



**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
DEPARTAMENTO DE SUELOS Y AGUA**

**“ENFOQUE DE INTEGRACIÓN DE DATOS PARA ANALIZAR LA
INFLUENCIA DE VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS EN EL pH DEL SUELO
DE LAS PROVINCIAS DE HERRERA Y LOS SANTOS”**

POR:

EYMMIS GRISELLE JAÉN GONZÁLEZ

CIP: 8-930-207

**TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA
OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS
EN MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**

**PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
2026**

APROBACIÓN
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

EYMMIS GRISELLE JAÉN GONÁLEZ

CIP: 8-930-207

**“ENFOQUE DE INTEGRACIÓN DE DATOS PARA ANALIZAR LA
INFLUENCIA DE VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS EN EL pH DEL SUELO
DE LAS PROVINCIAS DE HERRERA Y LOS SANTOS”**

COMITÉ EVALUADOR:

PROF. PHD. JOSÉ VILLARREAL

DIRECTOR

PROF. MGTR. LEANNE URRIOLA

ASESOR

PROF. MGTR. CRISTINA GÓMEZ

ASESOR

PROF. MGTER. LEANNE URRIOLA

**COORDINADOR DE LA
MAESTRÍA**

Panamá, República de Panamá

2026

DEDICATORIA

A mi padre, Máximino Jaén (Q.E.P.D.), cuyo ejemplo permanece como guía en mi vida; a mi madre, Abigail González; a mi hermana, Vivian Jaén; y a José Ricardo Zhu, por acompañarme con paciencia, amor, fortaleza y motivación.

A mi querido primo, Julio César Hinds (Q.E.P.D.), cuya huella, consejos y cariño siguen presentes en mi camino.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento y culminar este trabajo.

Al Dr. José Ezequiel Villarreal, asesor principal, por su disposición, acompañamiento y valiosos consejos durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Carlos Him, por su apoyo constante.

De igual forma, deseo expresar mi agradecimiento de manera especial a la Dra. Esperanza González y a la Mgtr. Luz Medina, quienes me brindaron su confianza, orientación y apoyo permanente durante este proceso.

RESUMEN

Este estudio analiza la variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos y evalúa la influencia conjunta de propiedades edáficas, variables climáticas promedio, profundidad y cobertura del suelo. Se integraron datos de 261 calicatas (2015-2018) con cuatro estratos (0-20, 21-60, 60-100 y 100-120 cm), generando 1044 observaciones, y promedios climáticos (2017-2024) de 15 estaciones del IDIAP (precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa máxima). Se aplicaron estadísticos descriptivos por profundidad, comparación por cobertura (bosque vs. agrícola) mediante Mann-Whitney U, correlaciones de Pearson (global y por estrato) y un modelo Random Forest para estimar desempeño e importancia relativa de predictores, además de la predicción climática del pH y el residuo espacial (ΔpH).

Los resultados indican que el pH es predominantemente ligeramente ácido, con variación vertical limitada: la mediana se mantiene en 5.4 en todos los estratos y los promedios difieren levemente entre profundidades. El pH se asocia negativamente con la precipitación ($r = -0.35$) y la humedad relativa máxima ($r = -0.52$), y positivamente con la temperatura mínima ($r = 0.57$), con patrones consistentes a lo largo del perfil. La cobertura boscosa presenta medianas ligeramente mayores y menor dispersión que el uso agrícola, aunque sin diferencias significativas por profundidad ($p > 0.05$). Las relaciones pH-suelo muestran controles químicos dominantes: correlación negativa con aluminio intercambiable ($r = -0.57$) y saturación de aluminio ($r = -0.49$), y positiva con saturación de bases ($r = 0.49$). El Random Forest presentó alto desempeño ($R^2 = 0.89$; MAE = 0.12; RMSE = 0.16) e identificó al Al como predictor principal, seguido por aportes relevantes de variables climáticas (precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa máxima), mientras que profundidad y cobertura tuvieron influencia marginal. El patrón espacial muestra núcleos más ácidos en Las Minas, Ocú y Santa María; el pH estimado por clima reproduce el gradiente regional y el ΔpH evidencia zonas con desviaciones sistemáticas que sugieren efectos edáficos locales. Como limitación, la no correspondencia temporal entre datos edáficos y climáticos restringe inferencias temporales y prioriza la interpretación espacial.

Palabras claves: pH del suelo, variabilidad espacial, aluminio intercambiable, saturación de bases, variables edáficas, variables climáticas, análisis multivariado, Random Forest, residuo espacial del pH.

ABSTRACT

This study analyzes the variability of soil pH in the provinces of Herrera and Los Santos and evaluates the combined influence of edaphic properties, average climatic variables, soil depth, and land cover. Data from 261 soil pits (2015-2018) with four depth intervals (0-20, 21-60, 60-100, and 100-120 cm) were integrated, generating 1,044 observations, together with climatic averages (2017-2024) from 15 IDIAP meteorological stations (precipitation, minimum temperature, maximum temperature, minimum relative humidity, and maximum relative humidity). Descriptive statistics by depth, land cover comparison (forest vs. agricultural) using the Mann-Whitney U test, Pearson correlations (global and by depth), and a Random Forest model were applied to estimate model performance and the relative importance of predictors. In addition, the climatic prediction of soil pH and the spatial residual (ΔpH) were obtained.

The results indicate that soil pH is predominantly slightly acidic, with limited vertical variation: the median remains at 5.4 across all depth intervals and mean values differ only slightly among depths. Soil pH is negatively associated with precipitation ($r = -0.35$) and maximum relative humidity ($r = -0.52$) and positively associated with minimum temperature ($r = 0.57$), with consistent patterns throughout the soil profile. Forest cover shows slightly higher median pH values and lower dispersion than agricultural land use, although without significant differences by depth ($p > 0.05$). Soil pH–soil relationships reveal dominant chemical controls: negative correlation with exchangeable aluminum ($r = -0.57$) and aluminum saturation ($r = -0.49$), and positive correlation with base saturation ($r = 0.49$). The Random Forest model showed high performance ($R^2 = 0.89$; MAE = 0.12; RMSE = 0.16) and identified exchangeable Al as the main predictor, followed by relevant contributions from climatic variables (precipitation, minimum temperature, maximum temperature, minimum relative humidity, and maximum relative humidity), whereas depth and land cover had marginal influence. The spatial pattern shows more acidic cores in Las Minas, Ocú, and Santa María; the climate-based predicted pH reproduces the regional gradient and ΔpH highlights areas with systematic deviations that suggest local edaphic effects. As a limitation, the lack of temporal correspondence between edaphic and climatic data restricts temporal inferences and prioritizes spatial interpretation.

Keywords: soil pH, spatial variability, exchangeable aluminum, base saturation, edaphic variables, climatic variables, multivariate analysis, Random Forest, spatial pH residual.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2. ANTECEDENTES	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	9
1.4. OBJETIVOS	10
1.5. HIPÓTESIS.....	11
1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. PROPIEDADES DEL SUELO.....	13
2.1.1 pH del Suelo.....	13
2.1.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	13
2.1.3 Porcentaje de Saturación de Bases.....	14
2.1.4 Nutrientes para las Plantas	14
2.1.5 Carbono Orgánico del Suelo	15
2.1.6 Nitrógeno del Suelo	16
2.1.7 La Salinización del Suelo.....	16
2.1.8 La Alcalinización del Suelo	17
2.1.9 Densidad Aparente.....	17
2.2. VARIABLES CLIMÁTICAS.....	17

2.3.	EFFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA	19
2.3.1	Clima de Panamá	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO Y FUENTE DE DATOS	22
3.2.	DESCRIPCIÓN DE DATOS.....	24
3.2.1	Datos Edáficos	24
3.2.2	Datos Climáticos	25
3.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	29
3.3.1	Propiedades edáficas consideradas	29
3.3.2	Variables climáticas consideradas	29
3.3.3	Profundidad del suelo como variable categórica	31
3.4.	METODOLOGÍA	32
3.4.1	Depuración y organización de base de datos	32
3.4.2	Entorno de trabajo para el análisis	33
3.4.3	Definición de categorías de profundidad del suelo	33
3.4.4	Distribución del pH del suelo por profundidad.....	34
3.4.5	Influencia de la cobertura del suelo sobre el pH.....	34
3.4.6	Relaciones entre el pH del suelo y las propiedades edáficas	36
3.4.7	Análisis de correlación entre pH y variables climáticas	37
3.4.8	Preparación del modelo de análisis multivariado (Random Forest)	38
3.4.9	Análisis multivariado mediante Random Forest.....	39
3.4.10	Análisis de la influencia climática sobre el pH del suelo mediante modelación predictiva.....	39
3.4.11	Patrón espacial de la influencia climática en la predicción del pH del suelo 40	
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS DE PROFUNDIDAD EL SUELO	41
4.2	DISTRIBUCIÓN DEL pH DEL SUELO POR PROFUNDIDAD.....	42
4.3	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE pH Y VARIABLES CLIMÁTICAS 43	
4.4	INFLUENCIA DE LA COBERTURA DEL SUELO SOBRE EL pH	49

4.5	RELACIONES ENTRE EL pH DEL SUELO Y LAS PROPIEDADES EDÁFICAS	53
4.6	ANÁLISIS MULTIVARIADO MEDIANTE RANDOM FOREST	55
4.7	IMPLICACIONES EDÁFICAS Y CLIMÁTICAS SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL pH DEL SUELO	58
4.8	PATRÓN ESPACIAL DE LA INFLUENCIA CLIMÁTICA EN LA PREDICCIÓN DEL pH DEL SUELO	60
5.	CONCLUSIONES	66
6.	RECOMENDACIONES	69
7.	BIBLIOGRAFÍA	70
8.	ANEXOS	77
8.1	ANEXO 1. BASE DE DATOS	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías de profundidad de suelo	41
Cuadro 2. Contenido de MO del suelo según clases de temperatura mínima.....	44
Cuadro 3. Resultados de la prueba de Mann-Whitney U para la comparación del pH del suelo entre coberturas por profundidad.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Regional	22
Figura 2. Ubicación de calicatas y estaciones meteorológicas	23
Figura 3. Mapas de temperatura (°C).....	30
Figura 4. Mapas de humedad relativa (%)	31
Figura 5. Mapas de elevación (m) y precipitación (mm).....	31
Figura 6. Distribución de pH del para cada categoría de profundidad	42
Figura 7. Matriz de correlación global entre pH del suelo y variables climáticas.....	43
Figura 8. Distribución de la MO según clases de temperatura mínima	45
Figura 9. Matrices de correlación pH-clima por profundidad	46
Figura 10. pH del suelo vs. precipitación por profundidad.....	47
Figura 11. pH del suelo vs. temperatura mínima por profundidad	48
Figura 12. pH del suelo vs. humedad relativa máxima por profundidad.....	48
Figura 13. Distribución del pH del suelo según el uso o cobertura	49
Figura 14. Distribución del pH del suelo según cobertura y profundidad	50
Figura 15. Matriz de correlación pH del suelo vs. propiedades edáficas.....	53
Figura 16. Importancia de variables en el modelo Random Forest	56
Figura 17. Mapa de pH observado en campo.....	61
Figura 18. Mapa de pH estimado.....	63
Figura 19. Mapa del residuo del modelo (Δ pH)	64

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Al	Aluminio
B	Boro
C	Carbono
Ca	Calcio
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
Cl	Cloro
cmolc/kg	Centimoles de carga por kilogramo de suelo
CO ₂	Dióxido de carbono
COS	Carbono orgánico del suelo
°C	Grados Celsius
Cu	Cobre
Fe	Hierro
H	Hidrógeno
H ⁺	Ión hidrógeno
IDIAP	Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
K	Potasio
kg	Kilogramo
Mg	Magnesio
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente de Panamá
mm	Milímetros
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
MO	Materia orgánica
msnm	Metros sobre el nivel del mar
meq/100 g	Miliequivalentes por 100 gramos de suelo
N	Nitrógeno
N ₂	Nitrógeno molecular
N ₂ O	Óxido nitroso
Na	Sodio
NH ₃	Amoníaco
NH ₄ ⁺	Amonio
NO	Óxido nítrico
NO ₂	Dióxido de nitrógeno

NO_3^-	Nitrato
OH^-	Ión hidroxilo
OMM	Organización Meteorológica Mundial
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrógeno
S	Azufre
Sat. Al	Saturación de aluminio
Sat. Bases	Saturación de bases
Zn	Zinc

1. INTRODUCCIÓN

El suelo se forma por los efectos combinados de múltiples factores, y sus propiedades exhiben una alta heterogeneidad espacial (Huang et al., 2014). Entre las propiedades químicas más importantes, el pH del suelo muestra una variabilidad significativa en su distribución espacial debido a la influencia combinada de diversos factores (Lu et al., 2023). Además, el pH del suelo afecta la presencia y disponibilidad de nutrientes, fundamentales para la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas (Forkuor et al., 2017; Vandana et al., 2024). Estudiar la variación espacial del pH y comprender con precisión la información detallada de su distribución mediante métodos de predicción fiables y efectivos es de gran importancia para la clasificación y uso del suelo, la gestión de nutrientes y la planificación científica del uso del territorio (Meyer & Pebesma, 2021; Ozturk et al., 2024).

El pH del suelo está determinado por el equilibrio entre los cationes ácidos y no ácidos en las superficies coloidales, y por el balance entre los iones hidrógeno (H^+) y los iones hidróxido (OH^-) en la solución del suelo (N. Brady & Weil, 2016). Tanto los factores climáticos como los edáficos pueden modificar el pH del suelo al alterar el equilibrio entre cationes ácidos y no ácidos, o entre H^+ y OH^- en el suelo. Por ejemplo, se ha reportado que el pH del suelo presenta una fuerte asociación negativa con la cantidad de precipitación (Chytrý, 2001), principalmente debido al aumento de la lixiviación de cationes no ácidos (es decir, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) a lo largo del gradiente de precipitación.

El método tradicional de mapeo del pH del suelo incluye etapas como recopilación de datos, predicción en laboratorio, investigación de campo, interpretación en laboratorio, verificación en campo y delineación de límites, lo cual resulta laborioso y requiere mucho tiempo. El mapeo digital de suelos (DSM, por sus siglas en inglés), basado principalmente en el modelo suelo-paisaje, aprovecha las variaciones dentro del entorno edáfico, como las características del terreno y la vegetación. La distribución espacial de las propiedades del suelo se infiere mediante análisis espaciales en sistemas de información geográfica combinado con algoritmos matemáticos. Cuando se yuxtapone con los enfoques tradicionales de mapeo de suelos, el mapeo digital exhibe ventajas distintivas. Las metodologías más utilizadas en DSM incluyen regresión lineal, regresión lineal generalizada, geoestadística, regresión ponderada geográficamente (GWR, por sus siglas en inglés), clúster difuso y Random Forest, entre otras técnicas.

Si bien el uso de métodos estadísticos para mapeo digital de suelos puede ofrecer buenos resultados, estos no logran manejar eficazmente las relaciones no lineales entre las variables ambientales y las propiedades del suelo. En cambio, la aplicación de métodos de aprendizaje automático permite abordar adecuadamente esta limitación (Tanasa et al., 2010).

Recientemente, las técnicas de aprendizaje automático han ganado tracción significativa en el campo del mapeo digital de suelos. Varios estudios han informado sobre el uso de modelos de aprendizaje automático como Random Forest (RF), Support Vector Regression (SVR) y Classification Regression Trees para el mapeo digital de suelos (Ballabio, 2009; Kovačević et al., 2010). Estos métodos se han empleado en diversas investigaciones para

para predecir, clasificar y simular características del suelo, tales como tipos de suelo, humedad y otras propiedades.

Debido al gran número de factores ambientales que influyen en las propiedades del suelo, incrementar la cantidad de variables utilizadas en el modelado aumenta la complejidad computacional. Además, cuando el número de variables supera el óptimo, la precisión de las predicciones puede disminuir (Kohavi & John, 1997).

Seleccionar las variables ambientales adecuadas, construir modelos de aprendizaje automático más eficientes y realizar mapeos digitales efectivos son desafíos que requieren atención, y la selección de variables es clave para resolverlos. Los estudios han demostrado que la selección adecuada de variables ayuda a reducir el tiempo de ejecución del modelo y a mejorar su precisión, por lo que es necesario trabajar con un conjunto pequeño y óptimo de variables (Nilsson et al., 2007).

Las variables climáticas constituyen insumos fundamentales para el DSM, basados en la relación suelo-ambiente. Evaluar la influencia de las variables climáticas sobre el pH es clave para predecir las propiedades del suelo y comprender su relación con los factores ambientales. En este sentido, el aprendizaje automático ofrece un enfoque eficaz para mapear parámetros del suelo a partir de estas covariables.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de los suelos en las provincias de Herrera y Los Santos constituye un desafío creciente para la sostenibilidad de los sistemas productivos y la conservación de los recursos naturales, en un contexto caracterizado por alta variabilidad climática, presión por cambios en el uso del suelo y limitaciones en la información integrada disponible.

Si bien, existen datos edafológicos y climáticos generados tanto por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) como por otras instituciones, estos suelen analizarse de forma aislada, lo que dificulta comprender cómo interactúan las condiciones climáticas, las propiedades fisicoquímicas del suelo y la cobertura del suelo en la regulación de indicadores clave de fertilidad.

En este escenario, el pH del suelo emerge como un indicador integrador del estado químico del suelo, sensible tanto a procesos edáficos internos como a factores externos como el clima y el uso del suelo. Sin embargo, aún es limitado el conocimiento sobre los controles conjuntos que explican su variabilidad espacial y vertical en la región de Azuero, lo que restringe la identificación de áreas con mayor vulnerabilidad edáfica y la formulación de estrategias de manejo basadas en evidencia.

1.2. ANTECEDENTES

El pH es un regulador importante del suelo y está inevitablemente controlado por diferentes factores de formación del suelo (Fabian et al., 2014; Slessarev et al., 2016). Estudios previos han reportado que los factores asociados a las variaciones del pH del suelo difieren según la ubicación y la escala de análisis (Chen et al., 1997; Li et al., 2016; Moore et al., 1993; Slessarev et al., 2016). A escala global, los suelos provenientes de distintos climas presentan valores de pH diferenciados. Los suelos de climas áridos son comúnmente alcalinos, con valores elevados de pH, mientras que los suelos de climas húmedos suelen ser ácidos, con valores bajos de pH (Brady & Weil, 2008). La precipitación y la evapotranspiración potencial controlan las variaciones del pH del suelo a escala global (Slessarev et al., 2016). Adicionalmente, los efectos de los factores climáticos sobre las variaciones del pH del suelo también se observan a escala regional (Brady & Weil, 2008; Chytrý et al., 2007).

Por ejemplo (Ji et al., 2014) , a través de su estudio “*Controles climáticos y edáficos del pH del suelo en pastizales alpinos de la meseta tibetana, China*”, cuantificaron las relaciones entre el pH del suelo y factores tanto climáticos como edáficos en pastizales alpinos de la meseta tibetana utilizando datos obtenidos de un estudio regional de suelos durante el período 2001-2004. Los resultados demostraron que el pH del suelo disminuyó a lo largo del gradiente de temperatura media anual y precipitación. Asimismo, el pH del suelo mostró correlaciones negativas consistentes con la humedad y el contenido de limo. El análisis de partición de la variación indicó que la combinación de variables climáticas y edáficas explicó el 74.3% de la variación en la acidez del suelo.

Otros estudios, como el de (Valenzuela B. et al., 2018), en su investigación titulada *“Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia”*, evidenciaron que el clima y el uso del suelo tienen efectos sobre los procesos edáficos. Estos mismos factores condicionan la variabilidad de propiedades químicas del suelo, como el pH, tal como se observa en los resultados, donde los valores de pH en suelos de clima frío se ubican entre 5.07 y 6.99, abarcando condiciones de acidez ligera a cercanas a la neutralidad.

En esta misma línea, otros estudios como el de (Filippi et al., 2018), titulado *“Monitoreo digital del pH del suelo y del subsuelo con modelos lineales mixtos”*, tuvo por objetivo analizar la variación temporal del pH del suelo y del subsuelo bajo distintos usos de la tierra en una región semiárida irrigada del sur de Australia, utilizando datos de dos campañas de muestreo separadas por 13 años y modelos lineales mixtos bivariados (BLMM, por sus siglas en inglés). Los resultados evidenciaron una tendencia general de acidificación a lo largo del perfil del suelo, particularmente en el subsuelo, asociada a prácticas de manejo agrícola intensivo y al incremento del flujo de agua a través del perfil durante eventos de precipitación intensa, destacando la necesidad de monitorear la evolución del pH en profundidad a largo plazo.

A pesar de que existe evidencia sólida sobre la influencia del clima y el uso del suelo en las propiedades químicas del suelo, los estudios que analizan las variaciones del pH del suelo en tierras cultivadas a lo largo de diferentes horizontes edáficos y a escala regional siguen siendo limitados.

En este contexto, estudios como el desarrollado por (Zhang et al., 2019), denominado *“Factores que afectan las variaciones del pH del suelo en diferentes horizontes en regiones montañosas”*, tenía como objetivo analizar variabilidad del pH del suelo a lo largo de los horizontes A, B y C, y evaluar la influencia de factores topográficos, climáticos y del material parental sobre dicha variabilidad en una región montañosa del suroeste de China, mediante la aplicación de modelos de árboles de clasificación y regresión (CARTs, por sus siglas en inglés). Los resultados mostraron un incremento significativo del pH del suelo desde el horizonte A hacia el horizonte C, evidenciando una diferenciación vertical clara del pH en el perfil del suelo. Los modelos CARTs presentaron un buen desempeño predictivo en los tres horizontes, con valores de RMSE entre 0.37 y 0.435, RRMSE entre 5.93 y 7.23%, y coeficientes de determinación (R^2) que oscilaron entre 0.71 y 0.80.

Otros estudios como el de (Henríquez Salcedo, 2025), titulado *“Caracterización de la variación de pH en los suelos de los principales agroecosistemas de Chile”* analizó la variación espacial y temporal del pH del suelo en la zona centro-sur del país, entre las regiones de O’Higgins y Aysén, utilizando información histórica (1997–2005) y muestreos recientes (2020–2023), combinados con técnicas de mapeo digital de suelos y modelamiento Random Forest. Los resultados mostraron una alta variabilidad espacial del pH, con valores históricos entre 4.4 y 7.6 (media 5.89) y valores actuales entre 3.84 y 7.55 (media 5.78), evidenciando una mayor dispersión en el periodo reciente. Se identificaron suelos más alcalinos en las regiones centrales y más ácidos hacia el sur, así como tendencias locales de acidificación en zonas agrícolas intensivas y aumentos puntuales de pH en sectores del extremo sur. Aunque la variación temporal global no fue estadísticamente

significativa, el estudio destaca el rol del cambio climático y las presiones antrópicas en la distribución del pH, y resalta el potencial del mapeo digital de suelos para caracterizar propiedades edáficas a gran escala, especialmente en regiones con alta heterogeneidad ambiental.

Como se ha señalado anteriormente, existe amplia evidencia internacional sobre cómo las variables climáticas influyen en las propiedades químicas del suelo y en los usos del territorio. Sin embargo, a nivel nacional todavía no contamos con suficientes estudios que expliquen de manera clara qué factores modulan y controlan la variabilidad de estas propiedades en los suelos de Panamá.

Investigaciones como la desarrollada por (Villarreal & Ramos, 2024) titulada *“Caracterización de los suelos en áreas productivas de la región de Azuero-Panamá”* tuvo como objetivo caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos de áreas productivas de la región de Azuero, a fin de elaborar mapas digitales que sirvan de apoyo para la toma de decisiones por expertos. A partir de este análisis, generaron mapas para 12 propiedades del suelo y determinaron que gran parte de la región presenta suelos de mediana fertilidad, mientras que las áreas de mayor elevación exhiben suelos más ácidos que deberían mantenerse bajo cobertura forestal. Sin embargo, esta investigación no profundiza en la interacción edafoclimática.

Otra investigación más reciente que ha incluido variables climáticas es la desarrollada por (Gordón et al., 2026) denominada *“Variables climáticas que afectan el maíz según fechas de siembra en la región de Azuero”*, la cual tuvo como objetivo determinar el efecto de las

distintas variables climáticas en el cultivo del maíz. Los análisis de los componentes principales indicaron que a mayor población de plantas, precipitación y humedad relativa mayor es el potencial de rendimiento del cultivo. Por otro lado, variables climáticas como déficit de presión de vapor (VPD), evapotranspiración potencial, temperatura promedio, radiación solar y ultravioleta afectan negativamente al rendimiento de grano.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La comprensión de los factores que controlan la variabilidad del pH del suelo es fundamental para evaluar procesos de degradación, pérdida de fertilidad y resiliencia edáfica en regiones agrícolas y de cobertura boscosa. Integrar información edafológica (pH, CIC, cationes básicos, densidad aparente), climática (precipitación, temperaturas y humedad relativa) y de cobertura del suelo permite avanzar hacia una interpretación más robusta de los mecanismos que regulan la calidad del suelo.

Este estudio aporta un enfoque integrado y reproducible, combinando análisis estadísticos exploratorios y métodos multivariados de aprendizaje automático, que permite identificar los factores más influyentes en la variabilidad del pH del suelo. Los resultados generan insumos relevantes para la planificación territorial, el manejo sostenible del suelo y la priorización de acciones de restauración o conservación en zonas vulnerables, contribuyendo al fortalecimiento de la base técnica para la toma de decisiones en la región de Azuero.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Analizar la variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos y evaluar la influencia conjunta de las propiedades edáficas, las variables climáticas, la profundidad del suelo y la cobertura del suelo mediante análisis estadísticos y multivariados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la variabilidad del pH del suelo en función de la profundidad y la cobertura del suelo, identificando patrones a lo largo del perfil edáfico.
- Identificar los principales controles edáficos asociados a la variabilidad del pH del suelo.
- Evaluar la influencia de las variables climáticas promedio sobre la variabilidad del pH del suelo.

1.5. HIPÓTESIS

H1: La variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos está significativamente explicada por las propiedades edáficas y las variables climáticas, y existen diferencias relevantes en función de la profundidad y la cobertura del suelo.

HO: La variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos no está significativamente explicada por las propiedades edáficas ni por las variables climáticas, y no existen diferencias relevantes en función de la profundidad o la cobertura del suelo.

1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance de la investigación consistió en evaluar la variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos a partir de la integración de información edáfica y climática mediante herramientas estadísticas y análisis multivariado. El estudio se desarrolló con base en los datos de calicatas disponibles y en variables climáticas promedio de estaciones meteorológicas, lo que permitió caracterizar el comportamiento del pH a lo largo del perfil del suelo, reconocer su patrón de distribución espacial y determinar la contribución relativa de los factores que regulan su variabilidad en el área de estudio.

Los aspectos específicos comprendidos en la investigación estuvieron orientados a identificar los controles edáficos asociados al pH del suelo y a evaluar el papel de las variables climáticas como moduladores de su expresión espacial. En este sentido, la integración de ambos componentes permitió interpretar el comportamiento del pH en función del balance de cationes, la acidez intercambiable y las condiciones ambientales regionales, así como diferenciar su influencia frente a la profundidad y la cobertura del suelo dentro del conjunto de datos analizado.

La principal limitación del estudio está relacionada con la no correspondencia temporal entre la información edáfica y las variables climáticas utilizadas, ya que ambas provienen de periodos de registro diferentes. Esta condición restringe la evaluación de relaciones directas en el tiempo y orienta los resultados hacia la identificación de asociaciones espaciales y patrones de variabilidad, más que hacia la explicación de procesos dinámicos o cambios temporales del pH del suelo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PROPIEDADES DEL SUELO

2.1.1 pH del Suelo

El pH determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5.5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8.5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6.5 (FAO, 2009).

2.1.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La CIC es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o

pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/100g de suelo (FAO, 2009).

2.1.3 Porcentaje de Saturación de Bases

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (Ca, Mg, K y Na). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo de refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100% y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo (FAO, 2009).

2.1.4 Nutrientes para las Plantas

La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micronutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen C, H, N, P, K, Ca, Mg y S. Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas cantidades, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo y Cl (FAO, 2009).

2.1.5 Carbono Orgánico del Suelo

La vegetación fija el carbono de la atmosfera por fotosíntesis transportándolo a materia viva y muerta de las plantas. Los organismos del suelo descomponen esta materia transformándola a MOS.

El carbono se libera de la biomasa para la Materia Orgánica del Suelo (MOS), en organismos vivos por un cierto tiempo o se vuelve a emitir para la atmosfera por respiración de los organismos (organismos del suelo y raíces) en forma de dióxido carbono, CO_2 , o metano CH_4 , en condiciones de encharcamiento en el suelo. La MOS se encuentra en diferentes grados de descomposición y se distingue en distintas fracciones como lábiles (compuestas de hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos) o fracciones húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas). Las fracciones lábiles resultan más rápidas en digerir para los microorganismos resultando en respiración de carbono y plazo de permanencia más corto en el suelo. Las fracciones húmicas se encapsulan en los agregados del suelo y son más difíciles para acceder. Además, su composición es más estable con químicos más complejos de descomponer y permanecen por periodos muy largos en el suelo.

El carbono orgánico del suelo mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la CIC, la retención de humedad y contribuye con estabilidad de suelos arcillosos al ayudar a aglutinar las partículas para formar agregados. La MOS está compuesta en mayoría de carbono, tiene una capacidad de retener una gran proporción de nutrientes, cationes y oligoelementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Gracias a la MOS la

lixiviación de nutrientes se inhibe y es integral a los ácidos orgánicos que ponen a disponibilidad los minerales para las plantas y regulador del pH del suelo. Se reconoce globalmente que el tenor de carbono orgánico en el suelo sea un factor fundamental para la salud del suelo, forma parte fundamental del ciclo de carbono y tiene gran importancia en la mitigación a los efectos del cambio climático (FAO, 2009).

2.1.6 Nitrógeno del Suelo

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. Además, existen las formas gaseosas del N pero son muy pequeñas y difíciles de detectar como N_2O , NO, NO_2 , NH_3 y nitrógeno molecular presente en la atmósfera del suelo (FAO, 2009).

2.1.7 La Salinización del Suelo

Se refiere a la acumulación de sales solubles en agua en el suelo. Las sales que se pueden encontrar en un nivel freático salino se transportan con el agua a la superficie del suelo mediante ascenso capilar y una vez que el agua se evapora se acumulan en la superficie del suelo. La salinización suele ocurrir con manejo de riego inapropiado sin tomar en consideración el drenaje y lixiviación de las sales por fuera de los suelos. Las sales también se pueden acumular naturalmente o por la intrusión de agua marina. La salinización elevada en el suelo lleva a la degradación de los suelos y la vegetación. Las sales más comunes se

encuentran en combinaciones de los cationes de sodio, calcio, de magnesio y de potasio con los aniones de cloro, sulfato y carbonatos (FAO, 2009).

2.1.8 La Alcalinización del Suelo

La alcalinización, o santidad del suelo, se define como el exceso de sodio intercambiable en el suelo. A medida que su concentración incrementa en el suelo empieza a reemplazar otros cationes. Los suelos sódicos se frecuentan en regiones áridas y semiáridas y se encuentran muchas veces inestables con propiedades físicas y químicas muy pobres. Debido a ello el suelo se encuentra impermeable disminuyendo la infiltración, percolación, infiltración del agua por el suelo y por último el crecimiento de las plantas (FAO, 2009).

2.1.9 Densidad Aparente

La densidad aparente expresa la relación de la masa de los suelos secos como partículas minerales y materia orgánica. Por unidad de volumen total, volumen ocupado por los sólidos y volumen ocupado por poros. La densidad aparente varía mucho dependiendo de la condición estructural del suelo, por lo que es usada a menudo como un índice de condición estructural y por lo general se encuentra expresada en g/m^3 (Lampurlanés & Cantero-Martínez, 2003).

2.2. VARIABLES CLIMÁTICAS

2.2.1 Temperatura Mínima del Aire

Es el valor más bajo de la temperatura del aire registrado en un intervalo de tiempo determinado, generalmente en un periodo de 24 horas, medido a una altura estándar de 2

m sobre la superficie del suelo y bajo condiciones de abrigo meteorológico. Representa el enfriamiento nocturno del sistema atmósfera-suelo y está asociado a los procesos de balance energético superficial y a la dinámica de humedad del suelo.

2.2.2 Temperatura Máxima del Aire

Es el valor más alto de la temperatura del aire registrado en un intervalo de tiempo determinado, normalmente en 24 horas, medido a 2 m de altura en abrigo meteorológico. Refleja las condiciones de calentamiento diurno y está relacionada con la radiación solar incidente, la cobertura del suelo y los procesos de evapotranspiración (OMM, 2025).

2.2.3 Humedad Relativa Mínima

Es el valor más bajo de la humedad relativa del aire registrado durante un periodo determinado, usualmente diario. Expresa la condición de menor contenido de vapor de agua en relación con la cantidad máxima que el aire puede contener a una temperatura dada, y se asocia generalmente con las horas de mayor temperatura y demanda evaporativa (AMS, 2023).

2.2.4 Humedad Relativa Máxima

Es el valor más alto de la humedad relativa del aire registrado en un intervalo de tiempo específico, comúnmente en 24 horas. Suele ocurrir durante las horas de menor temperatura y refleja condiciones cercanas a la saturación del aire, vinculadas a procesos de enfriamiento nocturno, condensación y disponibilidad de humedad atmosférica (FAO, 2006).

2.2.5 Precipitación anual media

Es la cantidad total de agua caída en forma líquida o sólida sobre una superficie durante un año, expresada en milímetros, promediada para un periodo climático determinado (normalmente ≥ 30 años). Constituye una de las principales variables que describen el régimen hídrico de una región y controla la disponibilidad de agua en el suelo y los procesos de lixiviación (IPCC, 2021).

2.2.6 Estación Climática

Conjunto de dispositivos que pueden realizar diversas medidas meteorológicas. Para la instalación de una estación agroclimática hay que elegir correctamente la ubicación, los instrumentos, así como la adecuada disposición de los mismos (protección, orientación, altura). Además, hay que prever la existencia de personal debidamente formado para el mantenimiento, lectura y envío de la información al centro zonal correspondiente. Una red cuenta con cierto número de estaciones climáticas distribuidas en un área específica de un país, cubriendo diferentes ambientes (Batista, 2014).

2.3. EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

La agricultura y ganadería son actividades estrechamente relacionadas con el clima. La cantidad de lluvia, la humedad, las temperaturas, los índices ultravioletas y el viento, constituyen algunos de los componentes del clima que año con año repercuten en la producción de un país. La presencia de plagas y enfermedades, la eficiencia en la absorción de nutrientes, la demanda de agua por plantas y animales y la duración de los ciclos

vegetativos, dependen también en gran medida de las condiciones del clima (Silva y otros, 2001).

Las actividades que el ser humano ha realizado en su afán de satisfacer sus necesidades económicas, ya sea consciente o inconscientemente, han ocasionado la liberación GEI, entre los que destacan el CO₂, CH₄ y el NO₂. Estos gases han causado un aumento sustancial en la temperatura promedio del planeta. Sin embargo, recientemente se ha alertado públicamente sobre la idea de que la liberación de este tipo de gases se ha acelerado en los últimos dos siglos y tal situación se ha agravado, a tal grado, que los últimos 50 años (1950-2006) han sido los más cálidos, debido a que se han registrado las temperaturas más altas de la superficie mundial desde 1850.

2.3.1 Clima de Panamá

Panamá tiene un clima tropical uniforme a lo largo de los 12 meses del año. El clima del país se caracteriza según los patrones de precipitación en temporada seca y lluviosa. Para las áreas costeras el promedio de la temperatura varía entre los 23 y los 27 °C, con máximas de hasta 33 °C. En las tierras altas del país, la temperatura promedio puede descender hasta los 16 °C. La topografía del territorio panameño es un factor clave para la temperatura. Por cada 100 metros de altura, la temperatura disminuye en 0.56 °C. A su vez, el rango de las precipitaciones registradas sobre el territorio panameño va de los 1,500 mm hasta los 3,000 mm anuales, con variaciones de acuerdo a la topografía e influencia oceánica; para el lado Caribe las precipitaciones son mayores que en la vertiente del Pacífico.

En Panamá existen seis regiones climáticas que son Pacífica Central, la Pacífica Occidental, la Pacífica Oriental, la Caribe Occidental, la Caribe Oriental y la Región

Central, las cuales tienen sus propias características (Gobierno de la República de Panamá, 2017). El clima del país está influenciado por las grandes masas oceánicas del Atlántico y del Pacífico debido a la estrechez del istmo de Panamá. En cuanto a la meteorología de Panamá, la zona de alta presión o anticiclón semipermanente de la parte norte del océano Atlántico, influye significativamente sobre la condición climática. Los vientos alisios del nordeste generados por este anticiclón, al llegar a las capas más bajas de la atmósfera, determinan con una alta sensibilidad el clima de Panamá (MiAMBIENTE, 2021).

La variabilidad climática está ejerciendo presión sobre los sistemas que satisfacen las necesidades humanas de alimentación, cada vez con más obstáculos. La inseguridad alimentaria podría incrementarse, debido a una mayor inconsistencia en la producción agrícola y ganadera en los países de ingresos bajos y medios. Sobre la agricultura, el rendimiento de los cultivos se ve comprometido por el ozono superficial, y el calentamiento está afectando de manera negativa a la calidad de los cultivos y la estabilidad de las cosechas. Aunque aún no hay suficiente información sobre los cambios futuros de la variabilidad climática en la productividad del sistema ganadero, el aumento de las lluvias en las tierras de pastoreo se ha vinculado con la disminución del número de ganado (MiAMBIENTE, 2024).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO Y FUENTE DE DATOS

El área de estudio comprende las provincias de Herrera y Los Santos, ubicadas en la región central de la península de Azuero, en la República de Panamá.

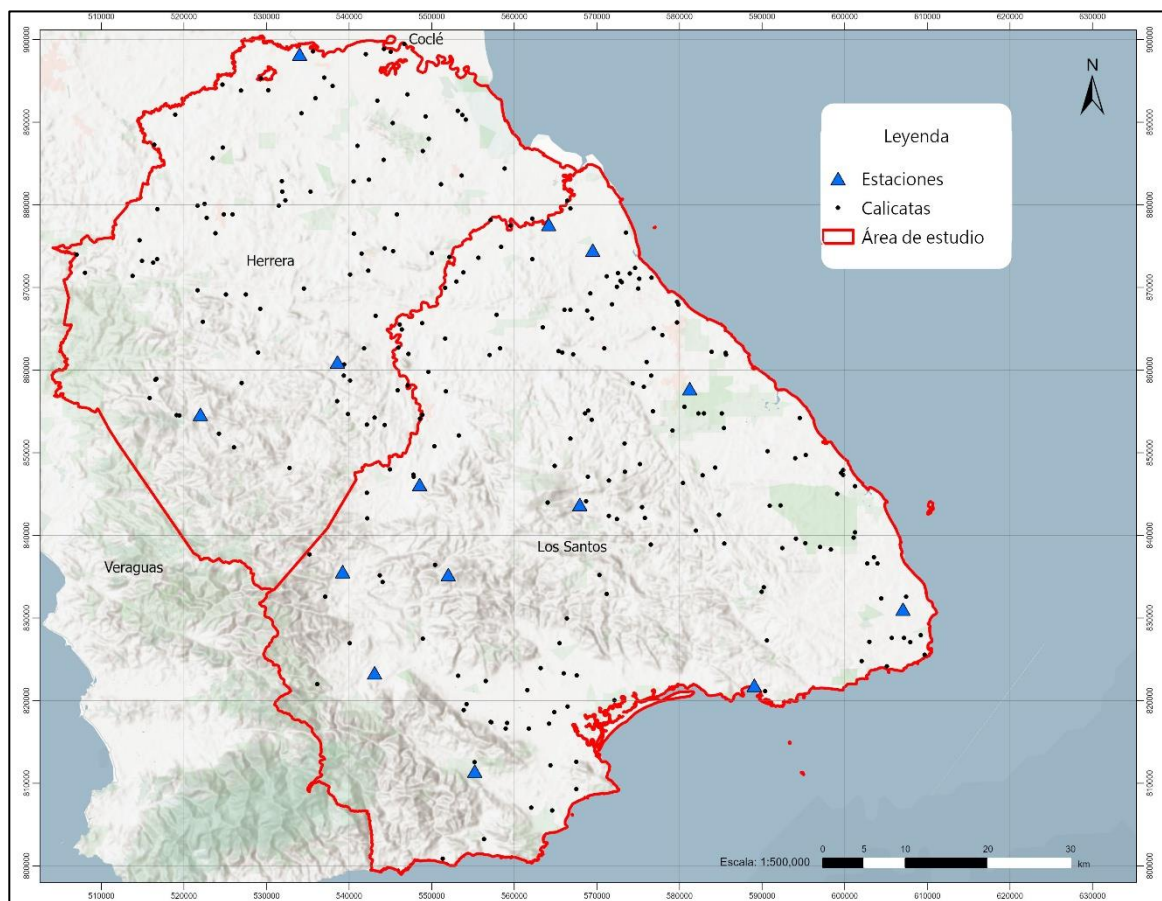
Figura 1. Mapa de Ubicación Regional



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Los datos de suelo provienen de un conjunto de 261 calicatas distribuidas espacialmente en ambas provincias (Figura 2), abarcando un territorio aproximado de 6,150 km², ubicado entre 8°06'55" de latitud Norte y 80°57'24" de longitud Oeste. Por su parte, la información climática se obtuvo a partir de los registros de las estaciones meteorológicas pertenecientes al Proyecto Red Agroclimática del IDIAP, ubicadas en Herrera y Los Santos.

Figura 2. Ubicación de calicatas y estaciones meteorológicas



Fuente: Elaboración propia, 2026.

3.2. DESCRIPCIÓN DE DATOS

3.2.1 Datos Edáficos

La base de datos utilizada en esta investigación consta de 261 registros de las calicatas provenientes del trabajo previamente ejecutado por el IDIAP. Dicho trabajo consistió en un muestreo georreferenciado de suelos durante el periodo comprendido entre 2015 y 2018, realizado mediante calicatas excavadas hasta una profundidad de entre 0 y 2 m del perfil, siguiendo metodologías estandarizadas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA-NRCS, por sus siglas en inglés) para el estudio y clasificación de suelos.

Según lo descrito por (Villarreal & Ramos, 2024), el diseño del muestreo consideró criterios asociados al uso del suelo y por cuenca hidrográfica, y la densidad de los puntos fue definida a partir del análisis de fotografías aéreas de la región y de la delimitación de polígonos con suelos homogéneos. Las calicatas fueron distribuidas de manera aleatoria en fincas previamente localizadas, con una densidad aproximada de un punto cada 25 km² (5 km × 5 km). En cada sitio se excavó una calicata hasta la profundidad efectiva del suelo y se tomaron muestras representativas de los distintos horizontes presentes, procurando uniformizar los intervalos de muestreo en 0-20 cm, 20-60 cm, 60-100 cm y mayores a 100 cm.

Las muestras obtenidas durante este levantamiento fueron posteriormente analizadas en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del IDIAP, donde se realizó la caracterización físico-química de los suelos. Los análisis incluyeron la determinación del pH en relación

suelo:agua (1:2,5), textura del suelo mediante el método de Bouyoucos, materia orgánica por el método de Walkley-Black, concentración de macro y micronutrientes extraídos con Mehlich 1, capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante acetato de amonio a pH 7, así como Ca, Mg y Al extraíbles utilizando KCl 1N, conforme a las metodologías descritas por (César et al., 2018).

3.2.2 Datos Climáticos

El conjunto de datos de variables climáticas utilizado en este estudio corresponde a los registros generados por 15 de las 20 estaciones meteorológicas que integran la Red Agroclimática del IDIAP, las cuales forman parte del Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero. Cinco estaciones fueron excluidas del análisis debido a la ausencia de registros completos y continuos en una o más de las variables climáticas requeridas, lo cual impedía garantizar la consistencia y la comparabilidad de la información entre estaciones.

Las estaciones seleccionadas cuentan con información georreferenciada, incluyendo localidad, coordenadas UTM, elevación y período de operación. En consecuencia, se priorizó el uso de las siguientes estaciones:

- Estación Agua Caliente: situada en la localidad de Agua Caliente, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 543082.2 m y UTM Norte 823477.1 m, a una elevación de 108 m s. n. m.
- Estación Bayano: situada en la localidad de Bayano, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 567921.6 m y UTM Norte 843858.1 m, a una elevación de 255 m s. n. m.

- Estación Cerro Quema: situada en la localidad de Cerro Quema, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 551996.4 m y UTM Norte 835359.1 m, a una elevación de 561 m s. n. m.
- Estación Divisa: situada en la localidad de Divisa, provincia de Herrera en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 534007.78 m y UTM Norte 898347.33 m, a una elevación de 20 m s. n. m.
- Estación El Cacao: situada en la localidad de El Cacao, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 589047.73 m y UTM Norte 821970.18 m, a una elevación de 17 m s. n. m.
- Estación El Ejido: situada en la localidad de El Ejido, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 569494.44 m y UTM Norte 874629.35 m, a una elevación de 28 m s. n. m.
- Estación El Montuoso: situada en la localidad de El Montuoso, distrito de Las Minas, provincia de Herrera en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 521990.5 m y UTM Norte 854763.12 m, a una elevación de 604 m s. n. m.
- Estación El Tolú: situada en la localidad de El Tolú, distrito de Macaracas, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 539214.23 m y UTM Norte 835726.09 m, a una elevación de 151 m s. n. m.

- Estación Guánico: situada en la localidad de Guánico, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 555207.4 m y UTM Norte 811585.12 m, a una elevación de 67 m s. n. m.
- Estación La Villa: situada en la localidad de La Villa de Los Santos, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 564161.14 m y UTM Norte 877746.07 m, a una elevación de 14 m s. n. m.
- Estación Las Tablas: situada en la localidad de Las Tablas, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 581235.4 m y UTM Norte 857863.0 m, a una elevación de 40 m s. n. m.
- Estación Llano de Piedra: situada en la localidad de Llano de Piedra, distrito de Macaracas, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 548529.7 m y UTM Norte 846267.55 m, a una elevación de 177 m s. n. m.
- Estación Los Pozos: situada en la localidad de Los Pozos, provincia de Herrera en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 538584.2 m y UTM Norte 861098.1 m, a una elevación de 255 m s. n. m.
- Estación Pedasí: situada en la localidad de Pedasí, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 607048.37 m y UTM Norte 831181.46 m, a una elevación de 48 m s. n. m.

- Estación Venao: situada en la localidad de Venao, distrito de Pedasí, provincia de Los Santos en la zona UTM 17 N, con coordenadas UTM Este 589047.73 m y UTM Norte 821970.18 m, a una elevación de 17 m s. n. m.

La base de datos climática está conformada por registros correspondientes al período 2017-2024, organizados en formato tabular y con resolución diaria, derivados de mediciones continuas realizadas en cada estación. Para cada registro se dispone de información asociada a la fecha (día, mes y año), así como de variables meteorológicas básicas que incluyen temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$), temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa mínima (%), humedad relativa máxima (%), precipitación (mm), radiación solar máxima (W/m^2), radiación solar media (W/m^2), velocidad media del viento (m/s), velocidad máxima del viento (m/s) y elevación (m s. n. m.) de cada estación.

Con el fin de asegurar la coherencia temporal entre las variables climáticas y el pH del suelo, el cual representa una propiedad edáfica integrada en el tiempo, los registros climáticos diarios fueron procesados para obtener variables climatológicas representativas de cada sitio de muestreo. En particular, se calcularon promedios del período 2017-2024 para la temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa máxima y la precipitación. Estas variables climatológicas fueron posteriormente asignadas a cada punto de muestreo de suelo en función de la estación meteorológica correspondiente, manteniéndose constantes para las observaciones asociadas a un mismo sitio a lo largo de las distintas categorías de profundidad del suelo.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

3.3.1 Propiedades edáficas consideradas

Como se ha mencionado anteriormente, esta investigación utilizó datos edáficos provenientes de la base de datos generada a partir del muestreo de suelos realizado mediante calicatas por el IDIAP, la cual incluye propiedades físicas y químicas del suelo medidas a diferentes profundidades del perfil.

Las propiedades edáficas consideradas comprenden el pH del suelo, la MO, el P, el K, el calcio Ca, el Mg, el aluminio intercambiable, la CIC, la saturación de bases, la densidad aparente y la fracción textural del suelo (arena, limo y arcilla). Estas variables fueron priorizadas por su relevancia para describir el estado químico y físico del suelo, así como por su papel en los procesos edáficos asociados al balance de cationes, la acidez del suelo y la capacidad de amortiguamiento del sistema edáfico.

En conjunto, estas propiedades permiten evaluar los principales controles edáficos potencialmente asociados a la variabilidad del pH del suelo en el área de estudio, constituyendo la base para los análisis estadísticos y multivariados que serán desarrollados más adelante.

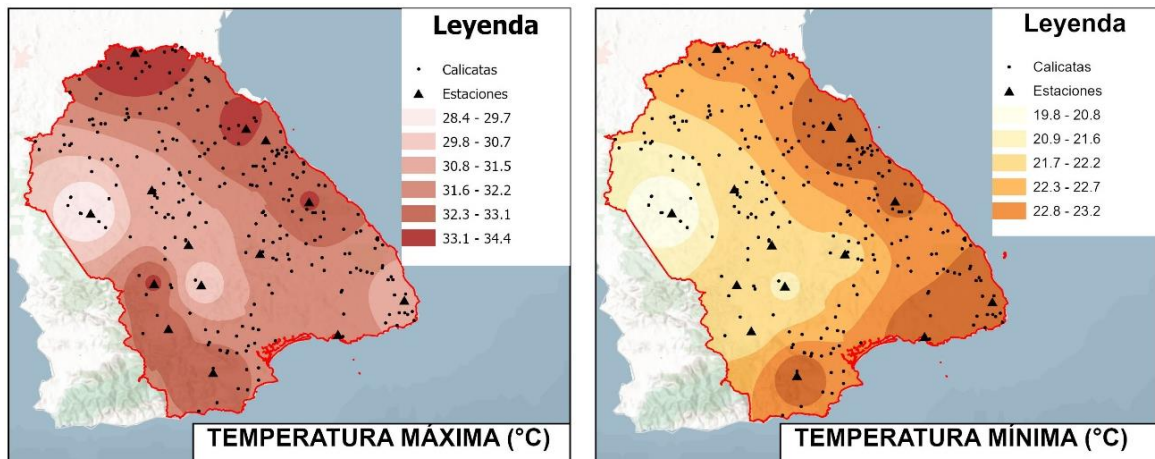
3.3.2 Variables climáticas consideradas

Para el desarrollo de esta investigación se priorizó el uso de un subconjunto de variables climáticas a partir del conjunto total de registros disponibles. En particular, se consideraron los promedios del período 2017-2024 de temperatura mínima, temperatura máxima,

humedad relativa mínima, humedad relativa máxima y la precipitación anual media, al corresponder a las variables que presentan mayor continuidad y cobertura temporal en el conjunto de estaciones analizadas.

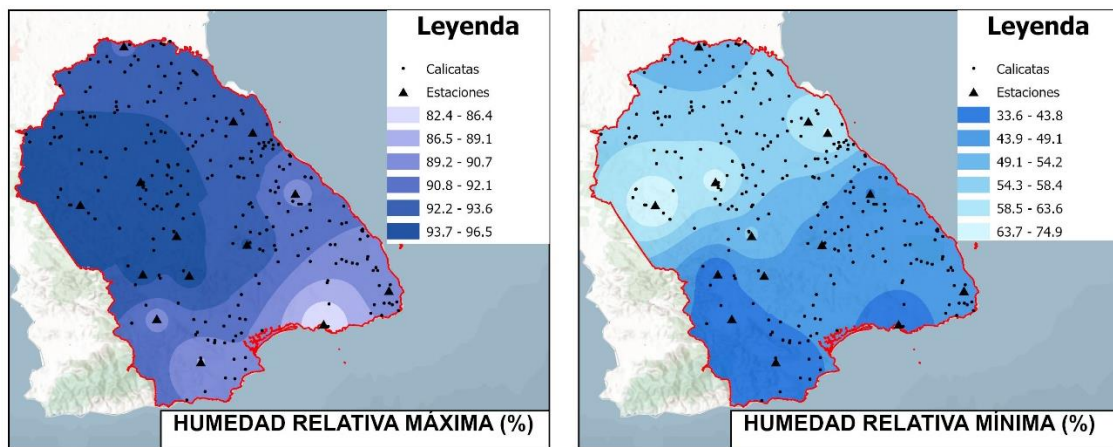
La selección de estas variables respondió a criterios de consistencia de los registros y comparabilidad entre estaciones, dado que otras variables climáticas disponibles presentan vacíos de información o discontinuidades temporales que limitan su uso en análisis integrados a escala regional. En consecuencia, el uso de estas cinco variables permitió disponer de una base climática homogénea para su integración con las propiedades edáficas consideradas.

Figura 3. Mapas de temperatura (°C)



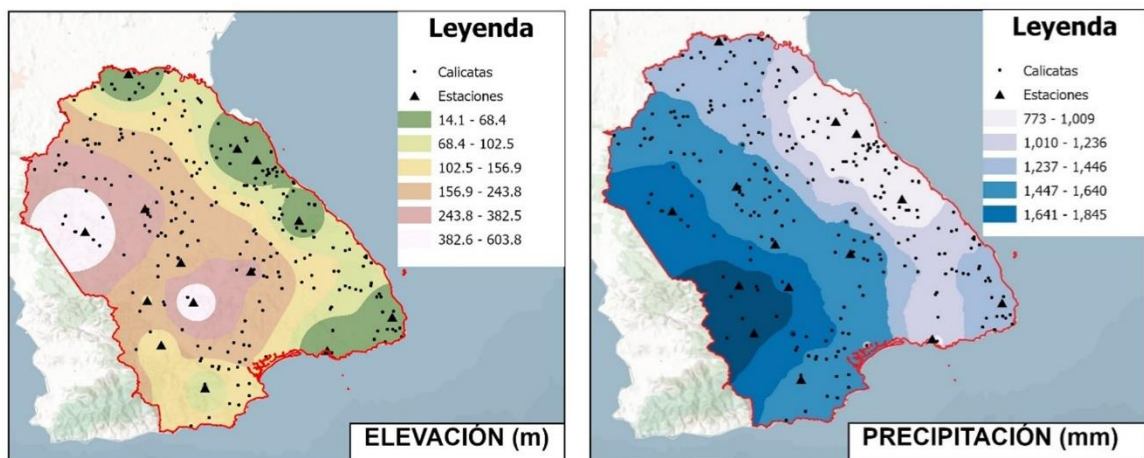
Fuente: Elaboración propia, 2026.

Figura 4. Mapas de humedad relativa (%)



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Figura 5. Mapas de elevación (m) y precipitación (mm)



Fuente: Elaboración propia, 2026.

3.3.3 Profundidad del suelo como variable categórica

La definición de la profundidad del suelo como una variable categórica constituye un elemento central del enfoque metodológico del estudio, ya que permite evaluar de manera

explicita cómo varía el pH del suelo y las propiedades edáficas entre distintos estratos del perfil. Este tratamiento evita interpretaciones erróneas asociadas al uso de gradientes continuos artificiales y facilita la comparación directa entre capas de suelo.

La categorización de la profundidad resulta especialmente relevante para los análisis posteriores que examinan la distribución del pH del suelo en función de la profundidad, así como para la evaluación de la influencia conjunta de las propiedades edáficas, las variables climáticas y la cobertura del suelo.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1 Depuración y organización de base de datos

Previamente, se realizó un proceso de depuración y organización de la información edáfica y climática, con el objetivo de integrar ambas fuentes de datos en un solo archivo de trabajo. Para ello, los registros de calicatas y los datos provenientes de las estaciones meteorológicas fueron revisados, estandarizados y estructurados de manera consistente, asegurando la correspondencia espacial y la compatibilidad entre variables.

Como resultado de este proceso, se consolidó una base de datos integrada que combina información edáfica puntual proveniente de 261 calicatas, con mediciones realizadas a distintas profundidades del suelo, y variables climáticas asociadas a los puntos de muestreo. Cada registro corresponde a una combinación de punto de muestreo y profundidad, lo que dio lugar a una base consolidada de 1044 observaciones.

3.4.2 Entorno de trabajo para el análisis

El presente estudio se desarrolló utilizando Google Colab (Colaboratory), un entorno en la nube que permite programar y ejecutar código en Python a través del navegador, mediante el uso de cuadernos interactivos (notebooks). Este entorno no requiere configuración previa ni instalación local de software, y permite la ejecución directa de código en un entorno interactivo.

En este contexto, Google Colab se empleó para la organización, gestión y exploración inicial de la base de datos, así como para la ejecución de los procedimientos analíticos implementados en Python que serán descritos más adelante.

3.4.3 Definición de categorías de profundidad del suelo

Con el fin de representar adecuadamente los estratos edáficos muestreados en el estudio, en la base de datos original la profundidad del suelo estaba descrita mediante dos variables numéricas (*Prof_min* y *Prof_max*), que indicaban el límite superior e inferior de cada intervalo de muestreo. Si bien estas variables son numéricas, los intervalos de profundidad corresponden a capas discretas de suelo, por lo que no deben ser interpretadas como una variable continua. Para reflejar esta característica, se generó una nueva variable categórica denominada *Prof_cat*, que identifica cada estrato del suelo a partir de la concatenación de los valores de profundidad mínima y máxima. La creación de la variable *Prof_cat* permitió agrupar las observaciones en categorías claramente definidas, tales como 0-20 cm, 21-60 cm, 60-100 cm y 100-120 cm, las cuales corresponden a los intervalos de muestreo utilizados por el IDIAP en campo.

3.4.4 Distribución del pH del suelo por profundidad

Con el objetivo de verificar la distribución de las observaciones entre los distintos estratos del suelo, se realizó un conteo de registros por categoría de profundidad, confirmándose un número equivalente de observaciones en cada capa. Posteriormente, se calcularon estadísticos descriptivos del pH del suelo para cada categoría de profundidad, incluyendo medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, valores mínimo y máximo, y percentiles 25%, 50% y 75%), con el objetivo de caracterizar la variabilidad del pH a lo largo del perfil del suelo y sustentar los análisis posteriores.

3.4.5 Influencia de la cobertura del suelo sobre el pH

Con la finalidad de evaluar el efecto del uso o cobertura del suelo (bosque y agrícola) sobre el pH, y analizar cómo este comportamiento varía según los intervalos de profundidad, el análisis se desarrolló de la siguiente manera:

3.4.5.1 Construcción de la variable de cobertura del suelo: se reclasificó la cobertura del suelo a partir de la variable binaria bosque, donde el valor 1 indica presencia de cobertura boscosa y el valor 0 corresponde a uso agrícola, generándose la variable categórica “Cobertura” con las clases Bosque y Agrícola.

3.4.5.2 Comparación del pH según la cobertura del suelo: utilizando la variable categórica “Cobertura”, se realizó una comparación exploratoria del pH según el tipo de cobertura; esto, con el fin de generar un diagrama de cajas como se observa en la Figura 9. El análisis utilizó los valores de pH del suelo

(n = 1044), diferenciando entre: suelos de uso agrícola (n = 948) y suelos con cobertura de bosque (n = 96).

3.4.5.3 Distribución del pH según cobertura y profundidad: utilizando el conjunto de datos previamente procesados, que incluye el pH del suelo, las categorías de profundidad (Prof_cat) y la variable de cobertura (Cobertura) se desarrollaron unos diagramas de cajas para representar el pH en función de los intervalos de profundidad (0–20, 21–60, 60–100 y 100–120 cm), diferenciando visualmente los tipos de cobertura mediante colores (Figura 13).

3.4.5.4 Análisis descriptivo del pH del suelo según cobertura y profundidad: para comparar el comportamiento del pH en función de la cobertura y profundidad del suelo, se agruparon datos de forma simultánea por categoría y tipo de cobertura, y se generaron subconjuntos independientes para cada combinación. Para cada uno de estos subconjuntos se calcularon estadísticas descriptivas básicas: número de observaciones (n), media, mediana, desviación estándar, así como los valores mínimo y máximo de pH. Este procedimiento permitió resumir de forma estructurada la distribución del pH del suelo y facilitar comparaciones directas entre coberturas dentro de cada profundidad.

3.4.5.5 Aplicación de prueba estadística Mann-Whitney U: este paso sirvió para evaluar si las diferencias observadas en el pH del suelo entre

cobertura agrícola y cobertura boscosa eran estadísticamente significativas dentro de cada intervalo de profundidad del suelo. Para ello, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U. La prueba se realizó de forma independiente para cada profundidad (0-20, 21-60, 60-100 y 100-120 cm), comparando los valores de pH entre ambas coberturas.

3.4.6 Relaciones entre el pH del suelo y las propiedades edáficas

A partir de la base de datos integrada, se seleccionaron las variables que representan propiedades fisicoquímicas del suelo medidas en las calicatas, con el objetivo de explorar sus asociaciones con el pH del suelo como variable de respuesta. Las propiedades edáficas consideradas incluyeron la MO, P, K, Ca, Mg, aluminio intercambiable, CIC, saturación de bases, saturación de aluminio, densidad aparente, así como las fracciones texturales de arena, limo y arcilla.

Estas variables fueron seleccionadas por su relevancia en los procesos edáficos que controlan la acidez del suelo, particularmente aquellos asociados al balance de cationes, la presencia de aluminio intercambiable, la capacidad de amortiguamiento químico y las características físicas del suelo.

Con el fin de evaluar de manera exploratoria las relaciones lineales entre el pH del suelo y las propiedades edáficas, se construyó una matriz de correlación utilizando el coeficiente de Pearson. Los resultados se representaron mediante un mapa de calor o heatmap (Figura 15), lo que permitió identificar de forma directa la dirección (positiva o negativa) y la magnitud de las asociaciones entre variables, así como detectar posibles patrones de

colinealidad entre propiedades edáficas, relevantes para los análisis multivariados posteriores.

3.4.7 Análisis de correlación entre pH y variables climáticas

Con el fin de explorar las asociaciones generales entre el pH del suelo y las condiciones climáticas, se seleccionaron las variables numéricas relevantes de la base de datos, incluyendo:

- precipitación (ppt),
- temperatura máxima (tmax),
- temperatura mínima (tmin),
- humedad relativa máxima (hr_max),
- humedad relativa mínima (hr_min).

En esta etapa, los datos se analizaron de manera integrada, sin diferenciar entre profundidades del suelo, con el objetivo de obtener una visión global de las relaciones estadísticas entre pH y clima. Posteriormente, se calculó una matriz de correlación global entre el pH del suelo y las variables climáticas seleccionadas, la cual se presenta en la Figura 7.

Posteriormente, y con el objetivo de evaluar la variación de estas relaciones en función de la profundidad del suelo, se realizó un análisis de correlación estratificado utilizando la variable *Prof_cat*. Los datos fueron clasificados en cuatro intervalos de profundidad (0-20, 21-60, 60-100 y 100-120 cm), y se generaron cuatro matrices de correlación independientes (Figura 9), una por cada categoría de profundidad, calculando en todos

los casos el coeficiente de correlación de Pearson. Estas matrices permitieron comparar la intensidad y dirección de las asociaciones entre pH y variables climáticas a lo largo del perfil del suelo.

3.4.8 Preparación del modelo de análisis multivariado (Random Forest)

Con el objetivo de preparar la matriz de datos final que servirá para el análisis Random Forest se construyó un subconjunto integrado de datos que reúne, en una sola tabla, las variables edáficas, climáticas, de profundidad y cobertura del suelo que han sido analizadas por separado en pasos anteriores.

Se definió el pH del suelo como variable dependiente (y), por constituir el principal indicador de interés del estudio. Como variables explicativas (x), se seleccionó un conjunto de atributos edáficos, climáticos y categóricos, con el objetivo de representar de manera conjunta los principales controles químicos, físicos, ambientales y de uso del suelo asociados a la variabilidad del pH.

Concretamente, se seleccionaron:

- Variables edáficas: Materia Orgánica, P, K, Ca, Mg, CIC y densidad aparente.
- Variables climáticas: ppt, tmax, tmin, hr_max y hr_min.
- Variables categóricas: profundidad del suelo (*Prof_cat*) y cobertura del suelo (*Cobertura*).

Para el análisis, se entrenó un modelo de Random Forest de regresión. Las variables categóricas fueron transformadas mediante codificación one-hot, y el conjunto de datos se

dividió en subconjuntos de entrenamiento (80%) y prueba (20%), con el fin de garantizar una evaluación independiente del desempeño del modelo.

El desempeño del modelo se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2), el error absoluto medio (MAE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), calculados exclusivamente sobre el conjunto de prueba, con el fin de evitar sobreajuste y evaluar la capacidad predictiva del modelo.

3.4.9 Análisis multivariado mediante Random Forest

Con el fin de identificar los factores que explican la variabilidad del pH del suelo, se utilizó el modelo de Random Forest previamente entrenado para analizar la importancia relativa de las variables explicativas. Este enfoque permite evaluar la contribución individual de cada variable considerando relaciones no lineales e interacciones entre predictores.

La importancia de las variables se estimó a partir de la reducción promedio del error de predicción asociada al uso de cada predictor dentro del conjunto de árboles del modelo. Este análisis permitió jerarquizar la influencia de las variables edáficas, climáticas, de profundidad y de cobertura del suelo sobre el pH, constituyendo la base para la interpretación multivariada de los resultados.

3.4.10 Análisis de la influencia climática sobre el pH del suelo mediante modelación predictiva

La caracterización de la sensibilidad climática del pH del suelo se realizó mediante un procedimiento estadístico y espacial que integró datos edáficos, variables climáticas y

técnicas de modelado predictivo. En primer lugar, se consolidaron las 261 calicatas disponibles para las provincias de Herrera y Los Santos, incluyendo sus coordenadas UTM, el valor de pH observado y las principales propiedades físico-químicas del suelo. Paralelamente, se extrajeron variables climáticas asociadas a cada punto, específicamente ppt, tmax, tmin, hr_max y hr_min, provenientes de la red agroclimática del IDIAP.

Posteriormente, se construyó un modelo de regresión Random Forest utilizando variables climáticas como predictores y el pH del suelo como variable respuesta, con el fin de estimar el componente climático del pH. El conjunto de datos se dividió en entrenamiento y prueba (80/20) y el modelo se ajustó con 500 árboles de decisión, evaluando su desempeño mediante R^2 , MAE y RMSE para verificar su estabilidad y capacidad explicativa.

Una vez calibrado, se obtuvo para cada calicata el valor “pH_pred_clima” y se calculó el índice “ Δ pH” como la diferencia entre el pH observado y el estimado por el modelo, lo que permitió cuantificar la desviación atribuible a factores no climáticos. Finalmente, se generó un archivo con las coordenadas X-Y y las variables pH, pH_pred_clima y Δ pH para su procesamiento en SIG y el análisis espacial de los patrones de acidificación y resiliencia.

3.4.11 Patrón espacial de la influencia climática en la predicción del pH del suelo

Con el fin de evaluar la capacidad explicativa de las variables climáticas sobre la variabilidad espacial del pH del suelo, se analizaron la superficie de pH estimado y el residuo del modelo (Δ pH), entendido como la diferencia entre los valores observados y los estimados a partir de variables climáticas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS DE PROFUNDIDAD EL SUELO

El análisis descriptivo del pH del suelo por categoría de profundidad muestra que los valores medios de pH presentan variaciones leves entre los distintos estratos del suelo.

Cuadro 1. Categorías de profundidad de suelo

Prof_cat	n	Media	std	Mín	25%	50%	75%	Máx
0-20	261.0	5.500766	0.508391	4.6	5.2	5.4	5.8	7.3
21-60	261.0	5.478544	0.508844	4.5	5.1	5.4	5.8	7.0
60-100	261.0	5.474713	0.513858	4.5	5.1	5.4	5.8	7.0
100-120	261.0	5.465517	0.525319	4.3	5.1	5.4	5.8	7.1

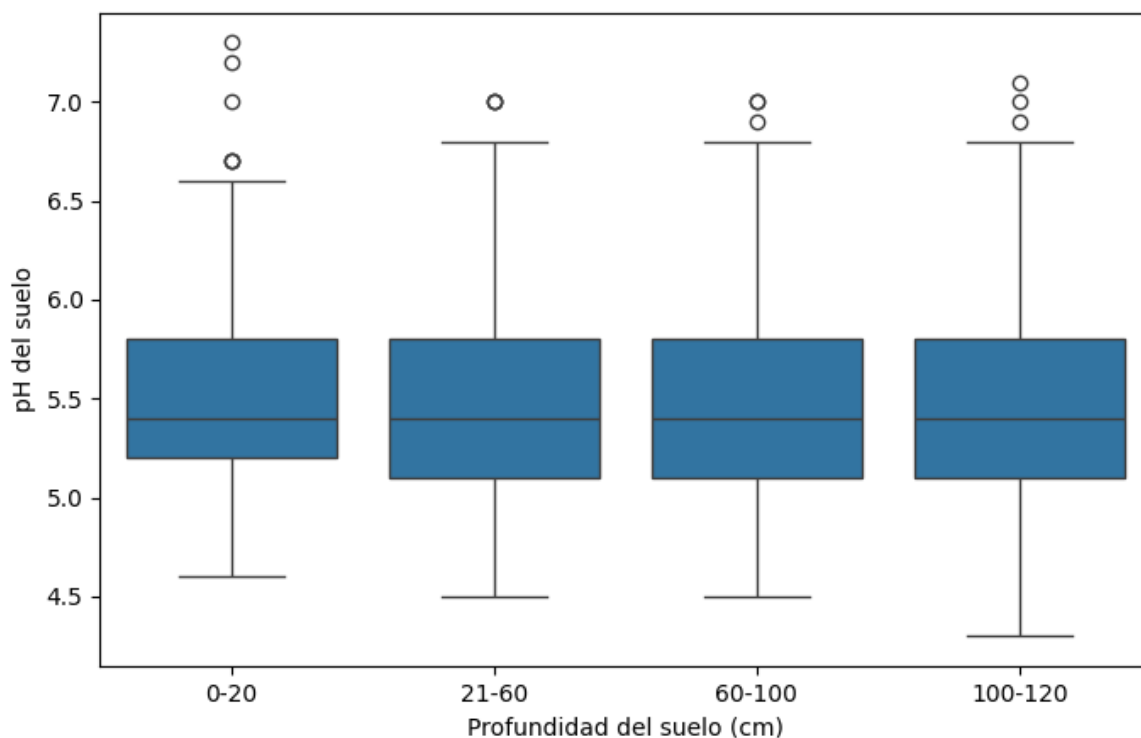
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

Se puede observar que la capa superficial (0-20 cm) registró el valor promedio más alto, mientras que las capas subsuperficiales mostraron valores ligeramente menores. Sin embargo, la mediana del pH fue es de 5.4 en todas las profundidades, lo que indica un comportamiento central muy similar entre capas. Así también, la dispersión de los datos representada por la desviación estándar fue similar entre capas, lo que indica una variabilidad comparable del pH a lo largo del perfil del suelo. Los rangos de valores observados evidencian la presencia de suelos predominantemente ácidos, con valores mínimos entre 4.3 y 4.6 y valores máximos que alcanzan hasta 7.3, dependiendo de la profundidad tal como se muestra en el cuadro 1.

4.2 DISTRIBUCIÓN DEL pH DEL SUELO POR PROFUNDIDAD

La Figura 6 muestra la distribución del pH del suelo por categoría de profundidad. Se observa que las medianas del pH son similares entre los distintos estratos, con una dispersión comparable a lo largo del perfil del suelo, lo que coincide con los resultados obtenidos a partir de los estadísticos descriptivos.

Figura 6. Distribución de pH del para cada categoría de profundidad



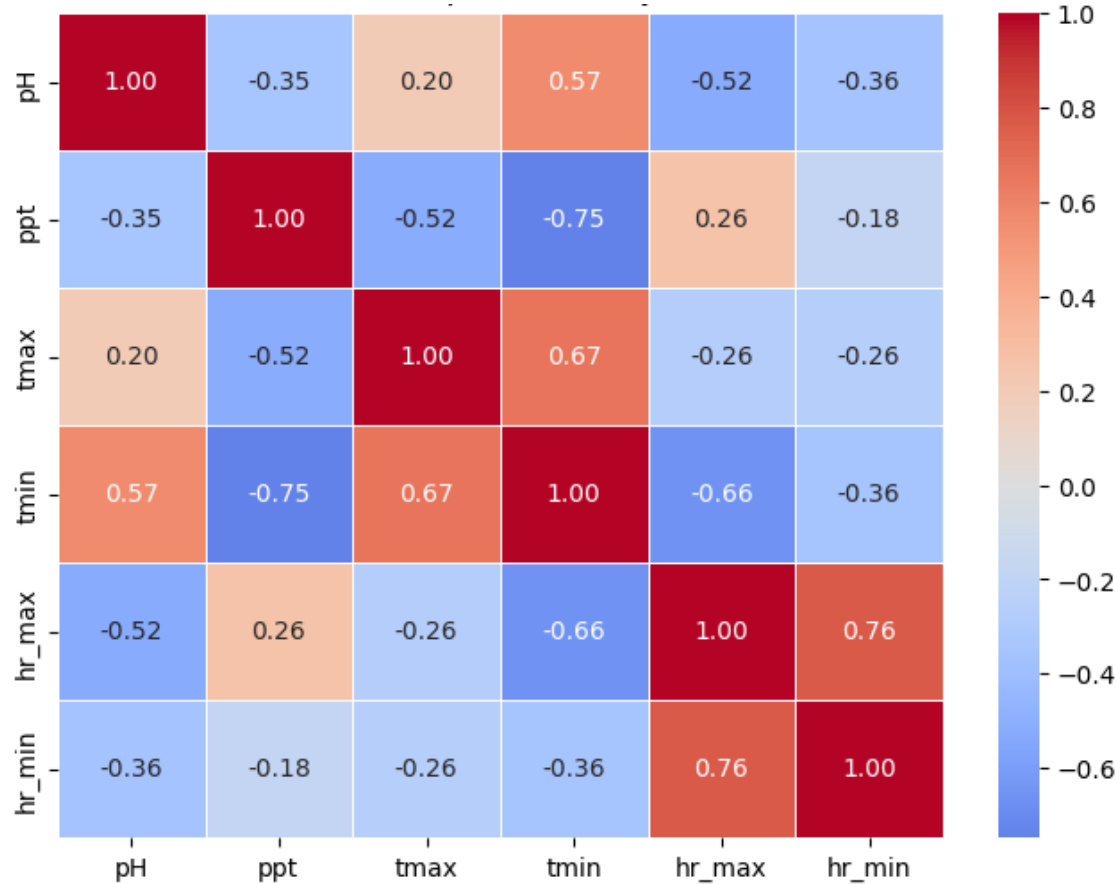
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

La similitud de las medianas y la dispersión del pH entre las distintas profundidades puede indicar que la variabilidad vertical del pH es limitada, sugiriendo que otros factores edáficos y ambientales pueden ejercer una mayor influencia sobre su comportamiento.

4.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE pH Y VARIABLES CLIMÁTICAS

La matriz de correlación global de la Figura 7 muestra que el pH del suelo presenta asociaciones de distinta magnitud y signo con las variables climáticas analizadas.

Figura 7. Matriz de correlación global entre pH del suelo y variables climáticas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

En particular, se puede observar que el pH exhibe una correlación negativa moderada con la precipitación ($r = -0.35$) y con la humedad relativa máxima ($r = -0.52$), lo que sugiere que condiciones más húmedas tienden a asociarse con valores de pH más bajos. Asimismo, se observa una correlación negativa moderada con la humedad relativa mínima ($r = -0.36$).

Por el contrario, el pH del suelo presenta una correlación positiva moderada con la temperatura mínima ($r = 0.57$), mientras que la relación con la temperatura máxima es débil y positiva ($r = 0.20$). Estas asociaciones indican que las condiciones térmicas, especialmente las temperaturas mínimas, podrían estar vinculadas a variaciones del pH del suelo en el área de estudio, aunque sin implicar relaciones causales. Adicionalmente, la matriz evidencia correlaciones relativamente altas entre algunas variables climáticas, como entre precipitación y temperatura mínima ($r = -0.75$), entre temperatura máxima y mínima ($r = 0.67$), y también entre humedad relativa máxima y mínima ($r = 0.76$), lo que refleja la interdependencia natural entre estos factores climáticos.

Con el propósito de profundizar en la interpretación del papel de la temperatura mínima como modulador del comportamiento del pH, se analizó la distribución de la materia orgánica (MO) del suelo en función de clases térmicas. Los resultados evidencian un incremento gradual en los valores medios de materia orgánica desde las condiciones más frescas hacia las más cálidas, pasando de 0.90% en la clase fresco ($<21\text{ }^{\circ}\text{C}$) a 1.01% en la clase muy cálido ($>23\text{ }^{\circ}\text{C}$), y como se observa en el cuadro 2 y en la Figura 8.

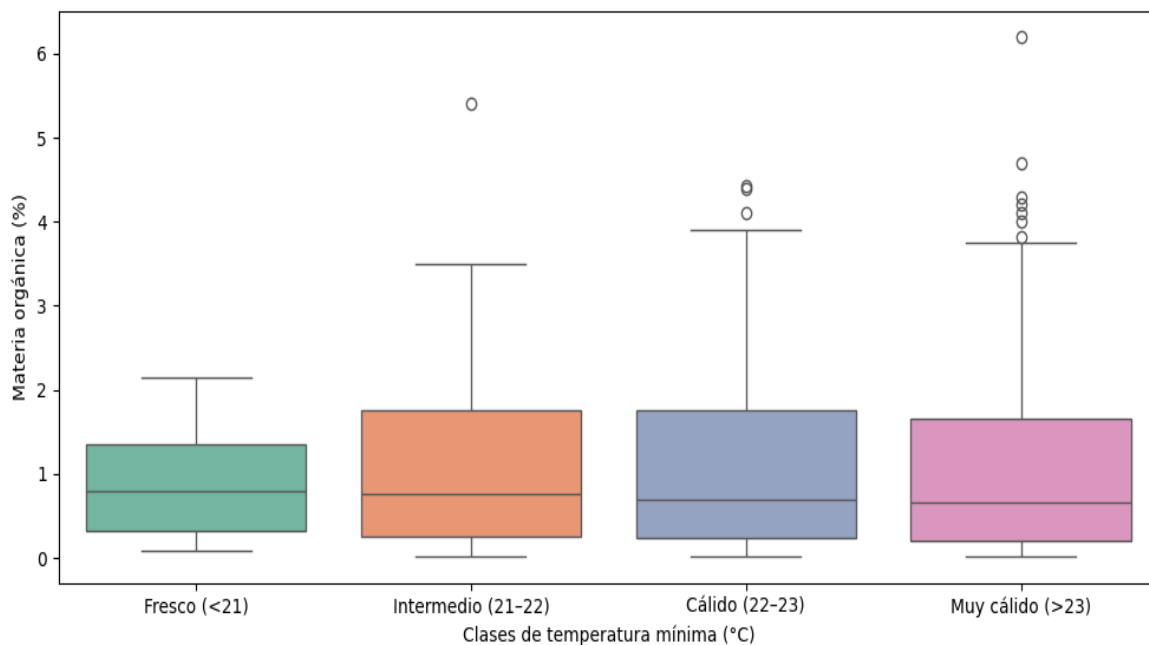
Cuadro 2. Contenido de MO del suelo según clases de temperatura mínima

Clase térmica	n	Media (%)	Mediana (%)	std	Mín (%)	Máx (%)
Fresco (<21)	32	0.90	0.80	0.72	0.08	2.14
Intermedio (21-22)	156	0.95	0.76	0.83	0.02	5.40
Cálido (22-23)	444	0.99	0.69	0.91	0.02	4.42

Muy cálido (>23)	408	1.01	0.66	1.03	0.01	6.20
------------------	-----	------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

Figura 8. Distribución de la MO según clases de temperatura mínima

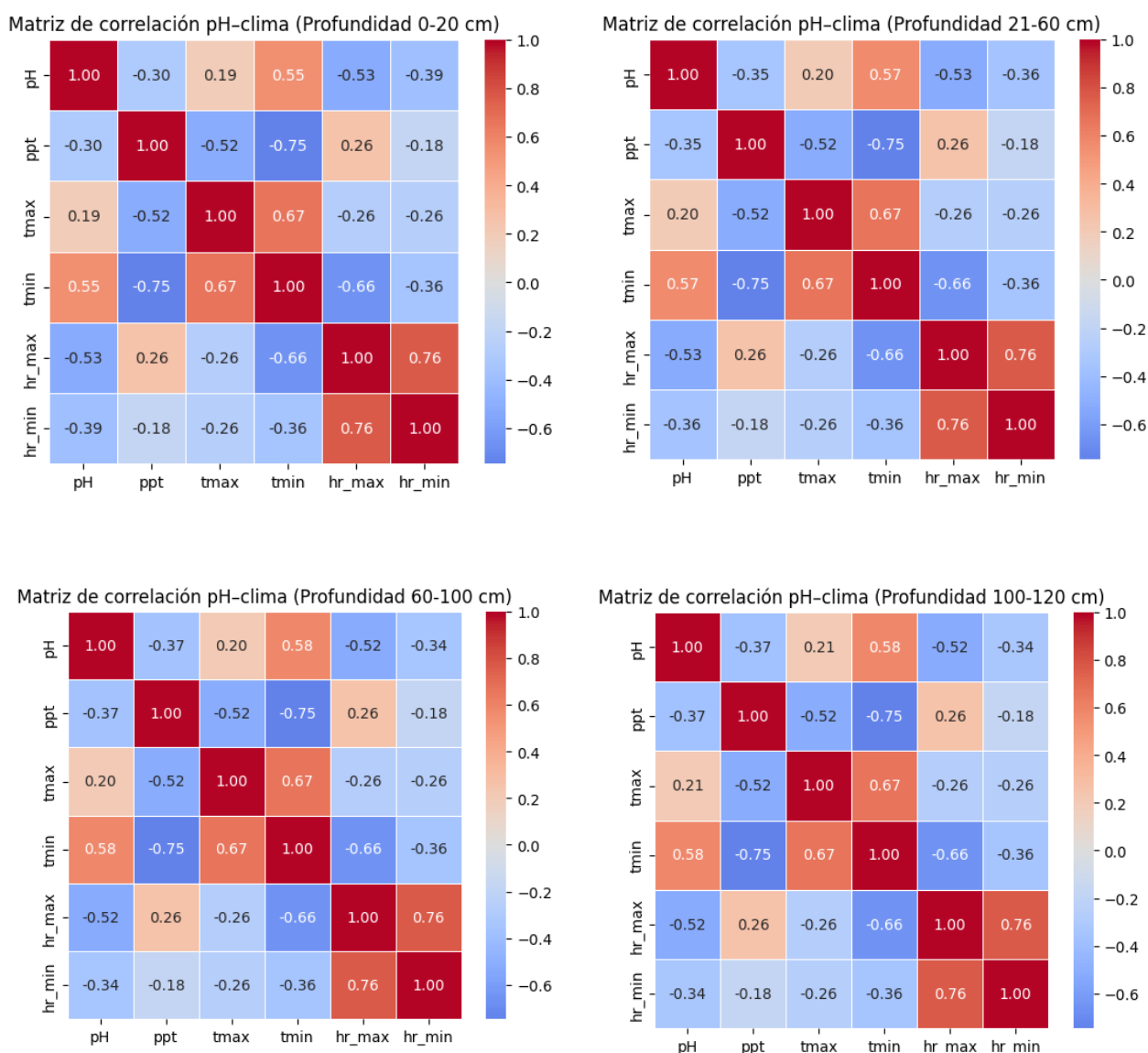


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

Este comportamiento puede estar vinculado a condiciones térmicas más favorables para la actividad biológica del suelo. En las clases con temperaturas mínimas más elevadas se observa un ligero incremento del contenido medio de materia orgánica, lo que aporta un elemento edáfico adicional para interpretar la relación positiva entre el pH y la temperatura mínima.

Asimismo, las asociaciones entre el pH del suelo y las variables climáticas analizadas son, en términos generales, consistentes a lo largo del perfil del suelo, desde la capa superficial (0–20 cm) hasta la más profunda (100–120 cm), tal y como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Matrices de correlación pH-clima por profundidad

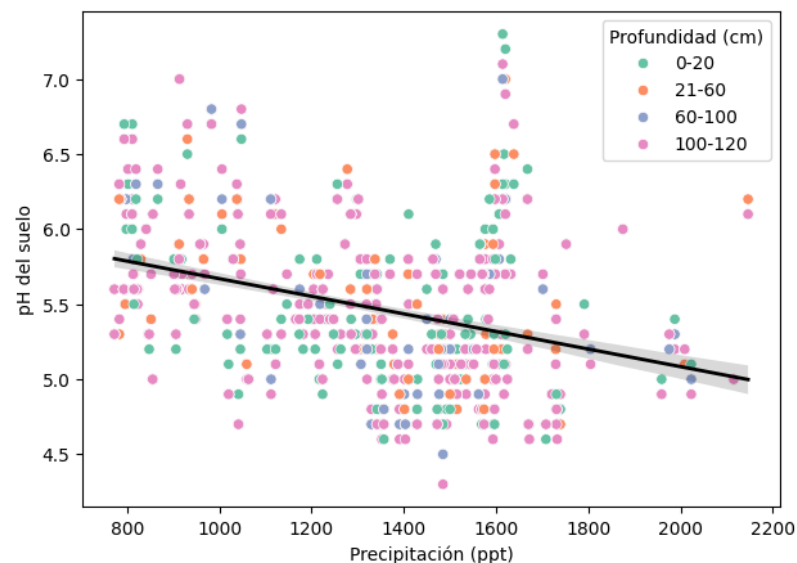


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

En todas las profundidades, el pH presenta correlación negativa moderada con la precipitación y la humedad relativa máxima, y una relación débilmente positiva con la temperatura máxima. Aunque los coeficientes varían ligeramente entre estratos, no se observa cambio en el signo ni en el patrón general, lo que indica que estas relaciones se mantienen estables independientemente de la profundidad.

Además, con el objetivo de complementar las matrices de correlación, se elaboraron gráficos de dispersión entre el pH del suelo y variables climáticas por categoría de profundidad permitiendo verificar visualmente la dirección y consistencia de las asociaciones observadas:

Figura 10. pH del suelo vs. precipitación por profundidad

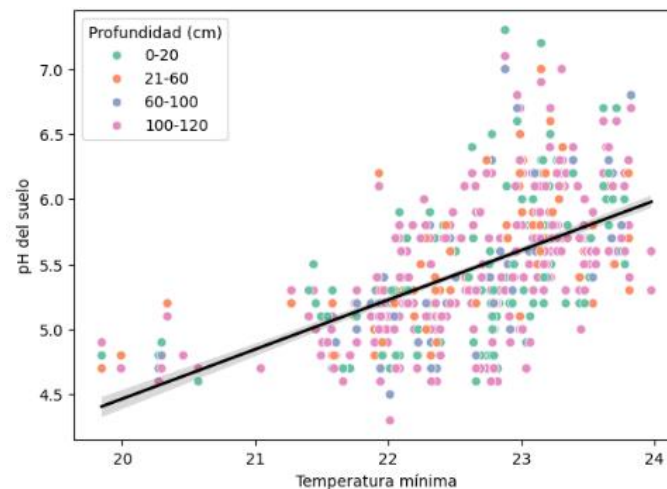


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

En la figura 10 se observa una tendencia general negativa entre la precipitación y el pH del suelo, donde valores más altos de precipitación se asocian con pH ligeramente más bajos.

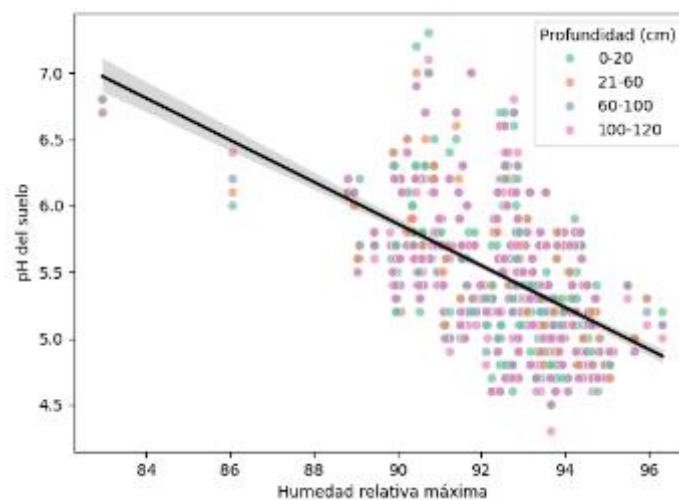
Las figuras 11 y 12 muestran relaciones opuestas del pH con las variables climáticas, aumenta con la temperatura mínima y disminuye con la humedad relativa máxima y el solapamiento entre profundidades indica un comportamiento similar a lo largo del perfil del suelo, sin diferenciación evidente entre estratos.

Figura 11. pH del suelo vs. temperatura mínima por profundidad



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

Figura 12. pH del suelo vs. humedad relativa máxima por profundidad



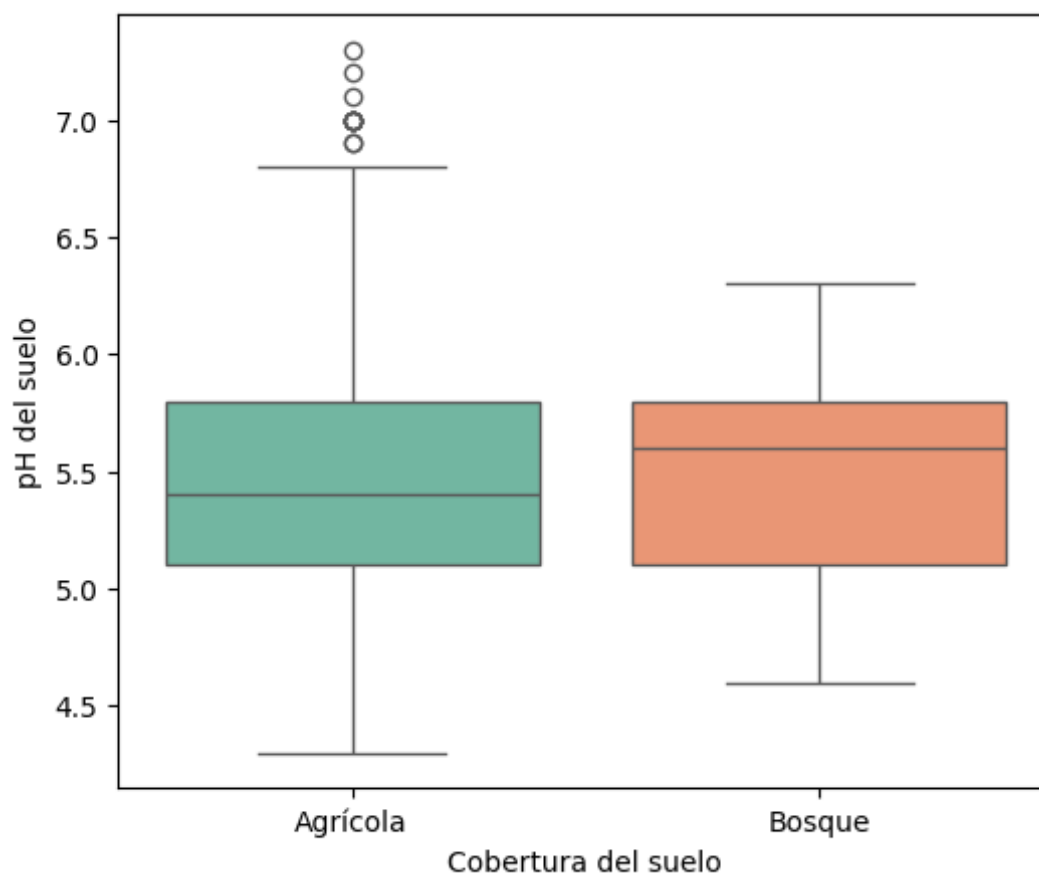
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

4.4 INFLUENCIA DE LA COBERTURA DEL SUELO SOBRE EL pH

En seguimiento a lo desarrollado en el apartado 3.4.5.1, el resultado de la reclasificación muestra que, de un total de 1044 observaciones, 948 corresponden a suelos de uso agrícola y 96 a suelos con cobertura boscosa.

Esta distribución refleja una clara dominancia de áreas agrícolas dentro del conjunto de calicatas analizadas, lo cual es coherente con el contexto territorial del estudio y con la naturaleza productiva de gran parte de las zonas muestreadas.

Figura 13. Distribución del pH del suelo según el uso o cobertura



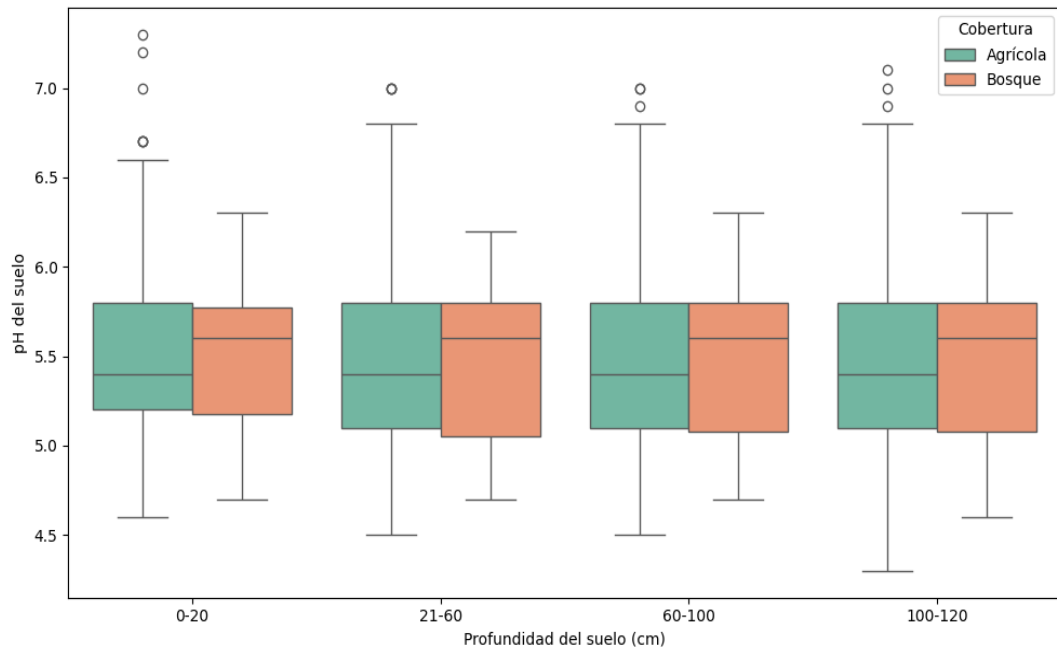
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

A partir del diagrama de caja que se muestra en la Figura 13 se observa que:

- Los suelos bajo cobertura de bosque presentan una mediana de pH ligeramente mayor que los suelos de uso agrícola.
- Los suelos agrícolas muestran una mayor dispersión del pH, incluyendo valores más bajos y una mayor presencia de valores extremos.
- En ambos tipos de cobertura el pH se mantiene mayoritariamente en un rango ligeramente ácido, aunque con mayor heterogeneidad en áreas agrícolas.

Este patrón sugiere que el uso del suelo podría estar influyendo en la variabilidad y nivel del pH, posiblemente asociado a prácticas agrícolas, manejo del suelo o alteraciones en los procesos edáficos naturales, mientras que los suelos bajo bosque tienden a presentar condiciones más estables.

Figura 14. Distribución del pH del suelo según cobertura y profundidad



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDIAP, 2026.

Lo que se muestra en la Figura 14 es que, los patrones son consistentes a lo largo del perfil edáfico. Los resultados muestran que en todas las profundidades evaluadas (0-20, 21-60, 60-100 y 100-120 cm), los suelos bajo cobertura de bosque presentan medianas de pH ligeramente superiores a las observadas en suelos de uso agrícola. No obstante, las diferencias entre coberturas son sutiles y se caracterizan por un alto grado de solapamiento entre distribuciones, lo que sugiere que el uso del suelo ejerce una influencia moderada sobre el pH, sin generar cambios abruptos con la profundidad. Asimismo, los suelos agrícolas tienden a mostrar mayor dispersión y presencia de valores extremos, especialmente en los horizontes superficiales, lo cual podría asociarse a prácticas de manejo y a una mayor perturbación edáfica.

Además, con la finalidad de evaluar si las diferencias observadas en el pH del suelo entre cobertura agrícola y cobertura boscosa eran estadísticamente significativas dentro de cada intervalo de profundidad del suelo, se aplicó la prueba Mann-Whitney U:

Cuadro 3. Resultados de la prueba de Mann-Whitney U para la comparación del pH del suelo entre coberturas por profundidad

Profundidad	n_Agrícola	n_Bosque	U	p_value
0-20	237	24	2695.0	0.672770
21-60	237	24	2808.0	0.919576
60-100	237	24	2799.0	0.900393
100-120	237	24	2825.0	0.958044

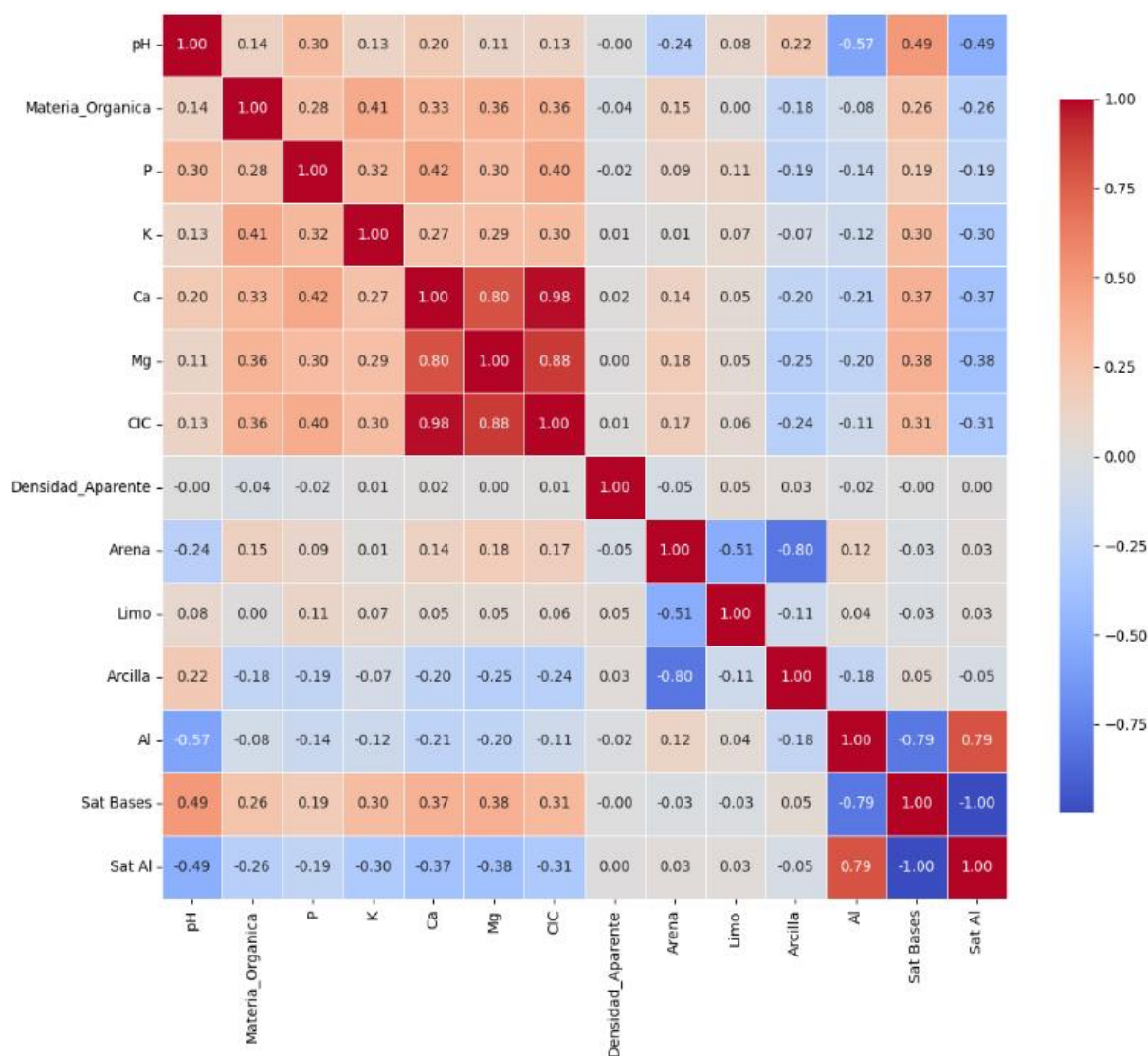
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IDIAP, 2026.

Aunque los valores de pH del suelo tienden a ser ligeramente mayores bajo cobertura boscosa en todas las profundidades analizadas, las diferencias observadas no resultaron estadísticamente significativas según la prueba de Mann-Whitney U ($p > 0.05$). Este resultado puede estar relacionado con la elevada variabilidad natural del pH del suelo, así como con el desbalance en el tamaño muestral entre las coberturas evaluadas, lo cual limita la capacidad de detectar diferencias significativas entre grupos.

4.5 RELACIONES ENTRE EL pH DEL SUELO Y LAS PROPIEDADES EDÁFICAS

La matriz de correlación o heatmap que vemos en la Figura 15 nos permite identificar de manera directa la dirección y magnitud de las asociaciones lineales entre el pH y las propiedades del suelo.

Figura 15. Matriz de correlación pH del suelo vs. propiedades edáficas



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IDIAP, 2026.

La matriz de la Figura 15 muestra que:

- El pH del suelo presenta una correlación negativa moderada con el Al ($r = -0.57$) y con la saturación de aluminio (Sat Al) ($r = -0.49$), indicando que mayores concentraciones de aluminio intercambiable se asocian con valores más bajos de pH.
- Se observa una correlación positiva moderada entre el pH y la saturación de bases (Sat Bases) ($r = 0.49$), lo que sugiere que suelos con mayor proporción de cationes básicos tienden a presentar pH más elevado.
- El pH muestra correlaciones positivas débiles a moderadas con P, Ca y Mg, mientras que las asociaciones con MO, CIC y K son débiles.
- Las propiedades físicas del suelo (arena, limo, arcilla y densidad aparente) presentan relaciones débiles o prácticamente nulas con el pH, lo que indica una influencia limitada sobre su variabilidad.
- La matriz evidencia alta colinealidad entre Ca, Mg y CIC, así como una relación inversa casi perfecta entre Sat Bases y Sat Al, reflejando procesos edáficos estrechamente interrelacionados.

En conjunto, la matriz de correlación muestra que la variabilidad del pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos está principalmente asociada a controles edáficos de naturaleza química, en particular al equilibrio entre cationes básicos y aluminio intercambiable. La relación negativa entre pH y aluminio, junto con la relación positiva con la saturación de bases, refleja los procesos clásicos de acidificación del suelo, donde

el incremento del aluminio intercambiable contribuye a la disminución del pH, mientras que una mayor proporción de bases intercambiables favorece condiciones menos ácidas.

Por el contrario, las propiedades físicas del suelo y la densidad aparente muestran una influencia secundaria o marginal sobre el pH, lo que sugiere que, en el área de estudio, estos factores no constituyen controles dominantes de la acidez del suelo. La presencia de colinealidad entre varias propiedades químicas refuerza la necesidad de un enfoque multivariado para evaluar su efecto conjunto, justificando el uso posterior de modelos integrados que permitan distinguir entre variables con control directo sobre el pH y aquellas que actúan de manera indirecta o redundante.

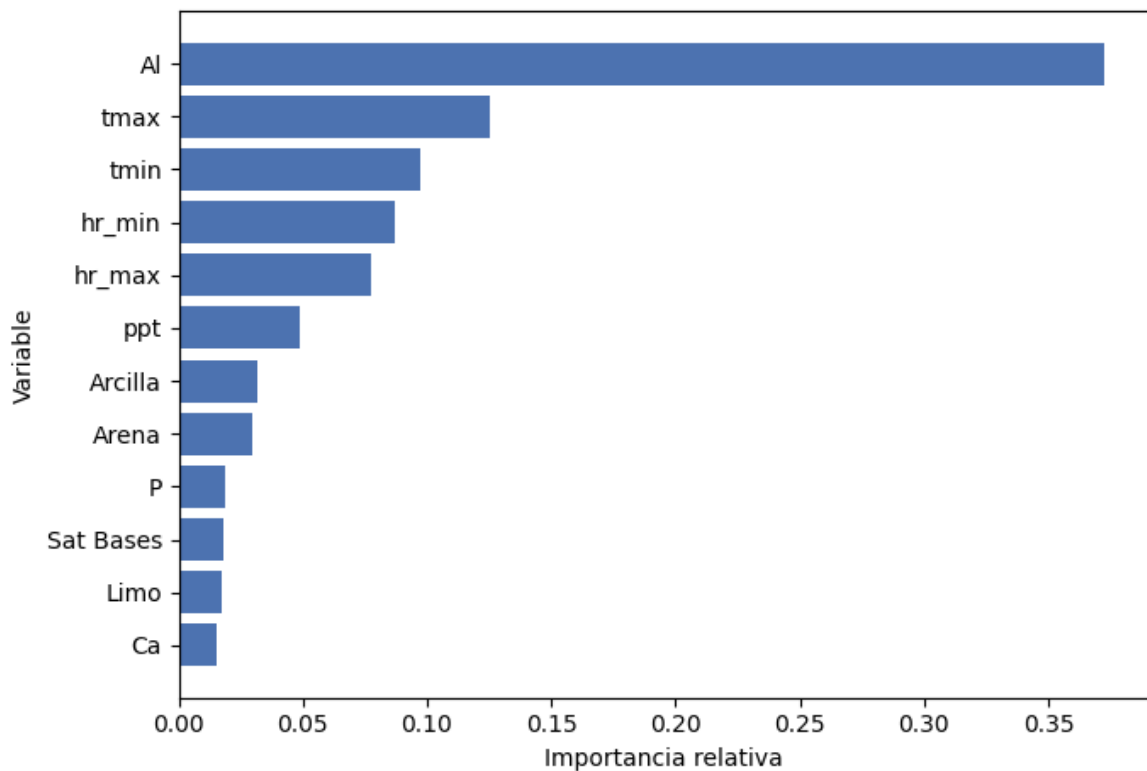
4.6 ANÁLISIS MULTIVARIADO MEDIANTE RANDOM FOREST

Con el objetivo de evaluar la contribución conjunta de las variables edáficas, climáticas, de profundidad y de cobertura del suelo en la variabilidad espacial del pH del suelo, se aplicó un análisis multivariado mediante Random Forest de regresión. El desempeño del modelo fue elevado, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.89$, lo que indica que el conjunto de variables explicativas logra capturar aproximadamente el 90% de la variabilidad observada del pH del suelo en el área de estudio.

Adicionalmente, los indicadores de error obtenidos evidencian una adecuada capacidad predictiva del modelo. El error absoluto medio (MAE = 0.12) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE = 0.16 unidades de pH) reflejan desviaciones reducidas entre los valores observados y los valores estimados, lo que confirma que el modelo reproduce de manera consistente el comportamiento del pH del suelo. En conjunto, estos resultados respaldan la

idoneidad del Random Forest para analizar la importancia relativa de los distintos factores considerados y para interpretar los controles dominantes de la variabilidad del pH.

Figura 16. Importancia de variables en el modelo Random Forest



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IDIAP, 2026.

A partir del análisis de la importancia relativa de las variables explicativas (Figura 16), se identifican los siguientes patrones clave:

- El aluminio intercambiable (Al) es el predictor más influyente del pH del suelo, concentrando la mayor proporción de la importancia relativa del modelo.
- Las variables climáticas, particularmente la tmax, tmin, hr_min y la hr_max, presentan una contribución relevante y consistente en la explicación de la variabilidad del pH.

- La ppt muestra una importancia intermedia, en concordancia con las asociaciones moderadas observadas en los análisis de correlación.
- Las propiedades edáficas químicas secundarias, como la textura del suelo (arcilla y arena), el P, la saturación de bases, el Ca, el Mg y la CIC, aportan una contribución moderada a baja.
- Propiedades como la densidad aparente, la materia orgánica, el magnesio, el potasio y la CIC presentan una importancia reducida en el modelo, por lo cual en la Figura 16 no se incluyeron.
- Las variables categóricas de profundidad del suelo y cobertura del suelo muestran una importancia marginal frente a los controles químicos y climáticos, por lo cual no se muestran en la Figura 16.

La jerarquización de variables obtenida mediante el modelo Random Forest indica que la variabilidad espacial del pH del suelo está dominada principalmente por controles edáficos de naturaleza química, en particular por el aluminio intercambiable. Este resultado sugiere que los procesos asociados a la acidez intercambiable y al balance de cationes constituyen el mecanismo central que regula el pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos, lo cual es coherente con el carácter predominantemente ácido de los suelos analizados.

Las variables climáticas emergen como factores moduladores del pH, influyendo indirectamente sobre los procesos edáficos que controlan la acidez, tales como la lixiviación de bases, la movilización del aluminio y la intensidad de los procesos de meteorización. No obstante, su menor peso relativo frente al aluminio intercambiable

indica que el clima no actúa como un control directo del pH, sino que condiciona su expresión espacial a través de su interacción con las propiedades del suelo.

Finalmente, la baja importancia relativa de la profundidad del suelo y de la cobertura del suelo en el modelo multivariado es consistente con los análisis descriptivos y estadísticos previos, los cuales evidenciaron diferencias leves y ampliamente solapadas del pH entre estratos del perfil y entre coberturas agrícola y boscosa. En conjunto, estos resultados confirman que el pH del suelo en el área de estudio refleja principalmente controles edáficos químicos, mientras que el clima, la profundidad y el uso del suelo introducen variaciones adicionales de menor magnitud.

4.7 IMPLICACIONES EDÁFICAS Y CLIMÁTICAS SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL pH DEL SUELO

Los resultados obtenidos en los análisis de correlación y en el modelo multivariado de Random Forest permiten avanzar más allá de la simple descripción estadística del pH del suelo, y aportan elementos para interpretar la susceptibilidad química del sistema edáfico en las provincias de Herrera y Los Santos. Si bien el análisis desarrollado no tiene como objetivo predecir cambios futuros en el pH, sí permite identificar los principales controles y moduladores que condicionan su variabilidad espacial y, por ende, los procesos que podrían favorecer tendencias de acidificación o estabilización del pH en el tiempo.

En este sentido, los resultados evidencian que el pH del suelo está fuertemente condicionado por procesos edáficos de naturaleza química, particularmente aquellos asociados al aluminio intercambiable, la saturación de aluminio y el balance de bases. La

dominancia de estas variables indica que el sistema edáfico presenta una capacidad limitada de amortiguamiento frente a pérdidas de bases, lo que se traduce en una mayor sensibilidad química. Esta condición es coherente con los valores observados de pH, predominantemente en rangos ligeramente ácidos, y con la ausencia de señales que sugieran procesos naturales de alcalinización a escala regional.

Asimismo, la integración de las variables climáticas en el análisis multivariado revela que el comportamiento del pH no responde únicamente a propiedades intrínsecas del suelo, sino que está modulado por las condiciones climáticas regionales. En particular, variables asociadas a la disponibilidad de humedad y al régimen térmico contribuyen a regular procesos como la lixiviación de bases, la hidrólisis de minerales y la movilidad del aluminio en el perfil del suelo. En este contexto, los resultados sugieren que los suelos del área de estudio presentan una mayor propensión a procesos de acidificación bajo escenarios caracterizados por una mayor humedad y una intensificación de la lixiviación, mientras que no se identifican mecanismos naturales dominantes que favorezcan incrementos sostenidos del pH.

Un hallazgo relevante del modelo de Random Forest es la alta importancia relativa de la temperatura máxima como variable explicativa de la variabilidad del pH del suelo. Este resultado no debe interpretarse como una relación directa y lineal entre el aumento de la temperatura y el incremento del pH, sino como la capacidad de esta variable para capturar condiciones ambientales de fondo asociadas al régimen térmico diurno, que influyen en los procesos edáficos. La temperatura máxima está vinculada a la intensidad de los procesos de evapotranspiración, a la dinámica hídrica del suelo y a la aceleración de reacciones

geoquímicas, factores que en conjunto inciden sobre la movilización de bases, la concentración de soluciones del suelo y el equilibrio ácido-base.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados indican que el pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos responde a una interacción entre controles edáficos locales y moduladores climáticos regionales, donde el régimen térmico juega un papel relevante. Incrementos sostenidos en la temperatura máxima, aun sin alcanzar condiciones extremas, podrían acentuar procesos de pérdida de bases intercambiables, favorecer condiciones de acidificación y reducir la resiliencia química de los suelos, particularmente en sistemas productivos con manejo limitado. En este contexto, los resultados refuerzan la necesidad de integrar explícitamente el componente climático, y en particular la temperatura máxima, en las estrategias de manejo y planificación del uso del suelo, dado que una gestión basada exclusivamente en propiedades edáficas resulta insuficiente para explicar y anticipar la dinámica real del pH del suelo a escala territorial.

4.8 PATRÓN ESPACIAL DE LA INFLUENCIA CLIMÁTICA EN LA PREDICCIÓN DEL pH DEL SUELO

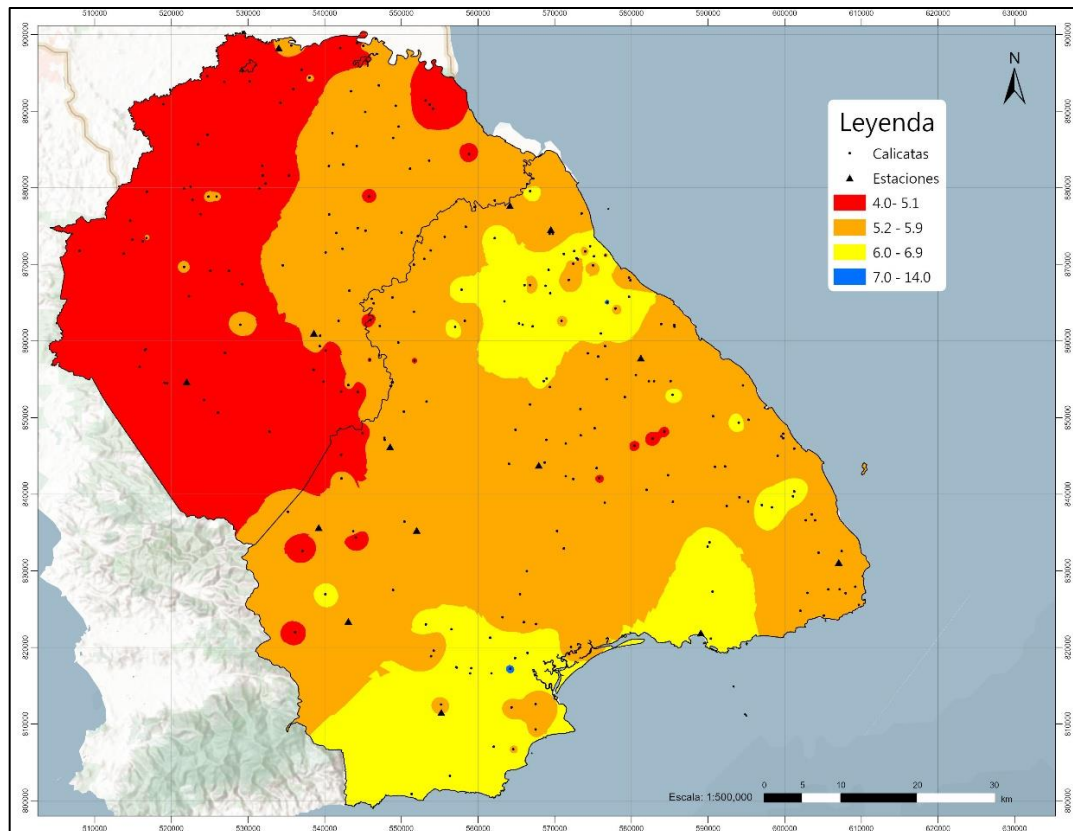
El análisis espacial del pH observado, el pH estimado a partir de variables climáticas y el residuo del modelo (ΔpH) permitió evaluar la coherencia territorial de las estimaciones generadas por el modelo Random Forest y reconocer las zonas donde las variables climáticas explican de forma consistente la variabilidad del pH del suelo.

Mientras la superficie de pH observado representa la distribución real de las condiciones ácido-base, el pH estimado expresa el comportamiento esperado bajo el control de los

moduladores climáticos, y el ΔpH identifica las áreas donde existen discrepancias entre ambos, evidenciando la intervención de factores edáficos locales o condiciones no capturadas por el modelo.

El mapa de pH observado de la Figura 17 muestra una distribución espacial heterogénea en las provincias de Herrera y Los Santos, con un predominio de valores ligeramente ácidos en la mayor parte del territorio. Los valores más bajos de pH (4.0-5.1) se concentran principalmente en los distritos de Las Minas, Ocú y Santa María, extendiéndose hacia el sector occidental del área de estudio, donde se observa una franja continua de suelos más ácidos.

Figura 17. Mapa de pH observado en campo



Fuente: Mapa generado a partir de los datos de campo de (Villarreal & Ramos, 2024).

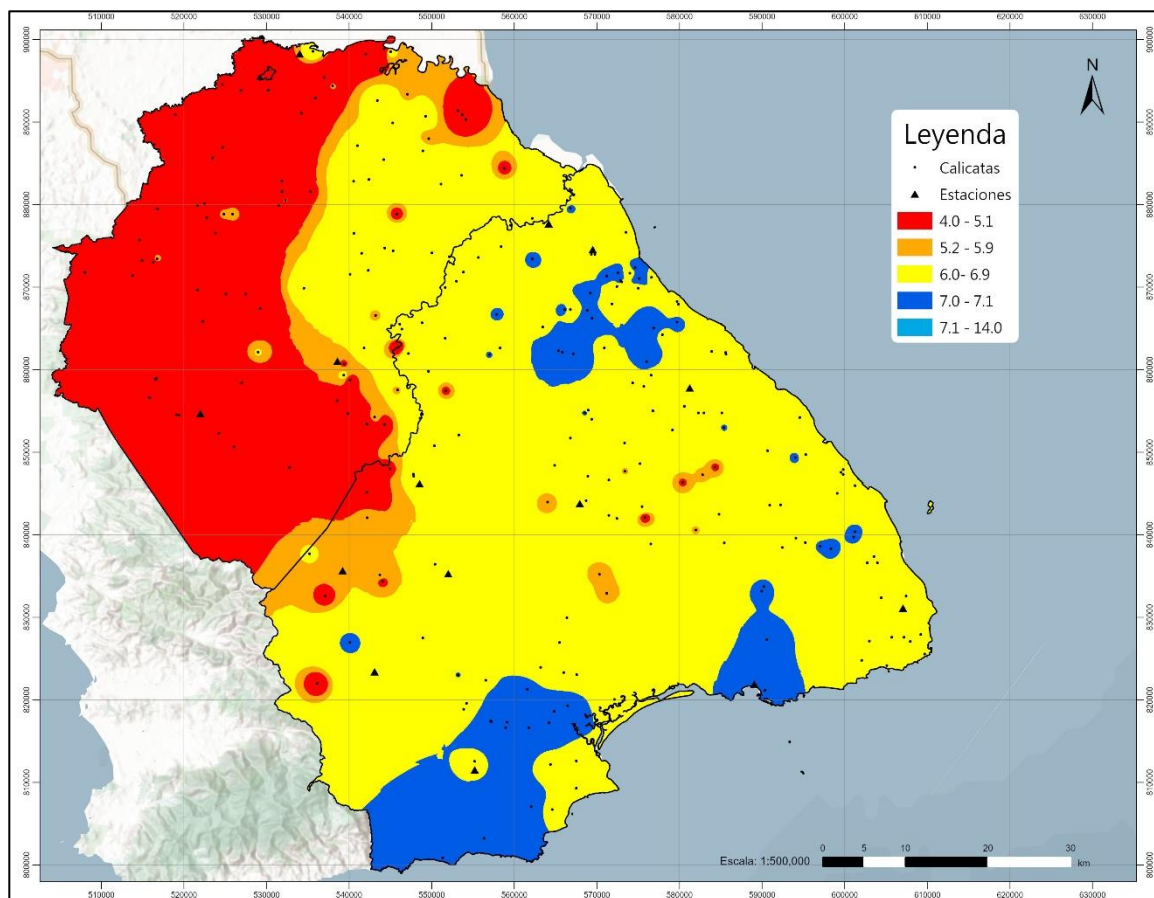
Hacia el centro del área de estudio, en distritos como Pesé, Macaracas, Los Santos y Parita, predominan valores en el rango de 5.2-5.9, los cuales constituyen la condición más representativa del conjunto de datos. Este mismo rango se extiende hacia el este en Guararé, Las Tablas y Pocrí, donde el pH mantiene un comportamiento relativamente homogéneo.

Sin embargo, el pH estimado de la Figura 18 presenta un patrón espacial continuo en el que se mantiene el gradiente regional de acidez. Los valores más ácidos se concentran hacia los distritos de Las Minas y Ocú, mientras que en el centro de las provincias predominan suelos ligeramente ácidos, especialmente en Parita, Chitré, Pesé, Macaracas y Los Santos. Hacia el sur y el sureste de la península, en distritos como Guararé, Pocrí, Pedasí y Tonosí, se observan sectores menos ácidos.

En comparación con el pH observado, esta superficie muestra una distribución más homogénea y con menor presencia de núcleos aislados de valores extremos, lo que indica que la predicción climática reproduce el patrón regional de acidez, pero suaviza las variaciones locales asociadas a condiciones edáficas específicas.

Dado que esta estimación se generó a partir de variables climáticas, la coherencia espacial entre ambos patrones sugiere que el clima contribuye a estructurar el comportamiento regional del pH del suelo, mientras que las diferencias puntuales responden a factores locales que no son capturados completamente por el modelo.

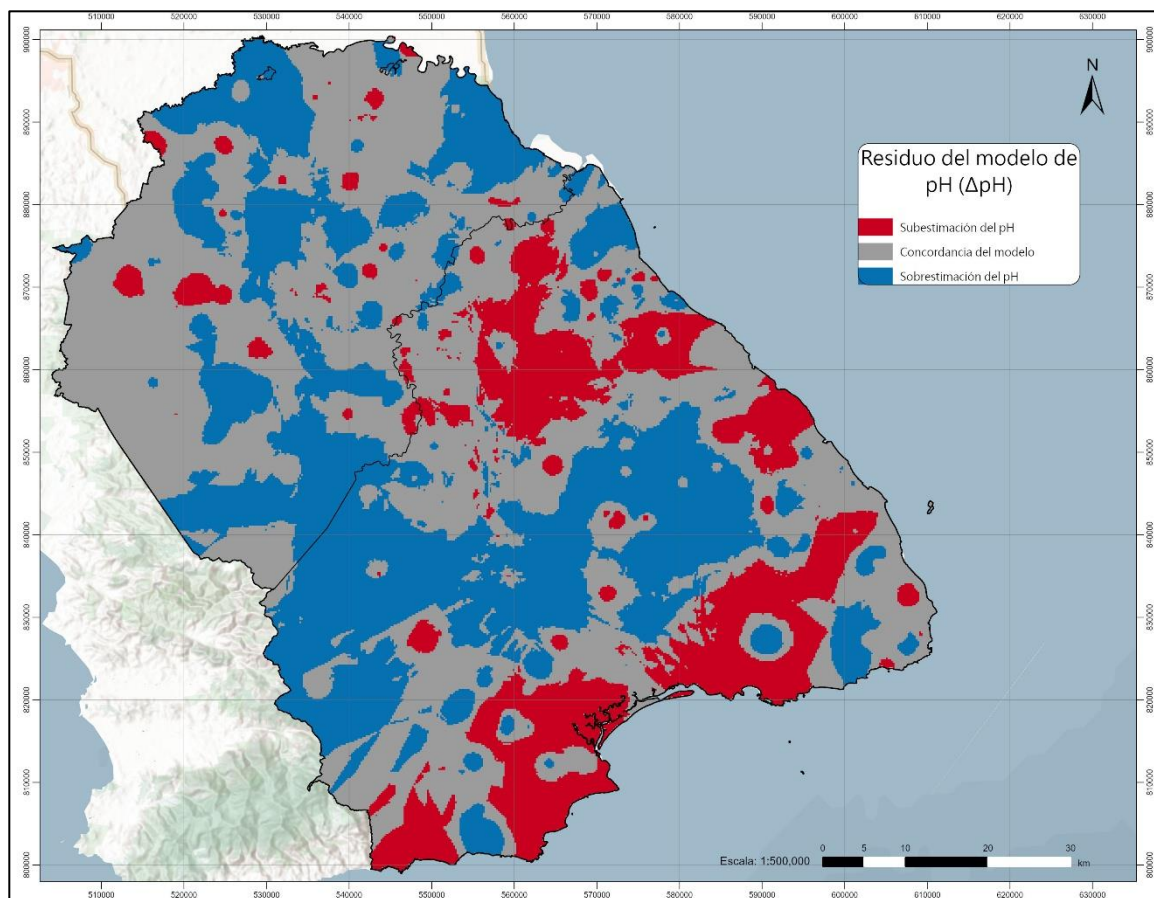
Figura 18. Mapa de pH estimado



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Con el fin de complementar la comparación, el mapa del residuo del modelo (ΔpH) de la Figura 19 permite evaluar la distribución espacial del error de predicción y, por tanto, identificar los sectores donde el pH estimado a partir de las variables climáticas se aproxima al valor observado y aquellos donde se producen desviaciones sistemáticas.

Figura 19. Mapa del residuo del modelo (ΔpH)



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Las zonas donde el modelo subestima el pH ($\Delta pH > 0$) se concentran principalmente en el sector centro-oriental del área de estudio, con presencia continua en los distritos de Los Santos, Guararé y Las Tablas, y extensiones hacia Pocrí y Pedasí. También se identifican parches en el eje interior que conecta Macaracas con la parte central de Tonosí, así como en áreas puntuales del entorno de Parita y del límite entre Ocú y Pesé.

En estos sectores los valores observados son mayores que los estimados a partir del clima, lo que sugiere la influencia de condiciones locales asociadas a diferencias en las

propiedades químicas del suelo, particularmente en el balance de bases y el contenido de aluminio intercambiable, identificadas previamente como los principales predictores del pH en el modelo Random Forest.

Por el contrario, las áreas donde el modelo sobrestima el pH ($\Delta\text{pH} < 0$), abarca gran parte de los distritos de Las Minas y Ocú, con continuidad hacia el sur en Tonosí y hacia el noreste en áreas de Santa María y Parita. Este patrón también aparece en zonas intermedias del interior de Los Santos y en sectores dispersos dentro de Macaracas.

En estos espacios los valores observados son menores que los estimados, lo que indica que el modelo basado en clima tiende a asignar valores de pH más altos que los registrados en campo y pone en evidencia la intervención de factores edáficos no representados por las variables climáticas regionales, entre los que podría intervenir el material parental como control geoquímico del sistema al modular la disponibilidad de bases y la capacidad de amortiguamiento del suelo.

5. CONCLUSIONES

1. Se logró evidenciar que el pH del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos presenta una variabilidad moderada y se mantiene predominantemente en el rango ligeramente ácido. La similitud de las medianas y de los niveles de dispersión entre las distintas categorías de profundidad indica que, dentro del intervalo evaluado (0–120 cm), el sistema edáfico muestra una relativa estabilidad química vertical, sin cambios abruptos a lo largo del perfil.
2. Se observó que la profundidad del suelo ejerce una influencia limitada sobre la variabilidad del pH, lo cual se refleja en el alto grado de solapamiento de las distribuciones por estrato y en la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre profundidades. Este comportamiento permite descartar a la variación vertical como un factor determinante en la diferenciación espacial del pH en el área de estudio.
3. De acuerdo con las matrices de correlación, el pH del suelo presenta asociaciones consistentes con las variables climáticas, caracterizadas por una relación negativa con la precipitación y la humedad relativa, y una relación positiva con la temperatura mínima. Estas asociaciones se mantienen a lo largo de todas las profundidades, lo que indica que la influencia del clima se manifiesta de forma integrada en el perfil del suelo y no se restringe a un horizonte específico.

4. El análisis de la cobertura del suelo mostró que los suelos de uso agrícola presentan una mayor dispersión y presencia de valores extremos de pH en comparación con los suelos bajo cobertura boscosa; sin embargo, estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas. Este resultado indica que, aunque el manejo del suelo introduce heterogeneidad en la distribución de los valores, su efecto es secundario frente a los controles edáficos de naturaleza química.
5. La matriz de correlación entre el pH y las propiedades del suelo permitió evidenciar que la variabilidad del pH está principalmente asociada a variables químicas, particularmente al aluminio intercambiable y a la saturación de bases. La relación negativa entre el pH y el aluminio, junto con la relación positiva con la saturación de bases, confirma que el balance de cationes constituye el mecanismo edáfico central que regula la acidez del suelo en las provincias de Herrera y Los Santos.
6. El modelo Random Forest evidenció que el aluminio intercambiable es el predictor más influyente del pH del suelo, lo que confirma el predominio de los controles edáficos químicos sobre la variabilidad espacial de esta propiedad. Este resultado es coherente con el carácter ácido de los suelos analizados y con los procesos asociados a la acidez intercambiable y al equilibrio entre bases y aluminio.
7. Se observó que las variables climáticas, en particular la temperatura máxima, la temperatura mínima y la humedad relativa, presentan una contribución relevante y consistente en la explicación de la variabilidad del pH; no obstante, su peso relativo es menor que el del aluminio intercambiable. Este comportamiento indica que el

clima actúa como un factor modulador que condiciona la expresión espacial del pH a través de su influencia sobre los procesos edáficos, y no como un control directo de la acidez del suelo.

8. El pH observado mostró un predominio de valores ligeramente ácidos en gran parte de Herrera y Los Santos, con mínimos en Las Minas, Ocú y sectores de Santa María y valores entre 5.2 y 5.9 en el eje Pesé-Macaracas-Parita que se prolonga hacia el sur. La superficie estimada reproduce este gradiente con mayor continuidad espacial, evidenciando el papel organizador de las variables climáticas a escala regional. Las discrepancias puntuales entre ambas superficies responden a variaciones edáficas locales no representadas en el modelo.
9. El mapa del ΔpH evidenció una distribución no aleatoria del error, con subestimaciones en el sector centro-oriental y sobrestimaciones en el eje Las Minas-Ocú con continuidad hacia Tonosí y Santa María. Las áreas de concordancia confirman que el modelo reproduce el patrón regional del pH, mientras que las desviaciones sistemáticas delimitan zonas donde el clima no explica completamente los valores observados. Este comportamiento refleja la influencia de controles edáficos locales, entre los que podría destacar el material parental.
10. En conjunto, los resultados evidencian que la variabilidad del pH del suelo en el área de estudio es explicada de manera significativa por la interacción entre las propiedades edáficas y las variables climáticas, y que dicha variabilidad presenta diferencias en función de la profundidad y la cobertura del suelo.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que futuras investigaciones integren datos de suelo y clima levantados de manera simultánea o en periodos temporalmente comparables, con el fin de reducir la incertidumbre asociada a los desfases entre ambas fuentes de información. Esta sincronización permitiría evaluar con mayor precisión la respuesta del pH del suelo a la variabilidad climática.
2. Disponer de series climáticas más extensas (≥ 20 -30 años) permitiría evaluar tendencias de largo plazo y analizar con mayor robustez la posible influencia del cambio climático sobre la variabilidad del pH del suelo, especialmente en relación con cambios en temperatura, precipitación y humedad relativa.
3. Se recomienda evaluar el pH del suelo bajo un enfoque espacio-temporal mediante muestreos repetidos en el tiempo en los mismos sitios. Este tipo de diseño permitiría diferenciar entre la variabilidad estructural del suelo y las fluctuaciones asociadas a la variabilidad climática interanual.
4. Para estudios futuros orientados a la modelación espacial, se sugiere trabajar con variables climáticas a mayor resolución espacial y con productos derivados que representen mejor la dinámica hídrica del suelo, como índices de balance hídrico, evapotranspiración o duración de periodos secos y húmedos. Esto podría mejorar la representación de los procesos de lixiviación de bases y movilización de aluminio identificados en este estudio.

7. BIBLIOGRAFÍA

AMS. (2023). *Glossary of Meteorology*. American Meteorological Society.
<https://www.ametsoc.org/ams/publications/glossary-of-meteorology/>

Ballabio, C. (2009). Spatial prediction of soil properties in temperate mountain regions using support vector regression. *Geoderma*, 151 (3–4), 338–350.
<https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2009.04.022>

Batista, A. (2014). *Impacto de la red agroclimática en la producción de arroz seco en Azuero*. https://up-rid.up.ac.pa/8170/1/arturo_batista.pdf

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *Instructor's Manual with Test Item File to accompany The Nature and Properties of Soils Fourteenth Edition*.

Brady, N., & Weil, R. (2016). *Nature and Properties of Soils, The 15th Edition*. Pearson Education, 375–376.
https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition

César, P., Guilherme, T., Donagemma, K., Fontana, A., Geraldés, W., Técnicos, T. E., De, M., De, M., & De Solo, A. (2018). *Manual de Métodos de Análise de Solo*, 337–342.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>

Chen, Z. S., Hsieh, C. F., Jiang, F. Y., Hsieh, T. H., & Sun, I. F. (1997). *Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern*

Taiwan. Plant Ecology, 132 (2), 229–241.
<https://doi.org/10.1023/A:1009762704553/METRICS>

Chytrý, M. (2001). *Phytosociological data give biased estimates of species richness.* Journal of Vegetation Science, 12 (3), 441–444. <https://doi.org/10.1111/J.1654-1103.2001.TB00190.X>

Chytrý, M., Danihelka, J., Ermakov, N., Hájek, M., Hájková, P., Kočí, M., Kubešová, S., Lustyk, P., Otýpková, Z., Popov, D., Roleček, J., Řezníčková, M., Šmarda, P., & Valachovič, M. (2007). *Plant species richness in continental southern Siberia: Effects of pH and climate in the context of the species pool hypothesis.* Global Ecology and Biogeography, 16 (5), 668–678. <https://doi.org/10.1111/J.1466-8238.2007.00320.X>;WGROU:STRING:PUBLICATION

Fabian, C., Reimann, C., Fabian, K., Birke, M., Baritz, R., Haslinger, E., Albanese, S., Andersson, M., Batista, M. J., Bel-lan, A., Cicchella, D., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Dinelli, E., Duriš, M., Dusza-Dobek, A., Eggen, O. A., Eklund, M., ... Zomeni, Z. (2014). *GEMAS: Spatial distribution of the pH of European agricultural and grazing land soil.* Applied Geochemistry, 48, 207–216. <https://doi.org/10.1016/J.APGEOCHEM.2014.07.017>

FAO. (2006). Food and Agriculture Organization. 2006. *Irrigation and Drainage Paper 56: Crop Evapotranspiration.*
https://www.researchgate.net/publication/284300773_FAO_Irrigation_and_drainage_paper_No_56

- FAO. (2009). *Propiedades Químicas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Filippi, P., Cattle, S. R., Bishop, T. F. A., Odeh, I. O. A., & Pringle, M. J. (2018). *Digital soil monitoring of top- and sub-soil pH with bivariate linear mixed models*. *Geoderma*, 322, 149–162. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2018.02.033>
- Forkuor, G., Hounkpatin, O. K. L., Welp, G., & Thiel, M. (2017). *High Resolution Mapping of Soil Properties Using Remote Sensing Variables in South-Western Burkina Faso: A Comparison of Machine Learning and Multiple Linear Regression Models*. PLOS ONE, 12 (1), e0170478. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0170478>
- Gobierno de la República de Panamá. (2017, Febrero 8). *Plan Nacional de Seguridad Hidrica 2015-2050 Agua para Todos*. <https://sinia.gob.pa/plan-nacional-de-seguridad-hidrica-2015-2050-agua-para-todos/>
- Gordón, R., Sáez, A., Ramos, F., Nuñez, J., & Franco, J. (2026, January 8). *Variables climáticas que afectan el maíz según fechas de siembra en la región de Azuero*. *Ciencia Agropecuaria*. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/696/653>
- Henríquez Salcedo, V. (2025). *Caracterización de la variación de ph en los suelos de los principales agroecosistemas de Chile*. <https://doi.org/10.58011/3AWA-6E83>

- Huang, J., Wong, V. N. L., & Triantafyllis, J. (2014). *Mapping soil salinity and pH across an estuarine and alluvial plain using electromagnetic and digital elevation model data*. *Soil Use and Management*, 30 (3), 394–402. <https://doi.org/10.1111/SUM.12122>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:14752743;CTYPE:STRING:JOURNAL
- IPCC. (2021). *Technical Summary: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.002>
- Ji, C. J., Yang, Y. H., Han, W. X., He, Y. F., Smith, J., & Smith, P. (2014). *Climatic and Edaphic Controls on Soil pH in Alpine Grasslands on the Tibetan Plateau, China: A Quantitative Analysis*. *Pedosphere*, 24 (1), 39–44. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60078-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60078-8)
- Kohavi, R., & John, G. H. (1997). Wrappers for feature subset selection. *Artificial Intelligence*, 97 (1–2), 273–324. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(97\)00043-X](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(97)00043-X)
- Kovačević, M., Bajat, B., & Gajić, B. (2010). *Soil type classification and estimation of soil properties using support vector machines*. *Geoderma*, 154 (3–4), 340–347. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2009.11.005>
- Lampurlanés, J., & Cantero-Martínez, C. (2003). *Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth*. *Agronomy Journal*, 95 (3), 526–536. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.5260>

- Li, X., Chang, S. X., Liu, J., Zheng, Z., & Wang, X. (2016). *Topography-soil relationships in a hilly evergreen broadleaf forest in subtropical China*. Journal of Soils and Sediments 2016, 17 (4), 1101–1115. <https://doi.org/10.1007/S11368-016-1573-4>
- Lu, Q., Tian, S., & Wei, L. (2023). *Digital mapping of soil pH and carbonates at the European scale using environmental variables and machine learning*. Science of The Total Environment, 856, 159171. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.159171>
- Meyer, H., & Pebesma, E. (2021). *Predicting into unknown space? Estimating the area of applicability of spatial prediction models*. Methods in Ecology and Evolution, 12 (9), 1620–1633. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13650>
- MiAMBIENTE. (2021). *Contribución Determinada a nivel nacional de Panamá (CDN1)*. <https://cdn.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2021/01/CDN1-Final.pdf>
- MiAMBIENTE. (2024, June 13). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional*. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/202406/Segunda%20Contribuci%C3%B3n%20Determinada%20a%20Nivel%20Nacional_CDN2.pdf
- Moore, I. D., Gessler, P. E., Nielsen, G. A., & Peterson, G. A. (1993). *Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis*. Soil Science Society of America Journal, 57 (2), 443–452. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ1993.03615995005700020026X>;WEBSITE:WEBSITE:ACSESS.ONLINELIBRARY.WILEY.COM;WGROU:STRING:PUBLICATION

- Nilsson, R., PeñaPe, J. M., Jmp, P., Björkegren JOHANBJORKEGREN, J., & Tegnér JESPERT, J. (2007). Consistent Feature Selection for Pattern Recognition in Polynomial Time. *Journal of Machine Learning Research*, 8, 589–612.
- OMM. (2025). *Guía de instrumentos y métodos de observación*.
https://library.wmo.int/records/item/68714-guia-de-instrumentos-y-metodos-de-observacion?language_id=13&back=&offset=5
- Ozturk, M., Kilic, M., & Gunal, H. (2024). *Digital Mapping of Soil pH and Electrical Conductivity: A Comparative Analysis of Kriging and Machine Learning Approaches*. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9 (4), 1168-1185–1168–1185.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.14542860>
- Slessarev, E. W., Lin, Y., Bingham, N. L., Johnson, J. E., Dai, Y., Schimel, J. P., & Chadwick, O. A. (2016). *Water balance creates a threshold in soil pH at the global scale*. *Nature* 2016, 540 (7634), 567–569. <https://doi.org/10.1038/nature20139>
- Tanasa, I. C., Niculitaa, M., Rosca, B., & Pirnau, R. (2010). *Pedometric Techniques in Spatialisation of Soil Properties for Agricultural Land Evaluation*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 67 (1). <https://doi.org/10.15835/BUASVMCN-AGR:5095>
- Valenzuela B, I. G., Visconti M, E. F., Valenzuela B, I. G., & Visconti M, E. F. (2018). *Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander*,

- Colombia*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12 (1), 233–243.
<https://doi.org/10.17584/RCCH.2018V12I1.7349>
- Vandana, N., Suresh, G. J. R., Mitran, T., & Mahadevappa, S. G. (2024). *Digital Mapping of Soil pH and Electrical Conductivity Using Geostatistics and Machine Learning*. International Journal of Environment and Climate Change, 14 (2), 273–286.
<https://doi.org/10.9734/IJECC/2024/V14I23944>
- Villarreal, J. E., & Ramos, I. A. (2024, July 10). *Caracterización de suelos en áreas productivas de la región de Azuero-Panamá*. Ciencia Agropecuaria.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/653/577>
- Zhang, Y. Y., Wu, W., & Liu, H. (2019). *Factors affecting variations of soil pH in different horizons in hilly regions*. PLoS ONE, 14 (6), e0218563.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0218563>

X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max	Min	K	Cs	Hc	LOC	Desired Az	Laser	X	Y	Prd max	Prd min	Max
---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----	-----	---	----	----	-----	------------	-------	---	---	---------	---------	-----

31	5603677	5125633	0	20	4.7	5.8	5	0.5	3.41	0.81	4.9	1.36	Torres	25101009	5603676	5125632	0	1	38	16	46	0.1	9	5603678	2.0560038
31	5603677	5125633	21	60	2.87	5.7	2	0.5	212	0.54	3.2	1.34	Torres	25101009	5603676	5125632	0	1	35	21	44	0.1	8	5603681	3.1018466
31	5603677	5125633	60	800	1.25	5.7	1	0.3	1.43	0.23	2	1.34	Torres	25101009	5603676	5125632	0	1	35	21	44	0.1	8	5603682	4.0329754
31	5603677	5125633	100	600	0.66	5.7	1	0.2	0.77	0.11	1.2	1.23	Torres	25101009	5603676	5125632	0	1	31	22	47	0.1	4	5603683	5.1171954
32	5672025	5130337	0	20	3.4	5.6	9.1	0.7	1.43	0.42	2.9	1.37	Guarcos	25069603	5603625	5130336	1	0	50	12	38	0.4	8	5172825	13.707715
32	5672025	5130337	21	60	1.78	5.6	5	0.1	1.12	0.25	2.3	1.34	Guarcos	25069603	5603625	5130336	1	0	45	17	38	0.5	5	5125335	21.760877
32	5672025	5130337	60	800	0.87	5.6	2	0.3	0.62	0.1	1.1	1.25	Guarcos	25069603	5603625	5130336	1	0	44	17	39	0.5	4	5603684	30.03261
32	5672025	5130337	100	600	0.29	5.6	1	0.2	0.11	0.03	0.9	1.27	Guarcos	25069603	5603625	5130336	1	0	38	20	40	0.5	2	5677781	62.412979
33	56914.2	5170231	0	20	2.3	6.2	7.1	0.3	0.41	0.76	1.3	1.27	Buena Vista	25107006	5603903	5170230	0	1	52	34	28	0.2	10	5603904	3.2029938
33	56914.2	5170231	21	60	1.12	6.2	3	0.2	2.23	0.23	3.2	1.40	Buena Vista	25107006	5603903	5170230	0	1	46	26	28	0.2	8	5623023	6.7673772
33	56914.2	5170231	60	800	0.43	6.2	1	0.1	1.1	0.13	1.5	1.34	Buena Vista	25107006	5603903	5170230	0	1	35	22	27	0.2	6	5623074	13.026306
33	56914.2	5170231	100	600	0.08	6.2	0.1	0	0.34	0.02	0.6	1.27	Buena Vista	25107006	5603903	5170230	0	1	40	27	33	0.1	8	5603909	34.079141
34	5672244	5177918	0	20	4	7.2	7.4	0.2	4.6	0.8	5.7	1.33	LaMueza	25069602	5603704	5177917	0	1	64	24	12	0.1	8	5626661	1.7537545
34	5672244	5177918	21	60	1.77	7	3.4	0.2	2.33	0.4	3	1.46	LaMueza	25069602	5603704	5177917	0	1	55	22	23	0.1	8	5626662	3.371535
34	5672244	5177918	60	800	0.43	6.9	12	0.1	1.47	0.3	2.1	1.36	LaMueza	25069602	5603704	5177917	0	1	43	28	29	0.2	8	5626677	9.7523734
34	5672244	5177918	100	600	0.12	6.9	1	0	0.77	0.01	1	1.4	LaMueza	25069602	5603704	5177917	0	1	35	32	33	0.2	8	5626681	22.147668
35	5675312	5239634	0	20	2.46	5.9	1.5	0.3	3.8	0.72	5.1	1.34	Elmuen	25177792	5123938	5239633	0	1	26	28	46	0.3	8	5177625	5.8203647
35	5675312	5239634	21	60	1.15	5.9	1	0.2	2.47	0.57	3.5	1.25	Elmuen	25177792	5123938	5239633	0	1	28	34	48	0.2	8	5181821	5.7388137
35	5675312	5239634	60	800	0.36	5.9	0.1	0.1	1.38	0.23	1.9	1.23	Elmuen	25177792	5123938	5239633	0	1	30	36	44	0.2	8	5187054	10.528666
35	5675312	5239634	100	600	0.13	5.9	0.1	0.1	0.36	0.1	0.9	1.23	Elmuen	25177792	5123938	5239633	0	1	29	36	45	0.2	8	5187123	21.414635
36	5680337	5180076	0	20	4.42	6.5	6.1	0.1	2.1	1.21	6.1	1.45	Torres	24326209	5603667	5180075	0	1	36	44	20	0.1	8	5125285	0.2376522
36	5680337	5180076	21	60	1.76	6.3	2.4	1.6	2.3	1.14	2.9	1.34	Torres	24326209	5603667	5180075	0	1	34	44	22	0.1	8	5171811	0.2507595
36	5680337	5180076	60	800	0.89	6.3	2	0.3	0.74	0.04	2.6	1.34	Torres	24326209	5603667	5180075	0	1	34	44	22	0.1	8	5609966	0.2202236
36	5680337	5180076	100	600	0.12	6.2	2	0.2	0.6	0.7	4.6	1.27	Torres	24326209	5603667	5180075	0	1	31	40	29	0.1	8	5626623	0.8627373
37	5671244	5174912	0	20	2.22	6.3	21	0.5	2.8	0.74	4.2	1.46	ElBabero	25069602	5603704	5174911	0	1	46	22	32	0.2	8	5626641	4.7125933
37	5671244	5174912	21	60	1.53	6.2	17.2	0.3	1.63	0.36	2.7	1.42	ElBabero	25069602	5603704	5174911	0	1	44	23	33	0.2	8	5183051	7.3905963
37	5671244	5174912	60	800	0.59	6.2	0.5	0.2	1.02	0.24	1.6	1.37	ElBabero	25069602	5603704	5174911	0	1	44	23	33	0.1	8	5627719	6.6228044
37	5671244	5174912	100	600	0.21	6.1	0.1	0.1	0.44	0.12	0.7	1.37	ElBabero	25069602	5603704	5174911	0	1	36	26	30	0.1	8	5627720	12.314778
38	5646177	5212619	0	20	3.62	6.4	25	0.2	28.2	14.4	45.9	1.26	Palma	25157593	5123826	5212618	0	1	46	28	32	0.2	8	5603646	0.2323342
38	5646177	5212619	21	60	1.17	6.2	12	0.1	20.5	11.9	36.6	1.32	Palma	25157593	5123826	5212618	0	1	34	41	25	0.1	8	5171351	0.286875
38	5646177	5212619	60	800	0.47	6.2	3	0.1	8.7	4.7	26.6	1.32	Palma	25157593	5123826	5212618	0	1	33	38	29	0.1	8	5625989	0.4039511
38	5646177	5212619	100	600	0.13	6.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.9	1.32	Palma	25157593	5123826	5212618	0	1	30	34	36	0.1	8	5626048	0.6052822
39	5651914	5239167	0	20	3.08	6	1	0.2	2.26	0.73	3.3	1.37	LaGranda	25126273	5126398	5239166	0	1	40	30	30	0.1	8	5606148	3.051823
39	5651914	5239167	21	60	1.1	5.9	1	0.2	2.12	0.3	3	1.33	LaGranda	25126273	5126398	5239166	0	1	38	29	33	0.1	8	5626673	3.126027
39	5651914	5239167	60	800	0.6	6	0.1	0.1	1.47	0.54	0.9	1.33	LaGranda	25126273	5126398	5239166	0	1	38	29	33	0.1	8	5626674	3.126027
39	5651914	5239167	100	600	0.14	6	0.1	0.1	1.06	0.36	1.6	1.29	LaGranda	25126273	5126398	5239166	0	1	43	38	29	0.1	8	5626675	6.1254352
40	5683938	5160832	0	20	2.1	6	8.1	0.3	5.4	0.8	4.8	1.2	Palma	2511154	5603718	5160831	0	1	46	34	40	0.2	8	5626676	0.230148
40	5683938	5160832	21	60	1.12	6.2	2.4	0.5	3.45	0.7	4.7	1.25	Palma	2511154	5603718	5160831	0	1	43	32	25	0.1	8	5626677	2.126446
40	5683938	5160832	60	800	0.36	6.2	1	0.3	2.67	0.3	3.4	1.25	Palma	2511154	5603718	5160831	0	1	42	39	29	0.1	8	5626678	2.0657095
40	5683938	5160832	100	600	0.11	6.2	0.1	0.1	0.35	0.1	1.7	1.25	Palma	2511154	5603718	5160831	0	1	40	32	24	0.1	8	5626679	3.010145
41	5602023	5079156	0	20	3.62	6.5	11	0.5	3.5	0.86	5.2	1.4	Torres	25155809	5079155	5079154	0	1	54	32	14	0.2	8	5626680	3.0717124
41	5602023	5079156	21	60	1.33	6.5	3	0.3	2.05	0.87	3.9	1.4	Torres	25155809	5079155	5079154	0	1	51	31	18	0.2	8	5626681	5.151356
41	5602023	5079156	60	800	0.79	6.4	0.1	0.3	1.23	0.3	3.2	1.42	Torres	25155809	5079155	5079154	0	1	48	24	36	0.2	8	5626682	6.0200254
41	5602023	5079156	100	600	0.34	6.4	0.1	0.1	1.26	0.44	1.9	1.34	Torres	25155809	5079155	5079154	0	1	55	23	22	0.1	8	5626683	5.2989217
42	5630647	5198129	0	20	4.4	5.4	0.1	0.3	1.69	0.42	2.7	1.3	Torres	24625282	5123879	5198128	0	1	44	22	34	0.2	8	5626684	7.5504964
42	5630647	5198129	21	60	2.1	5.3	0.5	0.3	0.37	0.3	1.2	1.3	Torres	24625282	5123879	5198128	0	1	44	22	34	0.2	8	5626685	15.724412
42	5630647	5198129	60	800	1.08	5.4	0.1	0.2	0.77	0.13	1.3	1.3	Torres	24625282	5123879	5198128	0	1	39	34	27	0.2	8	5626686	15.724412
42	5630647	5198129	100	600	0.67	5.4	0.2	0.2	0.54	0.7	1.3	1.3	Torres	24625282	5123879	5198128	0	1	32	42	27	0.2	8	5626687	46.454122
43	5644887	5183336	0	20	2.83	6.3	28	0.2	5.1	0.83	4.2	1.45	Palma	24642621	5603772	5183335	0	1	38	40	22	0.1	8	5174854	2.3910421
43	5644887	5183336	21	60	1.13	6.3	22	0.2	2.89	0.73	3.9	1.45	Palma	24642621	5603772	5183335	0	1	34	37	29	0.1	8	5626687	6.1254352
43	5644887	5183336	60	800	0.6	6.1	0.1	0.1	1.23	0.3	4	1.45	Palma	24642621	5603772	5183335	0	1	38	40	22	0.1	8	5626688	0.230148
43	5644887	5183336	100	600	0.32	6.2	1	0.1	0.76	0.15	1.1	1.45	Palma	24642621	5603772	5183335	0	1	28	36	30	0.1	8	5626687	9.4610735
44	5637377	5214637	0	20	1.87	6.7	2	0.1	4.1	0.87	5.3	1.36	Ceres	25099605	5219722	5214636	0	1	52	34	24	0.2	8	56	

61	5437532	6698421	0	30	2	5.4	1	0.3	183	031	3	133	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	44	21	35	0.4	8	24.06084	13.269758	
61	5437532	6698421	21	60	0.03	5.4	1	0.3	138	0.41	2.3	147	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	17.389414	
61	5437532	6698421	60	120	0.25	5.4	1	0.3	138	0.25	2.2	144	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	17.389414	
61	5437532	6698421	100	240	1.01	5.4	1	0.3	138	0.05	0.02	1	155	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	18.592593
62	5460338	6988266	0	30	175	5.3	2	0.2	145	0.6	3.1	155	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	18.592593	
62	5460338	6988266	15	60	151	5.3	1	0.2	136	0.21	2.4	152	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	18.592593	
62	5460338	6988266	60	120	0.52	5.2	0.1	0.2	165	0.28	2.2	144	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	18.592593	
62	5460338	6988266	100	240	0.22	5.2	0.1	0.2	0.06	0.02	1.7	147	Henocan	24.06084	94.488373	58.16687	1475.7594	31.01383	22.1538805	0	1	40	20	35	0.4	8	24.06084	18.592593	
63	5467535	6944630	0	30	240	5.7	4	0.3	231	0.80	3.7	146	Rda-Vila	24.04147	94.250469	54.32084	150.8343	31.20236	22.078676	0	1	40	20	35	0.4	8	24.04147	18.592593	
63	5467535	6944630	21	60	114	5.7	2	0.3	233	0.79	3.6	144	Rda-Vila	24.04147	94.250469	54.32084	150.8343	31.20236	22.078676	0	1	40	20	35	0.4	8	24.04147	18.592593	
63	5467535	6944630	60	120	0.07	5.7	1	0.3	177	0.25	2.6	136	Rda-Vila	24.04147	94.250469	54.32084	150.8343	31.20236	22.078676	0	1	40	20	35	0.4	8	24.04147	18.592593	
63	5467535	6944630	100	240	0.22	5.7	0.1	0.2	1	0.11	1.5	136	Rda-Vila	24.04147	94.250469	54.32084	150.8343	31.20236	22.078676	0	1	40	20	35	0.4	8	24.04147	18.592593	
64	5486448	6948015	0	30	281	5.9	16	0.4	465	1.82	7.1	124	Tauesen	25.07031	94.243325	54.46996	156.8172	31.20181	22.082034	0	1	42	21	27	0.1	8	25.07031	14.088258	
64	5486448	6948015	21	60	123	5.8	12	0.2	346	1.06	4.9	136	Tauesen	25.07031	94.243325	54.46996	156.8172	31.20181	22.082034	0	1	44	28	28	0.2	8	25.07031	14.088258	
64	5486448	6948015	60	120	0.03	5.8	2	0.1	307	0.86	4.3	117	Tauesen	25.07031	94.243325	54.46996	156.8172	31.20181	22.082034	0	1	44	28	28	0.2	8	25.07031	14.088258	
64	5486448	6948015	100	240	0.14	5.8	1	0.1	246	0.33	3	122	Tauesen	25.07031	94.243325	54.46996	156.8172	31.20181	22.082034	0	1	44	28	28	0.2	8	25.07031	14.088258	
65	6976344	6704786	0	30	1.9	5.4	1.4	0.2	0.9	0.46	1.9	135	Ellen	22.24721	98.886233	46.20282	128.1006	31.71184	25.113335	0	1	54	16	30	0.4	8	22.24721	17.389414	
65	6976344	6704786	21	60	0.86	5.5	1	0.2	122	0.55	2.4	135	Ellen	22.24721	98.886233	46.20282	128.1006	31.71184	25.113335	0	1	50	14	36	0.4	8	22.24721	17.389414	
65	6976344	6704786	60	120	0.37	5.5	0.1	0.1	0.67	0.21	1	127	Ellen	22.24721	98.886233	46.20282	128.1006	31.71184	25.113335	0	1	45	19	36	0.1	8	22.24721	17.389414	
65	6976344	6704786	100	240	0.04	5.5	0.1	0	0.33	0.11	0.6	137	Ellen	22.24721	98.886233	46.20282	128.1006	31.71184	25.113335	0	1	49	21	30	0.1	8	22.24721	17.389414	
66	6923451	6483728	0	30	1.4	6.2	46.9	0.6	4.6	0.8	6.1	140	Peto	75.00392	98.111332	46.30322	128.0323	31.97789	23.329797	0	1	44	28	28	0.1	8	23.0359	14.088258	
66	6923451	6483728	21	60	0.76	6.1	34	0.6	344	0.7	4.8	140	Peto	75.00392	98.111332	46.30322	128.0323	31.97789	23.329797	0	1	47	27	33	0.1	8	23.0359	14.088258	
66	6923451	6483728	60	120	0.34	6.1	2	0.3	2.5	0.3	2.2	140	Peto	75.00392	98.111332	46.30322	128.0323	31.97789	23.329797	0	1	49	21	30	0.1	8	23.0359	14.088258	
66	6923451	6483728	100	240	0.03	6.1	1	0.1	123	0.4	1.8	140	Peto	75.00392	98.111332	46.30322	128.0323	31.97789	23.329797	0	1	49	21	30	0.1	8	23.0359	14.088258	
67	58984132	633781	0	30	2	37	6.1	2	0.4	11	0.23	0.8	137	Ellen	07.07549	98.033941	46.459756	121.2203	31.97182	26.2629	0	1	50	26	24	0.1	8	08.0828	18.592593
67	58984132	633781	21	60	123	6.1	1	0.4	81.4	0.13	1	137	Ellen	07.07549	98.033941	46.459756	121.2203	31.97182	26.2629	0	1	50	26	24	0.1	8	08.0828	18.592593	
67	58984132	633781	60	120	0.45	6.2	0.1	0.3	7.6	0.12	8.1	131	Ellen	07.07549	98.033941	46.459756	121.2203	31.97182	26.2629	0	1	48	27	25	0.1	8	08.0828	18.592593	
67	58984132	633781	100	240	0.13	6.2	0.1	0.2	3.6	0.07	4	130	Ellen	07.07549	98.033941	46.459756	121.2203	31.97182	26.2629	0	1	48	27	25	0.1	8	08.0828	18.592593	
68	9820212	633267	0	30	1.4	6.1	2	0.5	1.2	0.4	2.2	124	Ellen	04.41347	98.068121	46.40481	134.1704	31.70236	23.302319	0	1	44	28	28	0.1	8	04.41347	18.592593	
68	9820212	633267	21	60	1.44	6	1	0.4	0.76	0.2	1.5	123	Ellen	04.41347	98.068121	46.40481	134.1704	31.70236	23.302319	0	1	41	29	30	0.1	8	04.41347	18.592593	
68	9820212	633267	60	120	0.03	6.1	0.1	0.1	0.25	0.2	0.6	115	Ellen	04.41347	98.068121	46.40481	134.1704	31.70236	23.302319	0	1	37	28	35	0.1	8	04.41347	18.592593	
68	9820212	633267	100	240	0.14	6.1	0	0.1	0.05	0.04	0.2	115	Ellen	04.41347	98.068121	46.40481	134.1704	31.70236	23.302319	0	1	37	28	35	0.1	8	04.41347	18.592593	
69	6973822	6380604	0	30	1.07	5.2	4.7	0.1	0.6	0.2	1	127	Peto	46.20346	98.089313	46.20346	134.0951	31.84357	25.08614	0	1	90	4	6	0.1	8	09.7052	18.592593	
69	6973822	6380604	21	60	0.23	5.2	6	0.1	0.07	0.03	1.2	125	Peto	46.20346	98.089313	46.20346	134.0951	31.84357	25.08614	0	1	90	4	6	0.1	8	09.7052	18.592593	
69	6973822	6380604	60	120	0.11	5.6	1	0.1	0.07	0.01	0.3	13	Peto	46.20346	98.089313	46.20346	134.0951	31.84357	25.08614	0	1	90	4	6	0.1	8	09.7052	18.592593	
69	6973822	6380604	100	240	0.01	5.6	9	0.3	0.77	0.7	1.9	11	Peto	46.20346	98.089313	46.20346	134.0951	31.84357	25.08614	0	1	90	4	6	0.1	8	09.7052	18.592593	
70	69838673	6923236	0	30	3.2	6.2	1.6	0.3	3.22	0.8	4.4	133	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	42	26	32	0.1	8	74.42484	18.592593	
70	69838673	6923236	21	60	1.47	6.1	1	0.1	0.88	0.4	1.6	143	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	40	27	35	0.1	8	74.42484	18.592593	
70	69838673	6923236	60	120	0.78	6.2	1	0.2	1.95	0.3	2.5	137	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	35	27	30	0.1	8	74.42484	18.592593	
70	69838673	6923236	100	240	0.43	6.2	0.1	0.1	1.2	0.1	1.5	137	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	35	27	30	0.1	8	74.42484	18.592593	
71	6971828	6795666	0	30	1.4	5.7	1	0.1	0.88	0.4	1.6	143	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	40	27	35	0.1	8	74.42484	18.592593	
71	6971828	6795666	21	60	0.77	5.7	1	0.1	0.37	0.2	0.9	140	Peto	74.42484	98.078114	46.32963	134.3264	31.94367	23.302319	0	1	37	27	36	0.1	8	74.42484	18.592593	
71	6971828	6795666	60	120	0.22	5.7	0.1	0.1	0.13	0.05	0.5	15	Peto	72.74461	98.025988	46.31236	134.4002	31.93692	25.10002	0	1	33	28	36	0.1	8	72.74461	18.592593	
71	6971828	6795666	100	240	0.11	5.6	0.1	0.1	0.07	0.01	0.3	15	Peto	72.74461	98.025988	46.31236	134.4002	31.93692	25.10002	0	1	33	28	36	0.1	8	72.74461	18.592593	
72	6972736	6903671	0	30	2	5.3	1	0.1	1.1	0.6	1.9	14	Peto	62.20346	98.048034	46.25369	137.4517	31.88592	24.08264	0	1	44	24	32	0.1	8			

80

21	071214.0	0710056	0	20	4.52	61	2	0.2	12.2	7.8	18.9	1.65	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	50	20	39	0.1	0.00000	0.00000	
21	071214.0	0710056	21	60	3.7	62	5	0.1	12	8.3	20.5	1.65	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	50	18	32	0.1	0.00000	0.00000	
21	071214.0	0710056	60	80	1.3	62	1	0.1	7.6	4.7	10.5	1.33	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	47	18	35	0.1	0.00000	0.00000	
21	071214.0	0710056	100	100	0.06	62	1	0	1.5	0.07	4.2	1.33	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	45	23	38	0.1	0.00000	0.00000	
22	071621.7	0722872	0	20	3.2	6	2	0.1	8.3	9	27.5	1.65	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	56	12	32	0.1	0.00000	0.00000	
22	071621.7	0722872	21	60	1.7	6	1	0.1	1.5	0.1	12.7	1.33	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	54	20	35	0.1	0.00000	0.00000	
22	071621.7	0722872	60	80	0.67	62	0.1	0.1	7.4	7.3	16.9	1.33	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	52	10	38	0.1	0.00000	0.00000	
22	071621.7	0722872	100	100	0.23	61	0.1	0	1.7	6.9	10.7	1.33	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	46	16	38	0.1	0.00000	0.00000	
23	080501.7	05476239	0	20	3.5	61	0.1	0.1	1.88	0.61	2.9	1.27	Guare	20.70430	20.405011	05.47623	126.4912	20.10070	22.05486	0	1	32	34	44	0.1	0.00000	0.00000	
23	080501.7	05476239	21	60	1.42	61	0.1	0.1	1.56	0.45	2.2	1.33	Guare	20.70430	20.405011	05.47623	126.4912	20.10070	22.05486	0	1	30	20	42	0.1	0.00000	0.00000	
23	080501.7	05476239	60	80	0.26	61	0.1	0.1	1.23	0.25	1.7	1.33	Guare	20.70430	20.405011	05.47623	126.4912	20.10070	22.05486	0	1	32	34	44	0.1	0.00000	0.00000	
23	080501.7	05476239	100	100	0.12	61	0.1	0	0.74	0.17	1.1	1.38	Guare	20.70430	20.405011	05.47623	126.4912	20.10070	22.05486	0	1	34	24	40	0.1	0.00000	0.00000	
24	090030.36	0600053	0	20	141	65	36	0.1	0.43	0.89	5.8	1.57	Perlas	20.00189	20.400424	06.00053	100.0473	20.70036	23.21486	0	1	52	20	22	0.1	0.00000	1.720071	
24	090030.36	0600053	21	60	0.52	66	14	0.1	0.1	0.71	0.45	1.4	1.46	Perlas	20.00189	20.400424	06.00053	100.0473	20.70036	23.21486	0	1	51	24	38	0.1	0.00000	2.004217
24	090030.36	0600053	60	80	0.14	67	2	0.1	1.04	0.44	2.5	1.44	Perlas	20.00189	20.400424	06.00053	100.0473	20.70036	23.21486	0	1	50	20	30	0.1	0.00000	0.00000	
24	090030.36	0600053	100	100	0.03	67	1	0	1.04	0.21	1.4	1.46	Perlas	20.00189	20.400424	06.00053	100.0473	20.70036	23.21486	0	1	44	20	23	0.1	0.00000	0.00000	
25	090301.02	0620319	0	20	2	66	5	0.6	3.77	0.05	5.4	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	36	26	38	0.1	0.00000	0.00000	
25	090301.02	0620319	21	60	1.02	67	2	0.5	2.09	0.02	4.4	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	34	26	40	0.1	0.00000	0.00000	
25	090301.02	0620319	60	80	0.38	67	1	0.4	2.07	0.4	3.7	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	33	26	42	0.1	0.00000	0.00000	
25	090301.02	0620319	100	100	0.13	68	1	0.3	1.83	0.31	2.6	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	33	26	39	0.1	0.00000	0.00000	
26	090501.91	0600570	0	20	1.61	7	1	0.4	1.84	0.72	3	1.46	Guare	20.70430	20.405011	06.00570	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	26	34	10	0.1	0.00000	0.00000	
26	090501.91	0600570	21	60	0.42	7	1	0.3	1.56	0.6	2.5	1.37	Guare	20.70430	20.405011	06.00570	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	26	25	47	0.1	0.00000	0.00000	
26	090501.91	0600570	60	80	0.15	7	0.1	0.2	1	0.37	1.7	1.38	Guare	20.70430	20.405011	06.00570	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	29	27	44	0.1	0.00000	0.00000	
26	090501.91	0600570	100	100	0.02	7	0.1	0.1	0.73	0.21	1.1	1.33	Guare	20.70430	20.405011	06.00570	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	31	24	45	0.1	0.00000	0.00000	
27	090705.67	0621379	0	20	2.1	61	9	0.2	0.44	0.43	0.4	1.55	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	36	30	34	0.1	0.00000	0.00000	
27	090705.67	0621379	21	60	0.95	61	2	0.2	0.56	0.42	0.4	1.5	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	35	30	35	0.1	0.00000	0.00000	
27	090705.67	0621379	60	80	0.25	62	1	0.1	3.33	0.36	3.9	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	33	29	38	0.1	0.00000	0.00000	
27	090705.67	0621379	100	100	0.11	62	1	0.1	2.19	0.22	2.7	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	36	30	34	0.1	0.00000	0.00000	
28	090712.17	06070549	0	20	3.76	52	4	0.2	0.33	0.46	0.8	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	64	20	16	0.1	0.00000	0.00000	
28	090712.17	06070549	21	60	1.56	53	2	0.1	0.13	0.12	0.7	1.38	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	60	18	22	0.1	0.00000	0.00000	
28	090712.17	06070549	60	80	0.52	53	1	0.1	0.17	0.05	0.5	1.24	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	57	18	20	0.1	0.00000	0.00000	
28	090712.17	06070549	100	100	0.14	53	1	0.1	0.11	0.03	0.4	1.22	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	42	23	25	0.1	0.00000	0.00000	
29	090812.23	05001172	0	20	1.89	59	0.1	0.4	1.89	0.75	1.1	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	30	26	44	0.1	0.00000	0.00000	
29	090812.23	05001172	21	60	0.38	59	0.1	0.3	1.42	0.59	2.4	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	31	24	45	0.1	0.00000	0.00000	
29	090812.23	05001172	60	80	0.17	59	0.1	0.3	1.17	0.36	1.9	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	27	28	48	0.1	0.00000	0.00000	
29	090812.23	05001172	100	100	0.04	59	0.1	0.3	0.62	0.2	1.5	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	28	24	45	0.1	0.00000	0.00000	
30	091119.74	06181428	0	20	3.02	62	13	0.5	1.59	0.73	3.1	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	40	26	34	0.1	0.00000	0.00000	
30	091119.74	06181428	21	60	1.19	63	1	0.4	1.36	0.6	2.7	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	40	26	34	0.1	0.00000	0.00000	
30	091119.74	06181428	60	80	0.59	63	1	0.3	1.02	0.39	2	1.35	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	35	26	38	0.1	0.00000	0.00000	
30	091119.74	06181428	100	100	0.21	63	1	0.2	0.72	0.14	1.4	1.32	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	33	21	36	0.1	0.00000	0.00000	
31	091614.52	06207191	0	20	0.16	58	1	0.4	1.59	0.6	2.1	1.45	Guare	20.70430	20.405011	06.20719	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	34	26	40	0.1	0.00000	0.00000	
31	091614.52	06207191	21	60	0.45	58	1	0.1	2.13	0.47	2.8	1.44	Guare	20.70430	20.405011	06.20719	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	33	24	40	0.1	0.00000	0.00000	
31	091614.52	06207191	60	80	0.24	59	0.1	0.1	0.73	0.14	1	1.33	Guare	20.70430	20.405011	06.20719	121.30114	20.07265	23.33249	0	1	30	24	46	0.1	0.00000	0.00000	
32	090712.17	06070549	0	20	3.76	56	2.2	0.3	0.75	0.2	1.6	1.55	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	40	20	32	0.1	0.00000	0.00000	
32	090712.17	06070549	21	60	1.54	56	1	0.3	0.62	0.2	1.6	1.46	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085	23.61313	0	1	40	20	35	0.1	0.00000	0.00000	
32	090712.17	06070549	60	80	0.51	56	1	0.2	0.25	0.16	1.1	1.47	La Colaba-B	30.00726	30.464300	07.06025	011.07007	30.00085										

01	5090403	87739839	0	20	0.8	5.9	1	0.1	0.38	0.25	0.8	1.35	Blau	88.368420	91.039197	97.303087	912.598106	35.708889	23.238451	0	1	50	20	30	0.1	0.7	0.03396	12.259034	
01	5090403	87739839	21	60	0.34	5.8	1	0.1	0.07	0.17	0.6	1.35	Blau	88.368420	91.039197	97.303087	912.598106	35.708889	23.238451	0	1	50	17	33	0.1	0.1	0.11495	16.408355	
01	5090403	87739839	60	800	0.15	5.8	0.1	0.1	0.02	0.11	0.1	1.35	Blau	88.368420	91.039197	97.303087	912.598106	35.708889	23.238451	0	1	40	18	30	0.1	0.1	0.10483	16.032115	
01	5090403	87739839	100	100	0.02	5.8	0.1	0	0.06	0.02	0.2	1.35	Blau	88.368420	91.039197	97.303087	912.598106	35.708889	23.238451	0	1	40	21	37	0.1	0.1	0.10483	16.263077	
01	5090474	87734235	0	20	2.02	6.2	7.5	0.1	2.11	0.6	2.1	1.05	Andebu	4.265782	92.0788139	35.103265	910.042631	33.090349	23.050974	1	0	20	22	20	0.1	0.1	0.09549	13.050494	
01	5090474	87734235	21	60	1.73	6.3	2	0.1	1.78	0.33	2.4	1.22	Andebu	4.265782	92.0788139	35.103265	910.042631	33.090349	23.050974	1	0	1	50	17	33	0.2	0.1	0.07403	8.229794
01	5090474	87734235	60	800	0.02	6.3	1	0.1	1.64	0.17	2.1	1.18	Andebu	4.265782	92.0788139	35.103265	910.042631	33.090349	23.050974	1	0	1	43	19	38	0.2	0.2	0.07783	9.4227449
01	5090474	87734235	100	100	0.15	6.4	1	0.1	1.05	0.02	0.3	1.18	Andebu	4.265782	92.0788139	35.103265	910.042631	33.090349	23.050974	1	0	20	22	43	0.2	0.1	0.07889	11.634136	
01	5713106	8716101	0	20	2.2	6.2	2.7	0.3	2.36	0.7	3.4	1.45	LianArveta	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.475613	23.084660	1	0	34	26	40	0.1	0.7	0.04147	2.9058333	
01	5713106	8716101	21	60	0.02	6.2	1	0.3	2	0.4	2.6	1.4	LianArveta	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.475613	23.084660	1	0	1	17	43	0.1	0.1	0.07889	3.6234412	
01	5713106	8716101	60	800	0.25	6.3	1	0.2	1.46	0.2	1.9	1.37	LianArveta	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.475613	23.084660	1	0	30	26	44	0.1	0.061027	5.1268362		
01	5713106	8716101	100	100	0.11	6.3	0.1	0.1	1.23	0.12	1.5	1.34	LianArveta	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.475613	23.084660	1	0	33	27	40	0.1	0.04959	6.0309571		
01	5090739	87468003	0	20	2.75	5.3	1.6	0.8	1.44	6.7	2.0	1.24	Elbano	35.980075	92.064203	35.100021	946.30332	35.903736	23.484895	1	0	42	20	38	0.1	0.7	0.08464	2.2713422	
01	5090739	87468003	21	60	1.02	5.3	1	0.5	1.1	2.6	1.5	1.19	Elbano	35.980075	92.064203	35.100021	946.30332	35.903736	23.484895	1	0	40	20	40	0.4	0.7	0.08464	2.7103230	
01	5090739	87468003	60	800	0.25	5.3	0.1	0.3	0.8	1.5	9	1.19	Elbano	35.980075	92.064203	35.100021	946.30332	35.903736	23.484895	1	0	36	20	34	0.2	0.1	0.07462	4.6507962	
01	5090739	87468003	100	100	0.12	5.3	0.1	0.2	0.3	0.72	4.6	1.1	Elbano	35.980075	92.064203	35.100021	946.30332	35.903736	23.484895	1	0	33	27	40	0.4	0.4	0.07462	8.6707870	
01	5680106	87097122	0	20	2.5	6	9	0.3	2.1	0.7	3.2	1.36	Elbano	2.574081	92.03222	40.121465	910.578955	35.302868	23.772677	1	0	26	42	32	0.2	0.07073	3.1223266		
01	5680106	87097122	21	60	0.03	6	1	0.2	1.04	0.5	2.7	1.3	Elbano	2.574081	92.03222	40.121465	910.578955	35.302868	23.772677	1	0	22	43	35	0.1	0.1	0.07462	3.7025117	
01	5680106	87097122	60	800	0.34	6.1	1	0.2	1.24	0.4	2	1.3	Elbano	2.574081	92.03222	40.121465	910.578955	35.302868	23.772677	1	0	22	38	40	0.1	0.086273	5.1037356		
01	5680106	87097122	100	100	0.11	6.1	1	0.2	0.62	0.31	1.3	1.3	Elbano	2.574081	92.03222	40.121465	910.578955	35.302868	23.772677	1	0	17	43	40	0.1	0.1	0.07889	3.6234412	
01	5461117	80958172	0	20	2.1	5.8	1.5	0.3	0.9	0.4	1.8	1.3	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	31	40	24	0.2	0.07788	11.2598180		
01	5461117	80958172	21	60	0.77	5.8	1	0.3	0.77	0.22	1.5	1.28	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	41	26	0.2	0.1	0.101101	11.7848377	
01	5461117	80958172	60	800	0.26	5.8	0.1	0.2	0.46	0.18	1	1.28	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	40	27	0.2	0.1	0.10788	11.0111139	
01	5461117	80958172	100	100	0.04	5.8	0.1	0.2	0.23	0.05	0.4	1.25	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	41	26	0.2	0.1	0.10788	11.3303097	
01	5461117	80958172	21	60	0.53	5.5	1	0.2	0.22	0.2	0.9	1.26	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	41	26	0.2	0.1	0.10788	11.3303097	
01	5461117	80958172	60	800	0.14	5.5	1	0.1	0.18	0.07	0.6	1.26	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	41	26	0.2	0.1	0.10788	11.3303097	
01	5461117	80958172	100	100	0.03	5.5	0.1	0.1	0.07	0.03	0.4	1.23	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	33	41	26	0.2	0.1	0.10788	11.3303097	
01	5209646	8707362	0	20	2.1	5.2	2.6	0.2	7.2	7.6	8.1	1.22	Gastad	12.071461	91.517039	40.23008	110.23402	32.20189	22.023075	1	0	50	16	34	0.1	0.1	0.07389	6.6026107	
01	5209646	8707362	21	60	0.67	5.3	1	0.2	5.02	4.3	8.1	1.23	Gastad	12.071461	91.517039	40.23008	110.23402	32.20189	22.023075	1	0	45	19	36	0.1	0.1	0.04147	1.6026952	
01	5209646	8707362	60	800	0.26	5.3	1	0.1	0.75	2.6	7.6	1.16	Gastad	12.071461	91.517039	40.23008	110.23402	32.20189	22.023075	1	0	45	18	37	0.2	0.07788	1.2081793		
01	5209646	8707362	100	100	0.04	5.3	0.1	0.1	0.15	0.1	4.4	1.16	Gastad	12.071461	91.517039	40.23008	110.23402	32.20189	22.023075	1	0	40	23	37	0.1	0.7	0.07389	1.246110	
01	5730677	8706545	0	20	2.1	5.5	9	0.4	6.3	2.2	2	1.2	LiaLafila	45.181882	92.045805	35.983343	796.976054	35.972962	23.069482	1	0	40	23	37	0.1	0.1	0.03396	2.0480538	
01	5730677	8706545	21	60	0.82	5.5	1	0.3	0.45	1.60	6.8	1.33	LiaLafila	45.181882	92.045805	35.983343	796.976054	35.972962	23.069482	1	0	53	25	22	0.3	0.1	0.10483	1.4329489	
01	5730677	8706545	60	800	0.26	5.5	0.1	0.2	0.32	1.25	5	1.37	LiaLafila	45.181882	92.045805	35.983343	796.976054	35.972962	23.069482	1	0	53	25	22	0.3	0.1	0.10483	1.4329489	
01	5730677	8706545	100	100	0.05	5.5	0.1	0.1	0.175	0.08	3	1.38	LiaLafila	45.181882	92.045805	35.983343	796.976054	35.972962	23.069482	1	0	53	25	22	0.3	0.1	0.10483	1.4329489	
01	5730677	8706545	21	60	0.11	5.5	0.1	0.1	0.175	0.08	3	1.38	LiaLafila	45.181882	92.045805	35.983343	796.976054	35.972962	23.069482	1	0	53	25	22	0.3	0.1	0.10483	1.4329489	
01	5730677	8706545	60	800	0.21	5.6	1	0.2	0.33	0.12	1.1	1.22	Elbano	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.970793	23.078460	1	0	33	34	33	0.4	0.2	0.06102	2.7654868	
01	5730677	8706545	100	100	0.11	5.6	0.1	0.2	0.12	0.06	1.1	1.18	Elbano	45.260222	92.029255	40.404265	702.559008	35.970793	23.078460	1	0	33	34	33	0.4	0.2	0.06102	2.7654868	
01	5650406	80958172	0	20	2.7	5.9	1.5	0.2	3.33	0.72	4.5	1.22	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	48	26	20	0.2	0.1	0.03396	6.6603405	
01	5650406	80958172	21	60	1.12	5.9	1	0.1	2.75	0.6	3.8	1.2	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	48	26	20	0.2	0.1	0.03396	6.6603405	
01	5650406	80958172	60	800	0.21	5.9	1	0.1	0.15	0.25	2.1	1.19	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	48	26	20	0.2	0.1	0.03396	6.6603405	
01	5650406	80958172	100	100	0.21	5.9	0.1	0	0.15	0.25	2.1	1.19	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	48	26	20	0.2	0.1	0.03396	6.6603405	
01	5650406	80958172	21	60	0.12	5.9	1	0.1	0.15	0.25	2.1	1.19	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35.981184	148.18668	35.975085	22.153043	1	0	48	26	20	0.2	0.1	0.03396	6.6603405	
01	5650406	80958172	60	800	0.21	5.9	1	0.1	0.15	0.25	2.1	1.19	LiaGaleati	20.024583	91.9478106	35													

801	54614174	05000002	0	20	104	5.6	5	0.4	8.4	48	25.6	125	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	78	18	4	0.2	0.7	0.751481	12046109	
801	54614174	05000002	21	60	0.7	5.4	1	0.3	4.1	14	6.3	125	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	82	12	6	0.2	0.7	0.760320	12046406	
801	54614174	05000002	60	800	0.34	5.4	0.1	0.2	3.6	1.1	5.1	125	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	76	22	12	0.2	0.6	0.613104	12046161	
801	54614174	05000002	100	100	0.12	5.5	0.1	0.2	3.3	0.78	4.5	122	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	71	28	11	0.2	0.5	0.502029	14067401	
801	54614174	05000002	140	140	0.24	5.5	0.1	0.2	3.3	3.3	7.2	144	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	24	28	50	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	21	21	1.80	6.1	0.1	0.2	3.7	2.3	6.3	129	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	48	28	23	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.89	4.9	0.1	0.2	3.3	25	6.1	125	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	24	28	52	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.22	4.9	0.1	0.1	2.8	2.6	4.5	129	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	24	28	52	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	252	5.1	10	0.7	5.7	25	8.9	120	CorreP	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	26	28	46	0	0	0	0	0
801	54614174	05000002	21	60	1.05	5.2	7	0.5	5.4	23	8.4	125	CorreP	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	24	28	52	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.62	5.2	1	0.4	4.5	21	7.2	125	CorreP	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	21	28	55	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.15	5.2	0.1	0.2	3.7	1.9	6	12	CorreP	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	20	27	53	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	0.62	5.2	0.1	0.2	3.4	1.2	5	129	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	30	18	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	21	21	1.11	5.3	0.1	0.2	3.6	1.3	5.2	123	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	54	26	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.45	5.3	0.1	0.1	4	1	5.2	128	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	50	28	25	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.12	5.3	0.1	0.1	3.3	0.8	4.3	129	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	54	28	52	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	0.48	5.1	0.2	1.7	2	4	1.1	144	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	60	18	22	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	0.38	4.7	0.1	0.1	1.5	1.3	3.2	136	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	60	16	26	0.3	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.14	4.7	0.1	0.1	1.2	1	2.8	133	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	56	17	27	0.5	0.6	0.603023	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.04	4.7	0.1	0.1	0.7	0.5	1.9	132	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	56	16	28	0.4	0.6	0.603023	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	0.57	5	0.1	0.1	0.7	28	11.5	131	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	16	32	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	1.08	5.4	2	0.4	5.05	2.46	6.5	127	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	54	16	30	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.21	5	0.1	0.1	7.7	23	8.1	129	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	14	33	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.08	5	0.1	0.1	5.6	1.8	7.6	125	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	14	33	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	2.14	5.4	1	0.5	4.6	1.8	7	16	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	31	16	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	1.03	5.5	0.1	0.3	3.3	1.4	5.1	134	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	29	19	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.52	5.5	0.1	0.3	2.8	1.4	4.6	133	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	26	22	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.21	5.5	0.1	0.2	2.2	0.4	2.9	129	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	50	26	22	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	2.12	5.3	0.1	0.4	6.7	23.3	9.6	122	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	50	28	22	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	1.02	5.4	0.1	0.4	5.34	2.04	7.9	133	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.96	5.4	0.1	0.4	4.05	1.83	7	128	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.13	5.4	0.1	0.2	4.12	1.27	6.3	127	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	48	28	23	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	0.58	5.4	0.1	0.4	5.05	2.46	6.5	127	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	50	28	22	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	0.48	5.3	1	0.3	5.24	2.31	8	124	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.23	5.3	0.1	0.2	3.42	1.26	5.5	122	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.09	5.3	0.1	0.2	2.75	1.45	5.5	122	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	1.75	5.2	3	0.3	5.25	2.22	8.1	145	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	48	18	34	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	1.08	5.4	2	0.4	5.05	2.46	6.5	127	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	16	32	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.13	5.3	1	0.3	3.48	1.26	5.5	123	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	14	33	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.04	5.4	0.1	0.3	3.15	1.25	4.8	133	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	53	14	33	0.2	0.7	0.714027	12046304	
801	54614174	05000002	140	140	0.58	5.4	0.1	0.4	4.05	1.83	7	128	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	0	20	0.89	5.3	2	0.3	3.27	1.25	5.1	125	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	60	60	0.12	5.3	0.1	0.2	3.12	1.25	4.8	133	Portu	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0.1	0.4	0.412327	12046304	
801	54614174	05000002	100	100	0.12	5.3	0.1	0.1	2.45	1.15	4.9	122	La Cerec	54.614174	05000002	53325480	1381.0135	31.433780	22763495	0	1	52	28	20	0				

211	541610.32	05075949	0	20	1480	5	0.1	0.3	212	0.76	4.3	1.35	Ovalarçık	264.75703	05470807	0.203902	1504.6258	3.754473	214943136	0	1	46	27	27	1.2	B.2603191	27.712059	
211	541610.32	05075949	0	20	1480	5	0.1	0.3	212	0.76	4.3	1.35	Ovalarçık	264.75703	05470807	0.203902	1504.6258	3.754473	214943136	0	1	46	27	27	1.2	B.2603191	27.712059	
211	541610.32	05075949	60	800	0.31	49	0.1	0.2	145	0.21	3.2	1.33	Ovalarçık	264.75703	05470807	0.203902	1504.6258	3.754473	214943136	0	1	44	23	33	1.3	B.2603191	41.096637	
211	541610.32	05075949	100	800	0.11	49	0.1	0.1	131	0.07	2.8	1.33	Ovalarçık	264.75703	05470807	0.203902	1504.6258	3.754473	214943136	0	1	40	29	31	1.3	B.2603191	40.060808	
211	530504.67	05050118	0	20	2	3	0.9	0.1	0.3	233	1.46	5.3	1.45	Alın Akıncı	262.70309	05160402	0.403802	1514.2017	3.215389	213084162	0	1	50	22	23	1.2	B.2603191	21.46431
211	530504.67	05050118	21	60	1402	49	0.1	0.3	195	1.21	4.6	1.41	Alın Akıncı	262.70309	05160402	0.403802	1514.2017	3.215389	213084162	0	1	50	25	25	1.2	B.2603191	20.203008	
211	530504.67	05050118	60	800	0.43	49	0.1	0.2	165	0.54	3.7	1.36	Alın Akıncı	262.70309	05160402	0.403802	1514.2017	3.215389	213084162	0	1	46	26	27	1.3	B.2603191	35.041674	
211	530504.67	05050118	100	800	0.12	49	0.1	0.2	140	0.13	2.6	1.33	Alın Akıncı	262.70309	05160402	0.403802	1514.2017	3.215389	213084162	0	1	41	33	26	1.3	B.2603191	40.42642	
211	56322.2	06027576	0	20	2	1	5.1	0	0.4	255	1.45	1.1	1.26	Reçent	234.54202	06477881	0.612786	1406.1207	3.461073	212080803	0	1	48	22	30	0.7	B.2603191	11.703479
211	56322.2	06027576	21	60	110	5.1	1	0.3	351	0.93	4.8	1.23	Reçent	234.54202	06477881	0.612786	1406.1207	3.461073	212080803	0	1	44	27	28	0.5	B.2603191	10.043136	
211	56322.2	06027576	60	800	0.45	5.1	0.1	0.2	247	0.24	3.7	1.27	Reçent	234.54202	06477881	0.612786	1406.1207	3.461073	212080803	0	1	44	23	33	0.5	B.2603191	10.060031	
211	56322.2	06027576	100	800	0.13	5.1	0.1	0.2	136	0.12	2.7	1.26	Reçent	234.54202	06477881	0.612786	1406.1207	3.461073	212080803	0	1	47	23	30	0.5	B.2603191	10.048702	
211	590103.93	07454205	0	20	1.9	5.5	0.1	0.4	5.3	4	9.8	1.33	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	62	18	20	0.1	B.2603191	10.046328	
211	590103.93	07454205	21	60	0.07	5.7	0.1	0.2	1.9	0.37	9.1	1.38	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	60	14	26	0.1	B.2603191	11.038117	
211	590103.93	07454205	60	800	0.34	5.7	0.1	0.3	312	1.9	5.4	1.3	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	57	14	20	0.1	B.2603191	11.038117	
211	590103.93	07454205	100	800	0.11	5.7	0.1	0.3	247	1.02	4.1	1.3	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	60	14	26	0.1	B.2603191	10.046328	
211	543337.45	07486115	0	20	3.3	5.6	0.1	0.2	8.1	4.4	4.4	1.22	Elifhan	301.77484	07518201	0.960959	1139.7643	32.010133	214648007	0	1	62	24	24	0.1	B.2603191	10.022549	
211	543337.45	07486115	21	60	1.4	5.6	0.1	0.1	9.3	4	3	1.15	Elifhan	301.77484	07518201	0.960959	1139.7643	32.010133	214648007	0	1	64	18	18	0.1	B.2603191	10.022549	
211	543337.45	07486115	60	800	0.07	5.7	0.1	0.1	7.47	2.05	8.5	1.22	Elifhan	301.77484	07518201	0.960959	1139.7643	32.010133	214648007	0	1	60	19	14	0.1	B.2603191	10.022549	
211	543337.45	07486115	100	800	0.17	5.8	0.1	0.1	3.46	1.45	5.2	1.14	Elifhan	301.77484	07518201	0.960959	1139.7643	32.010133	214648007	0	1	55	19	26	0.1	B.2603191	10.022549	
211	56321377	07780301	0	20	2.3	5.2	30	0.3	7.5	6.9	14.8	1.27	ComenLuz	125.77852	07430411	0.810341	1046.3661	3.460934	212020237	0	1	46	24	30	0.1	B.2603191	0.0774666	
211	56321377	07780301	21	60	112	5.3	12	0.2	6.4	5.5	12.2	1.38	ComenLuz	125.77852	07430411	0.810341	1046.3661	3.460934	212020237	0	1	52	24	30	0.1	B.2603191	0.0622549	
211	56321377	07780301	60	800	0.41	5.3	2	0.1	3.7	4.7	4.6	1.22	ComenLuz	125.77852	07430411	0.810341	1046.3661	3.460934	212020237	0	1	47	26	27	0.1	B.2603191	1.84999	
211	56321377	07780301	100	800	0.17	5.4	1	0.1	2.3	2.05	5.6	1.18	ComenLuz	125.77852	07430411	0.810341	1046.3661	3.460934	212020237	0	1	45	26	27	0.1	B.2603191	1.7615444	
211	541514.25	07862608	0	20	2.27	5.7	3	0.5	8.9	5.7	27.2	1.4	Pasa	222.79411	078606138	0.734127	1403.2799	0.800399	212308756	0	1	54	27	18	0.1	B.2603191	0.0300308	
211	541514.25	07862608	21	60	1.96	5.7	1	0.4	9.6	5.2	25.3	1.35	Pasa	222.79411	078606138	0.734127	1403.2799	0.800399	212308756	0	1	50	28	22	0.1	B.2603191	0.0544526	
211	541514.25	07862608	60	800	0.02	5.8	1	0.3	6.5	4.3	12.4	1.33	Pasa	222.79411	078606138	0.734127	1403.2799	0.800399	212308756	0	1	44	30	26	0.1	B.2603191	0.7490164	
211	541514.25	07862608	100	800	0.21	5.8	0.1	0.2	4.6	2.7	7.6	1.3	Pasa	222.79411	078606138	0.734127	1403.2799	0.800399	212308756	0	1	41	35	24	0.1	B.2603191	0.0400004	
211	541514.25	07862608	0	20	2	5.5	2	0.4	5.5	2.3	8.4	1.46	ComenPasa	301.22594	074307144	0.780306	1403.4878	0.733775	212340679	0	1	62	12	15	0.1	B.2603191	11.032142	
211	541514.25	07862608	21	60	1.02	5.5	1	0.3	4.9	2.1	7.4	1.46	ComenPasa	301.22594	074307144	0.780306	1403.4878	0.733775	212340679	0	1	56	24	20	0.1	B.2603191	10.050204	
211	541514.25	07862608	60	800	0.47	5.7	0.1	0.3	3.5	1.5	5.4	1.4	ComenPasa	301.22594	074307144	0.780306	1403.4878	0.733775	212340679	0	1	50	28	22	0.1	B.2603191	10.050204	
211	541514.25	07862608	100	800	0.22	5.7	0.1	0.2	2.9	1.0	4.2	1.38	ComenPasa	301.22594	074307144	0.780306	1403.4878	0.733775	212340679	0	1	50	28	22	0.1	B.2603191	10.050204	
211	541514.25	07862608	0	20	2.34	5.8	2	0.4	7.8	4.6	12.9	1.34	Horvadi	304.72229	078276018	0.810491	1137.4517	0.807751	214222395	0	1	52	24	20	0.1	B.2603191	0.7490164	
211	541514.25	07862608	21	60	1.04	5.8	1	0.3	1.37	0.6	3.7	1.3	Horvadi	304.72229	078276018	0.810491	1137.4517	0.807751	214222395	0	1	44	30	26	0.1	B.2603191	0.7490164	
211	541514.25	07862608	60	800	0.56	5.7	0.1	0.3	5.5	3.3	9.2	1.23	Horvadi	304.72229	078276018	0.810491	1137.4517	0.807751	214222395	0	1	44	29	27	0.1	B.2603191	10.080321	
211	541514.25	07862608	100	800	0.21	5.7	0.1	0.3	4.3	2.1	6.8	1.21	Horvadi	304.72229	078276018	0.810491	1137.4517	0.807751	214222395	0	1	45	30	25	0.1	B.2603191	10.080321	
211	541514.25	07862608	0	20	2.1	5.8	1	0.3	1.3	1.19	4.4	1.35	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	45	30	25	0.1	B.2603191	10.080321	
211	541514.25	07862608	21	60	0.98	5.3	1	0.3	4.4	2.47	7.3	1.33	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	50	28	22	0.2	B.2603191	21.270004	
211	541514.25	07862608	60	800	0.37	5.3	1	0.3	2.2	1.04	5.4	1.27	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	45	28	24	0.2	B.2603191	20.946005	
211	541514.25	07862608	100	800	0.52	0.1	0.3	0.2	2.45	1.48	4.3	1.25	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	40	30	27	0.2	B.2603191	40.011279	
211	541514.25	07862608	0	20	2.23	5.4	4	0.4	5.6	2.22	8.5	1.36	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	48	26	26	0.2	B.2603191	20.946005	
211	541514.25	07862608	21	60	1.08	5.4	1	0.3	1.5	1.5	1.5	1.36	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	48	26	26	0.2	B.2603191	20.946005	
211	541514.25	07862608	60	800	0.52	5.4	1	0.3	2.75	1.05	4.2	1.3	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	48	26	26	0.2	B.2603191	20.946005	
211	541514.25	07862608	100	800	0.25	5.4	1	0.3	1.27	0.6	3.3	1.3	LuciCitra	305.72509	075562209	0.720264	1146.2119	2.365522	212756606	0	1	48	26	26	0.2	B.2603191	20.946005	
211	541514.25	07862608	0	20	1.98	5.3	1	0.3	4.3	1.25	5.2	1.35	SolunGörsel	222.794														