

# Mapecto del Target del Modelo MLP: La Fecha Crítica de Siembra en Puno

Wladimir Aldo Carlosviza Amanqui

## 1. Introducción

La agricultura de secano en el Altiplano puneño no es solo una actividad económica; es la base de la seguridad alimentaria nacional [1]. Históricamente, los agricultores han dependido de calendarios fijos, pero la crisis climática ha vuelto esos métodos obsoletos, generando riesgos directos para la seguridad y soberanía alimentaria en la región de Puno [2, 3].

El problema es que los sistemas de predicción actuales fallan al ignorar la complejidad real del terreno andino, recurriendo a promedios simples de lluvia, dado que la orografía dominante limita la utilidad de los modelos climáticos a gran escala, los cuales fallan en resolver los procesos físicos que controlan la precipitación [4]. Esto nos dejaba con una deuda: la incapacidad de ofrecer predicciones robustas y localizadas para cultivos vitales como la Quinua y la Papa.

El mapa, generado en QGIS, representa el dataset de las fechas de siembra, transformando esos datos discretos en una superficie continua que refleja el pulso real de la fenología agrícola en Puno.

## 2. Interpretación del aporte: Cerrando la Brecha con GeoIA

La visualización en QGIS revela que la siembra en la región no es un evento único, sino un rango de 67 días, distribuidos entre el Día del Año (DOY) 101 y el DOY 168. Esta variabilidad espacial justifica la necesidad de utilizar una red neuronal de mayor complejidad (MLP) para capturar estos patrones. Se logró reducir la incertidumbre de la ventana de siembra desde los dos meses (método tradicional) a un error medio de 19 días. El mapa es clave en esta optimización:

- Las zonas cálidas (rojo/amarillo) reflejan siembras tardías, más vulnerables a heladas.
- Las zonas frías (verde/azul) indican áreas donde la siembra ocurre más temprano.

Al integrar esta capa como variable objetivo del modelo MLP, el sistema permite pasar de recomendaciones regionales a decisiones localizadas a nivel de píxel.

El sistema GeoIA propuesto es escalable, basado en datos satelitales abiertos, y permite emitir alertas agrícolas dinámicas sin infraestructura costosa. Esto fortalece la capacidad del Estado peruano para proteger cosechas y asegurar la cadena alimentaria.

## Figura del Mapa Target (MLP)

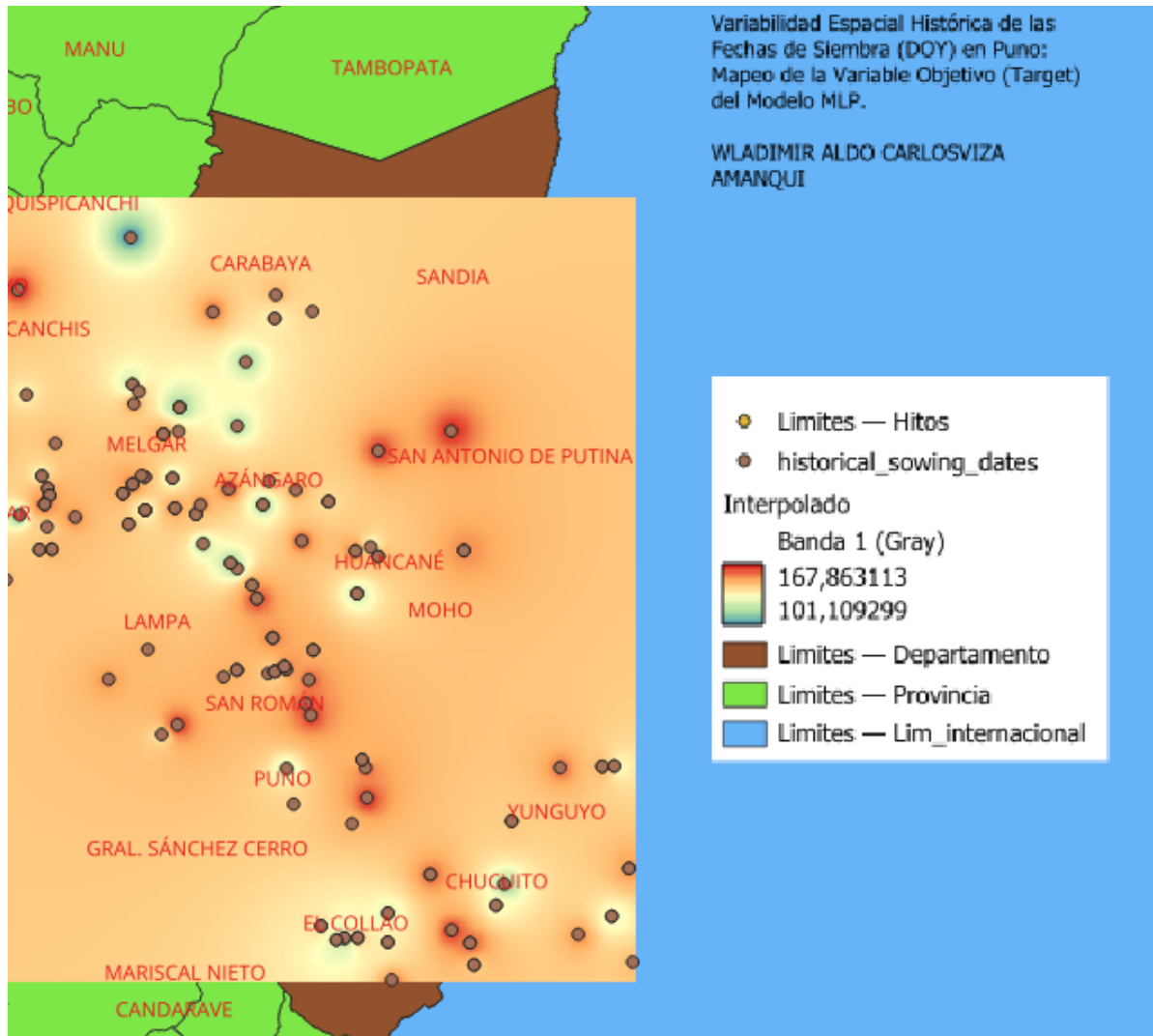


Figura 1: Superficie interpolada del Target (Fecha crítica de siembra) generada en QGIS.

El análisis visual del mapa interpolado evidencia una marcada heterogeneidad espacial en la fenología de la región, descartando totalmente la hipótesis de un calendario agrícola uniforme para todo el Altiplano. Estadísticamente, nos enfrentamos a un rango de dispersión muy significativo de casi 67 días entre los valores mínimos (DOY 101, visibles como zonas frías o 'tempranas' en tonos azules hacia el norte, en provincias como Carabaya) y los máximos (DOY 168, identificables como 'núcleos de calor' rojos en áreas como San Antonio de Putina y San Román). Esta polarización sugiere que la variable objetivo (target) posee una alta autocorrelación espacial.

## Referencias

- [1] FAO en Perú, “Cambio climático afectará rendimiento de 8 cultivos esenciales para Seguridad Alimentaria hacia 2050,” 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/peru/noticias/detail-events/en/c/1027667/>.
- [2] F. Q. Poma, W. A. C. V. Amanqui, and R. L. R. Calsín, “Riesgos para la seguridad y soberanía alimentaria debido al cambio climático en la región de Puno, altiplano peruano,” *Semestre Económico*, vol. 8, no. 1, pp. 31–43, 2019.
- [3] SPDA, CCTA, INIA, “Los cultivos de la sierra y el cambio climático andino: vulnerabilidad,” 2015. [En línea]. Disponible en: <https://spda.org.pe/wp-content/uploads/2024/02/Los-cultivos-de-la-sierra-y-el-cambio-climatico-andino-2.pdf>.
- [4] I. A. Jara et al., “Exploring the Causes of Multicentury Hydroclimate Anomalies in the South American Altiplano with an Idealized Climate Modeling Experiment,” *Atmosphere*, vol. 16, no. 7, Art. 751, 2025. doi:10.3390/atmos16070751.