



Hacia un manejo sostenible del recurso agua-suelo: evaluación de sensores de potencial hídrico y de una innovadora gestión del suelo y del cultivo en Navarra

Alaitz Aldaz Lusarreta

Día Mundial del Suelo

13 de diciembre 2023




Introducción



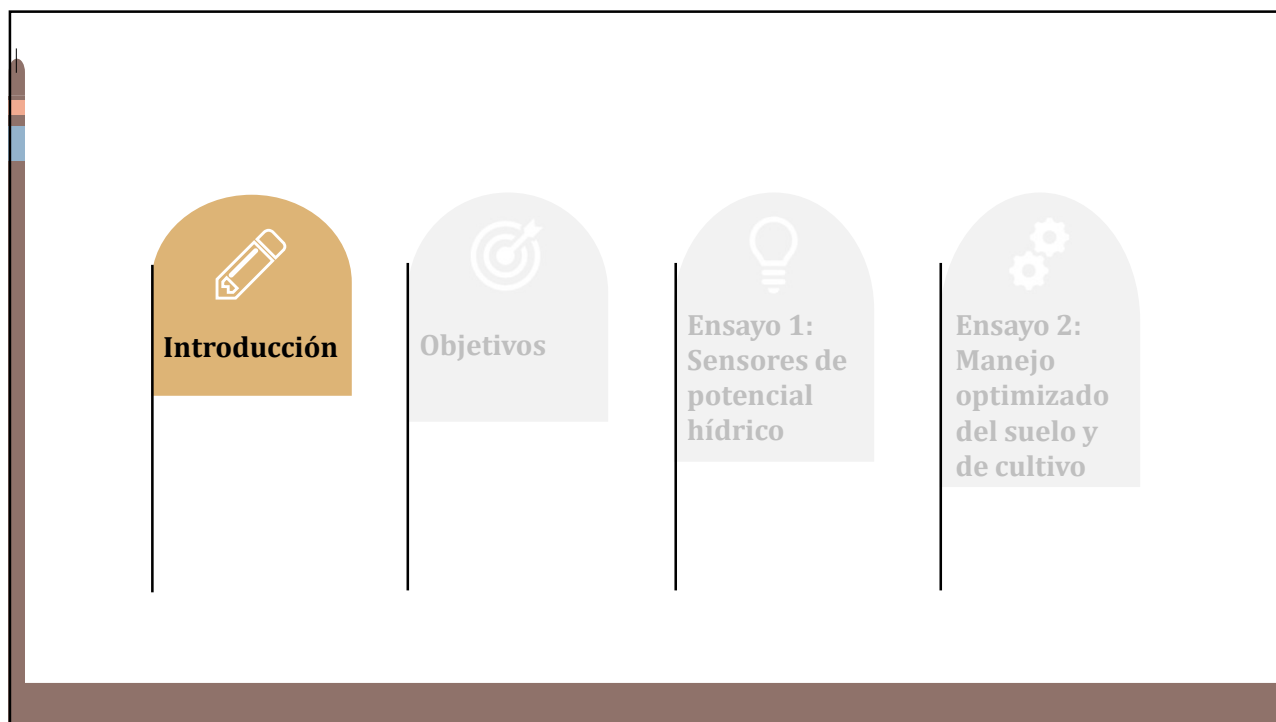
Objetivos



**Ensayo 1:
Sensores de
potencial
hídrico**



**Ensayo 2:
Manejo
optimizado
del suelo y
de cultivo**



1. Introducción



La **agricultura no está exenta de impactos ambientales**, especialmente en lo que respecta a la **degradación y erosión del suelo**.

En particular, algunas prácticas agrícolas como el monocultivo y el laboreo excesivo pueden acelerar estos procesos, lo que subraya la **necesidad de gestionar eficazmente** la *erosión* y otras formas de *degradación del suelo*.

En Europa, se han implementado políticas y regulaciones, como la *Política Agrícola Común* y el *Pacto Verde de la Unión Europea*, que buscan **fomentar prácticas agrícolas más sostenibles** y **avanzar hacia una economía más ecológica**.

Es importante considerar que **dos** de los **pilares esenciales** de la **actividad agrícola** son los recursos **agua** y **suelo**.

1. Introducción



Recurso agua

La **agricultura consume** alrededor del **70%** de los **recursos hídricos** globales.

La **agricultura de regadío**, a pesar de su impacto ambiental potencial, **ofrece ventajas** como **mayor productividad** y **seguridad económica en áreas rurales**.

Sin embargo, la gestión inadecuada del riego puede desencadenar problemas como por ejemplo: la **erosión del suelo por escorrentía descontrolada** y la **salinización** de los mismos.

Dada la escasez del agua y su capacidad para desencadenar impactos significativos en los ecosistemas, **es imperativo un uso racional del recurso hídrico en la agricultura**

2

1. Introducción



Recurso suelo

Los **suelos**, compuestos por partículas minerales y orgánicas, **tienen propiedades únicas** que **definen su textura, estructura y porosidad**.

La **capacidad** del **suelo** para **absorber, infiltrar y almacenar agua** es esencial para el desarrollo de las plantas.

Existen numerosos tipos de suelos cada uno **caracterizado** por la compleja **interacción** de determinadas **propiedades físico-químicas y biológicas**.

Aunque el suelo es teóricamente renovable, la **actividad agrícola** puede **acelerar su degradación**, convirtiéndolo en la práctica, en un recurso **no renovable**.

4

1. Introducción



Agricultura de conservación

La **Agricultura de Conservación (AC)** surge como una **estrategia clave** para **contrarrestar la erosión del suelo**.

Minimizando la alteración mecánica del suelo y manteniendo una cobertura vegetal constante, la **AC preserva la estructura y porosidad del suelo**.

La **implementación exitosa** de **medidas de conservación** debe **considerar** cuidadosamente las **características ambientales, edáficas y climáticas** particulares de cada ubicación.

5

1. Introducción



La **conservación del suelo** se posiciona como una **prioridad global** para **mantener el equilibrio de los ecosistemas**.

En conjunto, este **enfoque holístico** en la **gestión sostenible del suelo** y el **agua nos encamina hacia una agricultura más resiliente**, en línea con los objetivos medioambientales y de desarrollo agrícola de la Unión Europea.

6



2. Objetivos



- 1. Contribuir** a una **óptima gestión del agua del suelo disponible para los cultivos** en ambientes mediterráneos.
- 2. Contribuir** a **mitigar el impacto** en el **ecosistema de la actividad agrícola** en ambientes mediterráneos, a través de **sistemas agrícolas alternativos más sostenibles** que los actuales.



3.1. Objetivo



Realizar una **exhaustiva evaluación en laboratorio** -precisión y variabilidad- de los **principales sensores** comerciales de **potencial hídrico**, a nivel mundial.

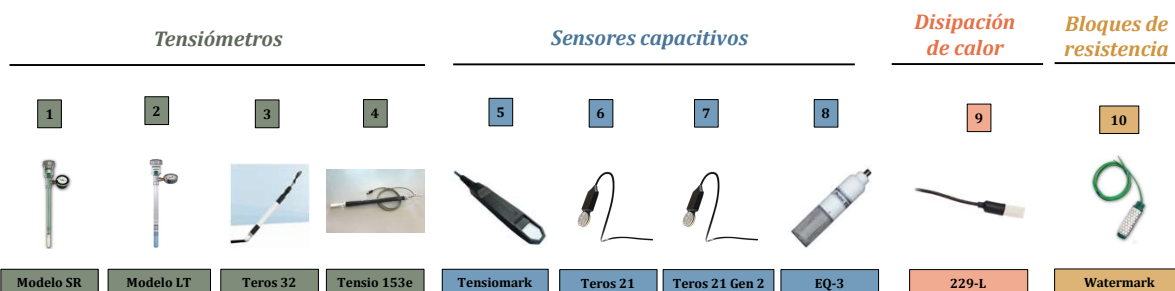
Se busca, principalmente, **dar respuesta a las siguientes preguntas:**

- I. **¿Cuál de todos los sensores** disponibles en el mercado es el **más preciso**?
- II. **¿Cómo de fiables son las lecturas registradas** por cada sensor (repetitividad)?

3.2. Material y métodos



- Se **clasificaron** los **sensores de acuerdo a su principio de funcionamiento**, agrupándolos en cuatro grandes familias: *Tensiómetros*, *Sensores capacitivos*, *Sensores de disipación de calor* y *Bloques de resistencia*.
- Se seleccionaron **10 modelos de sensores** de tal manera que cada una de las **4 familias de sensores quedase representada por al menos uno de los mismos**.



9

3.2. Material y métodos



Experimentación

Se busca, principalmente, **dar respuesta a las siguientes preguntas:**

I. ¿Cuál de todos los sensores disponibles en el mercado es el **más preciso**?

- La **evaluación** se realizó en **dos suelos contrastantes** en su textura: **franco arcillo limoso** y **limoso**.
- De la combinación de **10 sensores** y **2 suelos** se definen **20 tratamientos**.
- Los experimentos **se repitieron dos veces**; cada repetición con **una unidad de sensor diferente**.

10

3.2. Material y métodos

Experimentación

Se busca, principalmente, **dar respuesta a las siguientes preguntas:**

I. ¿Cuál de todos los sensores disponibles en el mercado es el **más preciso?**

La **evaluación** de cada sensor se ha realizado en un **volumen de suelo** contenido en un **cilindro mallado de acero inoxidable**, y en cuyo **centro se alojaba el sensor.**

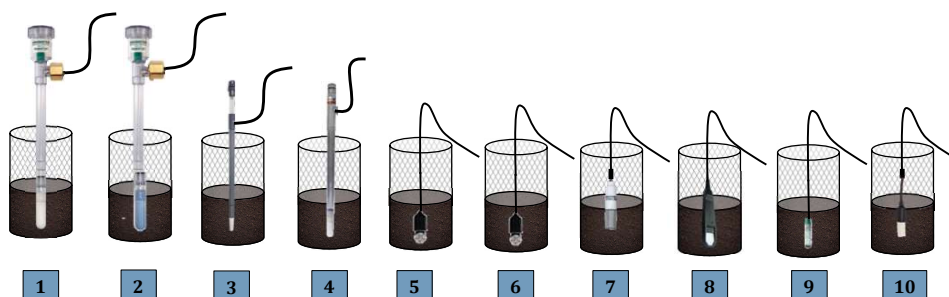


11

3.2. Material y métodos

Experimentación

- Cada experimento constaba de 10 cilindros mallados, cada uno conteniendo un suelo y un sensor determinado.

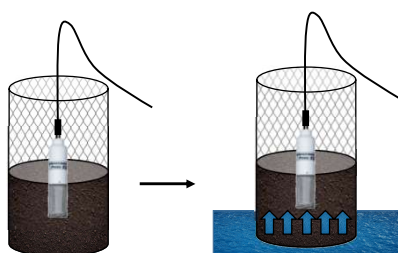


12

3.2. Material y métodos

Experimentación

- Cada experimento constaba de 10 cilindros mallados, cada uno conteniendo un suelo y un sensor determinado.
- En cada caso, el suelo se llevaba a saturación (por capilaridad).



13

3.2. Material y métodos

Experimentación

- Cada experimento constaba de 10 cilindros mallados, cada uno conteniendo un suelo y un sensor determinado.
- En cada caso, el suelo se llevaba a saturación (por capilaridad).
- A continuación, **se forzaba el secado** en la **cámara** donde se podía controlar tanto la humedad como la temperatura para así establecer una tasa de velocidad de secado determinada.



14

3.2. Material y métodos



Experimentación

- Cada experimento constaba de 10 cilindros mallados, cada uno conteniendo un suelo y un sensor determinado.
- En cada caso, el suelo se llevaba a saturación (por capilaridad).
- A continuación, **se forzaba el secado** en la **cámara** donde se podía controlar tanto la humedad como la temperatura para así establecer una tasa de velocidad de secado determinada.
- Cada sensor estaba **conectado a un datalogger** que permitía un registro automático de datos.



15

3.2. Material y métodos



Experimentación

Se busca, principalmente, **dar respuesta a las siguientes preguntas:**

II. ¿Cómo de fiables son las lecturas registradas por cada sensor (repetitividad)?

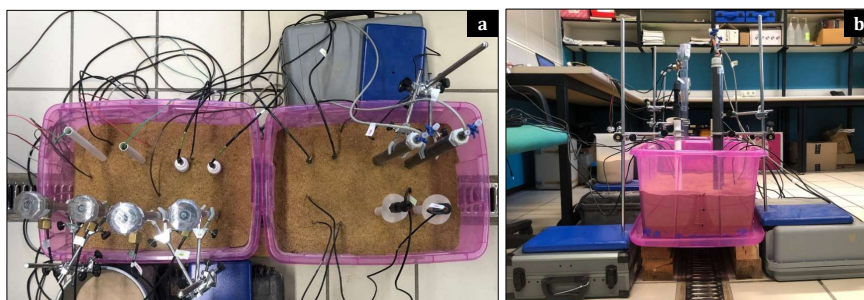
- Se llevó a cabo **en arena** -medio más homogéneo que el suelo- **evaluando simultáneamente 20 sensores** experimentales (10 modelos x 2 unidades homólogas).

16

3.2. Material y métodos

Experimentación

- Se utilizaron **dos contenedores de plástico** apoyados en sus sobre pequeños tacos, de tal manera de que dichos contenedores quedasen separados del suelo, para así facilitar el posterior drenaje.
- La experimentación se **inició** con la arena **en saturación** (0 kPa).



17

3.2. Material y métodos

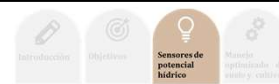
Experimentación

- Se utilizaron **dos contenedores de plástico** apoyados en sus sobre pequeños tacos, de tal manera de que dichos contenedores quedasen separados del suelo, para así facilitar el posterior drenaje.
- La experimentación se **inició** con la arena **en saturación** (0 kPa).
- Se forzó el **secado con aireación** continua mediante un par de **ventiladores**.



18

3.2. Material y métodos



Experimentación

- Se utilizaron **dos contenedores de plástico** apoyados en sus sobre pequeños tacos, de tal manera de que dichos contenedores quedasen separados del suelo, para así facilitar el posterior drenaje.
- La experimentación se **inició** con la arena **en saturación** (0 kPa).
- Se forzó el **secado con aireación** continua mediante un par de **ventiladores**.
- Cada sensor estaba **conectado a un datalogger** que permitía un registro automático de datos.
- El experimento **se repitió 3 veces**.

19

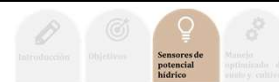
3.3. Resultados y conclusiones



- La **respuesta** en cuanto a **precisión** y **dispersión** de valores de los diferentes familias de sensores fue **diferente según el rango de succión considerado**.
- En el rango de succión de **interés agronómico** entre **0-100 kPa** el sensor de **disipación de calor** y los **capacitivos** son los que **mostraron un mejor comportamiento**. En ambas familias, los **registros** podrían **extenderse** hasta al menos **150-200 kPa**, lo cual resulta particularmente interesante para la investigación científica.
- En general, la **dispersión** en las **lecturas** observada en todos los sensores evaluados **fue debida** principalmente (75-80%) a la **variabilidad intrínseca del sensor** (repetitividad). Esto debería tenerse en cuenta al momento de definir el número de dispositivos (repeticiones) a instalarse en campo.
- **Algunos sensores**, sobre todo el de **bloque de resistencia**, **mejorarían** notablemente su actuación con modelos de ajustes ad hoc.

20

3.3. Resultados y conclusiones



- En **futuras experimentaciones** sería **conveniente cuantificar** el **mínimo tiempo** de **lectura** (tiempo de respuesta) **requerido** por **cada sensor** para una correcta lectura. Por ejemplo, un **sensor** que **necesita** que el **contenido** de **humedad** se **mantenga constante** un **largo tiempo** para generar una lectura fiable, no sería apto para su uso en horizontes superficiales de suelo sometidos a una alta tasa evapotranspirativa.



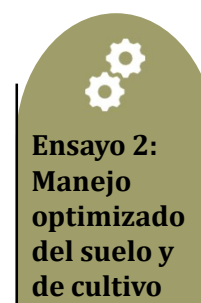
Introducción



Objetivos

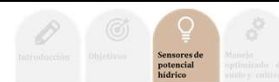


Ensayo 1:
Sensores de
potencial
hídrico



Ensayo 2:
Manejo
optimizado
del suelo y
de cultivo

4.1. Objetivo



Evaluar la aplicación continua, a lo largo de 18 años, de un **manejo innovador** en Navarra (España) **del suelo y del cultivo** –en comparación con el manejo convencional– **para la mejora del estado físico del suelo** y la **optimización del balance hídrico edáfico**, en agrosistemas cerealistas de secano.

Hay que **destacar** que **no existe** –que sepamos– **ninguna otra zona agrícola** en toda la región de **Navarra** en la que **se practique** un **manejo del suelo** y del **cultivo** como el aquí propuesto.

22

4.2. Material y métodos



- Se seleccionaron **dos parcelas agrícolas** contiguas en el municipio de **Garinoain** (Navarra).
- Idénticas en cuanto a **tipo de suelo** y **uso del mismo** (cereal de secano).
- **Contrastantes** en cuanto a **manejo/laboreo**:
 - **Manejo optimizado (MOP)** (18 años continuos):
 - *Siembra directa*
 - *Cultivos de cobertura*
 - *Enmiendas orgánicas*
 - **Laboreo convencional continuo (LC).**
- **Evaluación del estudio:**
 - I. Análisis de Curvas de Retención de Humedad del Suelo (CRHS) y de los índices y funciones derivadas.
 - II. Índices estructurales.
 - III. Índices biológicos.



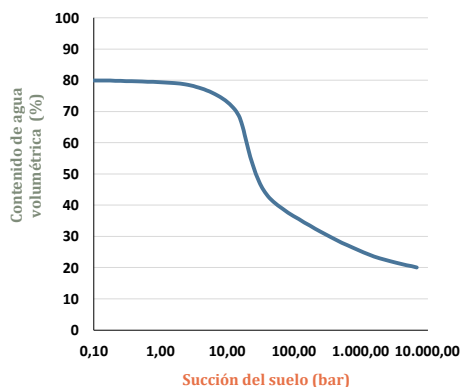
23

4.3. Resultados y conclusiones



Experimentación

La **Curva de Retención de Humedad** refleja la capacidad de un suelo, o cualquier otro medio poroso, para **retener el agua en función de la succión** (tensión) ejercida.



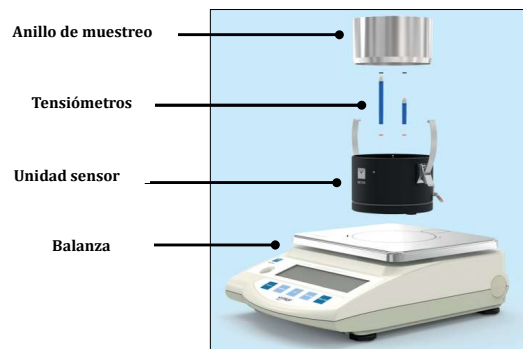
4.3. Resultados y conclusiones



Experimentación

- Se extrajeron **muestras inalteradas de suelo**.
- De las parcelas de **MOP** y **LC**, se obtuvieron sendas **CRHS** mediante el **equipo Hyprop**.

HYdraulic PROPerTy analyzer



4.3. Resultados y conclusiones



- Los **índices de diagnóstico** de la **calidad física del suelo** obtenidos a partir de las curvas resultaron **poco sensibles** para reflejar los cambios esperados en las condiciones del suelo.
- La **gestión innovadora** **proporcionó** buenos **resultados**, destacando la proporción y el tamaño de los macroagregados del suelo estables al agua y un uso más eficiente del agua disponible para las plantas.
 - Esto es especialmente relevante para la **agricultura de secano en zonas semiáridas**, donde el agua es el factor más limitante para el crecimiento de los cultivos, como en la zona de estudio.
- Se encontró que **la materia orgánica particulada (POM)**, que es un indicador clave de la funcionalidad de la fracción orgánica del suelo, **aumentó con el cambio de manejo.**
 - Este incremento de la POM contribuye a explicar la **mejora observada** en la **estructura del suelo**, y en consecuencia, en el **aumento** de su **capacidad de retención de agua útil para las plantas.**

26

4.3. Resultados y conclusiones



- Se observó un **aumento** en la **diversidad funcional y biomasa microbiana** del suelo **tras la aplicación del MOP.**
 - Esta mayor diversidad funcional es esencial para el **funcionamiento óptimo** de los **ecosistemas agrícolas.**
- Aunque se esperaba que el cambio de manejo pudiera influir en los indicadores de rendimiento y concentración de C orgánico, **no se observaron cambios** significativos en estos indicadores.
- Son **necesarios** más **análisis en capas más profundas** del para una evaluación más completa del MOP. También, para comprender mejor los cambios en la hidrología del suelo, es necesario realizar experimentos para determinar las tasas de infiltración
- Los **resultados resaltan** la **importancia** de **adoptar prácticas de manejo sostenible** como una **estrategia efectiva para enfrentar los desafíos actuales en la agricultura y garantizar la producción de alimentos de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.**

27

Publicaciones

SENSORS **MDPI**

Article
Toward Optimal Irrigation Management at the Plot Level: Evaluation of Commercial Water Potential Sensors

Albiz-Lusarreta, A.; Campo-Bescós, M.Á.; Virto, I.; Giménez, R.

Abstract: Proper irrigation practice consists of applying the optimum amount of water to the soil at the right time. The precise determination of the soil moisture (the degree of the soil and its ability to absorb, hold and retain water) is an essential step in determining the water content of the soil, it is also essential to determine the availability of water for plants, water potential. In this paper, a comprehensive laboratory evaluation—accuracy and stability—of the sensors, holding commercial water potential sensors is carried out. The soil composition and calibration comparison a calibration of these devices has been carried out to date. The pair of experimental measurement sensors from four different families were selected according to their groups of application (temperature, relative humidity, heat dissipation constant, and resistance blocks). The accuracy of the readings (0.01–0.001 MPa) was determined in two soils (containing limestone). The accuracy of the readings (responsibility and repeatability) were tested in an experimental and real agricultural field for the same soil type. The response of the sensors and the distribution of the different sensor families were different according to the sensor range considered. In the narrow range of operation (range 0.01–0.01 MPa), the best distribution sensor and the operating sensor were the most accurate. In both families, precision could be reached up to 10–200 MPa. The water at the wilting point for the different sensors was able to reproduce 90% of the repeatability or inter-variability in the sensor and 97% of the repeatability. Some sensors could significantly improve their performance with the calibration.

Keywords: soil water dynamics; soil water measurement; soil water monitoring; agronomy; performance

1. Introduction
 Proper irrigation practice in different conditions—variable weather, variable and deep—usually involves applying the optimum amount of water to the soil at the right time, so that it can be used by plants. For this purpose, a water balance technique is generally used, which enables the prediction of the amount of water that the plant consumes (evapotranspiration) and the amount of available water, i.e., the water that can be readily used by the plant. The main limitation of this technique is that it uses evapotranspiration values for the area, which makes this type of irrigation strategy a rough approximation. On the other hand, more accurate types of irrigation strategy consist of using sensors for prediction. Specifically, (1) based on the soil moisture content and water potential sensors (SWC), which allow continuous and in the knowledge of the response, soil water content and its availability (index or degree of saturation in the soil) and (2) based on the degree of saturation of the soil (soil water potential, SWP).

SWP are composed of different particles (sand, silt, and clay) and organic elements of different sizes and shapes. The proportion of each of these affects the soil texture, its struc-

Soil, 8, 655–671, 2022
 https://doi.org/10.5194/soil-8-655-2022
 © Author(s) 2022. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Soil **EGU**

Effects of innovative long-term soil and crop management on topsoil properties of a Mediterranean soil based on detailed water retention curves

Albiz-Lusarreta, A.; Giménez, R.; Campo-Bescós, M.Á.; Arregui, L.M. y Virto, I.

Abstract: The effectiveness of conservation agriculture (CA) and other soil management strategies involving a reduction of tillage has been shown to be site-dependent (soil, climate and crop), and thus any soil and crop management should be regionally evaluated before its implementation. Moreover, farmers are normally reluctant to adopt conservation practices if they require paying their production as a risk. This study evaluates an innovative soil and crop management (including no-tillage, cover crops and residue incorporation) as an alternative to conventional management for annual cereal cropping in a crochaceous soil in central Mediterranean (Spain) under the No-till system. Based on the analysis of soil water retention curves (SWRC) and soil moisture, the only soil was carried out in a small agricultural area in the municipality of Gasteiz (Spain). Spatio-temporal soil moisture content was monitored in the municipality of Gasteiz (Spain). Spatio-temporal soil moisture content was monitored in the municipality of Gasteiz (Spain). Spatio-temporal soil moisture content was monitored in the municipality of Gasteiz (Spain). Spatio-temporal soil moisture content was monitored in the municipality of Gasteiz (Spain).

Aldaz-Lusarreta, A.; Campo-Bescós, M.Á.; Virto, I.; Giménez, R. (2023). Toward Optimal Irrigation Management at the Plot Level: Evaluation of Commercial Water Potential Sensors. *Sensors*, 23, 9255.

Aldaz-Lusarreta, A., Giménez, R., Campo-Bescós, M.A., Arregui, L.M. y Virto I. (2022). Effects of innovative long-term soil and crop management on topsoil properties of a Mediterranean soil based on detailed water retention curves. *Soil*, 8(2), 655-671.

MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN ESKERRIK ASKO ZUEN ARRETAGATIK



Día mundial del suelo

Pamplona, 13 de diciembre 2023

Alaitz Aldaz Lusarreta

alaitz.aldaz@unavarra.es

aldazalaitz@gmail.com