



INFORME DEL MODELO HÍDRICO

ENTREGABLE DE ACURIEGO

“Apoyo para los proyectos piloto y para el desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías” del Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad Foral de Navarra 2014-2020

Índice

1.	<i>ALCANCE Y OBJETIVOS</i>	3
2.	<i>MODELO HÍDRICO</i>	4
3.	<i>CONCLUSIONES</i>	9
4.	<i>REFERENCIAS</i>	10

1. ALCANCE Y OBJETIVOS

El presente entregable se enmarca dentro del proyecto Acuriego (Modelador hídrico de alta precisión para el uso eficiente del riego en el cultivo de la vid en Navarra). Tiene por finalidad abordar el objetivo OE2. Para ello, se llevará a cabo la acción 2.4 sobre *Análisis de datos, desarrollo de modelo hídrico*; definida dentro del paquete de trabajo nº2: *Toma de muestras y modelado*.

2. MODELO HÍDRICO

Para el desarrollo del modelo hídrico, se han analizado, comparado, procesado y limpiado los datos de las cuatro estaciones de Viveros Villanueva.

Para cada estación se han registrado un total de 13, 14, 11 y 14 riegos para cada una de las estaciones acuriego 1, 2, 3 y 4, respectivamente; como se observa en la Ilustración 1.



Ilustración 1. Representación de la distribución y efecto del riego en la estación Acuriego 1

Sin embargo, este número de riegos resulta ser un número muy reducido, lo que dificulta la labor de la búsqueda de modelos matemáticos no lineales mediante técnicas avanzadas de aprendizaje automático. Es por esto que se decide comprobar si los datos de cada estación, a la que le corresponde una composición de suelo diferente, podría modelarse linealmente. Para ello, se decidió evaluar la homogeneidad y linealidad de un ratio adimensional que relacione el riego total (mm) con la variación de agua absorbida del terreno (mm).

Una vez se obtienen los ratios para cada estación, se comparan estos con el fin de analizar si tiene un comportamiento semejante. Para ello, se representa la distribución y variación de sus valores mediante un diagrama de cajas donde se observa la varianza del ratio (Ilustración 2, Ilustración 3). Los valores medianos del ratio fueron 1.16, 1.9, 1.95 y 4.7 para las parcelas de Acuriego 1, Acuriego 2, Acuriego 3 y Acuriego 4; y con unos valores medios de 1.2, 1.98, 6.48 y 5.23 respectivamente.

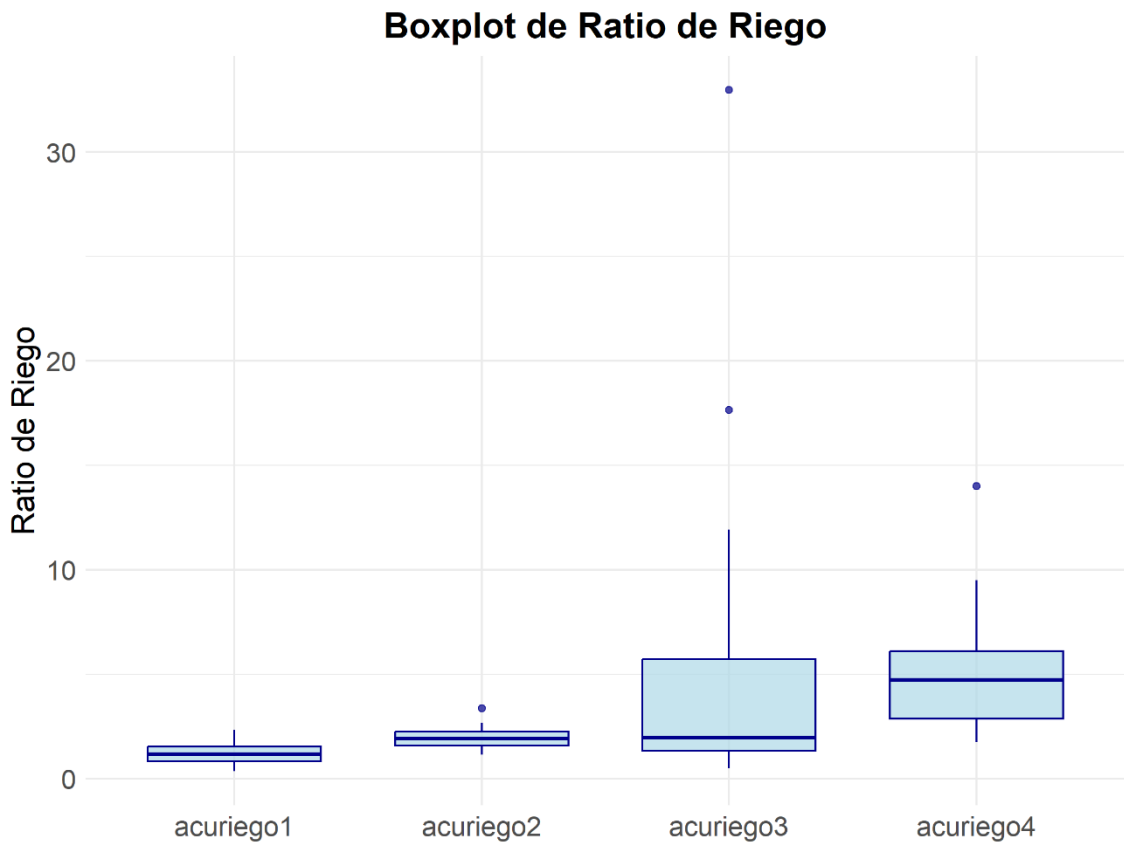


Ilustración 2. Diagrama de cajas de los valores del ratio del modelador hídrico

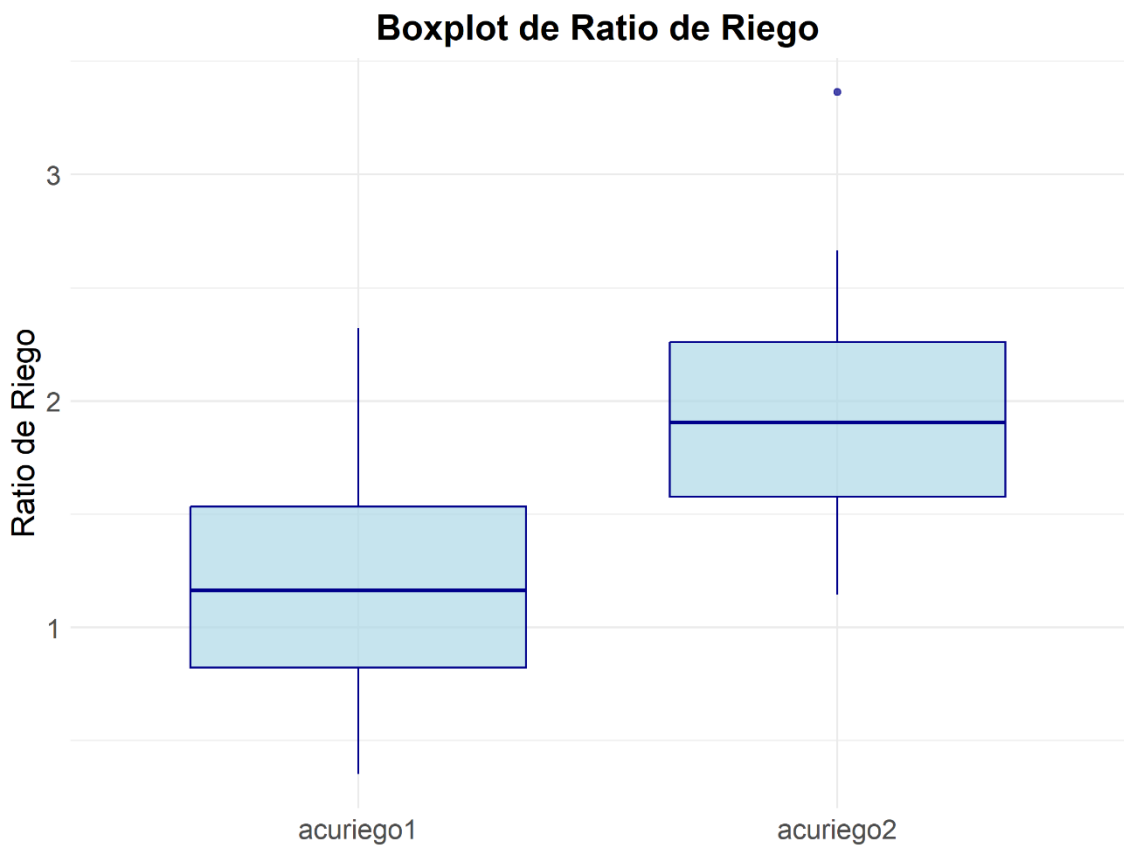


Ilustración 3. Detalle del diagrama de cajas para las estaciones de Acuriego1 y Acuriego 2

De la ilustración 2, se puede observar una gran variedad del ratio, lo que indica que la relación entre el caudal de riego suministrado y el agua que absorbe el suelo varía considerablemente de unas parcelas a otras. Se aplica la prueba de Kruskal Wallis para conocer si estas diferencias entre ratios son significativas, y se obtuvo un valor de χ^2 de 82.41 y un p-valor < 0.001; por lo que se puede afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los ratios de las parcelas. A continuación, se aplica la comparación de pares con ajuste de Bonferroni para detectar entre qué pares es significativa dicha diferencia y se comprueban que las diferencias son estadísticamente significativas entre todas estaciones entre sí (con p-valor < 0.001), excepto con acuriego 3. Esta estación presenta valores estadísticamente diferentes al resto, debido a características edafológicas del suelo. Al tratarse de una parcela colindante al río Ebro, ésta presenta zonas en donde la composición textural del suelo varía, y con ello su capacidad de retención de agua. En concreto, el mayor porcentaje de arena en su textura se localiza en las zonas más altas de la parcela, por lo que mientras que las otras estaciones revelaban porcentajes de capacidad de campo entre el 32 y 34% para las profundidades de 10 y 20cm, la estación de acuriego 3 no supera el 28%.

Esta variación del ratio muestra que existe variedad en cuanto al comportamiento de la absorción del agua dependiendo del tipo de suelos. Existen estudios que demuestran que la retención de agua y la conductividad hidráulica de distintos suelos (Ultisoles e Inceptisoles) están influenciadas por sus distribuciones de tamaño de partículas y propiedades químicas. En el estudio de Igwe et al. se demuestra que el agua retenida a capacidad de campo o en el punto de marchitamiento permanente está asociada con el contenido de arcilla y limo del suelo, así como con los cationes intercambiables y la densidad aparente (Igwe et al., 2013). Por otro lado, Nagaraj et al. ilustraron que distintos tipos de minerales arcillosos, así como el secado, influyen en su límite de absorción de agua; que resultan menores para los suelos caoliníticos que para los suelos montmorilloníticos; y es mayor para muestras secadas al aire que para muestras secadas al horno, independientemente del tipo de mineral arcilloso (Nagaraj & Suresh, 2021).

En base a estos resultados contrastados con los estudios actuales, se demuestra que no es posible realizar un único modelador hídrico que sea genérico y aplicable a todas las parcelas, sino que cada tipo de suelo debe ser estudiado y analizado de forma individual; además que hay que considerar que existen diversas variables que influyen en la toma de decisión de riego que se analizará en otras tareas definidas en el proyecto.

En base a esto, se decide continuar el análisis de manera individual de cada suelo, estudiando las distintas profundidades en las que los sensores aquacheck han registrado datos a 10, 20, 30 y 40cm. Para este análisis, se decide emplear la misma metodología que la aplicada a todo el conjunto del suelo: estudiar la linealidad de cada nivel de profundidad en base a un ratio que relacione el agua absorbida en cada nivel y el riego proporcionado. Una vez obtenidos los ratios para cada nivel de sustrato, y en cada una de las parcelas de estudios, se representan sus diagramas de cajas

(Ilustración 4) para analizar la varianza de los valores, la cual se observa que presente entre todas las estaciones pero en mayor medida con respecto a Acuriego 3 por sus características edafológicas comentadas anteriormente.

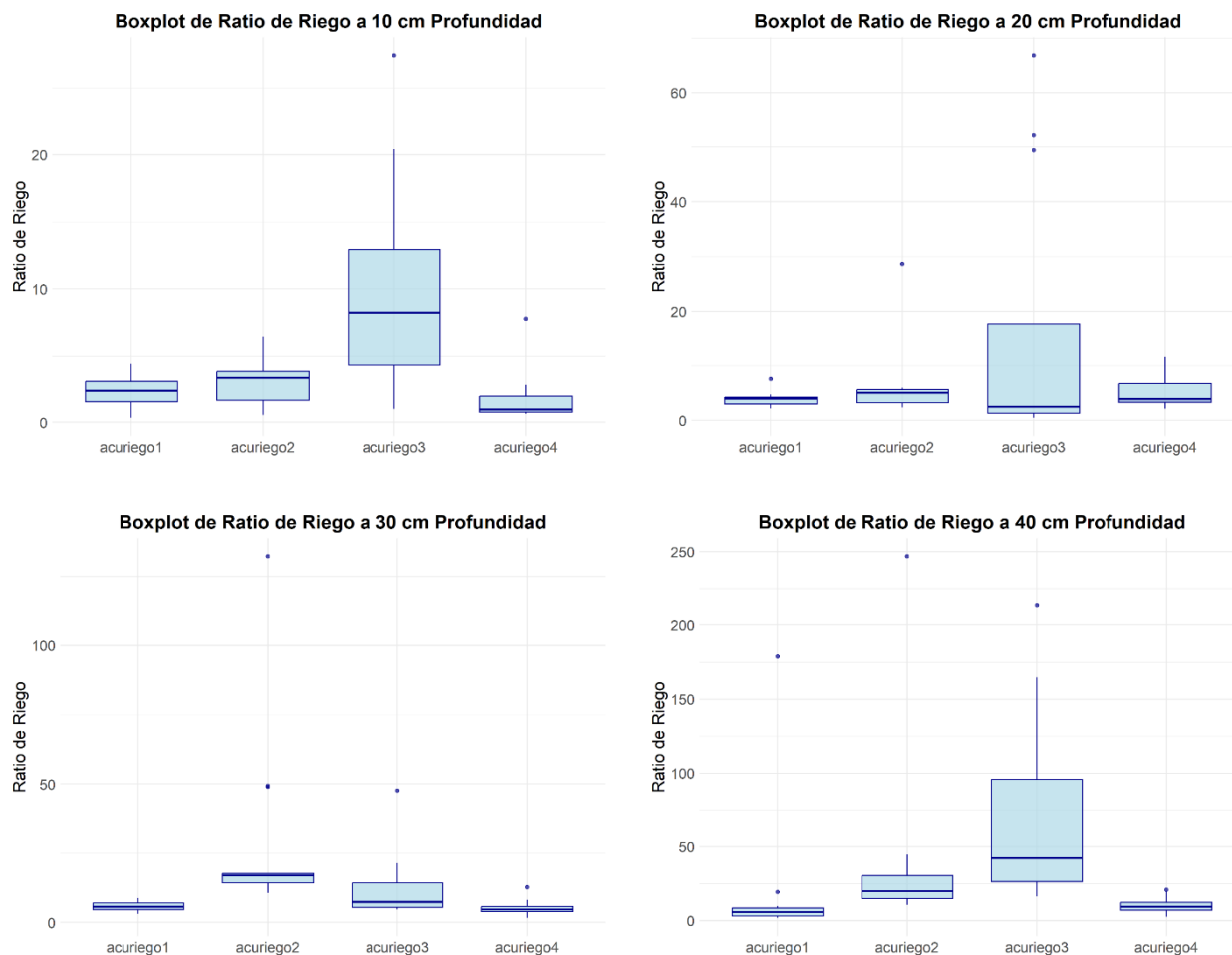


Ilustración 4. Ratio de todas las parcelas a distintas profundidades

Siendo sus valores medianos y cuartiles (Q1-Q3) los siguientes:

Tabla 1. Valores medianos (Q1-Q3) del ratio a distintas profundidades

	Mediana (Q1-Q3)			
	Acuriego 1	Acuriego 2	Acuriego 3	Acuriego 4
A 10 cm	2.36 (1.54-3.04)	3.32 (1.64-3.81)	8.24 (4.26-12.93)	0.96 (0.77-1.96)
A 20 cm	3.97 (2.99-4.23)	3.97 (3.23-5.01)	5.01 (1.28-17.71)	3.90 (3.26-6.71)
A 30 cm	5.69 (4.61-7.07)	16.99 (14.21-17.72)	7.34 (5.45-14.20)	4.71 (3.95-5.70)

A 40 cm	5.75 (3.14-8.57)	19.84 (14.91-30.33)	42.29 (26.40-95.80)	9.46 (7.07-12.42)
----------------	------------------	---------------------	---------------------	-------------------

Como se puede observar en los datos representados, no solo el ratio es muy variable entre los distintos tipos de suelos, sino que también presenta gran variabilidad dentro de la propia finca en función de la profundidad. Este comportamiento es debido a que, la capacidad de absorción de agua depende la composición del suelo. Por un lado, hay que tener en cuenta que la mineralogía de los suelos varía de una capa a otra en un perfil, lo que podría influir porosidad y densidad, así como en los valores de absorción de agua (Abomo et al., 2023). Además, existen otros elementos que puede contener el sustrato y que hace variar su comportamiento y capacidad de absorción entre las distintas profundidades dentro de una misma parcela. Acorde con este principio, Kutlu et al. demostraron que los fragmentos de residuos de plantas incorporados al suelo crean microambientes de humedad para los descomponedores microbianos que difieren de los del suelo circundante; y que, en suelos relativamente secos, puede ser más beneficioso para la descomposición de las plantas que lo que se puede inferir de la información sobre los niveles de humedad del propio suelo (Kutlu et al., 2018).

3. CONCLUSIONES

En cuanto al diseño del modelador hídrico, el número elevado de datos ha sido limitado para búsqueda de modelos no lineales. Por otro lado, se ha demostrado que los sensores de humedad de suelo son imprescindibles para conocer el comportamiento de absorción del terreno y tomar decisiones informadas con una monitorización en tiempo real en la aplicación de Cesens. No obstante, se ha comprobado la influencia de diversos factores que se deben conocer, definir y gestionar para lograr un riego eficiente como lo es la necesidad de conocer la composición del suelo, idealmente a distintas profundidades (Abomo et al., 2023), para determinar unos rangos de capacidad de absorción (Igwe et al., 2013; Kutlu et al., 2018; Nagaraj & Suresh, 2021). También es importante contar con otras fuentes de información complementarias, como comprobar la relación de las mediciones directas en la planta, en concreto las mediciones de dendrometría y potencial hídrico.

4. REFERENCIAS

- Abomo, T., Cyriaque Kaze, R., Cengiz, O., Alomayri, T., Pefouo Wilson, T., Eko Robert, M., Naghizadeh, A., & Kamseu, E. (2023). Impact of the depth of a lateritic profile on the physicochemical, mechanical and microstructural properties of geopolymer binders. *Construction and Building Materials*, 403. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133138>
- Igwe, C. A., Zarei, M., & Stahr, K. (2013). Soil hydraulic and physico-chemical properties of Ultisols and Inceptisols in south-eastern Nigeria. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(4), 491–504. <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.649475>
- Kutlu, T., Guber, A. K., Rivers, M. L., & Kravchenko, A. N. (2018). Moisture absorption by plant residue in soil. *Geoderma*, 316, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.043>
- Nagaraj, H. B., & Suresh, M. R. (2021). Absorption limit of kaolinitic and montmorillonitic soils. *Geomechanics and Geoengineering*, 16(6), 465–477. <https://doi.org/10.1080/17486025.2019.1680881>