

## **CONTRASTES CLIMÁTICOS EN LA ISLA DE LA PALMA Y SU REPERCUSIÓN BIOGEOGRÁFICA**

Ulises ÁLVAREZ FERRAZ<sup>1</sup>, Alberto MARTÍ EZPELETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía. Universidad de Santiago de Compostela.*

[ulises\\_95lp@hotmail.com](mailto:ulises_95lp@hotmail.com), [alberto.marti@usc.es](mailto:alberto.marti@usc.es)

### **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar el clima de la isla de La Palma y analizar su influencia en la distribución espacial de la vegetación y la localización de los cultivos. Se han elaborado modelos digitales de precipitación, temperatura y humedad con el método de regresión múltiple a partir de los datos climáticos disponibles. Las variables predictoras han sido la altitud, la latitud, la longitud y la distancia al mar. Con el cálculo de los valores residuales se han reducido los errores de los modelos. Esto ha permitido confirmar la alta correlación de las variables empleadas en la elaboración de los modelos climáticos, siendo la altitud y la distancia al mar las de mayor determinación. Se han identificado las zonas con un clima más húmedo y fresco (vertientes este y norte) y más árido (vertiente oeste). Posteriormente, el cálculo de dos índices bioclimáticos ha permitido valorar la importancia del clima en la distribución espacial del monteverde canario, y determinar que la temperatura es la variable climática más condicionante para la localización de los cultivos.

**Palabras clave:** La Palma, variabilidad climática, modelos climáticos, topoclimas, monteverde canario, alisios.

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to characterize the climate of La Palma Island and analyze its influence in the spatial distribution of the vegetation and the location of crops. Digital models of precipitation temperature and humidity have been developed using the multiple regression method from the available climate data. The predictor variables have been the altitude, the latitude, the longitude, and the distance to the sea. With the calculation of the residuals values, the errors of the models have been reduced. This has made it possible to verify the high correlation of the predictive variables used in the elaboration of climate models, with the altitude and the distance to the sea being the most determined. Areas with a more humid and temperate climate (eastern and northern slopes) and more arid (western slope) have been identified. Later, the calculation of two bioclimatic indices has made it possible to assess the importance of the climate in the spatial distribution of the Canarian monteverde, and to determine that the temperature is the most conditioning climatic variable for the location of crops.

**Key words:** La Palma, climate variability, climate models, topoclimates, Canarian monteverde, trade winds.

## 1. INTRODUCCIÓN

El clima ha condicionado el desarrollo de las actividades humanas a lo largo de la historia, teniendo un mayor impacto en territorios reducidos y aislados (e.g. islas), debido a que presentan una notable escasez de recursos naturales (e.g. agua, suelo). Además, en estos territorios pueden existir grandes contrastes climáticos producto de las características del relieve, dando lugar a variedad de topoclimas.

La zona de estudio abarca el conjunto de la isla de La Palma, localizada en el extremo noroccidental del archipiélago canario (Fig. 1). Presenta un relieve muy accidentado, con altitudes superiores a 2.400 m en el norte (Roque de Los Muchachos: 2.424 m) y cercanas a 2.000 m en el sur (Cumbre Vieja). Este relieve está caracterizado por su disposición norte-sur, dominado en la parte central por la caldera erosiva de Taburiente. Respecto a sus características socioeconómicas, destaca el fuerte peso de las actividades agrícola y turística en una población que ronda los 84.000 habitantes.

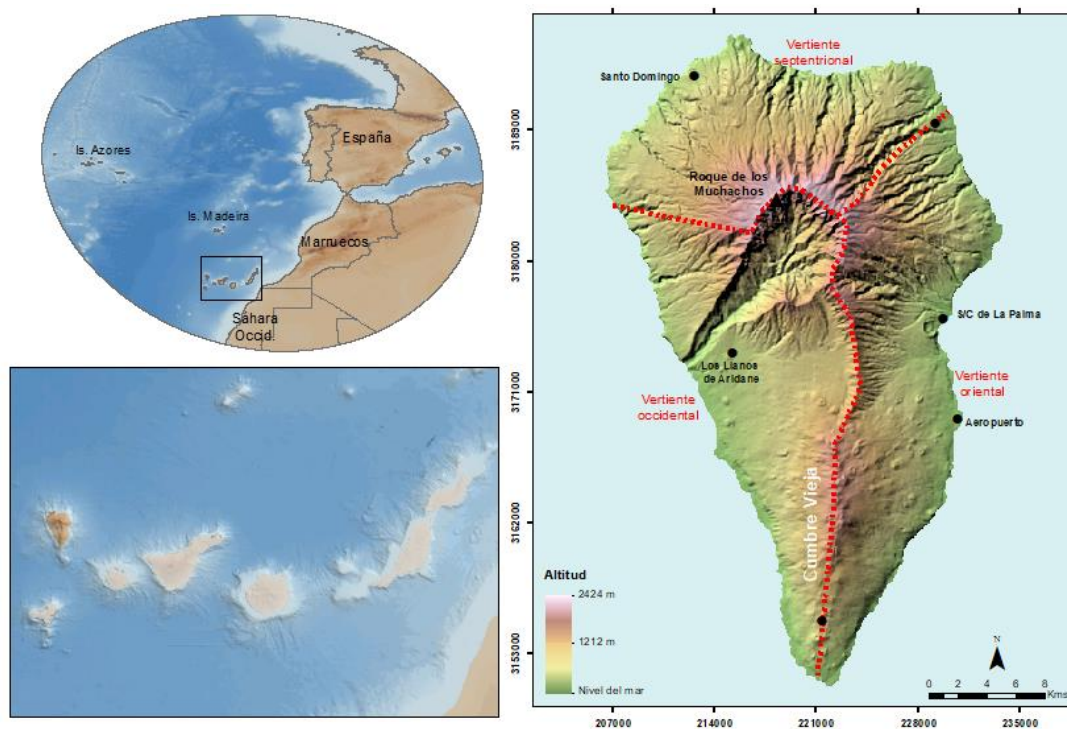


Fig. 1: Localización de la zona de estudio y sus vertientes climáticas.

El interés de este trabajo recalca en avanzar en la caracterización climática del conjunto de la isla, dado que los trabajos previos se han centrado en el análisis de fenómenos meteorológicos locales (Bullón miró, 2003), o bien con una serie temporal de datos corta o de reducida distribución espacial (Marzol, 1987; Marzol, 1988; Font Tullot, 2000), sumado a las nuevas herramientas de análisis geoespacial que permiten realizar estudios climáticos con mayor detalle (Ponte y Bosque, 1997;

Royé y Serrano, 2019). Las distintas variables que conforman el clima de La Palma están condicionadas por la aproximación de dos conjuntos de factores climáticos, los dinámicos y los geográficos. Los primeros van ligados a la situación geográfica de la isla, localizada en el Atlántico oriental subtropical, área caracterizada por el dominio de las altas presiones subtropicales, concretamente el Anticiclón de las Azores que, con sus variaciones de posición, produce estabilidad atmosférica (centro ubicado en las Azores) debido a la estratificación de la atmósfera producto de los vientos de dirección nordeste (i.e. los alisios), o permite el aumento de la inestabilidad (distanciamiento del centro con las Azores) con la llegada de borrascas, intrusiones de polvo sahariano o, esporádicamente, perturbaciones tropicales (Marzol, 1988; Dorta, 1999). Los segundos están relacionados con las características físicas del territorio, siendo el más condicionante para La Palma el relieve (Marzol, 1988; Fernández, 1995; Seoáñez, 2001), ya que tanto su altitud, orientación y disposición favorece la existencia de fuertes contrastes climáticos locales.

Esa disposición del relieve ocasiona la existencia de tres vertientes climáticas diferenciadas (Fig. 1). La oriental está caracterizada por la afección de la capa húmeda (inferior) de los vientos alisios, mientras que en la occidental predomina la afección de la capa seca (superior) de los alisios, produciéndose el conocido efecto Föhn (Font Tullot, 2000; Marzol, 2001). La vertiente septentrional está influenciada por ambas situaciones, estando sometido el sector nororiental a la capa húmeda y, el sector noroccidental, a la capa seca. En cuanto a situaciones de inestabilidad atmosférica, las borrascas suelen tener una mayor incidencia en las vertientes norte, oeste y este (de mayor a menor), mientras que las advecciones saharianas son más generalizadas, siendo ligeramente menor en la vertiente norte (Marzol, 1988; Dorta, 1999). En este sentido, algunos autores sugieren la existencia de una discontinuidad en la variación de la relación precipitación-altitud (i.e. los valores pluviométricos aumentan hasta 1.500 m de altitud para, seguidamente, descender bruscamente hacia las cumbres) (Marzol, 1987).

La Palma forma parte de la región biogeográfica macaronésica. La presencia del bosque relictivo de laurisilva constituye un hecho de elevado valor e interés desde el punto de vista de la vegetación. Pero además, la isla presenta un gran número de endemismos dentro de las ~900 especies vegetales identificadas hasta la actualidad, de las que el 45% son endemismos canarios y macaronésicos, mientras que el 10-15% son exóticas (Martín Esquivel, 2010). Estas conforman comunidades vegetales que se distribuyen en cinco grandes pisos bioclimáticos (Santos, 1983). El piso basal, el bosque termófilo y el piso montano húmedo son los más alterados por la actividad antrópica debido a los asentamientos poblacionales, en los dos primeros, y a la extracción de materias primas (madera), en el tercero. En cambio, los pisos montano seco y supracanario son los menos alterados por las actividades antrópicas, salvo por los recurrentes incendios forestales y diversas actividades turísticas (Santos, 1983). Por su extensión e importancia socioeconómica, destaca el cultivo del plátano, que ocupa grandes extensiones de las zonas costeras de la isla y, en menor medida, el aguacate y hortofrutícolas. Respecto a los de secano, predominan el viñedo y el almendro, siendo minoritarios los cultivos forrajeros y ornamentales. Esta estrecha relación entre la vegetación natural y los cultivos, con las condiciones climáticas locales, requiere de un análisis espacial de detalle, y poder estimar en

estudios posteriores cuáles pudieran ser los efectos del cambio climático sobre dichas características biogeográficas de la isla. Por lo tanto, el objetivo del trabajo se centra en identificar el grado de influencia de las condiciones climáticas sobre la distribución espacial de la vegetación natural y los cultivos, y en determinar los contrastes climáticos presentes en la isla.

## 2. MÉTODOS

Con el objetivo de caracterizar la variabilidad climática espacial de La Palma, se han utilizado los datos climáticos recogidos por las estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y los cedidos por el Nordic Optical Telescope (NOT), estando la mayoría localizadas en cotas inferiores a 1.000 m (Fig. 2). Primero se ha realizado un control de calidad de los datos (i.e. filtrado de datos erróneos, selección de variables de cada estación y transformación de unidades de medición). El periodo temporal analizado ha sido entre 1988-2017 para las variables de precipitación y temperatura (salvo NOT, que presenta datos desde 1997). Para la variable de humedad ha sido entre 2009-2014, ya que esta presenta una mayor limitación instrumental en la isla. La variable climática con mayor distribución espacial de datos es la precipitación, seguida de la temperatura y la humedad.

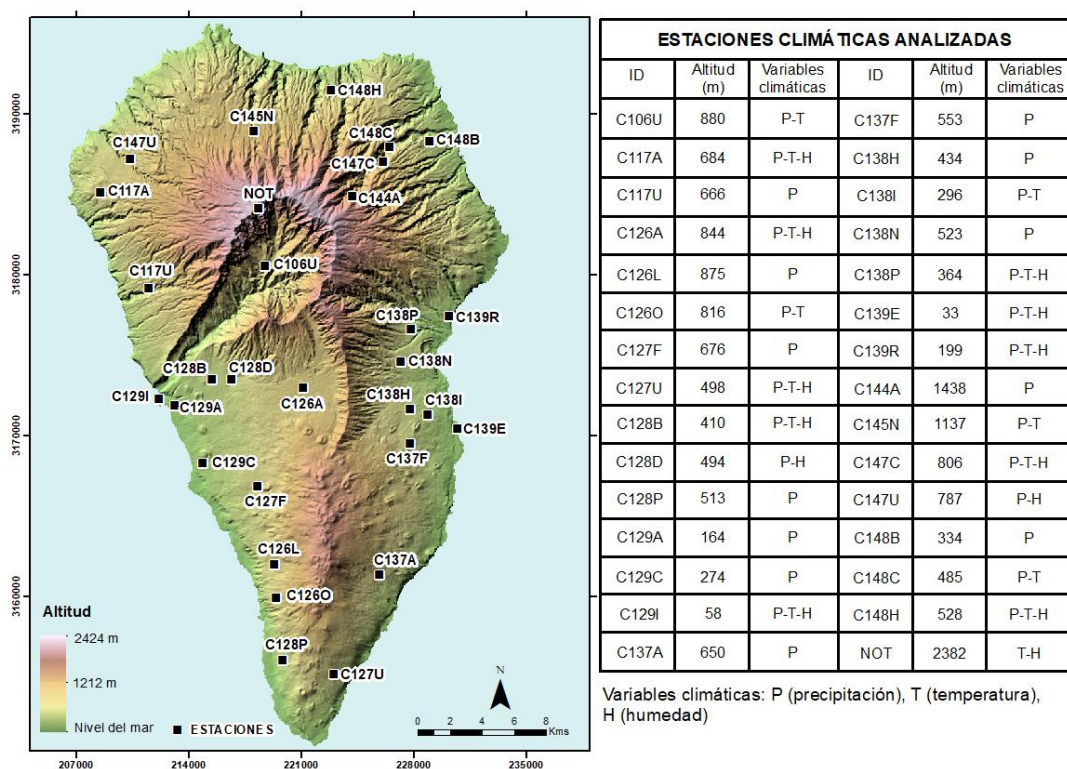


Fig. 2: Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas analizadas.  
Fuente: AEMET, IGN y NOT.

Los modelos climáticos de precipitación, temperatura y humedad se han elaborado mediante el método de regresión múltiple (1), ya que permite incluir un número

indeterminado de variables predictoras y la posterior interpolación de los datos climáticos a todo el territorio insular (Ponte y Bosque, 1997).

$$y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + eX_4 \quad (1)$$

De acuerdo con trabajos precedentes (Marzol, 1988; Fernández, 1995; Seoáñez, 2001; Royé y Serrano, 2019), las variables predictoras más influyentes en las variables climáticas analizadas son la altitud, la latitud, la longitud y la distancia al mar. Para ello, con el software ArcGIS se han elaborado un modelo digital de elevaciones (MDE), dos modelos digitales de coordenadas (latitud-longitud) y un modelo digital de distancia al mar, gracias a los datos LiDAR<sub>2016</sub> extraídos del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Para conocer el grado de error de los modelos climáticos obtenidos se realizó una validación de estos con los valores residuales para reducir lo máximo posible dicho error (Calzadilla *et al.*, 2017). Los valores residuales han sido modelizados digitalmente con la herramienta *Spline* (Felicísimo *et al.*, 2001). Una vez realizada la validación, se ha sumado el modelo de residuales correspondiente a cada uno de los modelos climáticos, obteniendo así un modelo climático de cada variable con menor grado de error.

Para comprender mejor la relación existente entre las condiciones climáticas y la distribución de la vegetación, por un lado, y los usos del suelo ligados a la actividad agrícola, por otro, se han utilizado los índices bioclimáticos de Lang y de Gasparín para el conjunto del territorio (Cuadrat y Pita, 1997; Seoáñez, 2001).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Precipitación**

La precipitación es la variable con mayor disponibilidad de datos para la serie temporal analizada (30 estaciones meteorológicas). Los valores residuales presentan una mayor influencia en la mitad este de la isla, tanto en valores positivos como negativos (Fig. 3). Estos valores han determinado los resultados del modelo digital de precipitación media anual de la isla (Fig. 3), observándose un incremento de la precipitación media en las medianías del sector nororiental y suroriental, y un descenso en el litoral oriental y en la zona central de la vertiente occidental. Con esto, los valores medios más elevados se localizan en las zonas montañosas de la vertiente norte y este, con valores superiores a 1.300 mm anuales. Mientras, la vertiente oeste presenta los valores más bajos de la isla (inferiores a 200 mm anuales). Las variables predictoras empleadas muestran, en su conjunto, una correlación alta (0.919), siendo la distancia al mar y la altitud las que explican cerca del 40% y 37% de los valores del modelo climático, respectivamente.

#### **3.2. Temperatura**

La temperatura es la variable que presenta una mayor distribución altitudinal, con datos en el litoral, medianías y cumbres de la isla. Los valores residuales muestran una notable influencia en el extremo nororiental, con valores negativos. En el resto de la isla son positivos, sobre todo en las cumbres del noreste y, en menor medida,

en las costas este y oeste (Fig. 4). Estos valores han definido los resultados del modelo digital de temperatura media anual de la isla (Fig. 4), donde se aprecia como la temperatura va descendiendo conforme aumenta la altitud, a excepción del sector nororiental, que presenta una temperatura media anual en torno a 12°-14°C, más baja en comparación con el resto de sectores a similar altitud. La costa oeste presenta los valores medios más elevados de la isla (> 20°C) y, las cumbres del norte y sur, los valores medios más bajos (< 10°C). Las variables predictoras utilizadas poseen, en su conjunto, una correlación alta (0.959), siendo la altitud y la distancia al mar las que explican cerca del 90% y 60% de los valores del modelo climático, respectivamente.

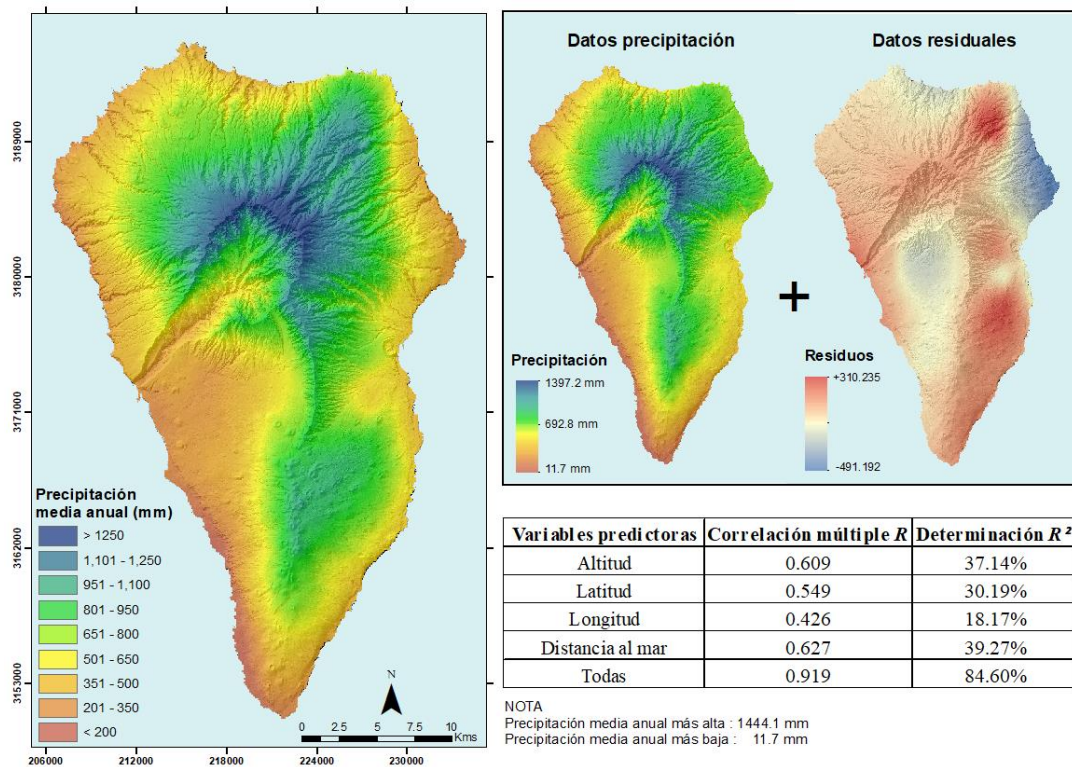


Fig. 3: Izquierda: modelo de precipitación media anual de la isla de La Palma para el periodo 1988-2017. Derecha: modelos de precipitación media y de residuales empleados y valores de correlación y determinación de las variables predictoras.

### 3.3. Humedad

La humedad es la variable con un menor número de registros en las estaciones meteorológicas, aunque presenta datos en las tres vertientes de la isla. Los valores residuales reflejan, por un lado, importantes descensos de los valores en la mayor parte de la vertiente oeste y, en menor medida, en la este; y por otro lado, refleja importantes aumentos en el litoral noroeste y, en menor grado, en el extremo noreste y centro-sur de la isla (Fig. 5). Estos valores han definido los resultados del modelo digital de humedad media anual de la isla (Fig. 5), donde se visualiza el descenso de la humedad conforme aumenta la altitud. Los litorales noreste y noroeste son los que registran los valores más elevados de la isla (> 80%), mientras que las cumbres del

norte y sur son las zonas con los valores más bajos (< 40%). Tanto el interior de la caldera de Taburiente como la zona alta del valle de Aridane presentan valores en torno a 60%-80%. Las variables predictoras empleadas tienen, en su conjunto, una correlación moderada (0.880), siendo la altitud la que explica un mayor porcentaje de los valores del modelo climático (62%).

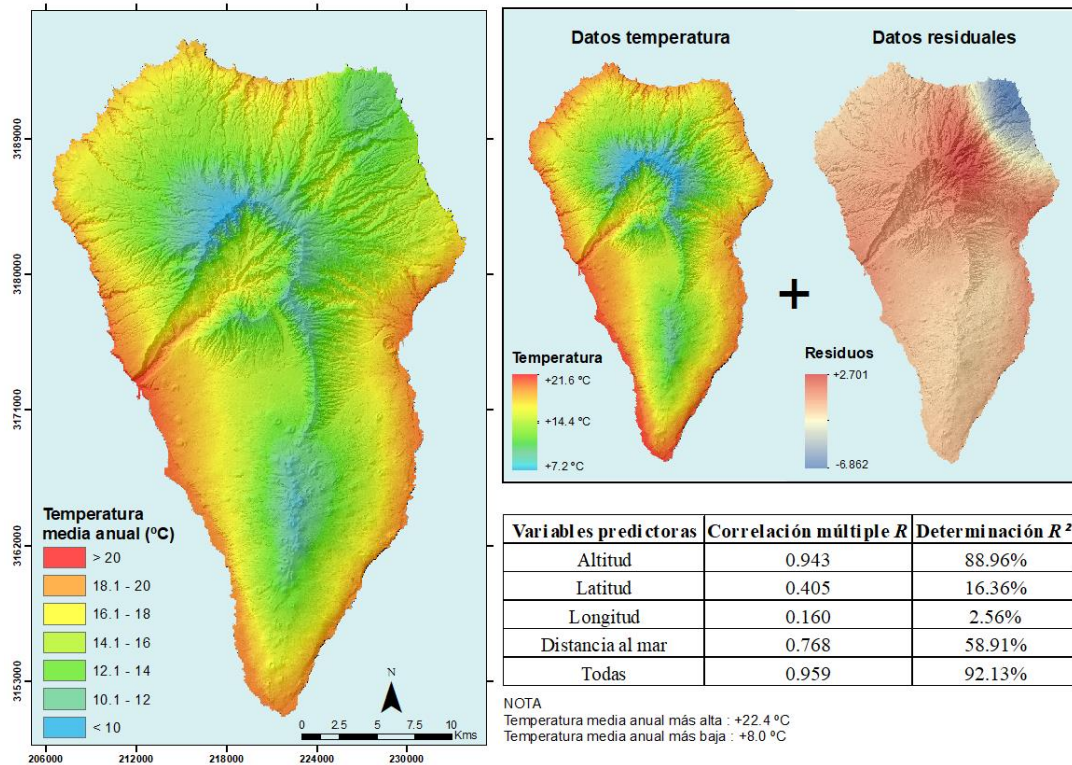


Fig. 4: Izquierda: modelo de temperatura media anual de la isla de La Palma para el periodo 1988-2017. Derecha: modelos de temperatura media y de residuales empleados y valores de correlación y determinación de las variables predictoras.

### 3.4. Usos del suelo: vegetación y cultivos

Debido a las características del relieve, la vegetación del piso basal y del bosque termófilo cubren una mayor extensión en la vertiente oeste, caracterizada por presentar suelos muy secos y condiciones desérticas (Fig. 6). Las comunidades vegetales del piso montano húmedo tienen como principal característica el alto grado de humedad y pluviometría, viéndose reflejado en su localización con respecto a los índices de Gasparín (suelo muy húmedo) y de Lang (zona húmeda de bosques) (Fig. 6). Debido a su extensa distribución en la isla, el piso montano seco presenta una diferenciación entre el norte-este (convivencia de distintas comunidades vegetales sin clara dominancia y adaptadas a elevada humedad) y el sur-oeste (dominancia del pinar adaptado a la aridez). La vegetación del piso supracanario, en las zonas más elevadas de la isla, presenta una dominancia de especies arbustivas leñosas en zonas muy húmedas de prados (Fig. 6).

La ubicación de los cultivos, limitados a las costas y medianías (< 1.000 m), está condicionada principalmente por las temperaturas. De esta forma, el cultivo del

plátano se concentra en las zonas más bajas de la isla, con características desérticas. En cambio, los viñedos y almendros se emplazan, predominantemente, en las medianías de las vertientes norte (zona húmeda) y oeste (zona seca), y los hortofrutícolas en la vertiente este (zona húmeda) (Fig. 7).

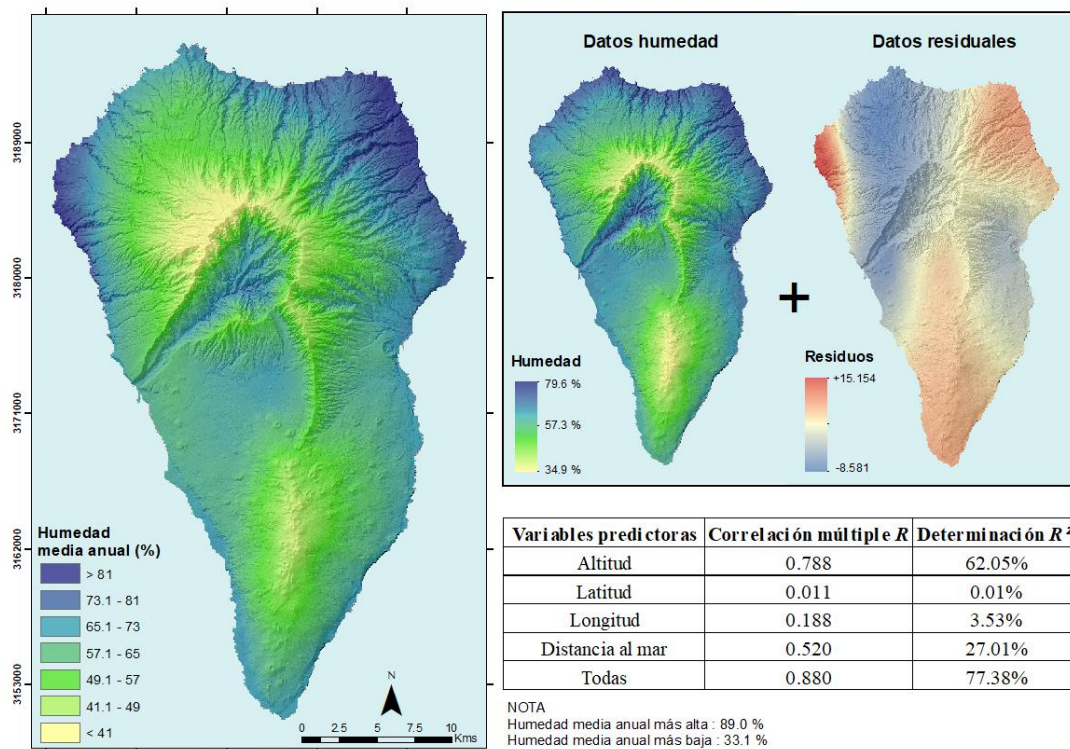


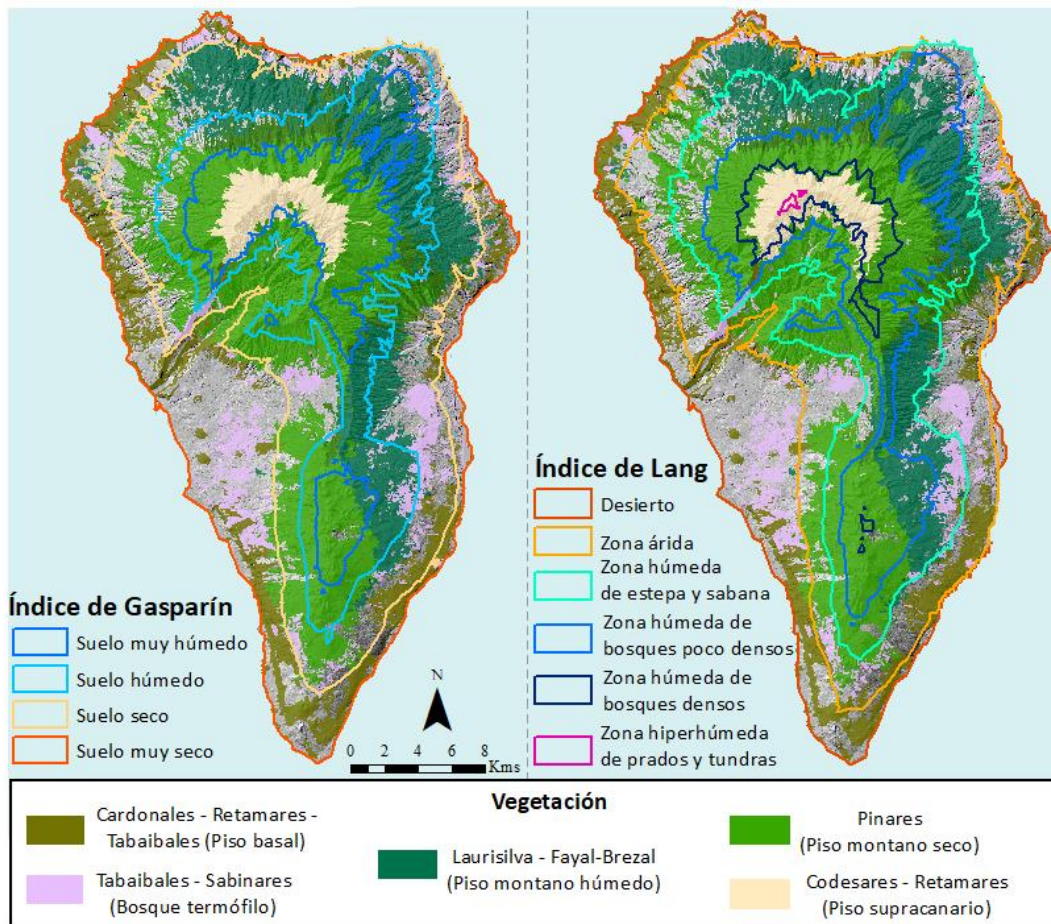
Fig. 5: Izquierda: modelo de humedad media anual de la isla de La Palma para el periodo 1988-2017. Derecha: modelos de humedad media y de residuales empleados y valores de correlación y determinación de las variables predictoras.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las variables predictoras empleadas para el cálculo de los modelos climáticos han mostrado, en su conjunto, una alta correlación con los valores resultantes, siendo las más determinantes las de altitud y distancia al mar (Marzol, 1988; Seoáñez, 2001; Royé y Serrano, 2019). El modelo climático de precipitación media anual no refleja la existencia de un descenso rápido desde 1.500 m hasta las zonas más elevadas (discontinuidad en la relación altitud-precipitación) (Marzol, 1987), sino que estos valores continúan aumentando hasta los valores máximos en las zonas más elevadas del norte de la isla. Esto se debe a la inexistencia de datos pluviométricos, para la serie temporal analizada, en cotas superiores a 1.500 m, por lo que sería idóneo la instalación de estaciones meteorológicas en las zonas de cumbre tanto del norte (Roque de Los Muchachos), centro (pico Bejenado) y sur de la isla (Cumbre Vieja). El modelo climático de temperatura media anual confirma la notable influencia de los vientos alisios en las temperaturas, resultando en un mayor gradiente térmico en la vertiente oeste (bajo la influencia de la capa seca, sin nubosidad) que en la este



(bajo la influencia de la capa húmeda, con abundante nubosidad) (Font Tullot, 2000; Marzol, 2001). Los alisios también tienen una estrecha relación con los valores de humedad media anual en la isla, evidenciándose que los valores más altos se localizan en la vertiente este. A su vez, a cotas superiores a 1.500 m, los valores descienden drásticamente debido al predominio de la capa superior de los alisios, caracterizada por su extrema aridez (Marzol, 2001).



*Fig. 6: Representación de los índices bioclimáticos de Gasparín y de Lang sobre la vegetación de la isla de La Palma. Fuente: GRAFCAN.*

El análisis de la distribución de la vegetación con el uso de índices bioclimáticos está justificado principalmente por el empleo de datos termopluiométricos, que actúan como principal factor limitante en algunas comunidades vegetales, como en el caso del monte verde canario, localizada en el piso montano húmedo (Santos, 1983). En cuanto al análisis de la ubicación de los cultivos, los índices bioclimáticos presentan una mayor limitación, ya que no entran en cuestión las condiciones orográficas, entre otras. Sin embargo, las condiciones térmicas influyen notablemente, ya que los cultivos tropicales se localizan en las zonas más cálidas y los hortofrutícolas en zonas con temperaturas templadas.

En conclusión, los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto la elevada variabilidad climática espacial en la isla de La Palma, influyendo

notablemente en la distribución de las comunidades vegetales y en la ubicación de determinados cultivos. La ampliación y modernización de las estaciones meteorológicas permitiría obtener unas modelizaciones climáticas más precisas, posibilitando así la identificación de un mayor número de discontinuidades climáticas espaciales, y un mejor conocimiento de su influencia en la vegetación y en los cultivos.

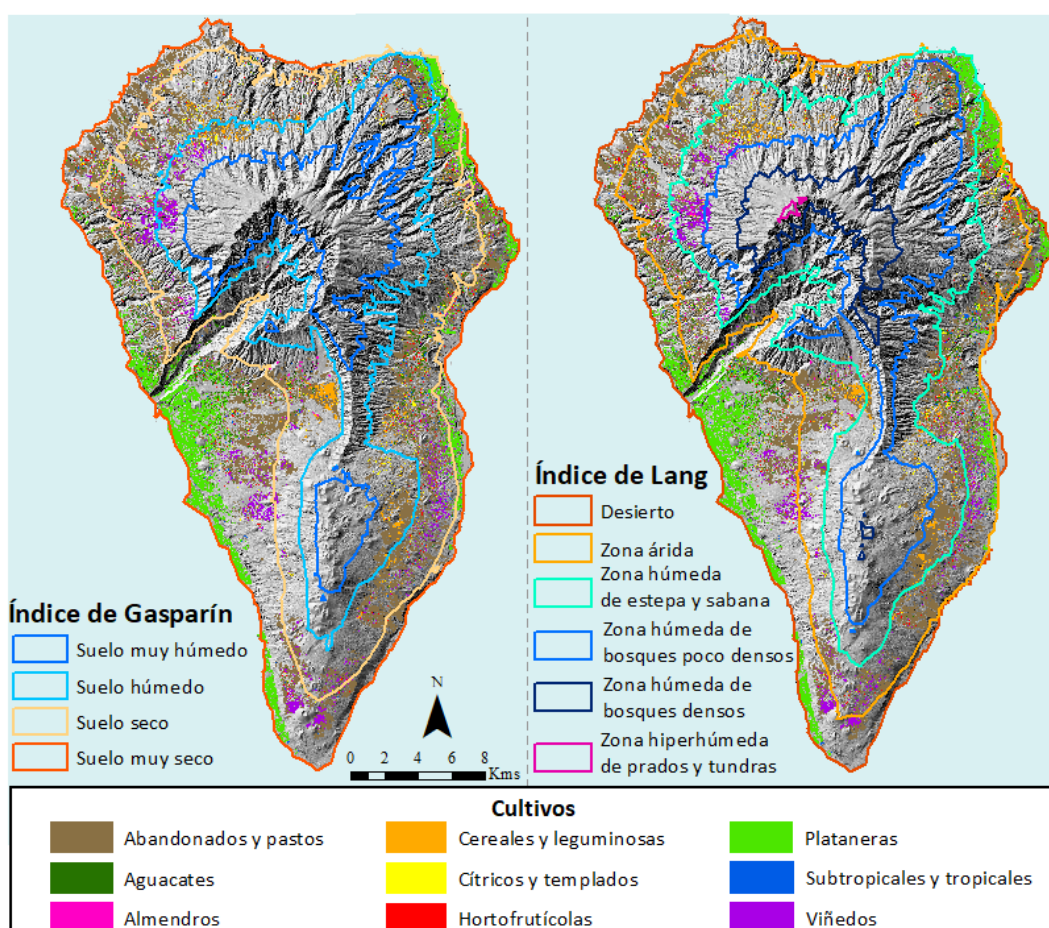


Fig. 7: Representación de los índices bioclimáticos de Gasparín y de Lang sobre los cultivos de la isla de La Palma. Fuente: GRAFCAN.

## REFERENCIAS

- Bullón Miró, F. (2003). Meteorología del Aeropuerto de La Palma. Recuperado de [https://www.aemet.es/documentos/es/conocer/mas/aeronautica/meteo\\_lapalma.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocer/mas/aeronautica/meteo_lapalma.pdf)
- Calzadilla, O., Vidal, J. y Borroto, H. (2017). Detección de los errores sistemáticos en los ajustes mediante el análisis de los residuos. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 11 (4), 4306 (1-6). Recuperado de [http://www.lajpe.org/dec17/06\\_Calzadilla\\_4306.pdf](http://www.lajpe.org/dec17/06_Calzadilla_4306.pdf)
- Cuadrat, J.M. y Pita, M.F. (1997). *Climatología*. Madrid: Cátedra.
- Dorta Antequera, P. (1999). *Las invasiones de aire sahariano en Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Gobierno de Canarias.

- Felicísimo, A.M., Morán, R., Sánchez Guzmán, J.M. y Pérez Mayo, D. (2001). Elaboración del Atlas climático de Extremadura mediante un sistema de información geográfica. *GeoFocus*, 1, 17-23. Recuperado de <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/312>
- Fernández, F. (1995). Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Síntesis.
- Font Tullot, I. (2000). Climatología de España y Portugal. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Martín Esquivel, J.L. (2010). Atlas de la biodiversidad de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: Gobierno de Canarias.
- Marzol Jaén, M.V. (1987). Las precipitaciones en las Islas Canarias. San Cristóbal de La Laguna: Universidad de La Laguna.
- Marzol Jaén, M.V. (1988). La lluvia, un recurso natural para Canarias. Santa Cruz de Tenerife: Caja General de Ahorros de Canarias.
- Marzol Jaén, M.V. (2001). El clima. En J.M. Fernández-Palacios y J.L. Martín Esquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación* (87-94). Santa Cruz de Tenerife: Publicaciones Turquesa.
- Ponte, R.R. y Bosque, J. (1997). Comparación de métodos de cálculo para la obtención de la variable precipitación en un sig. *Estudios Geográficos*, 58 (227), 227-256. <https://doi.org/10.3989/egeogr.1997.i227.627>
- Royé, D. y Serrano, R. (2019). *Introducción a los SIG con R*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Santos, A. (1983). *Vegetación y flora de La Palma*. Santa Cruz de Tenerife: Interinsular Canaria.
- Seoánez, M. (2001). *Tratado de climatología aplicada a la ingeniería medioambiental: análisis climático, uso del análisis climático en los estudios medioambientales*. Madrid: Mundi-Prensa.