

Análisis Geoespacial: Infraestructura Hídrica Agrícola en Puno (ENA 2023)

RESUMEN

El presente documento expone el análisis geoespacial de la variable P212 (Infraestructura de Riego para Cultivos) derivada de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2023 en el departamento de Puno, Perú. Mediante el empleo de RStudio y la librería Leaflet, se construyó una visualización cartográfica interactiva que exhibe la distribución territorial de los sistemas hídricos agrícolas por unidades distritales, fundamentándose en repositorios de datos georreferenciados y la base estadística ENA 2023. La finalidad consiste en detectar configuraciones espaciales en la utilización de recursos hídricos para actividades agrícolas, enfatizando la prevalencia de modalidades como precipitación pluvial (secano), cauces fluviales y embalses. Los hallazgos contribuyen al diseño de estrategias hídricas y ordenamiento territorial agrario en Puno.

1. Contexto

La Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2023, desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), suministra información fundamental sobre las prácticas productivas agropecuarias en el territorio peruano. En Puno, jurisdicción altoandina caracterizada por restricciones hídricas, la variable P212 categoriza los mecanismos de irrigación empleados, abarcando desde agricultura de secano hasta infraestructura de almacenamiento hídrico. Este estudio realiza la geolocalización de dicha variable en los 108 distritos que conforman Puno, generando una herramienta cartográfica interactiva que posibilita el examen de agregados totales y desagregaciones según tipología de sistema, respaldando procesos decisorios en gestión de recursos hídricos y desarrollo agrícola sustentable.

2. Marco Metodológico

2.1. Repositorios de Información

- **Coordenadas geográficas:** Base de datos conteniendo códigos UBIGEO, denominaciones distritales, latitudes y longitudes de 108 distritos puneños, extraídos de plataformas de datos abiertos institucionales (INEI).
- **Datos ENA 2023:** Archivo en formato SPSS (03_CAP200AB.sav), segmentado para el departamento de Puno y la variable P212.

- **Taxonomía de sistemas:** Tabla clasificatoria con 7 categorías de infraestructura hídrica, códigos cromáticos y clasificación tipológica (secano, riego tecnificado, otros).

Cuadro 1: Clasificación de Infraestructura Hídrica Agrícola (P212)

Código	Tipología de Sistema	Cromática	Categoría
1	Precipitación pluvial (Secano)	#87CEEB	Secano
2	Cauce fluvial	#F39C12	Riego
3	Afloramiento hídrico natural	#F1C40F	Riego
4	Extracción subterránea	#27AE60	Riego
5	Embalse (presa)	#0000CD	Riego
6	Microembalse	#8E44AD	Riego
7	Sistema alternativo	#E91E63	Otros

2.2. Tratamiento de Datos

La implementación computacional se ejecutó en RStudio utilizando las bibliotecas leaflet, htmlwidgets, dplyr y haven. El procedimiento metodológico comprendió:

1. Importación de coordenadas geográficas distritales.
2. Lectura y depuración de datos ENA: filtrado departamental para Puno, eliminación de observaciones con valores ausentes en P212, cómputo de agregados y proporciones por distrito y sistema hídrico.
3. Desarrollo de visualización cartográfica interactiva mediante Leaflet, incorporando:
 - Capas cartográficas base (topográfica estándar y ortofotografía satelital).
 - Marcadores circulares representando totales distritales (radio proporcional a $\sqrt{\text{total}}$) y por sistema (paleta cromática específica, desplazamiento estocástico).
 - Ventanas emergentes con desagregaciones estadísticas (ejemplo: “Cauce fluvial: 50 (25 %)”).
 - Controles de superposición de capas y leyenda explicativa.
4. Exportación a formato HTML (mapa_riego_puno_ena2023.html).

3. Hallazgos

La visualización cartográfica interactiva geolocaliza la variable P212 en Puno, evidenciando:

Agregados por distrito: Se procesaron 8801 observaciones. Los distritos con mayor concentración de unidades agropecuarias corresponden a Ilave (978 casos), Moho (418 casos), Taraco (418 casos), Acora (391 casos) y Huancané (338 casos).

Distribución por sistema: La agricultura de secano (Precipitación pluvial) predomina con 8314 casos (94.5 % del total agregado), seguida por Cauce fluvial (253 casos, 2.9 %) y Afloramiento hídrico natural (179 casos, 2.0 %). Los sistemas tecnificados como

embalses y extracción subterránea presentan representación marginal (inferior a 0.2 % cada categoría).

Funcionalidad interactiva: Amplificación progresiva, conmutación de capas cartográficas y ventanas informativas detalladas (véase Figura 1).

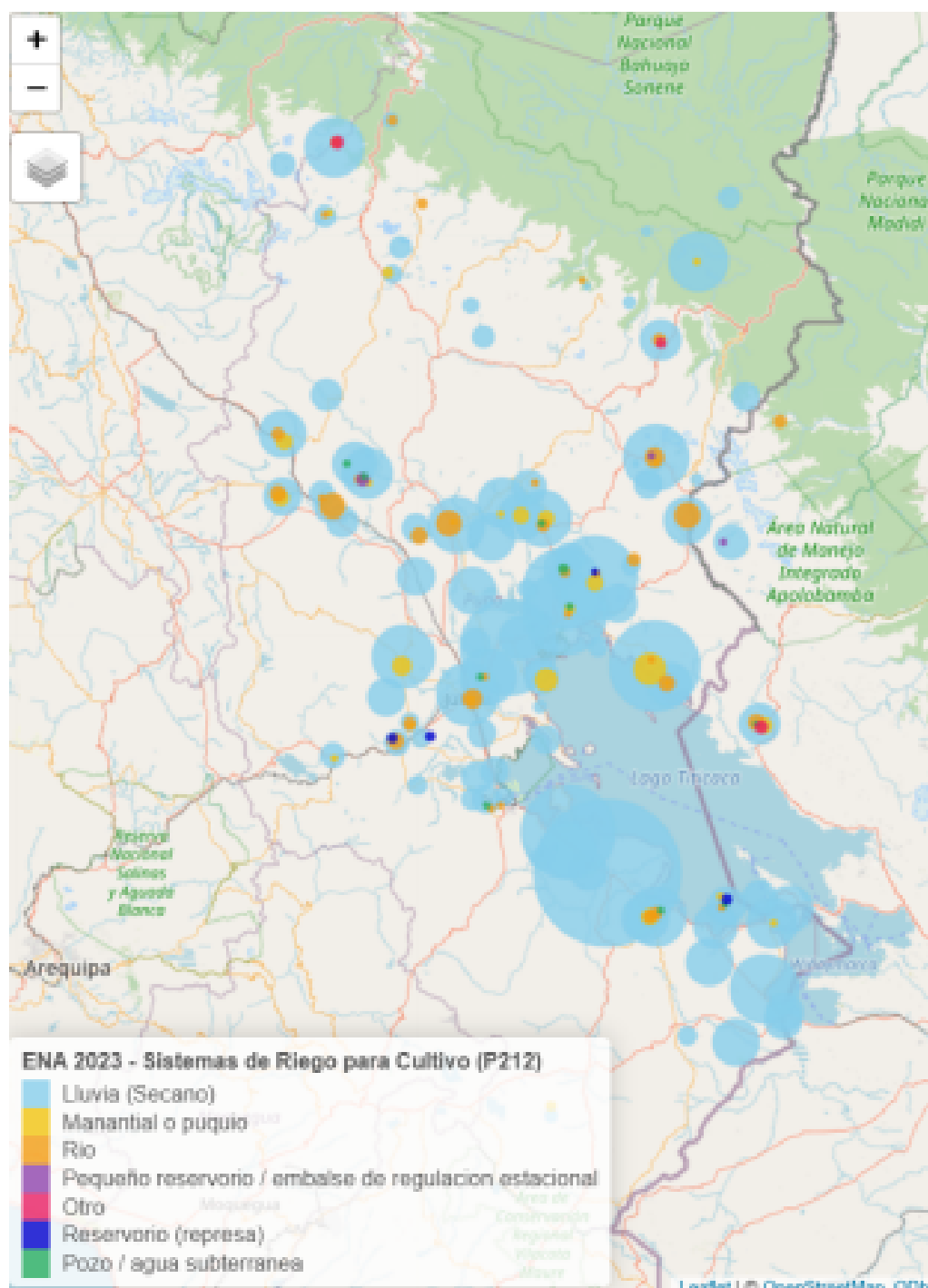


Figura 1: Visualización cartográfica inicial de infraestructura hídrica agrícola (ENA 2023) en Puno.

4. Inferencias

La geolocalización de P212 revela una marcada dependencia del régimen pluvial en Puno (94.5 % de las observaciones), subrayando vulnerabilidades climatológicas en distritos como Ilave y Moho, donde la producción agrícola depende casi exclusivamente de precipitaciones estacionales. La escasa presencia de infraestructura de riego tecnificado (embalses, sistemas de extracción subterránea) sugiere la imperiosa necesidad de inversión en infraestructura hidráulica. La herramienta cartográfica interactiva constituye un instrumento analítico de alto valor para análisis visual y planificación estratégica del sector agrario. Se recomienda ampliar el estudio incorporando variables climáticas, rendimientos agrícolas y proyecciones de cambio climático para robustecer la toma de decisiones en política pública hídrica.