



Evaluación de la temperatura del agua superficial del Lago Titicaca empleando series de tiempo LST MODIS (2000-2020)

J. Aguilar

^aFacultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ap-Postal 14-0149, Lima 14, Perú.

Jaime Aguilar Lome, jaguilarlome@gmail.com

Resumen

En este estudio, se utilizó el producto LST MODIS (v006, nivel 3) que proporciona la temperatura de la superficie del suelo diurna y nocturna para evaluar la variación espacio-temporal de la temperatura de la superficie del agua (LWST) del Lago Titicaca, durante el periodo 2000-2020. Se aplicaron las pruebas de Mann-Kendall y el método Sen's para determinar la significancia estadística y las tasas de cambio de las temperaturas máxima del aire y del agua.

Los resultados muestran que los ciclos anuales de LWST promedio del lago Titicaca, fluctúan entre 12.34°C (agosto) y 13.78°C (abril) en la región A (Lago Mayor), y entre 10.64°C (julio) y 14.84°C (noviembre) en la región B (Lago Menor).

Además, se evidencia una tendencia general creciente de la LWST promedio durante la época más fría (invierno) del año, con efectos de calentamiento más intensos en algunas zonas de poca profundidad y en áreas costeras. También, la tendencia de temperatura máxima del aire local durante el invierno austral (JJA), muestra una tendencia creciente significativa de 0.52°C/década entre 1983-2013. Este hecho podría ser el responsable del cambio de tendencia en la temperatura superficial del Lago Titicaca.

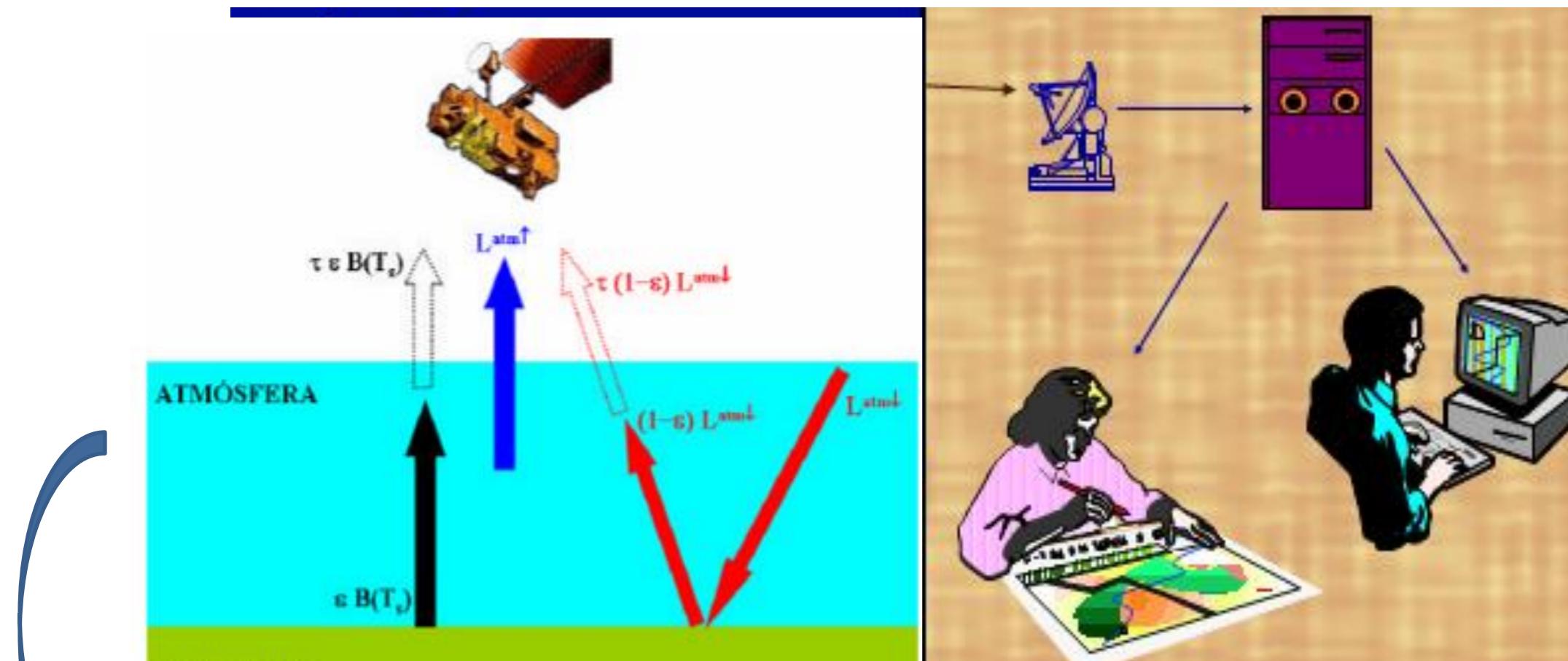
Introducción

✓ **Fundamento del estudio:** La temperatura de la superficie del suelo (LST) se reconoce como uno de los parámetros claves en los procesos físico de la superficie del suelo en escalas regionales y globales, combinando los resultados de toda las interacciones superficie-atmósfera y flujos de energía entre la atmósfera y la Tierra. Por ende es requerido para estudios ambientales como geología, hidrología ecología meteorología y climatología.

✓ **¿Porqué el uso de imágenes de satélite?:** Proporcionan una alta densidad de información espacial y temporal para el monitoreo de las variables ambientales.

Fundamento Físico y Metodología

FUNDAMENTO FÍSICO DE LA TELEDETECCIÓN



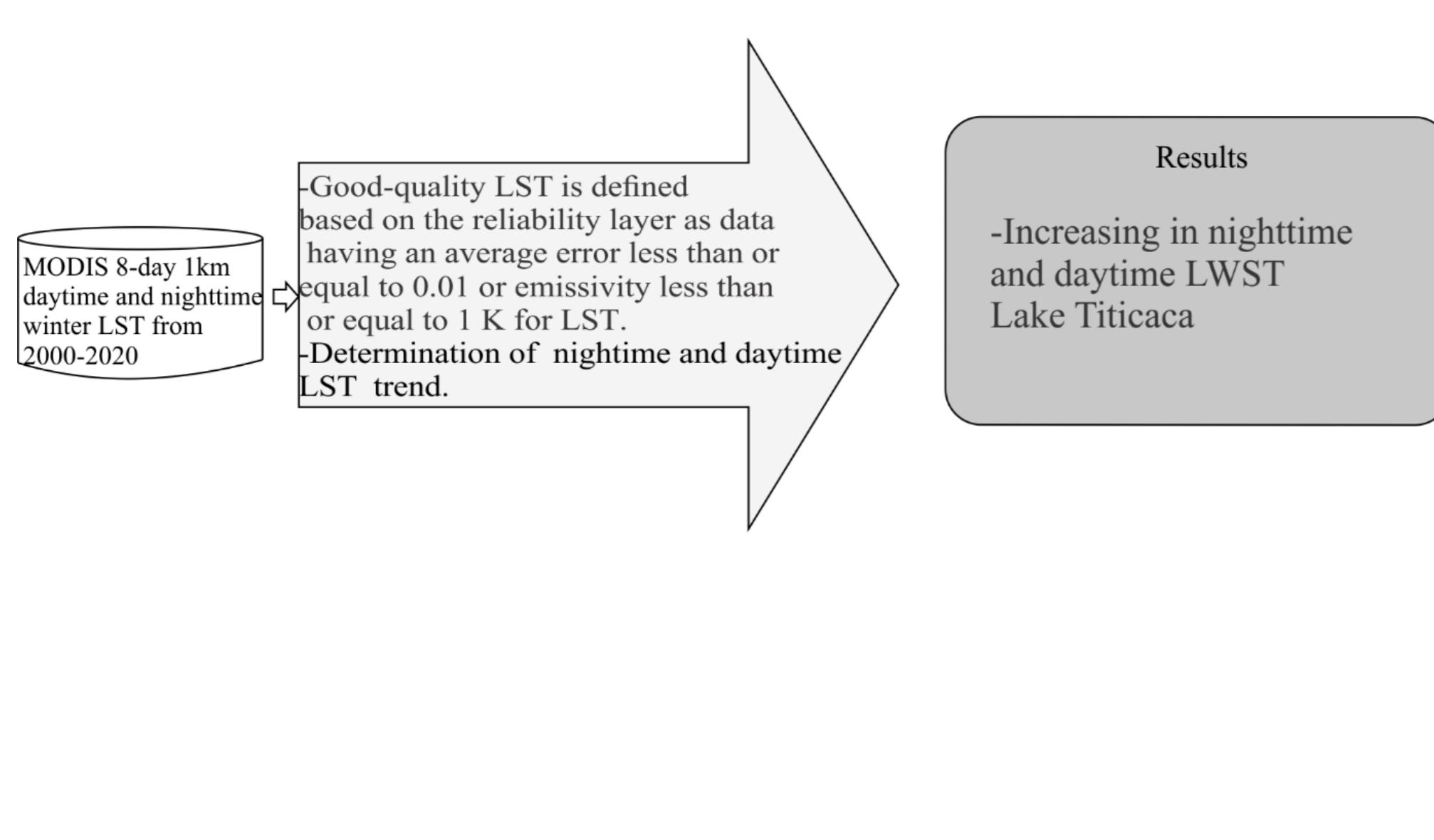
Con el siguiente algoritmo se obtiene la temperatura de la superficie del suelo:

$$T_s = C + \left(A_1 + A_2 \frac{1-\epsilon}{\epsilon} + A_3 \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon^2} \right) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + \left(B_1 + B_2 \frac{1-\epsilon}{\epsilon} + B_3 \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon^2} \right) \frac{T_{31} - T_{32}}{2}$$

T_{31} y T_{32} , son las temperaturas de brillo en la banda 31 y 32 del sensor MODIS

$\epsilon = 0.5(\epsilon_{31} + \epsilon_{32})$, y $\Delta\epsilon = (\epsilon_{31} - \epsilon_{32})$, promedio y diferencia de la emisividad de la superficie del suelo.

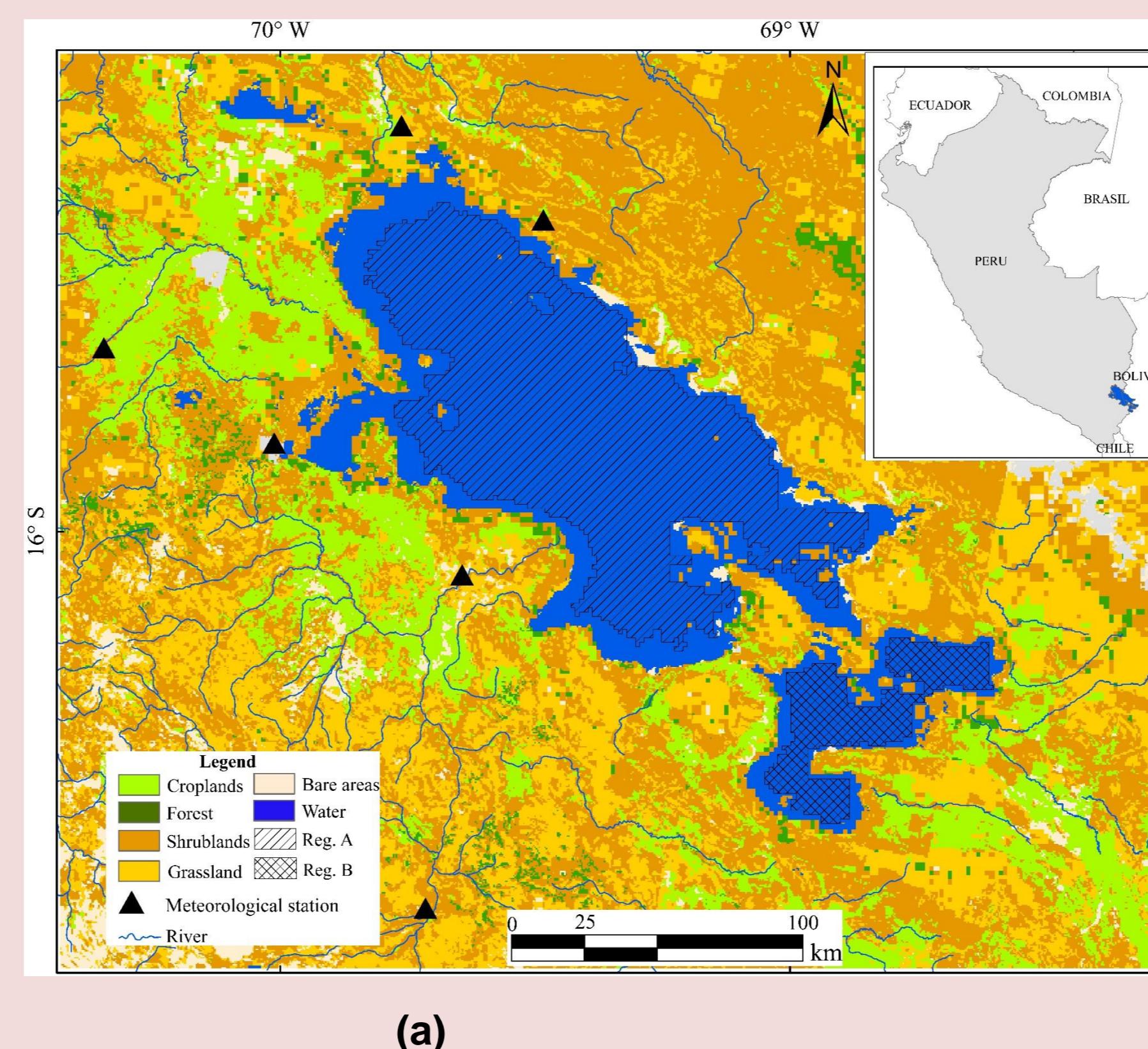
METODOLOGÍA



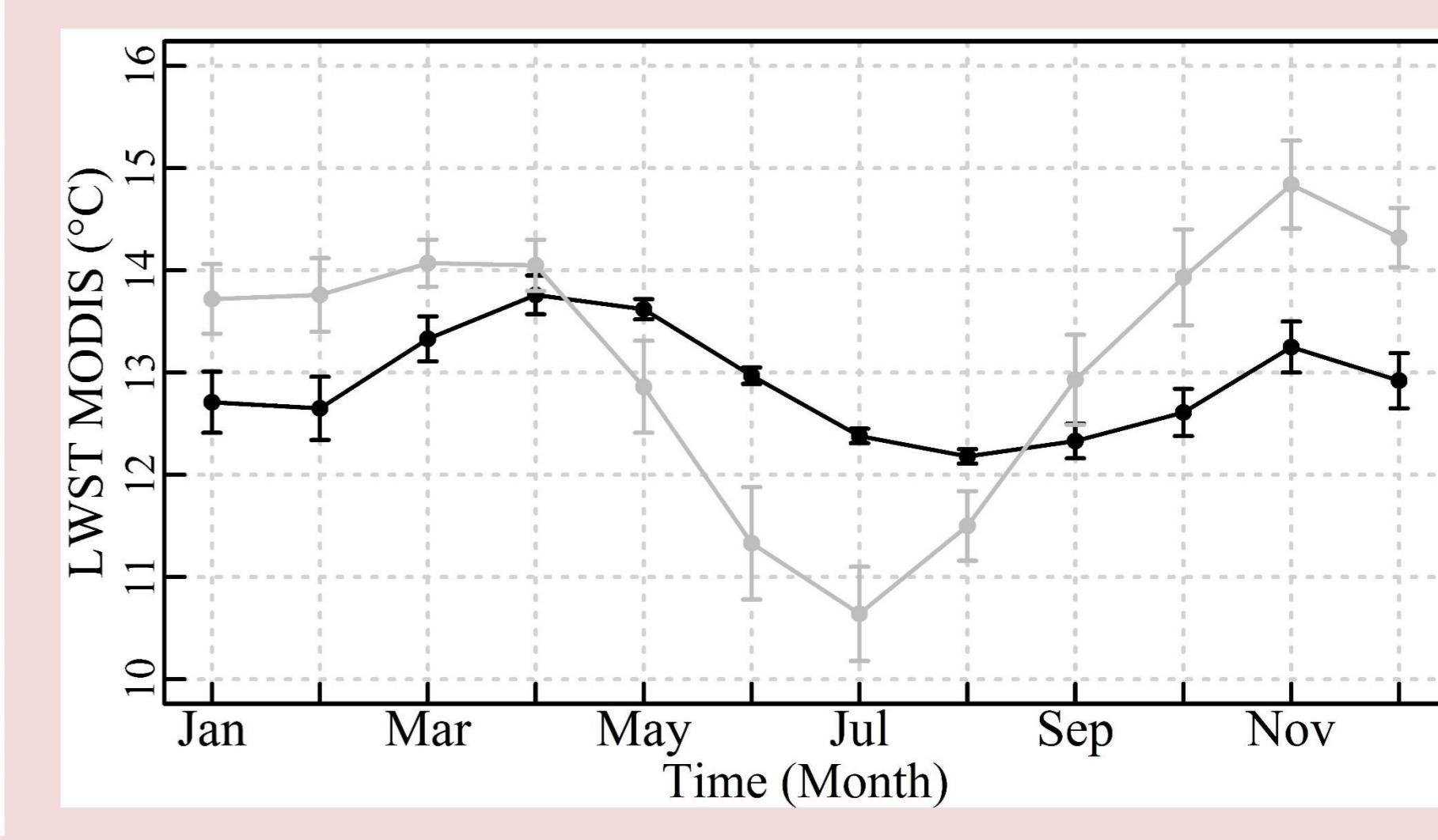
Referencias

[1] Aguilar-Lome, J., Soca-Flores, R., & Gómez, D. (2021). Evaluation of the Lake Titicaca's surface water temperature using LST MODIS time series (2000–2020). *Journal of South American Earth Sciences*, 112, 103609.

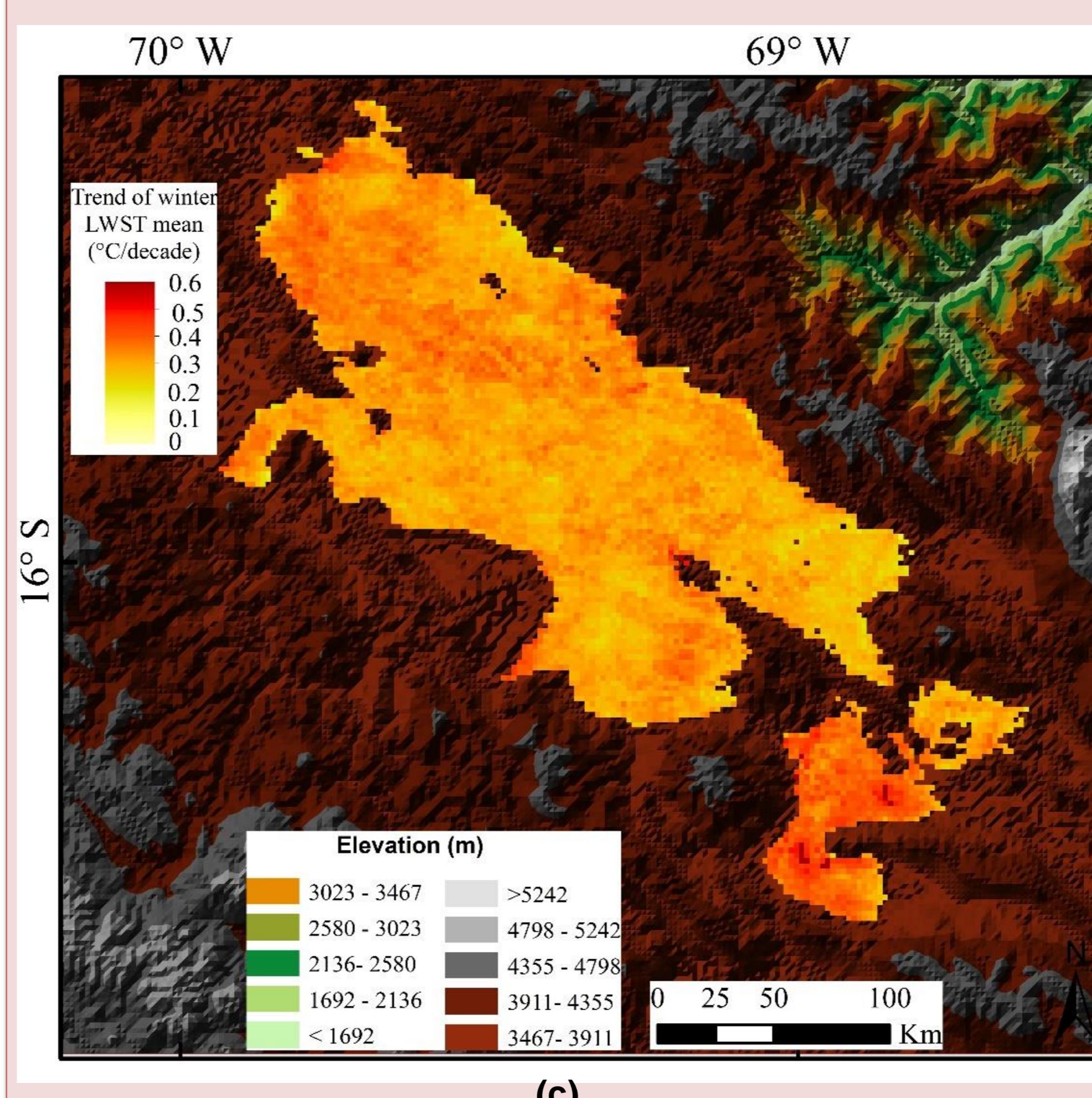
Resultados



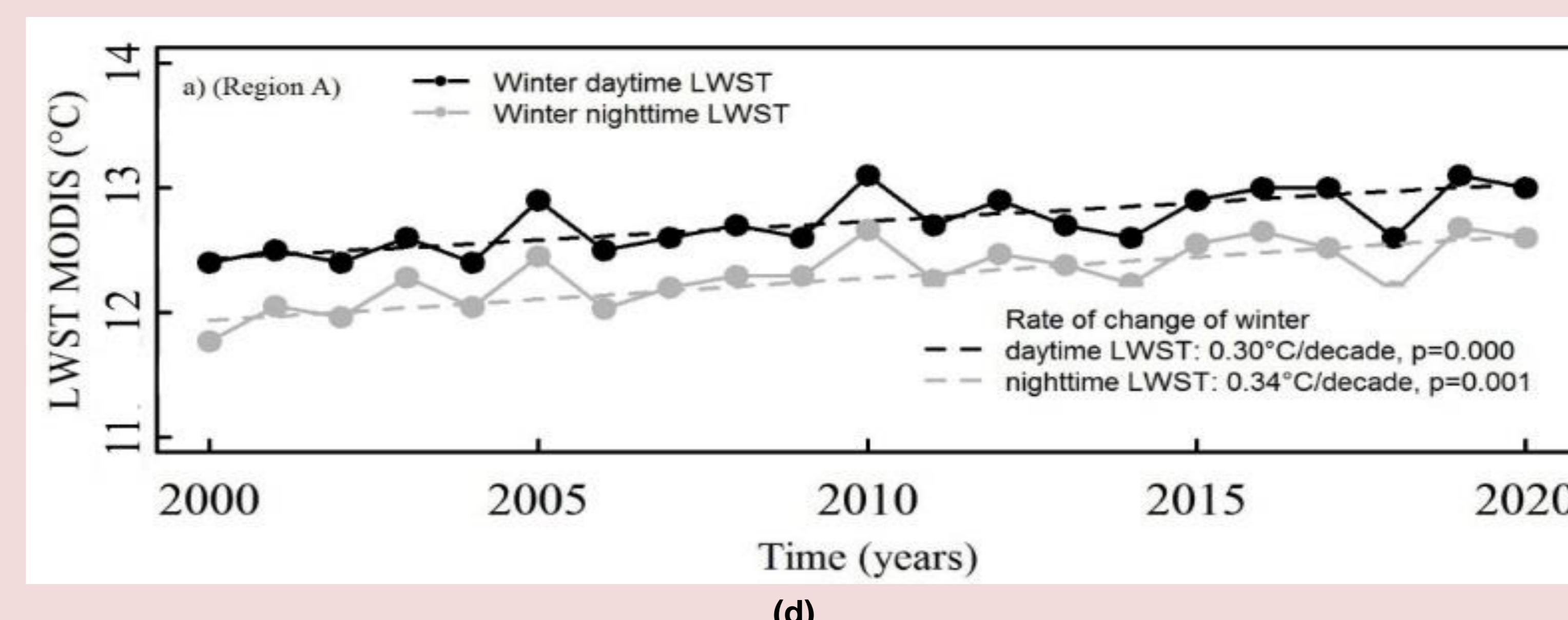
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura (d) muestra la variación estacional (JJA) diurna y nocturna de la temperatura de la superficie del agua (LWST) en la zona más profunda (región A) del Lago Titicaca durante el periodo 2000-2020. El valor más alto (13.1 °C) se observan en los años 2010, y 2019, mientras, el valor más bajo (12.4°C) son observados en los años 2000, 2002 y en 2004. Aun cuando hubo descensos de la LWST diurna en 2014 y en 2018, se mantuvo la tendencia significativa creciente de LWST diurna y nocturna a una tasa de 0.30°C/década y 0.34°C/década respectivamente.

Conclusiones

* Los resultados muestran, un rápido calentamiento de la temperatura de la superficie del agua del Lago Titicaca, con una tasa de calentamiento superficial promedio de + 0.31° C/década en la región A (Lago Mayor) y +0.37°C/década en la región B (Lago Menor) durante el invierno austral (junio, julio y agosto) de 2000 a 2020.