

Entre nubes y líneas: Explorando los mapas del clima

Between Clouds and Lines: Exploring Climate Maps

Adriano Merino Pinedo¹ ; Humberto Palma Hernández¹ ; Brayan Varas Chavez¹ 
; Evelin Lopez Tananta¹ ; Jessica Paucar Verástegui¹ ; Milagros Albuja Roque¹ 

adriano.merinop@unmsm.edu.pe; hernan.palmah@unmsm.edu.pe; brayan.varas@unmsm.edu.pe; evelin.lopezt@unmsm.edu.pe; jessica.paucarv@unmsm.edu.pe; milagros.albujarr@unmsm.edu.pe

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú)

Correspondencia:

Adriano Merino Pinedo
adriano.merinop@unmsm.edu.pe

Cómo citar:

Merino Pinedo, A., Palma Hernández, H., Varas Chavez, B., Lopez Tananta, E., Paucar Verástegui, J., & Albuja Roque, M. (2025). Entre nubes y líneas: Explorando los mapas del clima. *GeoCiencias y Humanidades*, 3, e25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17993297>

Recibido: 15 jun 2025

Aprobado: 01 oct 2025

Publicado: 07 oct 2025

Copyright © 2025 Publicado por GeoCiencias y Humanidades. Este es un artículo de acceso abierto bajo licencia CC BY 4.0.



Resumen

La presente investigación tiene como objetivo explorar la diversidad climática del Perú, a través de la elaboración e interpretación de mapas climáticos realizados por estudiantes universitarios, integrando conocimientos geográficos, habilidades cartográficas y enfoques cualitativos. La metodología consistió en una actividad académica con alumnos de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, quienes representaron el clima de varios departamentos del Perú a libre elección, utilizando herramientas digitales como ArcGIS o dibujo a mano alzada. Se analizaron los mapas desde criterios cualitativos que incluyeron precisión, coherencia, creatividad y riqueza interpretativa. Los resultados revelaron tres casos representativos: Huancavelica mostró una configuración climática relativamente homogénea con predominancia de climas semiáridos y templados fríos organizados altitudinalmente; Áncash destacó por su extrema fragmentación climática, con dieciséis tipos diferenciados en función de altitud y posición geográfica; y La Libertad presentó una marcada transición climática de oeste a este con trece climas, evidenciando fuertes contrastes entre zonas áridas costeras y húmedas andinas. Se concluye que la cartografía climática constituye una herramienta eficaz para visualizar la complejidad espacial del clima andino, facilitando la comprensión de patrones regionales y microclimáticos. Este enfoque favorece no solo el aprendizaje significativo, sino también la planificación territorial y la adaptación ante el cambio climático en contextos diversos del territorio nacional.

Palabras clave: Cartografía climática, diversidad geográfica, análisis cualitativo, zonificación altitudinal, cambio climático.

Abstract

This research aimed to explore the climatic diversity of Peru through the interpretation of climate maps developed by university students, integrating geographic knowledge, cartographic skills, and qualitative approaches. The methodology involved an academic activity with students from the Faculty of Letters and Humanities at the Universidad Nacional de San Marcos who represented different department's climates of their choice using either digital tools such as ArcGIS or hand-drawn maps. The maps were analyzed using qualitative criteria, including accuracy, coherence, creativity, and interpretative richness. The results revealed three representative cases: Huancavelica showed a relatively homogeneous climatic configuration with a predominance of semi-arid and cold temperate climates organized by altitude; Áncash showed out its extreme climatic fragmentation, with sixteen differentiated types based on altitude and geographic position; and La Libertad presented a marked west-to-east climatic transition with thirteen types, showing strong contrasts between arid coastal zones and humid Andean areas. It was concluded that climate cartography is an effective tool for visualizing the spatial complexity of Andean climates, facilitating the understanding of both regional and microclimatic patterns. This approach supports not only meaningful learning but also territorial planning and adaptation to climate change in the diverse contexts of the national territory.

Keywords: Climate cartography, geographic diversity, qualitative analysis, altitudinal zoning.

1. Introducción

La cartografía climática constituye una herramienta esencial para la representación espacial de datos climatológicos, permitiendo visualizar y analizar múltiples variables como temperatura, precipitación y humedad a través de mapas e isolíneas. Esta disciplina facilita la comprensión de los patrones meteorológicos y su distribución territorial, siendo de especial relevancia en el contexto peruano, donde la diversidad topográfica genera una notable variabilidad climática. Las diferencias altitudinales, junto con la influencia oceánica y atmosférica, provocan gradientes extremos en distancias relativamente cortas. En este sentido, la cartografía climática resulta clave para la planificación territorial, la gestión sostenible de los recursos naturales y el diseño de estrategias de adaptación frente al cambio climático (Matuschek y Matzarakis, 2011).

Diversos estudios han abordado la complejidad climática del Perú desde una perspectiva analítica y cartográfica. Investigaciones recientes han demostrado la importancia de incorporar indicadores específicos para medir la aridez en territorios con condiciones contrastantes, como los desiertos costeros y las zonas altoandinas. Estas investigaciones destacan la necesidad de metodologías precisas para representar las condiciones climáticas en mapas actualizados, dada la complejidad del relieve y los microclimas presentes (Huerta et al., 2022). De igual manera, la complicada topografía de los Andes peruanos constituye un reto para el mapeo de fenómenos como las precipitaciones extremas, pues la variabilidad altitudinal y los procesos atmosféricos locales incrementan la incertidumbre en la representación de dichos eventos (Domínguez et al., 2018).

En este contexto, el presente estudio se centró en el análisis cartográfico de los mapas climáticos de tres departamentos del Perú: Huancavelica, Áncash y La Libertad. Estas regiones fueron seleccionadas por su relevancia geográfica y su diversidad de condiciones ambientales, que reflejan distintos pisos ecológicos y gradientes climáticos del país andino. La literatura especializada subraya que las regiones con características territoriales particulares, como las cordilleras y las franjas costeras, presentan climas diferenciados determinados por la altitud, la proximidad al océano y la configuración del relieve. Comprender la interacción de estos factores resulta esencial para el análisis climático regional, ya que permite explicar la distribución espacial de los fenómenos atmosféricos (Cantoni et al., 2020).

Asimismo, la marcada diversidad climática entre estos departamentos, que abarca desde ambientes semiáridos de montaña hasta climas glaciares y húmedos de vertiente oriental, ofrece un escenario idóneo para explorar las potencialidades y limitaciones de la representación cartográfica del clima. Sin embargo, los modelos climáticos actuales enfrentan restricciones notables en terrenos complejos como las zonas montañosas, donde la orografía produce gradientes ambientales abruptos que no siempre son captados por las cuadrículas de resolución estándar. Estas limitaciones generan desplazamientos sistemáticos en la representación de las variables meteorológicas, lo que exige una evaluación rigurosa de la representatividad espacial y el uso de técnicas cartográficas especializadas capaces de sintetizar la información multivariable en productos visuales precisos y comprensibles (Maraun y Widmann, 2015).

Se valora la importancia de los métodos de interpolación espacial para evaluar factores climáticos que influyen en el crecimiento de las especies y el uso del suelo. Compara los métodos Spline, Inverse Distance Squared (IDS) y Ordinary Kriging (OK) a partir de datos de 2114 estaciones meteorológicas, evidenciando alta precisión en los resultados interpolados, con OK sobresaliendo en la estimación de temperatura media anual, precipitaciones y temperatura acumulada. Además, resalta la eficacia de las técnicas de visualización y la adecuación de las metodologías de interpolación para generar superficies continuas a partir de datos puntuales, permitiendo una evaluación cartográfica integral de la información climática (Guo et al., 2015).

El departamento de Huancavelica, ubicada en la sierra central del país y caracterizada por su posición continental en el sistema andino, presenta un clima de montaña con variaciones significativas relacionadas con la altitud y la orientación de las vertientes. Su representación cartográfica debe contemplar gradientes altitudinales pronunciados que van desde los 1,500 metros en los fondos de valle hasta altitudes superiores a los 5,000 metros en las cumbres, así como la influencia de factores orográficos complejos en la distribución espacial de precipitaciones y temperaturas. La predominancia de tonalidades naranjas en su representación cartográfica refleja la relativa homogeneidad climática semiárida que caracteriza gran parte del territorio departamental, producto de su posición continental y la influencia limitada de masas de aire húmedo oceánico.

Por su parte, el departamento de Áncash presenta una configuración geográfica única que abarca desde la costa pacífica hasta las altas cumbres de la Cordillera Blanca, creando un laboratorio natural de extrema diversidad climática que se manifiesta en 16 tipos climáticos diferenciados según la clasificación de Köppen-Geiger. Esta transición desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 6,000 metros genera gradientes climáticos extremos que presentan desafíos cartográficos únicos para la visualización de transiciones desde climas áridos costeros hasta climas glaciares de alta montaña, pasando por climas templados de valles interandinos y climas húmedos de vertientes orientales. La representación cartográfica de Áncash constituye un caso paradigmático para evaluar metodologías de clasificación climática en contextos de alta heterogeneidad espacial.

El departamento de La Libertad completa este análisis comparativo al presentar características climáticas distintivas influenciadas tanto por la Corriente de Humboldt como por los vientos alisios del sureste y la topografía andina occidental, generando una marcada zonificación este-oeste que se refleja en 13 tipos climáticos diferenciados. Su configuración territorial elongada genera patrones climáticos espacialmente estructurados que requieren técnicas cartográficas específicas, particularmente para la visualización de la variabilidad estacional asociada a la migración latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical y la influencia de fenómenos como El Niño-Oscilación del Sur. Este departamento constituye un caso fundamental para evaluar la capacidad de los sistemas de clasificación climática para capturar la complejidad de las transiciones costa-sierra en contextos tropicales áridos.

Desde la perspectiva de investigación cartográfica climatológica, los mapas analizados constituyen un conjunto representativo de la extraordinaria diversidad climática peruana, donde cada territorio evidencia patrones espaciales distintivos que reflejan la influencia diferencial de factores geográficos determinantes como la altitud, la continentalidad y la proximidad oceánica. El documento destaca las limitaciones de los enfoques tradicionales de cartografía climática, que suelen centrarse en una sola variable, dificultando la identificación de patrones complejos. Como alternativa, propone un enfoque de geovisualización multivariante que permita comprender el cambio climático desde múltiples dimensiones. Para ello, utiliza una metodología cartográfica basada en la clasificación de Köppen-Geiger y gradaciones cromáticas sistemáticas, lo que facilita la identificación de tipos climáticos y zonas de transición en distintas regiones (Jin & Guo, 2009).

El estudio comparativo revela que mientras Huancavelica representa un modelo de relativa estabilidad climática continental de montaña, Áncash constituye un laboratorio de extrema diversidad climática vertical, y La Libertad ejemplifica los efectos de la transición costa-sierra en la configuración climática regional. Estas diferencias tienen implicaciones críticas para la planificación territorial, la gestión de recursos naturales y la adaptación al cambio climático, constituyendo estos mapas un patrimonio científico fundamental para la investigación climatológica peruana y la gestión sostenible del territorio nacional.

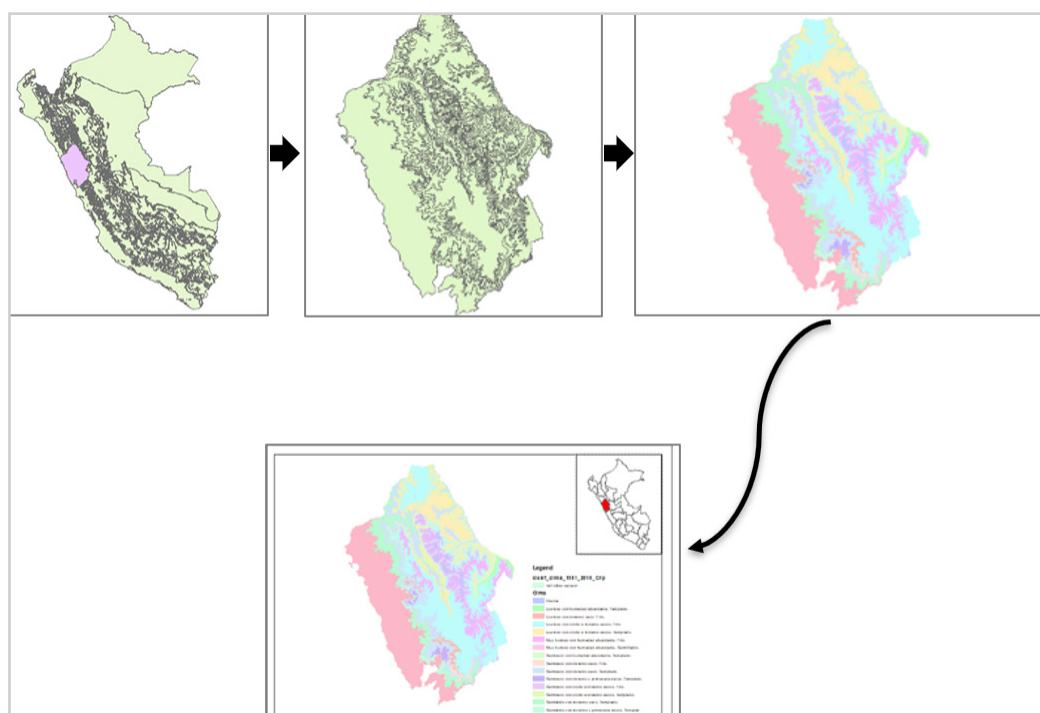
2. Metodología

Para esta investigación, se desarrolló una actividad académica en el curso de Geografía dirigida a los estudiantes de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú). La propuesta consistió en asignar a los participantes la elaboración de un mapa climático correspondiente a un departamento del país, con el propósito de analizar comparativamente los casos de Huancavelica, Áncash y La Libertad. Cada estudiante seleccionó libremente el territorio a representar según su interés personal o grado de familiaridad con el entorno. Esta dinámica formó parte de una estrategia pedagógica orientada a integrar los saberes teóricos sobre geografía física con la práctica de representación cartográfica, favoreciendo una comprensión aplicada de la diversidad climática peruana.

La metodología se ejecutó a través de dos modalidades principales para la construcción de los mapas: el uso del software especializado ArcGIS y el dibujo a mano alzada. En el primer caso, los participantes siguieron una secuencia técnica que comenzó con la descarga del archivo de climas del Perú y su incorporación al entorno de trabajo del programa. Posteriormente, se añadió el mapa de los departamentos, se seleccionó el área de estudio correspondiente y se utilizó la herramienta “clip” para recortar el territorio específico. Luego, se ajustaron las propiedades mediante el apartado “Symbology”, asignando colores diferenciados a los tipos de clima, y se completó el diseño con elementos de composición como la leyenda, el marco, la escala y la orientación norte.

Figura 1

Proceso metodológico de la elaboración cartográfica



En cuanto a los mapas realizados a mano alzada, los estudiantes representaron de forma gráfica los distintos tipos de clima del departamento seleccionado, prestando especial atención al uso de símbolos, la proporción espacial y la legibilidad visual. En ambos métodos, se promovió la inclusión de referencias geográficas relevantes, ríos, cordilleras y ciudades principales, para brindar un contexto espacial claro y coherente. Este procedimiento permitió observar tanto las destrezas técnicas como la creatividad expresiva de los participantes, quienes transformaron la información climática en un producto visual comprensible y atractivo.

Las zonas periféricas, representadas con colores más claros, indican condiciones térmicas menos extremas y mayores niveles de humedad que las áreas centrales, más intensas en coloración. El gradiente altitudinal en los Andes centrales influye significativamente en la dinámica térmica y de precipitación local (Trachte et al., 2017). A medida que se asciende en altitud, las temperaturas disminuyen, y los patrones de precipitación varían, reflejando interacciones complejas entre la topografía y las condiciones atmosféricas. Además, ese entorno montañoso propicia la formación de microclimas en valles interandinos y quebradas, tal como se evidencia en variaciones sutiles dentro de la gradación cromática del mapa, destacando la relevancia de factores topográficos a escala local (Delle Monache et al., 2023).

La configuración climática descrita, climas semiáridos con deficiencia hídrica y temperaturas templadas a frías, se alinea con la influencia de la continentalidad andina, que provoca aridez relativa además de lluvias estacionales en verano. Estas fluctuaciones estacionales, unidas a un rango altitudinal extenso (2,000 – 5,000 m s.n.m.), generan gradientes térmicos que sostienen múltiples subtipos climáticos dentro del patrón semiárido. La herramienta de cartografía climática (CMT) demuestra su utilidad, permitiendo la integración de datos e isolíneas para visualizar estos patrones complejos, especialmente en un país como Perú, sostenido por Matuschek y Matzarakis (2011), donde la abrupta orografía imprime una gran diversidad climática en distancias cortas. Este nivel de detalle resulta fundamental para procesos de planificación territorial, gestión de recursos y adaptación frente al cambio climático, tal como destacan estudios previos de Cantoni, Mohr y Weiz (2020), que insisten en la necesidad de analizar cada contexto geográfico específico en departamentos seleccionados como Huancavelica, Áncash y La Libertad.

3.2 Mapa climático del departamento de Ancash

En la figura 3, se revela una extraordinaria complejidad espacial que constituye uno de los casos más representativos de diversidad climática vertical en el territorio peruano, evidenciando una distribución altamente fragmentada que presenta 16 tipos de climas diferenciados según la altitud y la posición respecto a la costa y la Amazonía, donde la gradación cromática transiciona desde tonalidades rosadas que representan climas áridos costeros en la franja occidental hasta tonos púrpuras intensos que indican climas glaciares en las zonas de mayor elevación de la Cordillera Blanca, pasando por una intrincada configuración de climas intermedios que incluye semiáridos templados (tonos amarillos), climas fríos de montaña (verdes) y templados húmedos (tonos intermedios) distribuidos en un patrón de mosaico que refleja la influencia determinante de los gradientes altitudinales extremos que van desde el nivel del mar hasta elevaciones superiores a los 6,000 metros.

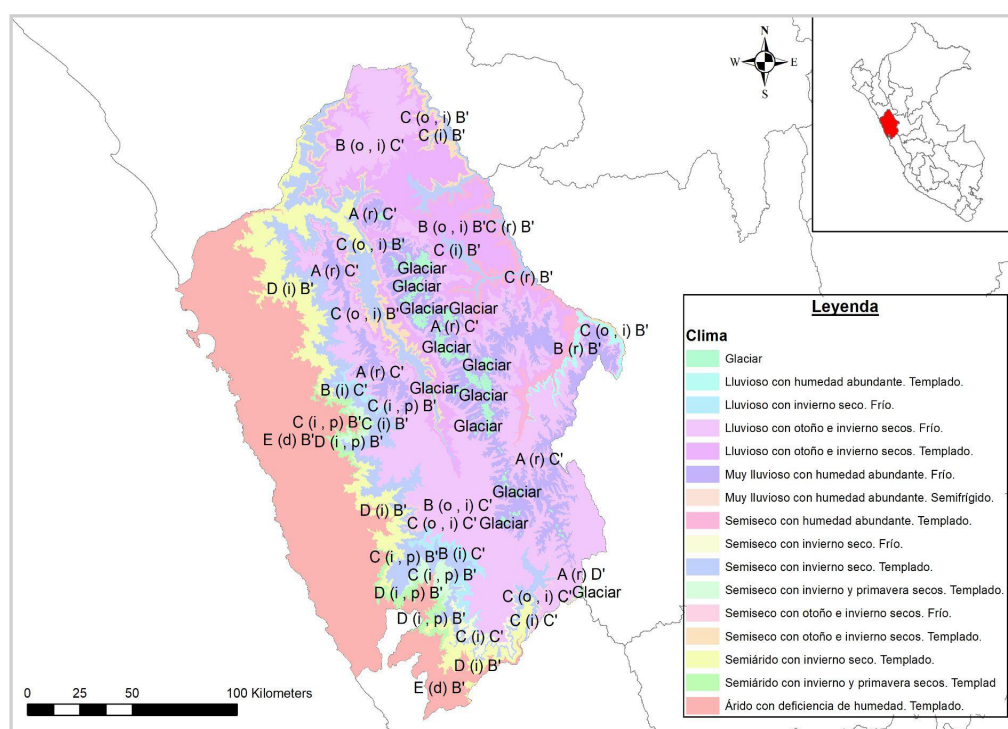
En la parte más cercana al mar, el clima árido con deficiencia de humedad, siendo templado, es el de mayor preponderancia debido a que las nubes con mucha humedad no llegan a esta zona por la presencia de la Cordillera Negra, mientras que a medida que aumenta la altitud, las áreas semicálidas donde el invierno es seco con lluvias en verano ocurren en las faldas occidentales de la sierra donde la temperatura empieza a descender y hay una menor cantidad de agua, seguido por los climas semiáridos que predominan a mayor altitud entre 2500 y 4000 m.s.n.m. Se caracteriza por escasas precipitaciones en invierno y otoño con bajas temperaturas, contrastando con las zonas muy lluviosas con humedad abundante entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. que se caracterizan por una mayor vegetación debido al aire húmedo condensado proveniente de la Amazonía. La zonificación climática evidencia la presencia de múltiples pisos ecológicos donde los climas glaciares ocupan las áreas culminantes correspondientes a

los nevados perpetuos de la Cordillera Blanca y Huayhuash, mientras que los climas áridos y semiáridos predominan en las zonas costeras y valles interandinos secos, estableciendo una estratificación vertical que se ve altamente fragmentada por la compleja topografía de quebradas profundas, valles encajonados y vertientes abruptas que generan efectos microclimáticos locales de orografía, barlovento y sotavento.

Esta distribución climática resulta de la interacción sinérgica de factores geográficos como la proximidad al océano Pacífico que determina las condiciones de aridez en la zona costera, la barrera orográfica de los Andes que genera marcados efectos de sombra pluviométrica y variaciones térmicas altitudinales pronunciadas, los patrones de circulación atmosférica regional incluyendo la influencia de masas de aire amazónicas en las vertientes orientales, y las extensas superficies glaciares influyen en las condiciones térmicas y de humedad locales al reflejar la luz solar, afectar los gradientes de temperatura y alterar los niveles de humedad atmosférica (Bush y Bishop, 2018).

Figura 3

Mapa climático del departamento de Ancash.



Fuente: Elaborado por Brayan Kenedy Varas Chavez

La presencia de dieciséis tipos climáticos distribuidos verticalmente, desde los desiertos costeros hasta los glaciares de alta montaña sostiene la complejidad y diversidad climática peruana. El mosaico climático, reflejado con colores que van desde rosados (áridos costeros) hasta púrpuras intensos (climas glaciares), ilustra cómo los gradientes altitudinales extremos (0 a >6 000 m s.n.m.) junto con la orientación geográfica y la proximidad tanto al océano Pacífico como a la Amazonía, contribuyen a la fragmentación climática. Este patrón se asemeja a lo observado en Arequipa, donde métodos avanzados de interpolación topográficamente sensibles, como kriging y splines, han sido indispensables para capturar la variación espacial en regiones montañosas y poco muestreadas. Así, la zonificación climática de Áncash confirma la necesidad de aplicar técnicas especiales refinadas para representar con precisión una realidad ambiental altamente heterogénea.

La comprensión y representación cartográfica del clima en áreas tan diversas como Áncash enfrentan retos metodológicos significativos. Los modelos climáticos globales o de resolución media suelen suavizar los abruptos cambios ambientales causados por la topografía, perdiendo así detalles clave salvo si incorporan covariables como la elevación o la proximidad costera (Delle Monache et al., 2024). En este contexto, estudios como el de Maraun y Widmann (2015) y Guo et al. (2015) resaltan la importancia de comparar diferentes métodos de interpolación, como las técnicas Spline, Inverse Distance Squared y Ordinary Kriging, sobre amplias bases de datos (más de 2000 estaciones) para evaluar su desempeño en temperatura y precipitación. Dado que en Áncash la topografía genera microclimas locales por efecto de quebradas, valles y sistemas de barlovento/sotavento, se requiere seleccionar cuidadosamente tanto las metodologías de interpolación como las representaciones cartográficas (Delle Monache et al., 2024). En ese sentido, las superficies climáticas resultantes son síntesis útiles y confiables que sirvan para la planificación territorial, la gestión de recursos y la investigación científica regional.

3.3 Mapa climático del departamento de La Libertad

En la figura 4, se revela una compleja organización espacial que evidencia la marcada heterogeneidad climática, trece tipos de climas, regional a través de una gradación cromática que va desde tonos rojizos en las zonas occidentales hasta verdes intensos en las áreas orientales, reflejando la transición desde climas áridos costeros hasta climas húmedos de montaña como resultado de la interacción de múltiples factores geográficos determinantes. La porción occidental del departamento, representada por tonalidades rojizas y naranjas, corresponde a los climas áridos desérticos y semiáridos que caracterizan la franja costera peruana y abarcan aproximadamente el 60% del territorio departamental, estableciendo una continuidad climática con el desierto costero del Pacífico donde la intensidad cromática indica variaciones en los niveles de aridez desde condiciones hiperáridas en las áreas más próximas al litoral hasta condiciones semiáridas en las zonas de transición altitudinal, siendo el más destacado el clima árido con deficiencia de humedad templado, el cual contiene características específicas a causa de la interacción de la altitud andina con la aridez de la región de la costa, mientras que las zonas centrales identificadas por tonalidades amarillas y verdes claras representan climas templados que actúan como franjas de transición entre los sistemas áridos costeros y los húmedos andinos en elevaciones entre 1,000 y 3,000 metros sobre el nivel del mar donde las condiciones térmicas se moderan por el efecto altitudinal y aumenta gradualmente la disponibilidad hídrica.

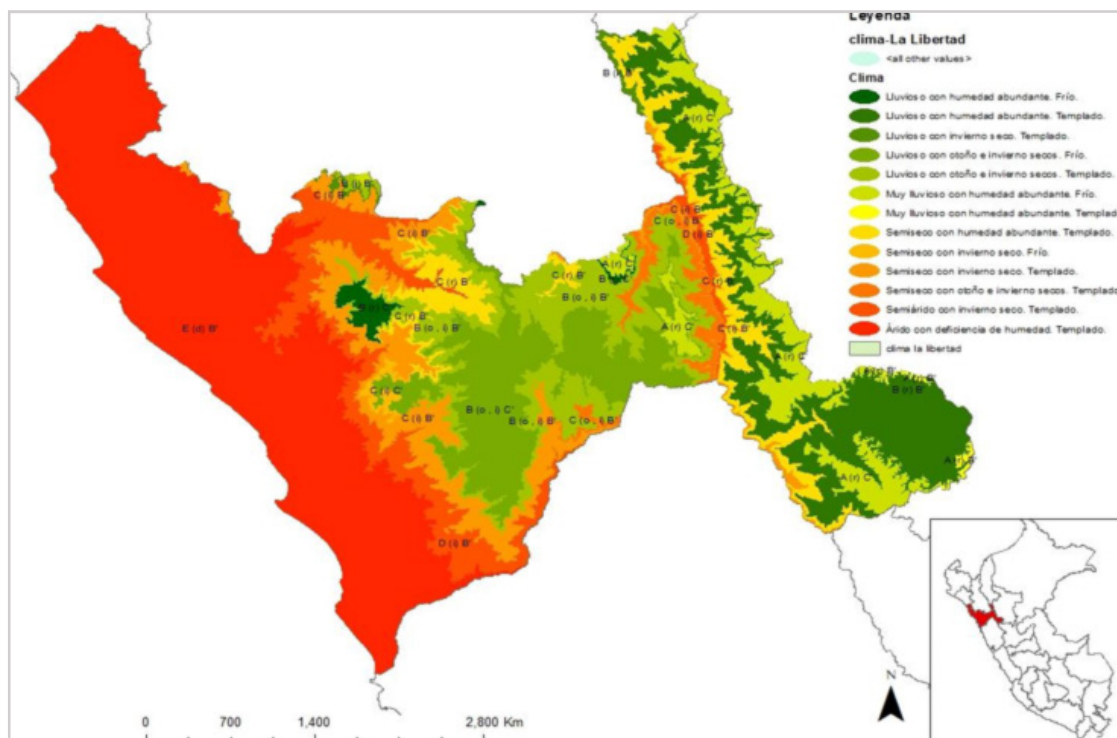
La región oriental, caracterizada por tonalidades verdes intensas y oscuras, corresponde a los climas húmedos de montaña que se desarrollan en las vertientes orientales de la Cordillera de los Andes presentando la mayor diversidad climática del departamento desde climas templados húmedos hasta climas fríos de alta montaña con precipitaciones abundantes que contrastan marcadamente con la aridez occidental, donde también se encuentran los tipos de climas lluviosos que comparten como cualidad precipitaciones frecuentes y temperaturas moderadas, configuración que resulta de la influencia altitudinal que genera un efecto de pisos climáticos claramente evidenciado en la cartografía donde la transición desde el nivel del mar hasta elevaciones superiores a los 4,000 metros produce variaciones térmicas significativas determinando no solo las variaciones de temperatura sino también los patrones de precipitación a través del efecto orográfico.

Esta distribución climática se ve influenciada por la fría corriente de Humboldt en la costa suroeste de Perú genera estabilidad atmosférica y contribuye a la aridez. Esta estabilidad, combinada con la baja divergencia y el hundimiento causados por la brisa marina, limita las precipitaciones y agrava la presión sobre los recursos hídricos de la región (Jury, 2024), mien-

tras que hacia el interior el incremento de la continentalidad y el efecto de barrera montañosa modifican progresivamente las características climáticas generando mayor variabilidad térmica y pluviométrica, complementado por los patrones de circulación atmosférica regional incluyendo los vientos alisios y las masas de aire amazónicas que influyen en la diferenciación climática de este a oeste al transportar la humedad del Amazonas hacia los Andes, lo que afecta los patrones de precipitación (Mendonça, 2017). donde la barrera orográfica andina genera efectos de sotavento y barlovento explicando la marcada asimetría pluviométrica departamental.

Figura 4

Mapa climático del departamento de La Libertad.



Fuente: Elaborado por Milene Cuya Irazábal.

La integración de la circulación amazónica y altiplánica, destacando la heterogeneidad climática en América del Sur, que incluye áreas costeras áridas y climas montañosos húmedos, lo que requiere un análisis espacial integrado que trascienda las divisiones climáticas nacionales (Vizy y Cook, 2007). Esta transición refleja la interacción entre altitud, la influencia de la corriente de Humboldt y la continentalidad andina, generando una clara estratificación de pisos climáticos. Esta estratificación es evidente en los Andes, moldeados por la corriente de Humboldt y la continentalidad (Körner y Spehn, 2019). La gran fragmentación espacial, amplificada por barreras orográficas y presencia de barrancos y vertientes abruptas, favorece la existencia de microclimas locales tanto de sotavento como de barlovento, lo que convierte este territorio en un excelente ejemplo de cómo la dinámica climática puede variar drásticamente en distancias cortas.

Frente a esta compleja realidad, es crucial aplicar métodos avanzados de interpolación espacial para traducir datos puntuales en superficies continuas precisas. Estudios como el de Guo et al. (2015), que comparó Spline, Inverse Distance Squared (IDS) y Ordinary Kriging (OK) con base en 2 114 estaciones meteorológicas, demuestran que OK ofrece la mayor preci-

sión en estimaciones de temperatura media anual, precipitaciones y acumulados, además de contar con visualizaciones eficientes mediante isolíneas. Complementariamente, enfoques de geovisualización multivariante como los propuestos por Jin y Guo (2009) permiten integrar múltiples variables climáticas, temperatura, humedad, precipitaciones, en un solo mapa, facilitando la identificación de zonas de transición y patrones complejos. Aplicar estas metodologías en La Libertad permitiría representar fielmente la diversidad climática, optimizar la toma de decisiones en gestión del territorio, protección de ecosistemas y adaptación ante el cambio climático.

4. Conclusión

Los mapas examinados de los departamentos de Huancavelica, Áncash y La Libertad constituyen un conjunto representativo de la extraordinaria diversidad climática peruana, donde cada territorio evidencia patrones espaciales distintivos que reflejan la influencia diferencial de factores geográficos determinantes como la altitud, la continentalidad, la proximidad oceánica y la configuración topográfica. Esta diversidad cartográfica demuestra la complejidad de los procesos climáticos andinos y la necesidad de enfoques de análisis espacial de alta resolución que permitan capturar tanto los patrones regionales como las variaciones locales determinadas por efectos microclimáticos específicos.

El estudio comparativo de estos mapas climáticos revela patrones fundamentales para la investigación climatológica andina, la posición geográfica de cada territorio, estableciendo que mientras Huancavelica representa un modelo de relativa estabilidad climática continental de montaña, Áncash constituye un laboratorio natural de extrema diversidad climática vertical, y La Libertad ejemplifica los efectos de la transición costa-sierra en la configuración climática regional. Estas diferencias espaciales son importantes para la planificación territorial, la gestión de recursos naturales, la adaptación al cambio climático y el desarrollo de actividades productivas diferenciadas, donde la cartografía climática se convierte en herramienta esencial para la toma de decisiones territoriales informadas.

5. Referencias

- Bush, A., & Bishop, M. (2018). *Glaciers, Topography, and Climate* (pp. 71–79). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.00158-0>
- Cantoni, D., Mohr, C., & Weigand, M. (2020). territories.tab. <https://doi.org/10.7910/dvn/gzppve/aoivjc>
- Guo, C., Zhu, Y., & Sun, W. (2015). Analysis of spatial stationary characteristics of air temperature data in different time scales, seasons and its influence on interpolation performance. *Geographical Research*, 34(9), 1675–1684. <https://doi.org/10.11821/dlyj201509006>
- Delle, D., Martino, G., Chiocchio, A., Siclari, A., Bisconti, R., Maiorano, L., & Canestrelli, D. (2024). Mapping local climates in highly heterogeneous mountain regions: Interpolation of meteorological station data vs. downscaling of macroclimate grids. *Ecological Informatics*, 102674. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102674>
- Domínguez, F., Vicente, S., López, J., Correa, K., Ávalos, G., Azorin, C., El Kenawy, A., Tomas, M., Navarro, F., Peña, M., Gimeno, L., & Nieto, R. (2018). Mapping seasonal and annual extreme precipitation over the Peruvian Andes. *International Journal of Climatology*, 38(15), 5459–5475. <https://doi.org/10.1002/JOC.5739>

- Huerta, A., Gutierrez Lope, L., Lavado, W., & Sabino, E. (2022). *Atlas de zonas áridas del Perú: Una evaluación presente y futura / Atlas of aridity zones of Peru: A present and future evaluation*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14067035>
- Jin, H., & Guo, D. (2009). Understanding Climate Change Patterns with Multivariate Geovisualization. *International Conference on Data Mining*, 217–222. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2009.91>
- Jury, M. (2024). Regional Controls on Climate and Weather Variability on the Southwest Coast of Peru. *Coasts*. <https://doi.org/10.3390/coasts4010004>
- Körner, C., & Spehn, E. (2019). A Humboldtian view of mountains. *Science*, 365(6458), 1061. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAZ4161>
- Maraun, D., & Widmann, M. (2015). The representation of location by a regional climate model in complex terrain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(8), 3449–3456. <https://doi.org/10.5194/HESS-19-3449-2015>
- Matuschek, O., & Matzarakis, A. (2011). A mapping tool for climatological applications. *Meteorological Applications*, 18(2), 230–237. <https://doi.org/10.1002/MET.233>
- Mendonça, M. (2017). *Monzón sudamericano: la integración de la circulación amazónica y altiplánica y las variabilidades climáticas del altiplano andino chileno*. 54, 21–30. <https://doi.org/10.4067/S0719-26812017000300021>
- Trachte, K., Seidel, J., Figueroa, R., Otto, M., & Bendix, J. (2017). Cross-Scale Precipitation Variability in a Semiarid Catchment Area on the Western Slopes of the Central Andes. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 57(3), 675–694. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0207.1>
- Vizy, E., & Cook, K. (2007). Relationship between Amazon and high Andes rainfall. *Journal of Geophysical Research*, 112. <https://doi.org/10.1029/2006JD007980>