mil doscientas estaciones entre observatorios meteorológicos, puntos críticos y puntos regulares.

2. Fase de interpolación.

En esta fase se estima el valor correspondiente a las diferentes variables para cada una de las cuadrículas del MDT a partir de la información básica ampliada. Pero, a diferencia de lo que sucedía en la fase anterior, que requería una especial atención, se aplican métodos automatizados de interpolación mediante un algoritmo que actúa en función de la información de los puntos próximos y de los gradientes locales de variación (YATES et al. 1986a,b).

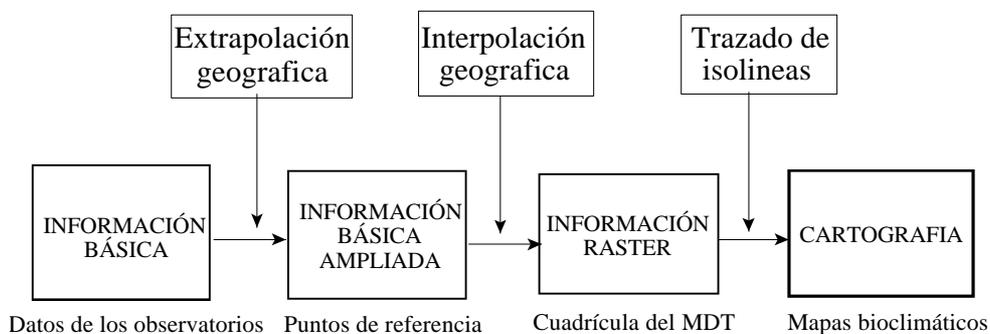


Figura 6. Transformación de los datos básicos para su representación cartográfica.

VIII. SELECCIÓN Y ELABORACIÓN DE ÍNDICES APLICADOS.

Los observatorios meteorológicos suministran información primaria sobre una serie de parámetros físicos (temperatura, precipitación, humedad, viento, insolación, etc.) seleccionados en función de su significación científica, de los aparatos de medida disponibles, del coste de instalación y mantenimiento de una red de observatorios representativa; sin embargo, estos parámetros no son suficientes para cubrir las demandas de los proyectos aplicados, pues es necesario definir una multitud de variables bioclimáticas “*ad hoc*” que tengan en consideración, además de los aspectos meteorológicos y climáticos, el comportamiento de los organismos y del hombre respecto al clima así como la incidencia del clima sobre diversas actividades económicas.

Entre los numerosos parámetros bioclimáticos que se necesita elaborar, podrían citarse, a manera de ejemplo, los siguientes:

- *Evapotranspiración*. Se utiliza en agricultura y en jardinería.
- *Bienestar climático*. Sirve para planificar actividades laborales y deportivas, en la Naturaleza o en instalaciones cerradas.
- *Valoración climática para el turismo*. Mide la adecuación del clima para diferentes sectores turísticos como el turismo de “sol y playa”, el turismo deportivo o el turismo ecológico.
- *Grados-día*. Se utiliza para calcular el aislamiento de los edificios, el sistema de calefacción en invierno y el de refrigeración en verano.

Para cubrir las necesidades prácticas se necesita disponer de cartografía sobre una gran variedad de variables climáticas (Fig. 7), a diferentes niveles de agregación temporal (mensual, trimestral o anual) y a diferentes escalas (1:250.000, 1:100.000, 1:50.000), que sirvan de base para elaborar parámetros bioclimáticos aplicados.

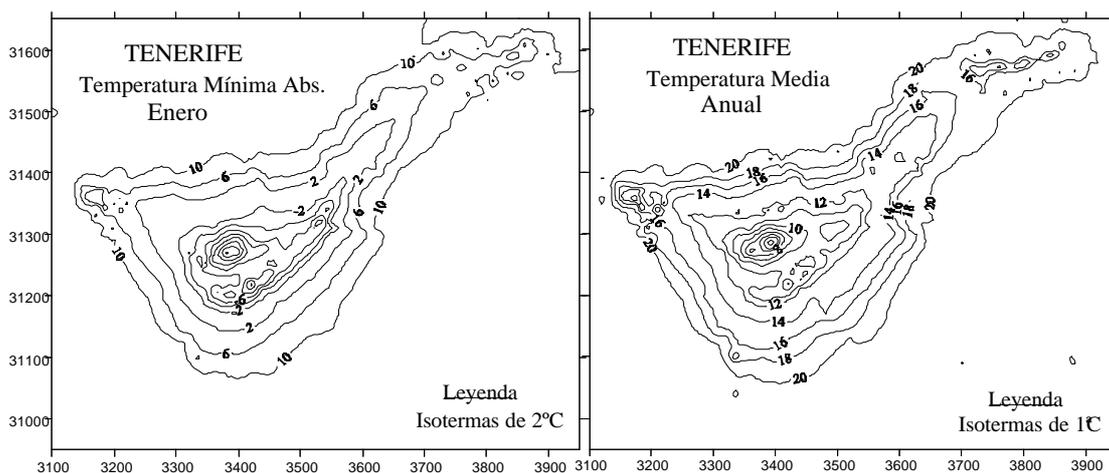


Figura 7. Cartografía climática con diferentes niveles de agregación temporal. En la primera los datos se agregan mensualmente, mientras que en la segunda la información está agregada anualmente. La utilización práctica de una y otra información es diferente.

IX. REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA.

La representación cartográfica de la variación geográfica de los parámetros climáticos y bioclimáticos se realiza aplicando procedimientos raster y vectoriales. Los procedimientos raster proporcionan imágenes en gama de grises o en color cuyas clases se corresponden con los rangos del parámetro representado. Los procedimientos de representación vectorial recurren al trazado de isolíneas. En ambos casos se puede utilizar el programa IDRISI; sin embargo, si se necesita editar los mapas, conviene utilizar programas especializados de CAD y de diseño vectorial para controlar con mayor precisión el trazado, la escala, el color y el diseño.

La impresión de la cartografía puede realizarse mediante una impresora láser o de chorro de tinta cuando el tamaño es inferior a DIN A3. Si el tamaño es mayor, se puede imprimir el mapa en una sola pieza utilizando un trazador de chorro de tinta, o bien imprimir el mapa como un mosaico y unir posteriormente los fragmentos.

X. CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS DATOS.

El concepto de calidad asumido integra la precisión y la exactitud de los datos, la significación respecto a los objetivos aplicados y la facilidad para acceder a la información. El control de la calidad se realizó “*a priori*” estandarizando los diferentes procesos metodológicos implicados y “*a posteriori*” utilizando una serie de parámetros estadísticos para evaluar los resultados.

1. Control de la precisión, integridad y homogeneidad de los datos.

Los datos reflejan fielmente los hechos que describen cuando son completos, precisos, exactos y homogéneos. Los datos están completos cuando no faltan datos en la serie temporal considerada. La precisión se valora mediante la dispersión de los datos cuando se repite la medida en condiciones similares. La exactitud mide la diferencia entre el valor medido y el valor real del parámetro. Por último, la homogeneidad supone que las diferencias entre los observatorios no dependen significativamente del periodo o duración temporal de las series.

La calidad de los observatorios se evaluó en dos fases. Inicialmente se realizó en función de la amplitud, regularidad y precisión de los datos. Posteriormente se evaluaron en función de la redundancia espacial y temporal los datos de los observatorios y las fuentes secundarias de información, para detectar los errores asociados a la inadecuada localización de los observatorios, los errores instrumentales y los debidos a la manipulación de los datos, que no pueden detectarse de otra manera.

La precisión de la extrapolación se evaluó en función del coeficiente de correlación de las rectas de regresión que describen el gradiente de variación de cada sector. Para valorar la exactitud de la interpolación se utilizó la diferencia media entre los valores que proporcionan los observatorios para cada parámetro y el valor que le correspondería estimándolo en función de las ecuaciones de regresión que describen los modelos topoclimáticos.

2. Utilidad de los datos.

Desde la perspectiva aplicada no es suficiente que los datos reflejen fielmente los hechos físicos que describen. Si los datos no son significativos para gestionar problemas concretos, conviene prescindir de ellos ya que ocupan lugar y desvían la atención de los objetivos aplicados, y elaborar otros que sí sean significativos. El problema es que determinar los parámetros significativos varía para cada tipo de actividad y según la forma de trabajar de los diferentes usuarios, siendo preciso analizar cada caso detalladamente. Con tal fin se organizó un curso monográfico para analizar cómo utiliza la información bioclimática cada grupo profesional en relación a una determinada actividad, cabiendo diferenciar estilos distintos que van desde los planteamientos ‘duros’ de los físicos e ingenieros a los planteamientos más ‘blandos’ de los arquitectos, cada uno de ellos perfectamente adaptado a las circunstancias en las que operan. En el caso de los arquitectos reviste una serie de particularidades, calificadas por LUXÁN (1996) con gran clarividencia y humor como “cutre-teck”, que es necesario conocer para adecuar la información a la forma de operar de cada grupo profesional y facilitar su incorporación en los proyectos de diseño.

3. Accesibilidad de la información.

Para facilitar el acceso a la información se han evaluado diferentes formatos (tablas de datos, cartografía, diagramas, etc.) y soportes (libro, atlas, CD-ROM e INTERNET) llegándose a la conclusión de que conviene adecuar el soporte a cada aplicación y disponer de la suficiente cartografía para dar respuesta a múltiples situaciones científicas y profesionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BARQUÍN, E. (1984). *Matorrales de transición entre el piso basal y el montano de la isla de Tenerife, Canarias*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- CABRERA, P.G. (1989). *Cartografía ecológica del Valle de Güimar. Análisis metodológico de dos estrategias complementarias*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- CASADO, L.G., DE NICOLÁS, J.P. y MOSQUERA, M.T. (1980). *Atlas climatológico básico de la Subregión de Madrid*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- DORTA, P. (1996). “Las inversiones térmicas en Canarias”. *Investigaciones Geográficas*. Anales de la Universidad de Alicante, 15, págs. 109-123.

- DORTA, P., MARZOL, M.V. y VALLADARES, P. (1993). "Localisation et frequences des cellules de pression dans l'atlantique Nord, l'Europe occidentale et le nord de l'Afrique (1983-1992)". *Publication de l'Association Internationale de Climatologie*, 6, págs. 453-466.
- DE NICOLAS, J.P., CASADO, L.G. y GARCIA SANJUAN, J. (1979). "Sistema de información climatológica para el centro de la Península Ibérica". *Avance sobre Investigación en Bioclimatología*. C.S.I.C. págs. 351-364.
- DE NICOLAS, J.P., FERNANDEZ-PALACIOS, J.M., FERRER, F.J. y NIETO, E. (1989). "Interisland floristic variation in Macaronesia región". *Vegetatio*, 84, págs. 117-125.
- DE NICOLAS, J.P., NIETO, E., CABRERA, P.G., FERNANDEZ-PALACIOS, J.M. y FERRER, F.J. (1991). "Variación de la correlación entre la diversidad y el biovolumen de la vegetación sobre un gradiente altitudinal". En: PINEDA, F.D., DE MIGUEL, J.M. Y MONTALVO, J. (Eds.). *Diversidad Biológica*, págs. 121-126, ADENA-WWF. Madrid.
- DE NICOLÁS, J.P., FERRER, F.J. y CABRERA, P.G. (1994). "Gestión ambiental y cambio del paradigma científico". En: HERNÁNDEZ, B., MARTÍNEZ, J. Y SUÁREZ, E. (Eds.). *Psicología Ambiental y responsabilidad ecológica*, págs. 112-127. Dpto. de Psicología y Sociología. Univ. de Las Palmas de Gran Canaria.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. (1987). *Análisis de la variación espacial de la vegetación de Tenerife e interpretación en términos ambientales*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. & DE NICOLÁS, J.P. (1995). "Altitudinal pattern of vegetation on Tenerife". *Journal of Vegetation Science*, 6, págs. 183-190.
- FERRER, F.J. (1989). *Evaluación del Impacto Ecológico. Caso práctico en Tenerife*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- FONT TULLOT, I. (1955). "Factores que gobiernan el clima de las Islas Canarias". *Estudios geográficos*, 58, págs. 5-21.
- FONT TULLOT, I. (1956). *El tiempo atmosférico en las Islas Canarias*. Servicio Meteorológico Nacional, serie A(memorias), 26, 96 págs. Madrid.
- FONT TULLOT, I. (1983). *Atlas climático de España*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- HANSEN, A. & SUNDING, P. (1979). *Flora of Macaronesia. Checklist of vascular plants*. Botanical Garden and Museum, University of Oslo.
- HUETZ DE LEMPS, A. (1969). *Le climat des Iles Canaries*. S.E.D.E.S. París.
- LUXÁN, M. (1996). "Arquitectura y Ecología". Curso sobre: *Aprovechamiento de las energía renovables y ahorro energético en Canarias. Implicaciones en la construcción y el urbanismo*. UIMP. Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL, M.V. (1980). "Problemas de las fuentes meteorológicas en las investigaciones de Geografía Climática. El caso de Canarias". *I Col. Ib. Geografía, Lisboa. Comunicaciones*, 1, págs. 321-328.
- MARZOL, M.V. (1993a). "Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes de las Islas Canarias". *Revista de Historia de Canarias*. Homenaje a la Dra. Marrero, págs. 79-95.
- MARZOL, M.V. (1993b). "Los factores atmosféricos y geográficos que definen el clima del archipiélago canario". *Aportaciones en homenaje al profesor Luis Miguel Albentosa*, págs. 151-176.
- SUNDING, P. (1979). "Origins of the Macaronesian Flora". En: BRAMWELL, D. (Ed.). *Plants and Islands*, págs. 13-40, Wiley, London.
- YATES, S.R., WARRICK, A.W. & MYERS, D.E. (1986a). "Disjunctiv Kriging: 1. Overview of Estimation and Conditional Probability". *Water Resources Research*, 22, 5, págs. 615-621.
- YATES, S.R., WARRICK, A.W. & MYERS, D.E. (1986b). "Disjunctiv Kriging: 2. Examples". *Water Resources Research*, 22, 5, págs. 623-630.
- VOGGENREITER, V. (1974) *Geobotanische untersuchungen an der natürlichen Vegetation der Kanareninsel Tenerife (Anhang: vergleichemit La Palma und Gran Canaria) als grundlage für den naturschtz*. Dissertationes Botanicae, 26, pp. 1-718.