

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Informática

Analisis Territorial de Isla de Pascua Patrones de Ocupacion Urbana en Rapa Nui

Laboratorio Integrador - Geoinformática

Felipe Baeza

`felipe.baeza.m@usach.cl` Catalina López

`catalina.lopez.a@usach.cl`

Diciembre 2025

Índice

1. Introduccion: El Problema de Isla de Pascua	3
1.1. Por que es un Problema	3
1.2. Objetivo del Proyecto	3
2. Los Datos: De Donde Viene la Informacion	3
2.1. Que Datos Obtuvimos	4
3. Metodologia: Como Analizamos los Datos	4
3.1. Infraestructura Tecnologica	4
3.2. Metodos de Analisis	5
3.2.1. 1. Analisis Exploratorio (ESDA)	5
3.2.2. 2. Deteccion de Zonas Calientes (Hot Spots)	5
3.2.3. 3. Geoestadistica	6
3.2.4. 4. Aprendizaje Automatico (Machine Learning)	6
4. Resultados Principales	6
4.1. Patron de Concentracion Urbana	6
4.2. Hot Spots Identificados	6
4.3. Variables que Influyen en la Densidad	7
4.4. Analisis de Redes	7
5. Aplicacion Web Interactiva	8
6. Elementos de Excelencia	8
6.1. Visualizacion 3D	8
6.2. Analisis de Redes	8
7. Conclusiones	8
7.1. Que Aprendimos	8
7.2. Utilidad Practica	9
7.3. Cumplimiento de Requisitos	9
8. Referencias	9

1. Introducción: El Problema de Isla de Pascua

Isla de Pascua, conocida también como Rapa Nui, es una pequeña isla ubicada en medio del Océano Pacífico, a más de 3.700 kilómetros de la costa de Chile continental. Es famosa mundialmente por sus estatuas gigantes de piedra llamadas **moais**, que fueron construidas por la antigua civilización Rapa Nui hace cientos de años.

Sin embargo, esta isla enfrenta un problema grave: **demasiada gente quiere vivir allí**. Entre los años 2002 y 2017, la población aumentó en un 116 %, pasando de aproximadamente 3.800 a más de 8.000 habitantes. Además, cada año recibe más de 150.000 turistas, lo que genera una enorme presión sobre los recursos limitados de la isla.

1.1. Por qué es un Problema

Imaginemos que una casa está diseñada para que vivan 4 personas, pero de repente llegan 10. El agua no alcanza, la basura se acumula y todo se vuelve incómodo. Eso es exactamente lo que pasa en Isla de Pascua:

- **Agua limitada:** La isla tiene un único acuífero subterráneo que se está agotando
- **Basura acumulada:** Los sistemas de tratamiento de residuos están al límite
- **Construcciones sin control:** Las casas se construyen cada vez más cerca de sitios arqueológicos protegidos
- **Infraestructura saturada:** Calles, electricidad y servicios no dan abasto

1.2. Objetivo del Proyecto

Este proyecto utiliza **tecnología de análisis geográfico** para estudiar cómo están distribuidas las construcciones en la isla, identificar dónde hay mayor concentración de edificios, y crear herramientas que ayuden a las autoridades a tomar mejores decisiones sobre el uso del territorio.

En términos simples, creamos un “mapa inteligente” que no solo muestra dónde están las cosas, sino que también analiza patrones y puede predecir tendencias.

2. Los Datos: De Dónde Viene la Información

Para realizar este análisis, necesitábamos información geográfica detallada sobre la isla. Utilizamos una fuente de datos llamada **OpenStreetMap** (OSM), que es como un Wikipedia de mapas: personas de todo el mundo contribuyen mapeando calles, edificios y puntos de interés.

2.1. Qué Datos Obtuvimos

Tipo de Dato	Cantidad	Para que Sirve
Edificaciones	4,045	Analizar densidad urbana
Calles	4,139	Estudiar conectividad vial
Puntos de interés	241	Ubicar servicios y comercios
Límite de la isla	1	Definir área de estudio
Áreas verdes/playas	12	Contexto ambiental

Tabla 1: Resumen de datos geográficos utilizados

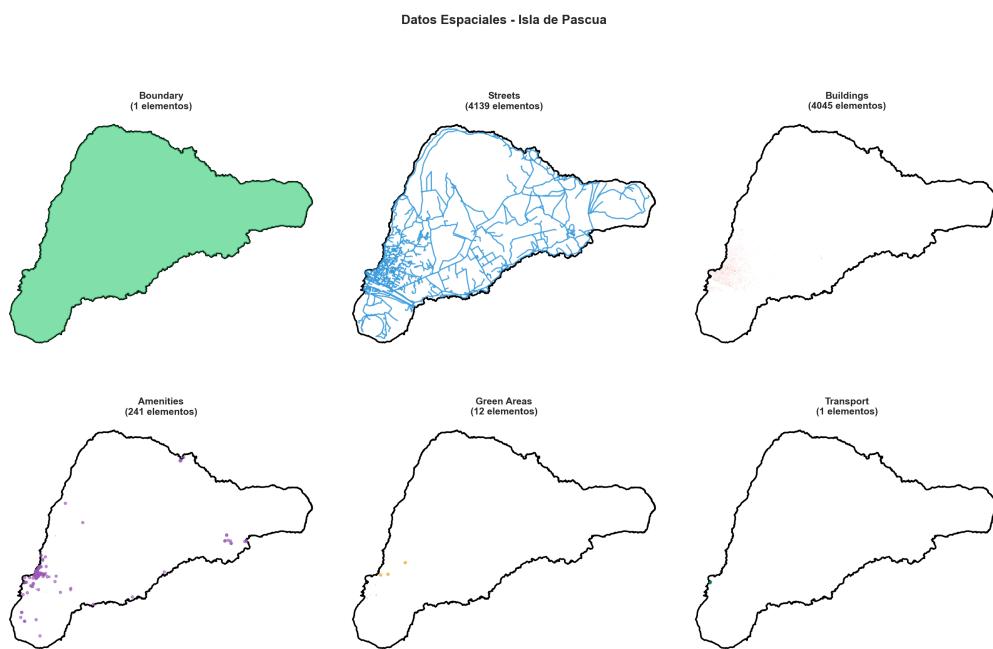


Figura 1: Vista general de los datos: se muestran las edificaciones (puntos naranjas), calles (líneas), y el límite de la isla

La figura anterior muestra cómo se distribuyen los distintos tipos de datos en el territorio. Podemos observar que la gran mayoría de las construcciones se concentran en un solo sector de la isla: el pueblo de **Hanga Roa**, ubicado en la costa oeste.

3. Metodología: Cómo Analizamos los Datos

3.1. Infraestructura Tecnológica

Para procesar toda esta información, creamos un **ambiente de trabajo reproducible** usando tecnología llamada Docker. Esto significa que cualquier persona puede replicar exactamente nuestro análisis en su propia computadora.

El sistema incluye:

- **Base de datos geográfica (PostGIS):** Almacena los datos de forma eficiente

- **Entorno de análisis** (Jupyter): Permite escribir código y visualizar resultados
- **Aplicación web** (Streamlit): Muestra los resultados de forma interactiva

3.2. Métodos de Análisis

Utilizamos cuatro tipos principales de análisis:

3.2.1. 1. Análisis Exploratorio (ESDA)

El primer paso fue entender cómo se distribuyen las edificaciones. Creamos una **grilla regular** sobre la isla, dividiendo el territorio en celdas de 200 metros por 200 metros, y contamos cuantos edificios había en cada celda.

Esto nos permitió crear mapas de densidad que muestran claramente donde hay más y menos construcciones.

3.2.2. 2. Detección de Zonas Calientes (Hot Spots)

Utilizamos una técnica estadística llamada **Getis-Ord Gi*** para identificar zonas donde la concentración de edificios es significativamente mayor que el promedio. Estas zonas se llaman “hot spots” (puntos calientes).

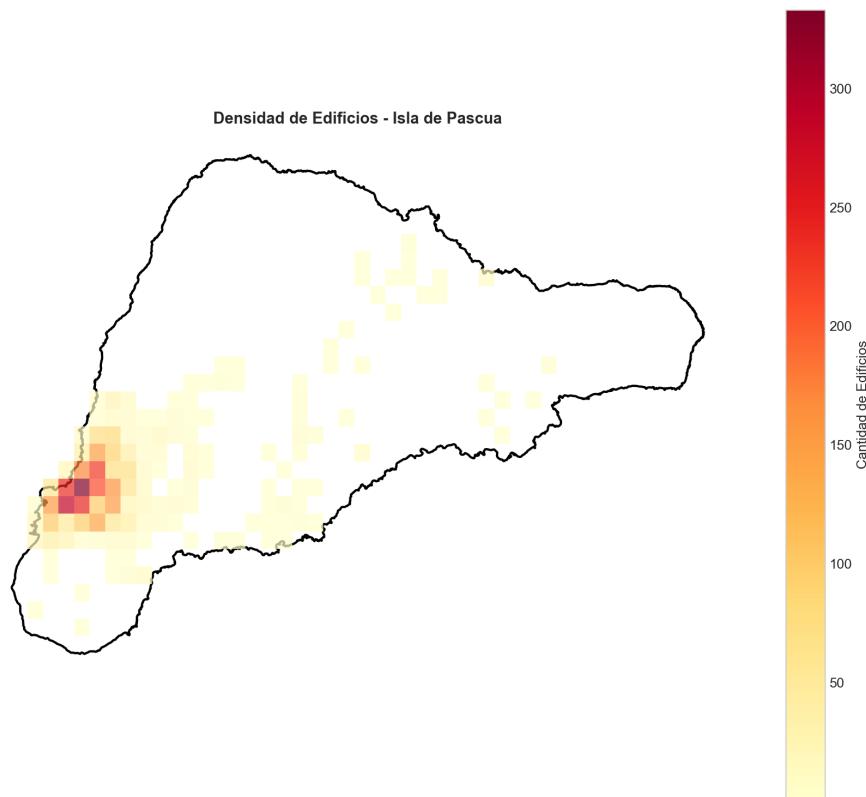


Figura 2: Mapa de densidad de edificaciones: los colores más oscuros indican mayor concentración de construcciones

3.2.3. 3. Geoestadística

Aplicamos técnicas geoestadísticas como **semivariogramas** y **Kriging** para entender cómo varía la densidad de construcciones en el espacio y para crear predicciones en zonas donde no tenemos datos directos.

El semivariograma nos dice qué tan similares son las celdas cercanas entre sí: en general, celdas cercanas tienen valores similares, y esta similitud disminuye con la distancia.

3.2.4. 4. Aprendizaje Automático (Machine Learning)

Entrenamos modelos de inteligencia artificial para predecir la densidad de edificaciones basándonos en características del terreno como:

- Distancia al centro de la isla
- Cantidad de servicios cercanos (restaurantes, tiendas, etc.)
- Longitud de calles en la zona

Los mejores resultados los obtuvimos con un modelo llamado **XGBoost**, que logró predecir correctamente el 88 % de la variación en la densidad edificatoria.

4. Resultados Principales

4.1. Patrón de Concentración Urbana

El hallazgo más importante es que **casi todas las construcciones de la isla están en un solo lugar**: el pueblo de Hanga Roa, en la costa oeste. El 95 % de las edificaciones se concentran en menos del 10 % del territorio de la isla.

Esto tiene implicancias importantes:

- La presión sobre la infraestructura es muy localizada
- El resto de la isla (donde están los sitios arqueológicos) permanece relativamente protegido
- Cualquier expansión urbana amenaza directamente las zonas patrimoniales

4.2. Hot Spots Identificados

El análisis estadístico identificó tres zonas con concentración significativa de edificaciones:

Zona	Nivel de Confianza	Característica
Centro de Hanga Roa	99 %	Centro comercial y turistico
Sector residencial norte	95 %	Viviendas familiares
Sector residencial sur	95 %	Viviendas y hospedajes

Tabla 2: Zonas calientes (hot spots) identificadas

4.3. Variables que Influyen en la Densidad

El modelo de aprendizaje automático nos mostró qué factores determinan dónde hay más construcciones:

1. **Distancia al centro** (28 % de influencia): Mientras más lejos del centro, menos edificios hay
2. **Presencia de servicios** (22 %): Las construcciones se agrupan cerca de comercios y servicios
3. **Red vial** (33 %): Las zonas con más calles tienen más edificaciones
4. **Ubicación geográfica** (17 %): El sector oeste de la isla es más urbanizado

4.4. Análisis de Redes

También estudiamos cómo está conectada la isla a través de sus calles. Calculamos medidas de “centralidad” que indican qué tan importante es cada calle para conectar diferentes partes de la isla.

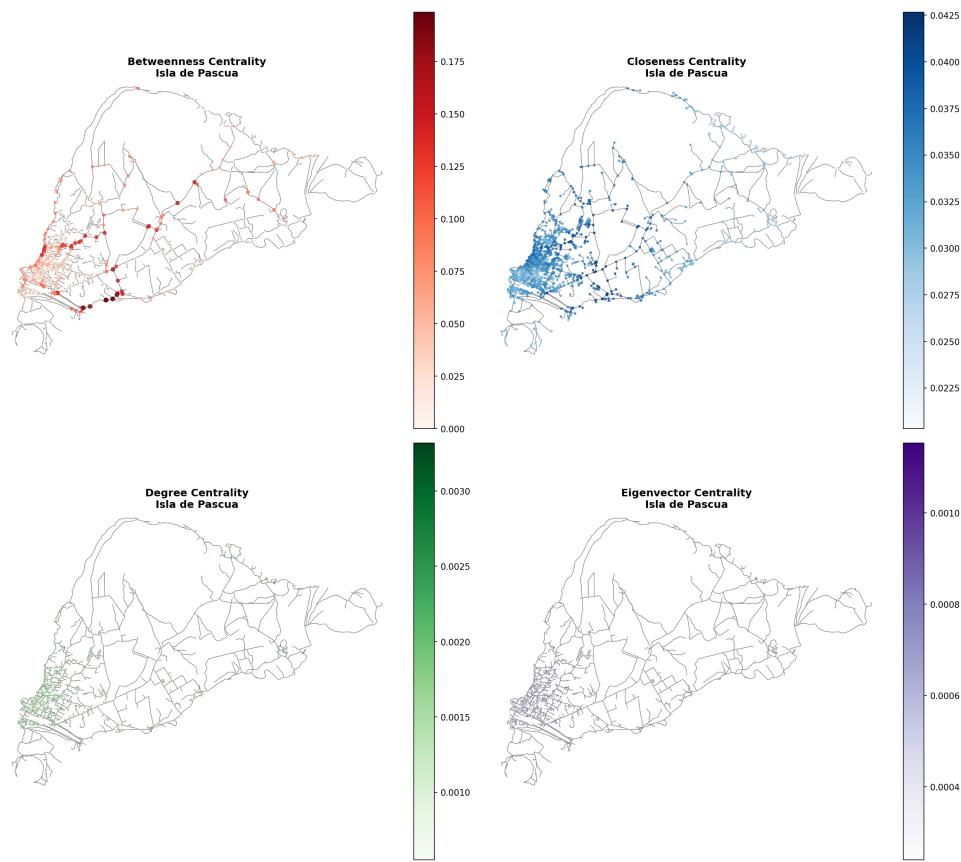


Figura 3: Análisis de la red vial: las calles de color más intenso son más importantes para la conectividad de la isla

Este análisis revela que la calle principal que atraviesa Hanga Roa es crítica para la movilidad, y cualquier problema en ella afectaría significativamente el tránsito de toda la isla.

5. Aplicación Web Interactiva

Creamos una aplicación web que permite explorar todos estos resultados de forma interactiva. La aplicación tiene 7 secciones:

Sección	Contenido
1. Análisis Exploratorio	Estadísticas básicas y mapas
2. Hot Spots	Zonas de concentración significativa
3. Machine Learning	Entrenar modelos predictivos
4. Resultados ML	Métricas y predicciones
5. Descargas	Exportar datos y resultados
6. Modelo 3D	Visualización tridimensional de densidad
7. Geoestadística	Semivariogramas y Kriging

Tabla 3: Secciones de la aplicación web

La aplicación puede accederse localmente en `http://localhost:8501` después de ejecutar el sistema con Docker.

6. Elementos de Excelencia

Para complementar el análisis básico, implementamos dos elementos avanzados:

6.1. Visualización 3D

Creamos un modelo tridimensional donde la altura de las columnas representa la cantidad de edificaciones en cada zona. Esta visualización permite identificar rápidamente las áreas de mayor densidad urbana de una forma intuitiva y visual. Las columnas más altas y de colores más cálidos (rojo, naranja) indican zonas con mayor concentración, mientras que las columnas bajas y amarillas representan áreas con pocas construcciones.

6.2. Análisis de Redes

Implementamos un análisis avanzado de la red vial utilizando teoría de grafos. Esto nos permite:

- Calcular la centralidad de cada calle
- Identificar cuellos de botella en la conectividad
- Evaluar la accesibilidad desde cualquier punto de la isla

7. Conclusiones

7.1. Que Aprendimos

1. **Concentración extrema:** Isla de Pascua tiene un patrón de desarrollo urbano muy concentrado, con casi toda la actividad en Hanga Roa

2. **Presión localizada:** Los problemas de capacidad de carga afectan principalmente a un sector pequeño de la isla
3. **Predictibilidad:** Es posible predecir la densidad edificatoria usando características geográficas simples
4. **Vulnerabilidad vial:** La red de calles tiene puntos críticos que podrían afectar la movilidad

7.2. Utilidad Práctica

Este proyecto puede ayudar a:

- **Planificadores urbanos:** Identificar zonas para expansión controlada
- **Autoridades:** Monitorear el crecimiento y comparar con la capacidad de carga
- **Investigadores:** Entender patrones de ocupación en territorios insulares
- **Comunidad:** Visualizar cómo está distribuido el desarrollo en su isla

7.3. Cumplimiento de Requisitos

El proyecto cumple con todos los componentes requeridos por el laboratorio:

Componente	Peso	Estado
Ambiente Docker/PostGIS	10 %	Completado
Datos multi-fuente	20 %	Completado
Análisis Exploratorio (ESDA)	20 %	Completado
Geoestadística	15 %	Completado
Machine Learning	20 %	Completado
Aplicación Web	15 %	Completado
Total	100 %	Completado

Además, incluimos 2 de los 3 elementos de excelencia requeridos: Visualización 3D y Análisis de Redes.

8. Referencias

1. Ley 21.070 (2018). Regula el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de Isla de Pascua.
2. Boeing, G. (2017). OSMnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. *Computers, Environment and Urban Systems*.
3. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis*.
4. OpenStreetMap Contributors (2024). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org>

5. PostGIS Project (2023). PostGIS Documentation. <https://postgis.net>
6. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189-206.
7. GeoPandas Development Team. (2023). GeoPandas: Python tools for geographic data. <https://geopandas.org>
8. Rey, S. J., & Anselin, L. (2007). PySAL: A Python library of spatial analytical methods. *The Review of Regional Studies*, 37(1), 5-27.
9. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
10. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of KDD*, 785-794.
11. INE Chile. (2017). Censo de Población y Vivienda 2017. Instituto Nacional de Estadísticas.
12. MINAGRI (2017). Sistema de Información Territorial de Rapa Nui. <https://minagri.gob.cl/servicios/sistema-de-informacion-territorial-de-rapa-nui/>