

# Reporte de Simulación Gaussiana - Análisis de Datos Agrícolas

Departamento: PUNO

Sistema de Análisis Espacial

17 de Setiembre de 2025

## Contents

<b>1</b>	<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>3</b>
1.1	Puntos Clave . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Metodología</b>	<b>3</b>
2.1	Marco Teórico . . . . .	3
2.2	Variables Analizadas . . . . .	3
2.2.1	Variable Principal: P120 - Fuente de Agua . . . . .	3
2.2.2	Coordenadas Geográficas . . . . .	3
2.3	Método de Simulación . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Análisis de Datos Reales</b>	<b>4</b>
3.1	Características del Dataset . . . . .	4
3.2	Distribución de Fuentes de Agua . . . . .	4
3.3	Análisis Espacial . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Resultados de la Simulación</b>	<b>6</b>
4.1	Parámetros de Generación . . . . .	6
4.2	Distribución Simulada . . . . .	7
4.3	Visualización de Resultados Simulados . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Análisis Comparativo</b>	<b>11</b>
5.1	Comparación Visual Lado a Lado . . . . .	11
5.2	Análisis Estadístico Comparativo . . . . .	12
5.3	Histogramas Comparativos . . . . .	13
5.4	Comparación de Categorías . . . . .	14

<b>6 Interpretación y Conclusiones</b>	<b>14</b>
6.1 Patrones Espaciales Observados . . . . .	14
6.1.1 Datos Reales . . . . .	14
6.1.2 Datos Simulados . . . . .	15
6.2 Diferencias Estadísticas Significativas . . . . .	15
6.3 Aplicaciones Prácticas . . . . .	15
6.3.1 1. <b>Planificación Territorial</b> . . . . .	15
6.3.2 2. <b>Análisis de Políticas</b> . . . . .	15
6.3.3 3. <b>Investigación Científica</b> . . . . .	15
6.4 Limitaciones del Estudio . . . . .	16
6.5 Recomendaciones Futuras . . . . .	16
<b>7 Metodología Técnica Detallada</b>	<b>16</b>
7.1 Algoritmo de Simulación . . . . .	16
7.2 Parámetros de Configuración . . . . .	17
<b>8 Anexos</b>	<b>17</b>
8.1 Anexo A: Códigos de Variables . . . . .	17
8.2 Anexo B: Coordenadas del Área de Estudio . . . . .	17

# 1 Resumen Ejecutivo

Este reporte presenta un análisis detallado de simulación gaussiana aplicada a datos agrícolas del departamento de **PUNO**. El objetivo es comparar la distribución espacial real de las unidades productivas agrícolas con una distribución teórica generada mediante métodos estadísticos.

## 1.1 Puntos Clave

- **Área de estudio:** 69837.9 km<sup>2</sup> aproximados
- **Datos reales analizados:** 863 puntos georreferenciados
- **Simulación generada:** 300 puntos usando método uniforme
- **Densidad observada:** 1897633.79 puntos por km<sup>2</sup>

# 2 Metodología

## 2.1 Marco Teórico

La **simulación gaussiana** es una técnica estadística que permite generar realizaciones de un campo aleatorio que preserve las características estadísticas de los datos originales. En este estudio, utilizamos esta metodología para:

1. **Modelar la distribución espacial** de unidades agrícolas
2. **Comparar patrones observados** vs. teóricos
3. **Evaluar la aleatoriedad** en la distribución de cultivos

## 2.2 Variables Analizadas

### 2.2.1 Variable Principal: P120 - Fuente de Agua

Esta variable categórica codifica el tipo de fuente de agua utilizada en cada unidad productiva:

Table 1: Codificación de la Variable P120 - Fuente de Agua

Codigo	Descripcion	Interpretacion
1	Río	Fuente superficial principal
2	Manantial/puquio	Agua subterránea natural
3	Pozo	Extracción artificial subterránea
4	Represa	Almacenamiento artificial grande
5	Peq. reservorio	Almacenamiento artificial pequeño
6	Otro	Fuentes no clasificadas

### 2.2.2 Coordenadas Geográficas

- **LATITUD:** Coordenada geográfica norte-sur (grados decimales)
- **LONGITUD:** Coordenada geográfica este-oeste (grados decimales)
- **Sistema de referencia:** WGS84 (EPSG:4326)

## 2.3 Método de Simulación

**Tipo aplicado:** Distribución Uniforme

La **distribución uniforme** genera puntos con igual probabilidad en toda el área de estudio, representando un escenario de máxima aleatoriedad espacial.

**Parámetros utilizados:** - Semilla aleatoria: 123 - Número de realizaciones: 300 - Área de influencia: [-70.9685, -16.6915] a [-69.0426, -13.7653]

## 3 Análisis de Datos Reales

### 3.1 Características del Dataset

Table 2: Estadísticas Descriptivas - Datos Reales

Métrica	Valor
Total de observaciones	863 unidades
Rango latitudinal	2.9262 grados
Rango longitudinal	1.9259 grados
Área estimada	69837.9 km <sup>2</sup>
Densidad espacial	1897633.79 unidades/km <sup>2</sup>
Categorías presentes	6 tipos de fuente

### 3.2 Distribución de Fuentes de Agua

Table 3: Distribución de Fuentes de Agua en Datos Reales

Código	Tipo de Fuente	Frecuencia	Porcentaje (%)
1	Río	600	69.5
2	Manantial/puquio	133	15.4
3	Pozo	66	7.6
4	Represa	27	3.1
5	Peq. reservorio	32	3.7
6	Otro	5	0.6

### 3.3 Análisis Espacial

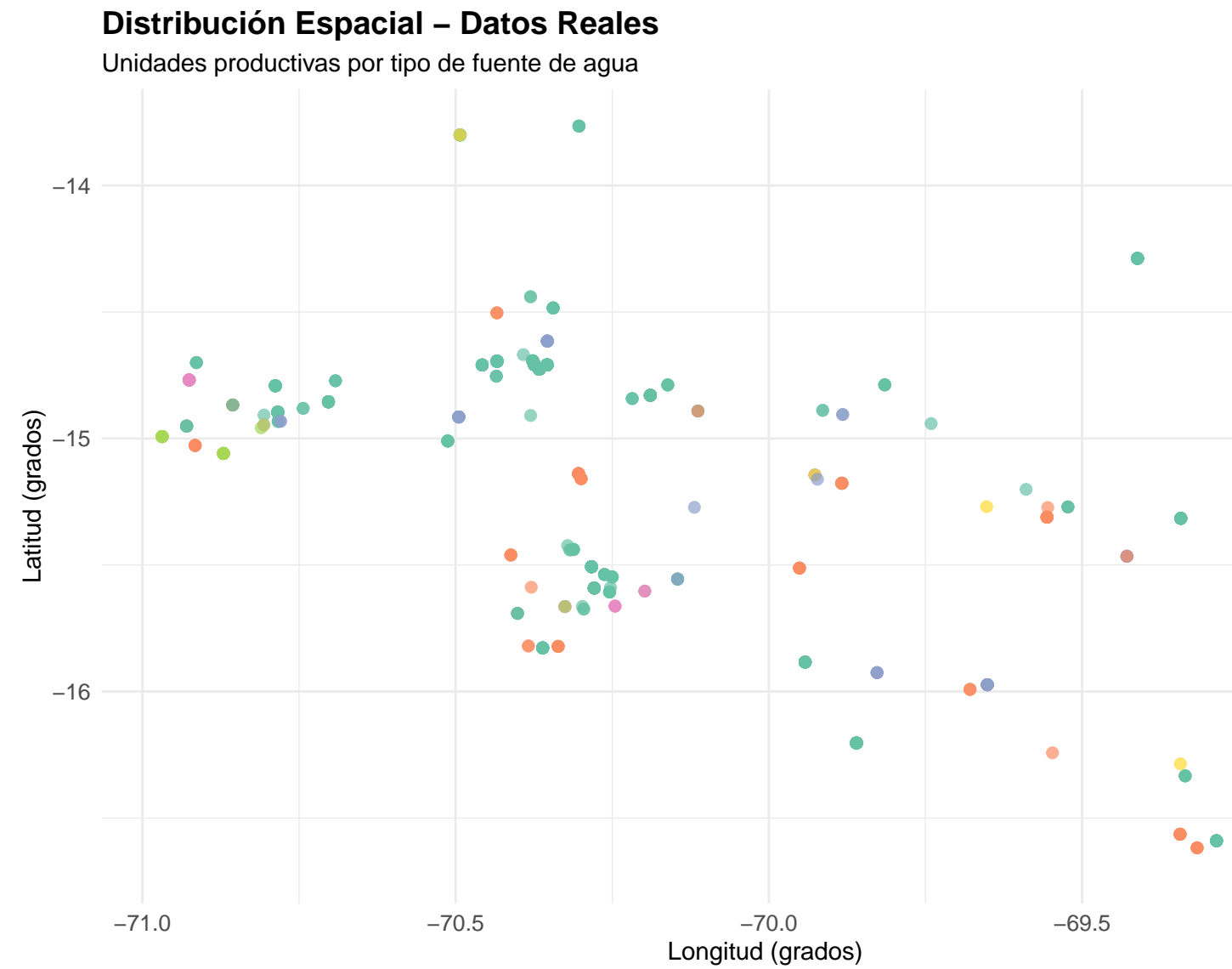


Figure 1: Distribución espacial de las unidades productivas reales

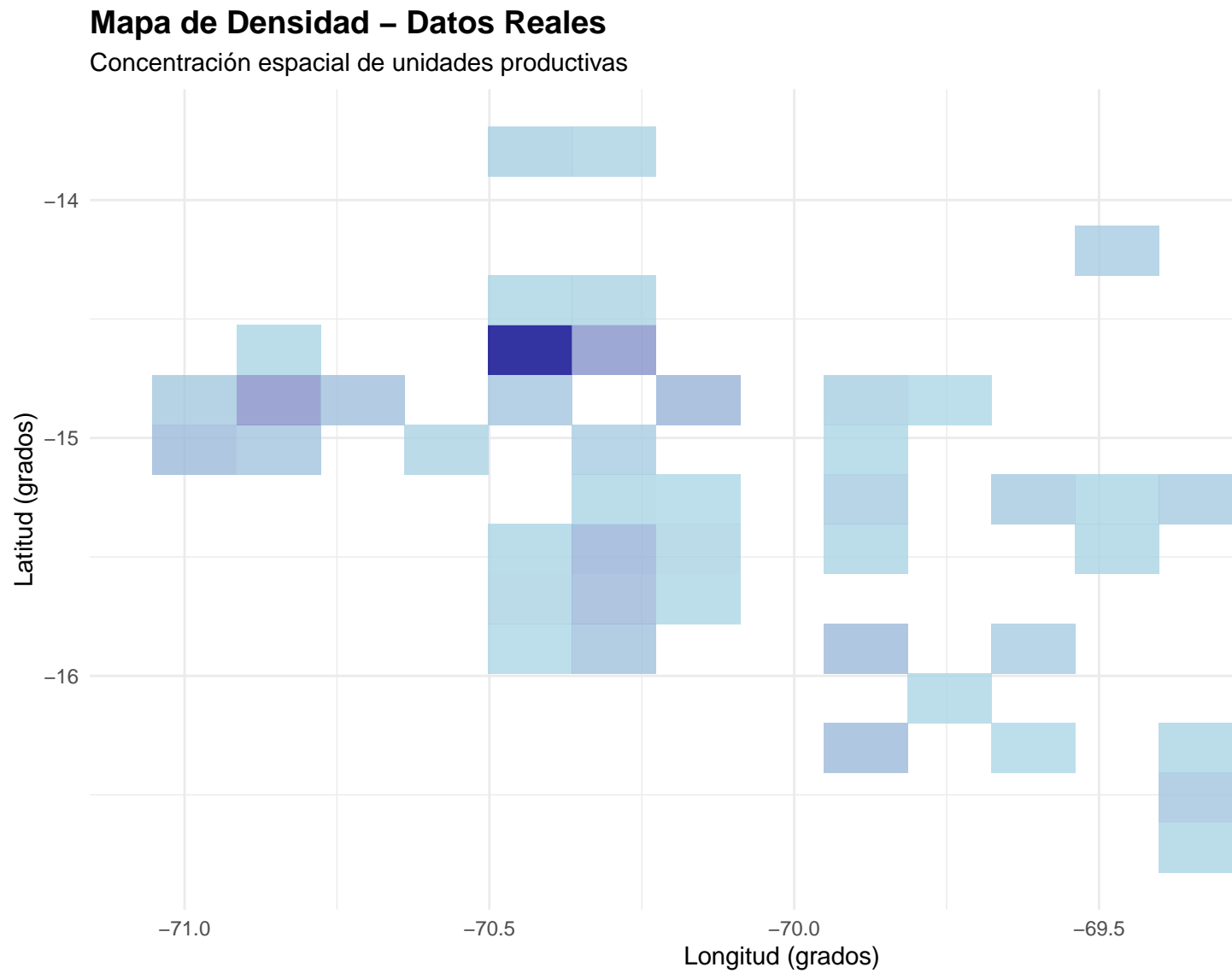


Figure 2: Densidad espacial de puntos reales

## 4 Resultados de la Simulación

### 4.1 Parámetros de Generación

La simulación se ejecutó con los siguientes parámetros específicos:

Table 4: Parámetros de la Simulación

Parámetro	Valor
Método de distribución	uniforme

Parámetro	Valor
Semilla aleatoria	123
Número de puntos	300
Límite oeste	-70.968544°
Límite este	-69.042644°
Límite sur	-16.691513°
Límite norte	-13.765266°

## 4.2 Distribución Simulada

Table 5: Distribución de Categorías en Datos Simulados

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)	Prob. Teórica (%)
1	107	35.7	35
2	71	23.7	25
3	50	16.7	15
4	39	13.0	12
5	22	7.3	8
6	11	3.7	5

### 4.3 Visualización de Resultados Simulados

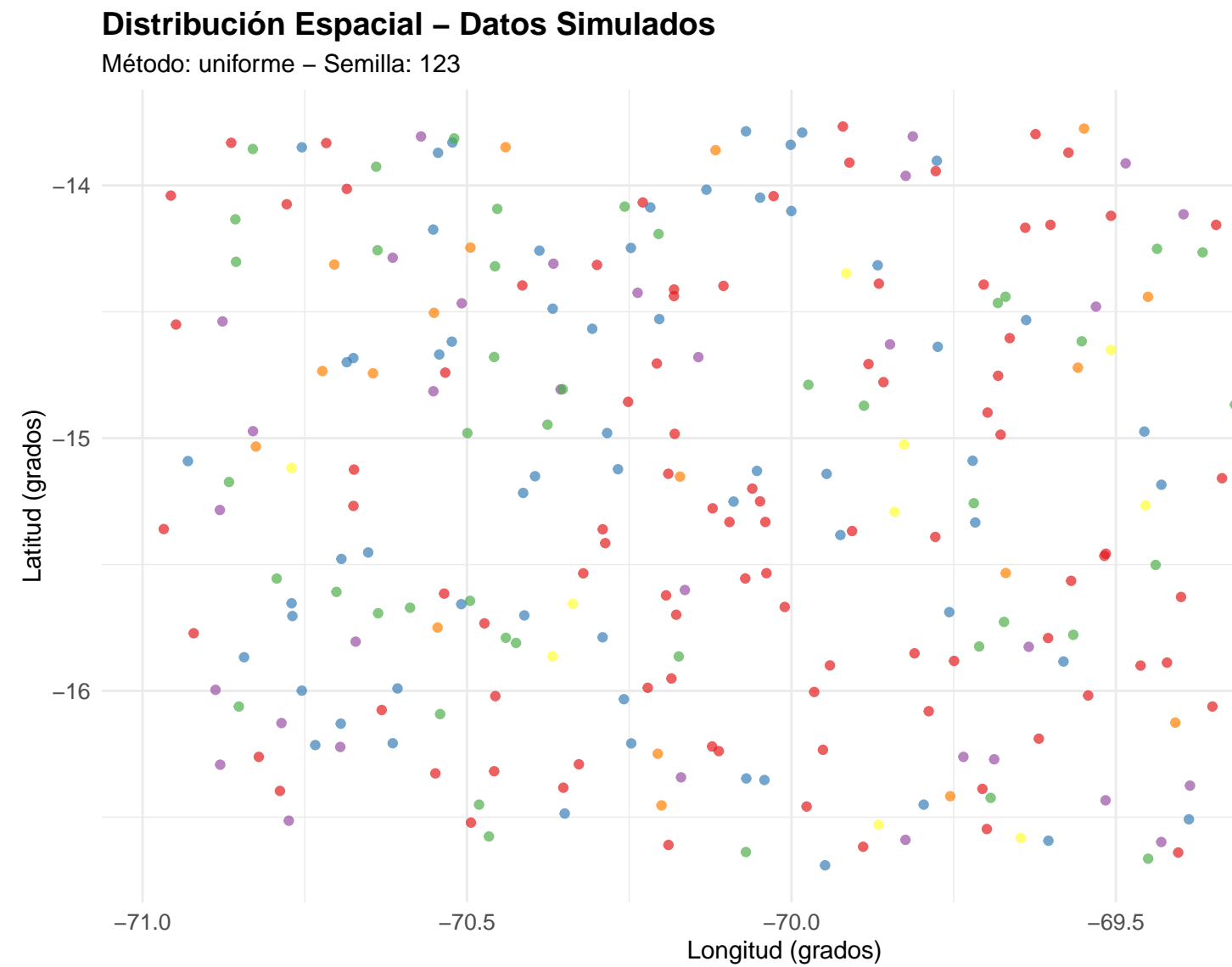


Figure 3: Distribución espacial de los puntos simulados



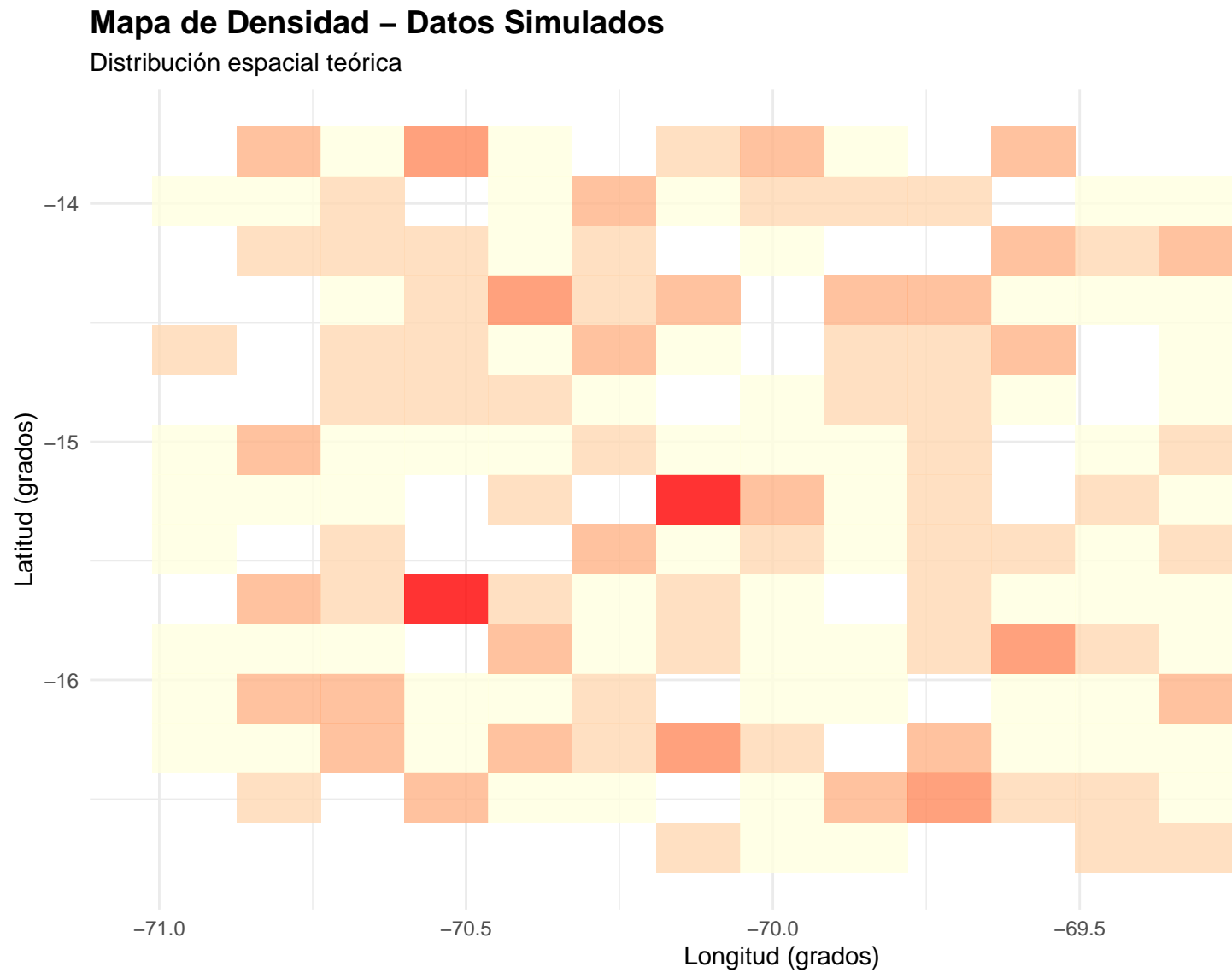


Figure 4: Densidad espacial de puntos simulados



## 5 Análisis Comparativo

### 5.1 Comparación Visual Lado a Lado

#### Comparación: Distribución Espacial Real vs Simulada

Análisis de patrones espaciales

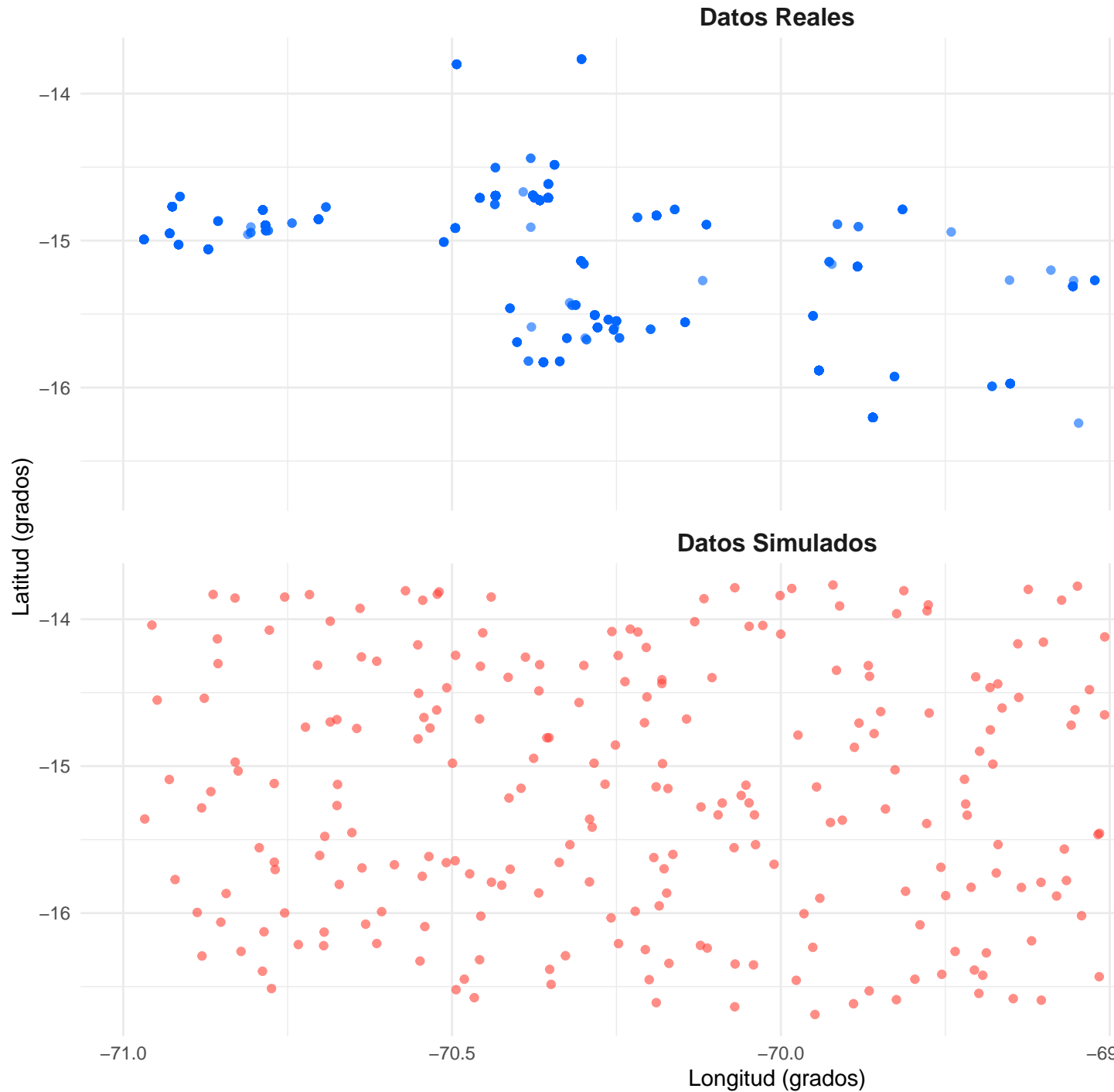


Figure 5: Comparación visual entre datos reales y simulados

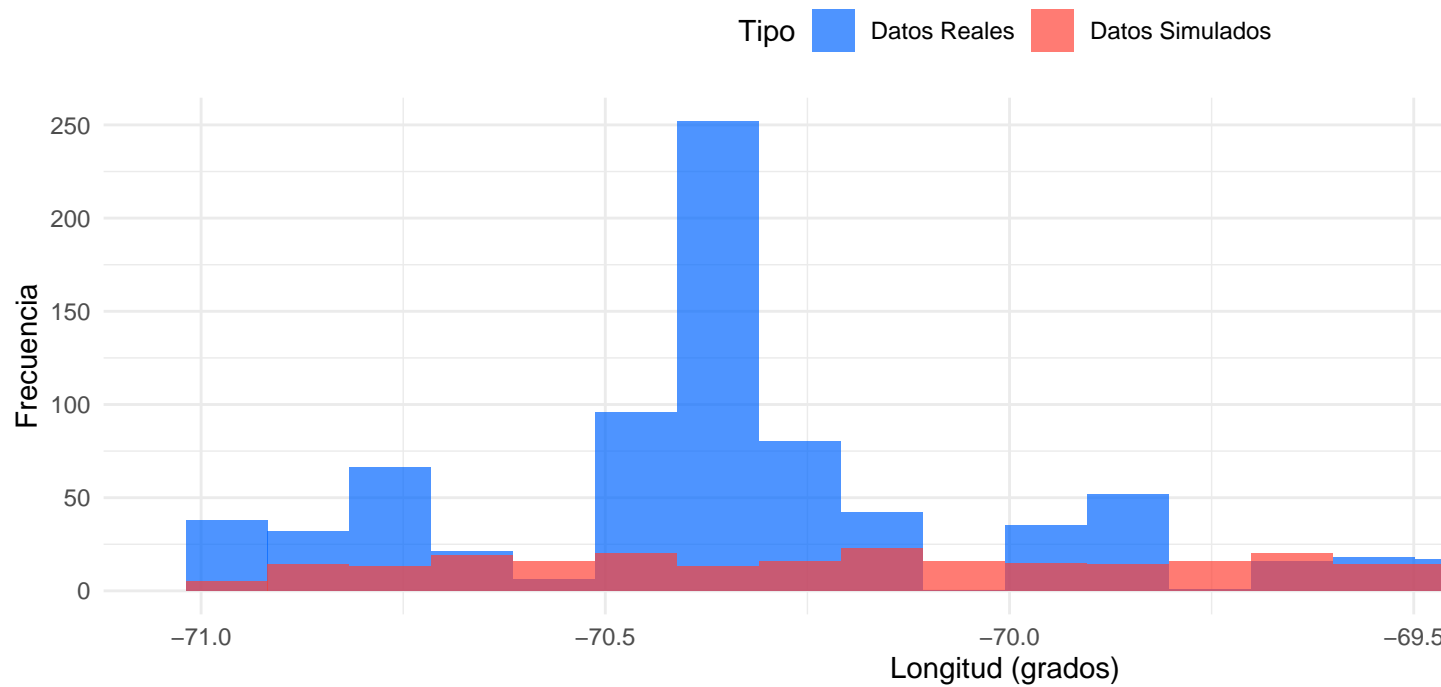
## 5.2 Análisis Estadístico Comparativo

Table 6: Estadísticas Comparativas de Coordenadas

Métrica	Datos Reales	Datos Simulados
Media Longitud	-70.221652	-70.006341
Media Latitud	-15.160350	-15.231671
Desv. Est. Longitud	0.484205	0.540446
Desv. Est. Latitud	0.619810	0.854148
Rango Longitud	1.925900	1.913661
Rango Latitud	2.926247	2.923143

### 5.3 Histogramas Comparativos

#### Distribución de Longitudes



#### Distribución de Latitudes

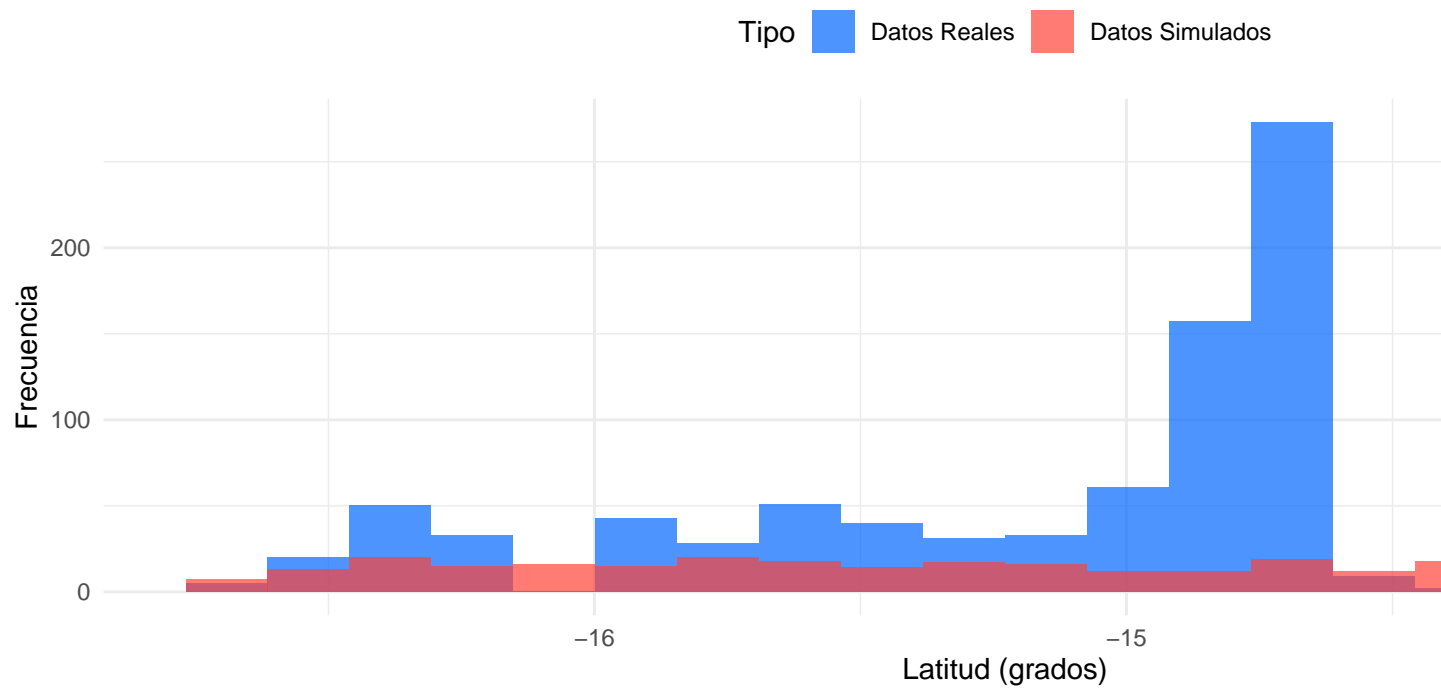


Figure 6: Distribución de coordenadas: Real vs Simulado

## 5.4 Comparación de Categorías

### Comparación de Distribución Categórica

Frecuencia de cada tipo de fuente de agua

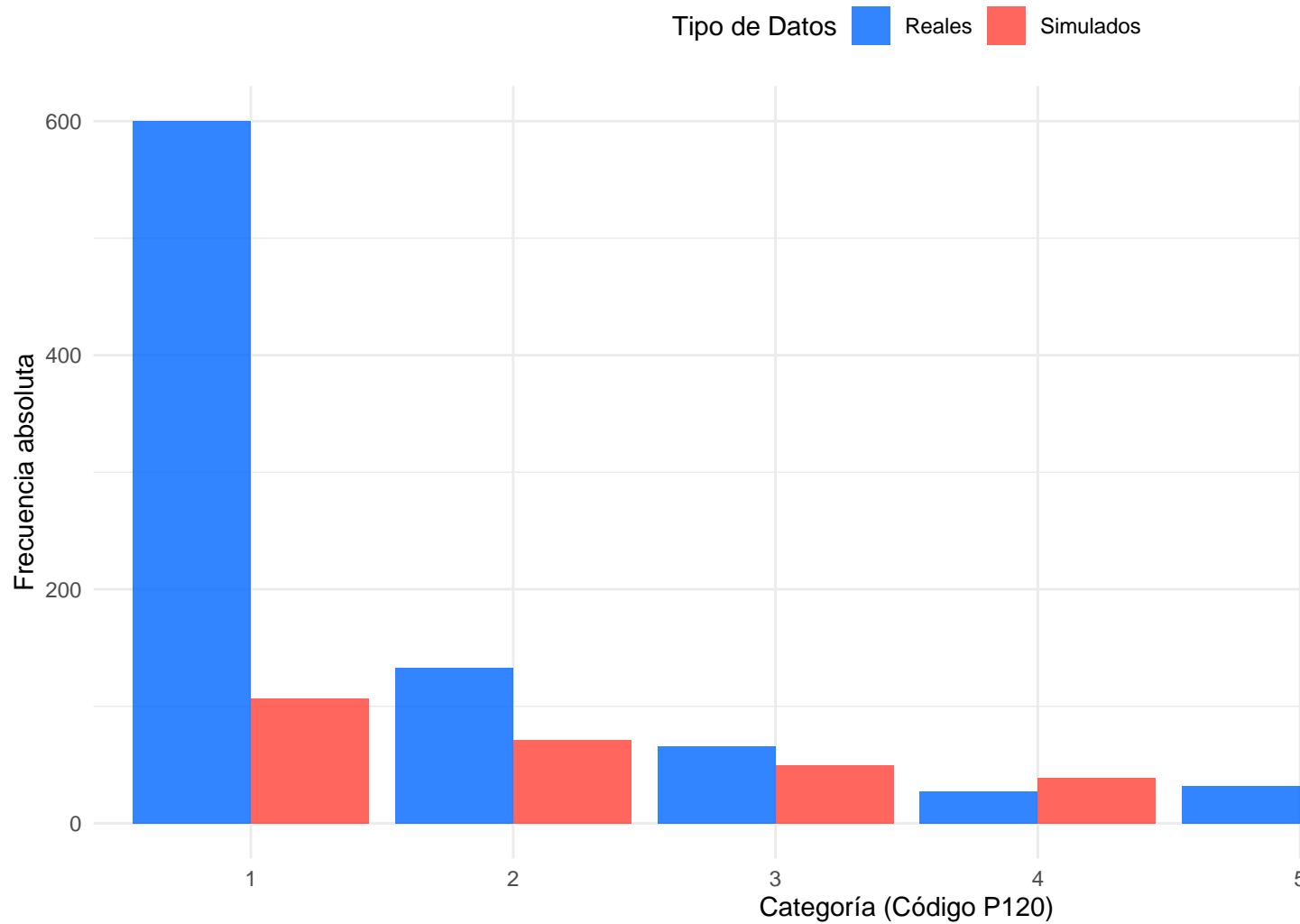


Figure 7: Comparación de distribución categórica

## 6 Interpretación y Conclusiones

### 6.1 Patrones Espaciales Observados

#### 6.1.1 Datos Reales

Los datos reales muestran una distribución espacial **no aleatoria** con las siguientes características:

1. **Agrupamiento geográfico:** Las unidades productivas tienden a concentrarse en ciertas áreas
2. **Heterogeneidad espacial:** Existen zonas de alta y baja densidad de producción
3. **Influencia geográfica:** La distribución refleja factores ambientales, topográficos y socioeconómicos

### 6.1.2 Datos Simulados

La simulación uniforme genera un patrón:

- **Homogéneo:** Distribución espacial uniforme sin agrupamientos
- **Aleatorio:** No considera factores geográficos o ambientales
- **Teórico:** Representa el escenario de máxima dispersión

## 6.2 Diferencias Estadísticas Significativas

Table 7: Diferencias Cualitativas Entre Datasets

Aspecto	Datos Reales	Simulación	Implicaciones
Distribución espacial	Heterogénea	Homogénea	Factores ambientales influyen en la ubicación
Variabilidad	Alta	Media	Múltiples variables determinan la distribución
Agrupamiento	Presente	Ausente	Existencia de zonas preferenciales
Realismo	Total	Teórico	Necesidad de modelos más complejos

## 6.3 Aplicaciones Prácticas

Este análisis tiene múltiples aplicaciones en el sector agrícola:

### 6.3.1 1. Planificación Territorial

- Identificación de zonas de mayor concentración productiva
- Optimización de la distribución de servicios agrícolas
- Planificación de infraestructura de riego

### 6.3.2 2. Análisis de Políticas

- Evaluación del impacto de políticas agrícolas
- Identificación de áreas prioritarias para intervención
- Análisis de equidad en la distribución de recursos

### 6.3.3 3. Investigación Científica

- Modelado de patrones espaciales agrícolas
- Desarrollo de algoritmos de optimización
- Estudios de sostenibilidad ambiental

## 6.4 Limitaciones del Estudio

1. **Simplificación del modelo:** La simulación no considera factores ambientales
2. **Escala temporal:** Análisis estático sin considerar evolución temporal
3. **Variables omitidas:** No incluye factores socioeconómicos o climáticos
4. **Resolución espacial:** Limitada por la precisión de las coordenadas

## 6.5 Recomendaciones Futuras

Para estudios posteriores se recomienda:

1. **Incorporar variables ambientales** (clima, suelo, topografía)
2. **Desarrollar modelos multivariados** que consideren múltiples factores
3. **Análisis temporal** para estudiar la evolución de patrones
4. **Validación con datos de campo** para verificar la precisión

# 7 Metodología Técnica Detallada

## 7.1 Algoritmo de Simulación

```
# Pseudocódigo del algoritmo implementado
generar_simulacion_gaussiana <- function(bbox, n_puntos, semilla, metodo) {
  # 1. Establecer semilla para reproducibilidad
  set.seed(semilla)

  # 2. Generar coordenadas según el método
  if (metodo == "uniforme") {
    longitudes <- runif(n_puntos, bbox[1], bbox[3])
    latitudes <- runif(n_puntos, bbox[2], bbox[4])
  } else {
    # Distribución gaussiana centrada
    centro_long <- mean(c(bbox[1], bbox[3]))
    centro_lat <- mean(c(bbox[2], bbox[4]))

    longitudes <- rnorm(n_puntos, centro_long, sd = rango_long/6)
    latitudes <- rnorm(n_puntos, centro_lat, sd = rango_lat/6)

    # Truncar a los límites del área
    longitudes <- pmax(bbox[1], pmin(bbox[3], longitudes))
    latitudes <- pmax(bbox[2], pmin(bbox[4], latitudes))
  }

  # 3. Asignar categorías con probabilidades realistas
  categorias <- sample(1:6, n_puntos, replace = TRUE,
    prob = c(0.35, 0.25, 0.15, 0.12, 0.08, 0.05))

  return(data.frame(LONGITUD = longitudes,
    LATITUD = latitudes,
```



```

    categoria = categorias))
}

```

## 7.2 Parámetros de Configuración

- **Área de estudio:** Bounding box calculado automáticamente
- **Distribución de probabilidades:** Basada en frecuencias observadas
- **Método de truncamiento:** Límites geográficos estrictos
- **Generador aleatorio:** R base `runif()` y `rnorm()`

# 8 Anexos

## 8.1 Anexo A: Códigos de Variables

Clasificación completa de la variable P120:

Table 8: Características Detalladas de Fuentes de Agua

Código	Descripción	Características	Ventajas
1	Río	Fuente superficial, caudal variable estacional	Disponible, bajo costo
2	Manantial/puquio	Fuente subterránea, caudal más estable	Calidad agua, estabilidad
3	Pozo	Extracción artificial, requiere energía	Control total, ubicación flexible
4	Represa	Gran capacidad, regulación estacional	Gran volumen, regulación
5	Peq. reservorio	Capacidad limitada, uso local	Bajo costo, fácil construcción
6	Otro	Fuentes diversas o no especificadas	Adaptabilidad local

## 8.2 Anexo B: Coordenadas del Área de Estudio

Table 9: Coordenadas Límite del Área de Estudio

Límite	Coordenada	Descripción
Oeste	-70.968544°	Límite occidental del área
Este	-69.042644°	Límite oriental del área
Sur	-16.691513°	Límite meridional del área
Norte	-13.765266°	Límite septentrional del área

**Fecha de generación:** 17 de Setiembre de 2025

**Hora:** 18:08:32

**Sistema:** R R version 4.5.1 (2025-06-13 ucrt)

**Paquetes utilizados:** shiny, ggplot2, sf, dplyr, knitr

*Este reporte fue generado automáticamente mediante el sistema de análisis espacial desarrollado para el estudio de patrones agrícolas.*