

# COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO, EN UN SUELO ARENOSO CON CULTIVOS DE HORTÍCOLAS, DEL AGUA APLICADA MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS EN RIEGO LOCALIZADO

López Rodríguez, M.<sup>1</sup>; Jarén Morilla, C.<sup>1</sup>; Salvatierra Bellido, B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFAPA Centro Rancho de la Merced, sede de Chipiona. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, CAPADR, Junta de Andalucía.

## RESUMEN

El riego de alta frecuencia o riego a pulsos está ampliamente descrito como técnica de manejo del riego localizado. Sus efectos beneficiosos han sido descritos en cultivos como la fresa (Gavilán, P. y col, 2015) alcanzando ahorros superiores al 50% en el agua usada con producciones prácticamente iguales. En este trabajo se ha monitorizado la evolución de la humedad del perfil de un suelo (arenoso de 60 centímetros de profundidad) cultivado y se han comparado diversas estrategias de riego, ¿cómo regar? **Tres formas de aplicar el agua, dos con riegos convencionales a diferente dosificación y una tercera con riegos de alta frecuencia.** Durante el período de cultivo se ha monitorizado el contenido del agua en el suelo a 10, 20, 30, 40, 50 y 60 centímetros de profundidad con sondas capacitivas, valorándose el comportamiento del agua en cada tratamiento y su relación con la forma de fertirrigar que se establezca al abordar el cultivo. Igualmente se ha realizado una calibración de los resultados mostrados por las sondas capacitivas comparándolos con los resultados obtenidos mediante el método termo-gravimétrico de valoración de la humedad del suelo. El objetivo buscado es establecer estrategias de manejo de la fertirrigación que minimicen las pérdidas de agua y nutrientes durante los mismos, manteniendo productividad.

**Palabras clave:** *riego a pulsos; fertirrigación.*

## INTRODUCCIÓN

Antes de finalizar el diseño de un sistema de riego parece bastante lógico saber ¿cómo se va a regar?. Pero no parece que éste sea el caso más general y aún en los casos que sí se considera, lo normal es que la experiencia del regante no se adapte a lo diseñado o viceversa. Así es que partiendo de un sistema de riego ya diseñado y operativo se puedan plantear varias estrategias de riego que hacen que la uniformidad de la instalación no se traduzca en una aplicación adecuada del agua y los fertilizantes.



En este caso la tradición y las recetas transmitidas para regar y actuar en un medio tan anisótropo como son los agrosistemas, hacen que lo que en una parte pueda funcionar bien justo en la siguiente suponga una merma considerable en la rentabilidad del cultivo y un gran impacto en el medio, persistiendo costumbres en la forma de cultivar que tienen su origen en el cultivo de secano y que en muchos casos no tienen sentido mantener en los cultivos hortícolas de riego, o al menos se puede cuestionar (ej. El abonado nitrogenado de fondo). De ahí la necesidad de caracterizar los suelos de los sistemas para que la actividad agraria pueda desarrollarse con total sostenibilidad.

Siguiendo con los trabajos de caracterización realizados por el equipo de asesoramiento al riego del Ifapa- Rancho de la Merced-Chipiona se han planteado varias estrategias de riego sobre un suelo enarenado y monitorizado el movimiento del agua en el mismo mediante sondas capacitivas, para poder estudiar su comportamiento y poder evaluar una estrategia más sostenible de uso de insumos en la agricultura intensiva, con el objetivo de minimizar las pérdidas por lixiviación.

Partiendo de un sistema de riego ya definido e idéntico para los tres tratamientos, se definieron previamente tres estrategias.

- a. Tratamiento-1. Riego localizado a pulsos, con necesidades definidas usando las predicciones a una semana de la Agencia Estatal de Meteorología.(AEMET). Con un coeficiente medio de cultivo de 0,8.
- b. Tratamiento-2. Riego localizado con un pulso diario, con necesidades definidas mediante medias anuales. Un coeficiente medio de cultivo de 1.
- c. Tratamiento-3. Riego localizado con un pulso diario, con necesidades definidas mediante medias anuales. Un coeficiente medio de cultivo de 1,8.

---

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

Sobre tres parcelas de la explotación del IFAPA\_Rancho de la Merced en Chipiona, se establece un cultivo con goteros, que dadas las características del suelo y del cultivo se elige de 4 l/h, situados a 33 cm en la línea y a 80 cm entre líneas, de esta manera se garantiza que el cultivo contará con una franja de humedad continua, garantizando el normal desarrollo de la planta y su producción.

Dadas las características del suelo se calculó en trabajos anteriores que el pulso máximo debería estar alrededor de los 10 minutos, se decide finalmente que el mismo durará 9 minutos, de manera que se repetirán tanto como sea preciso para aplicar la Eto diaria del cultivo. Los pulsos sólo se aplicaron entre las 9 y las 19 horas, buscando reponer el agua extraída del suelo por la planta y pretendiendo la permanencia máxima del agua e la rizosfera del cultivo.

Todos los riegos se controlaron mediante un programador de fertirrigación Agronic-4000 que permite individualizar el manejo de cada parcelas y cuyos datos se iban introduciendo con periodicidad semanal. El volumen total aplicado se controló para cada tratamiento con caudalímetros Woltman RWI DN-50/DN-200mm en la entrada de las tres parcelas.

Los datos climáticos se obtuvieron de la **Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA)**, y las predicciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Los sensores utilizados fueron del tipo drip&drop de 60 cm con un sensor cada 10 cm. (Sentek), se trata de sensores capacitivos que miden los tiempos de carga y descarga del condensador formado entre sus sondas y el suelo como dieléctrico. Estos tiempos están relacionados con la capacidad del condensador, y por consiguiente, con la permitividad relativa del suelo. Los datos oscilan entre el contenido de un suelo seco en estufa, hasta su saturación, mostrando valores volumétricos e instantáneos de la humedad en el suelo.

Al objeto de calibrar los sensores al suelo en cuestión y dadas las especiales características del mismo, se procedió mediante el método termo-gravimétrico a la determinación de la cantidad del agua en el suelo. La mayoría de protocolos de calibración de sensores de humedad del suelo se basan en esta técnica. Básicamente el método consiste en secar muestras de suelo del perfil de cultivo en una estufa a 105° C durante 24 horas hasta peso constante. Pesando las muestras antes y después del secado, se obtiene la cantidad de agua contenida en el suelo.

Los datos medios horarios de las sondas capacitivas se obtenían con dos plataformas-web (Field-climate e Irrimax), que permiten descargar con facilidad las lecturas de los sensores.

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

El riego total aplicado finalmente en cada tratamiento fue: 592, 733 y 1305 m<sup>3</sup> / ha respectivamente T1, T2 y T3 (Figura 1).

Ajuste de los datos tomados en los sensores: Los datos tomados mediante el sensor y los obtenidos en la estufa, arrojan un buen ajuste para el perfil de 30 cm ( $R^2 = 0,92$ ) y resultados aceptables para el resto de horizontes hasta 40 cm (0,745 (10 cm); 0,788 (20 cm) y 0,596 (40cm), Figura.2. Siendo malos para los perfiles de 50 y 60 cm  $< 0,25 R^2$ , posiblemente por su condición de suelo sobresaturado. No obstante las variaciones de valores relativos muestran una secuencia que son de gran utilidad.

Los valores de humedad en suelo registrados en los diferentes tratamientos a lo largo del período de riego desde el 15 de junio una vez establecido el cultivo hasta el 10 de septiembre diez días después de cortar el riego para preparar la recolección, son los que se muestran en las gráficas de las figuras 3, 4 y 5 siguientes para cada tratamiento y los perfiles de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm. Se señalan dos bandas de valores que corresponde a capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El agua en el suelo debería mantener un valor entre CC y PMP y no incrementar su valor en los niveles profundos, en todos los tratamientos se ha mantenido sobresaturado el perfil de 60 cm excepto en el tratamiento 1, donde se aprecia que el valor tiene una tendencia a disminuir desde el inicio del control, los niveles tan alto de partida se deben a los sobrierriegos que se dan en la implantación que se aplicó en los tres tratamientos y que no tiene un interés muy claro cuando el diseño de las instalaciones de riego es correcto.

**“Los sensores capacitivos se muestran como una buena herramienta para auxiliar en un riego eficiente que pretenda mantener la productividad y minimizar los efectos negativos de la contaminación difusa agrícola”.**



Los valores de implantación hicieron que el nivel de humedad de los suelos de partida fuera muy alto en todos los perfiles. Cuando se deja de regar a finales de agosto los perfiles superiores (hasta 20 cm) se descargan por debajo de la capacidad de campo, posiblemente se debería incrementar este período sin riego o al menos sin abonado para evitar que quede tanta agua de la fertirrigación en los perfiles profundos después de sacar el cultivo y evitar la percolación posterior de los abonos nitrogenados acumulados en ellos. No obstante este tratamiento de pulsos ha sido el único que ha ido disminuyendo la cantidad de agua en su perfil de 60 cm, por lo que la cantidad de agua que se pierde ha sido considerablemente menor que en el resto de tratamientos.

El tratamiento 2 ha mantenido su perfil inferior sobresaturado todo el período, con una tendencia a disminuir en su valor, cosa que apenas se aprecia en el tratamiento 3.

Tanto en el tratamiento 1 como en el dos el perfil de 50 cm se comporta como un perfil que acumula poca agua (se trata de un perfil muy arenoso), en cambio en el tratamiento 3 mantiene el nivel de humedad en la sobresaturación.

Se muestra en la figura 6, la variación relativa desde las cero horas (valor 0) del contenido de humedad diaria (15 de junio) en los diferentes perfiles y según el tratamiento: Para cantidades similares de agua aplicadas los horizontes inferiores se observa

como ganan agua, el segundo riego del tratamiento 1 se realiza muy tarde en el día y esto provoca una leve elevación de los perfiles inferiores.

La figura 7 muestra del efecto de los tres tratamientos sobre el nivel de humedad del perfil de 10 cm de profundidad. Observar como el riego a pulsos logra que el agua se acumule en el perfil de 30 cm.

En la figura 7 se aprecia como los riegos más intensos tienen perfiles de descarga, señalados por la pendiente, más intensa a la hora de mover agua hacia perfiles más profundos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los sensores capacitivos se muestran como una buena herramienta para auxiliar en un riego eficiente que pretenda mantener la productividad y minimizar los efectos negativos de la contaminación difusa agrícola. Se deberá trabajar en su calibración en diferentes escenarios en la rizosfera, no obstante sus lecturas instantáneas y su reacción ante los cambios de humedad hacen que sea una buena herramienta para la gestión de la fertirrigación.

El riego a pulsos se muestra como una excelente técnica de riego para cultivar sin perder rentabilidad y evitando el paso de agua a zonas saturadas con carga de fertilizantes (ni-

trógeno) a los mismos. Su implementación no debe ser gravosa para las explotaciones de riego localizado, dado el nivel de tecnificación y lo barato que resultan algunos automatismos actualmente en el mercado.

El estudio de los valores de coeficientes de cultivo aplicando estas técnicas de riego de alta frecuencia debería ser una línea a abordar en trabajos posteriores.

## AGRADECIMIENTOS

Al equipo del Sistema de Asistencia al Regante del IFAPA (SAR) del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). A todo el personal del IFAPA Rancho de la Merced-Chipiona, sin cuya colaboración estas actividades no serían posible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ZBIGNIEW SUCHORAB; MARCIN KONRAD WIDOMSKI; GRZEGORZ ŁAGÓD; DANUTA BARNAT-HUNEK; DARIUSZ MAJEREK. 2018. A Noninvasive TDR Sensor to Measure the Moisture Content of Rigid Porous Materials.

PACHÉS GINER, MARÍA AV. El agua en el suelo: fuerzas de retención, s/d. Universidad Politécnica de Valencia.

LANDNEYKER BETANCOURTH CASTRO. 2016. Sensor de Humedad del suelo tipo sonda con sistema de monitoreo para aplicaciones en agricultura de precisión TFM, 2016.

GAVILÁN, P.; RUIZ, N.; LOZANO, D.; BOHÓRQUEZ, JM.; MOLINA, F. 2015. Efecto de la frecuencia de riego sobre la eficiencia del riego y la producción de un cultivo de fresa.

LOZANO, D.; GAVILÁN, P.; RUIZ, N. 2019. Eficiencia y uniformidad del riego localizado en parcelas con pendiente.

ALVARO ACOSTA; LESTER SIMMONDS. 2001. Estimación de patrones diarios de consumo de agua por las plantas, con base en mediciones detalladas de humedad y temperatura a diferentes profundidades de suelo.

## FIGURAS

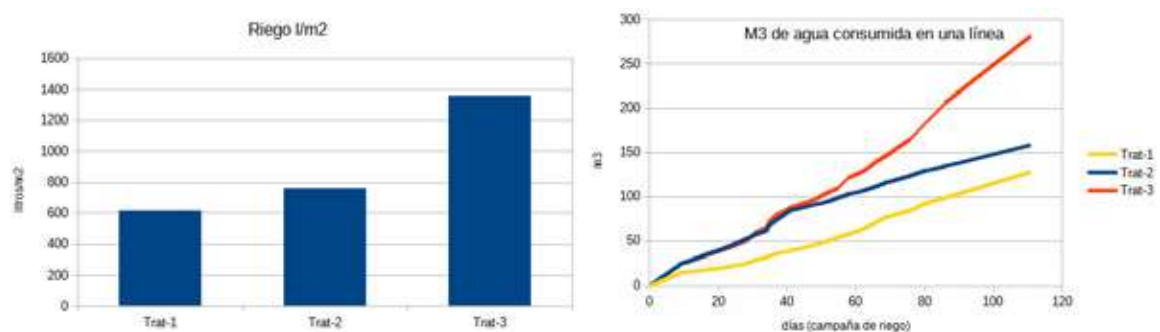
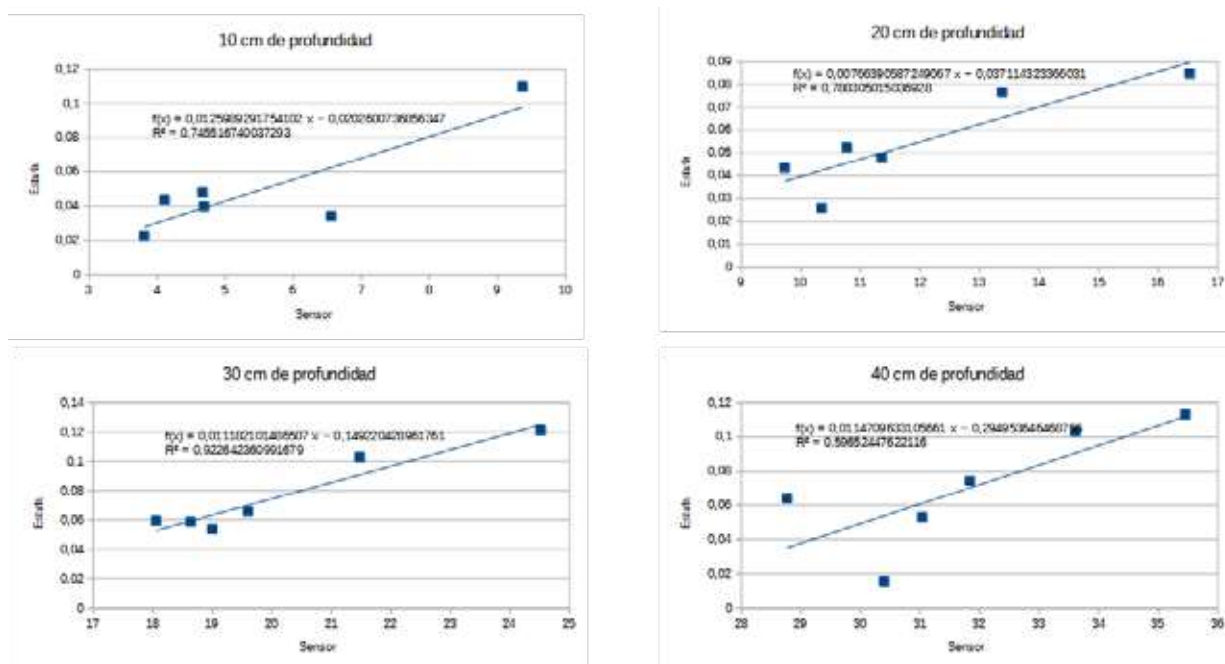
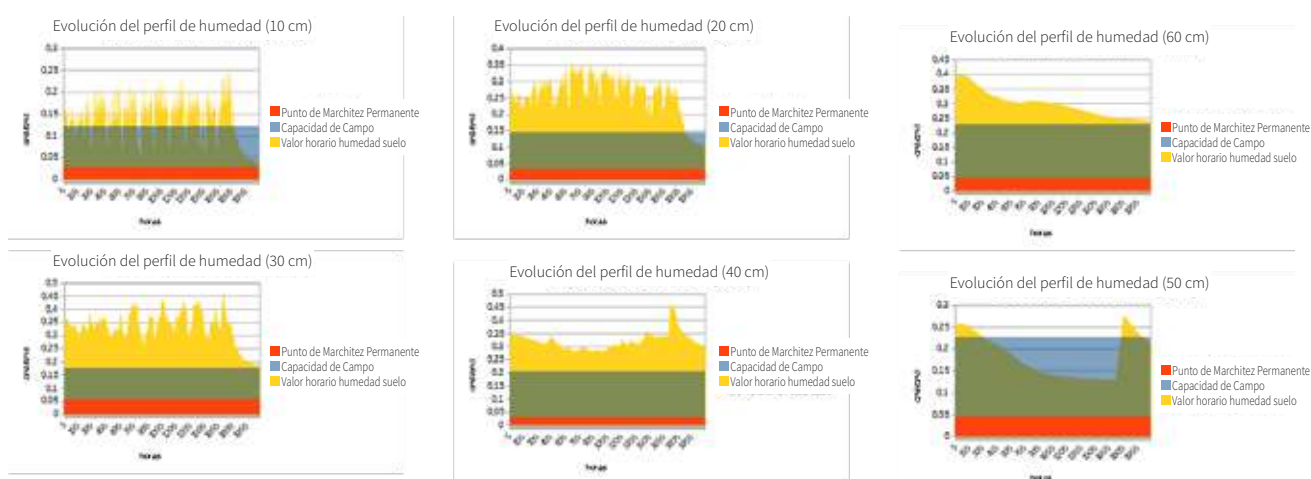


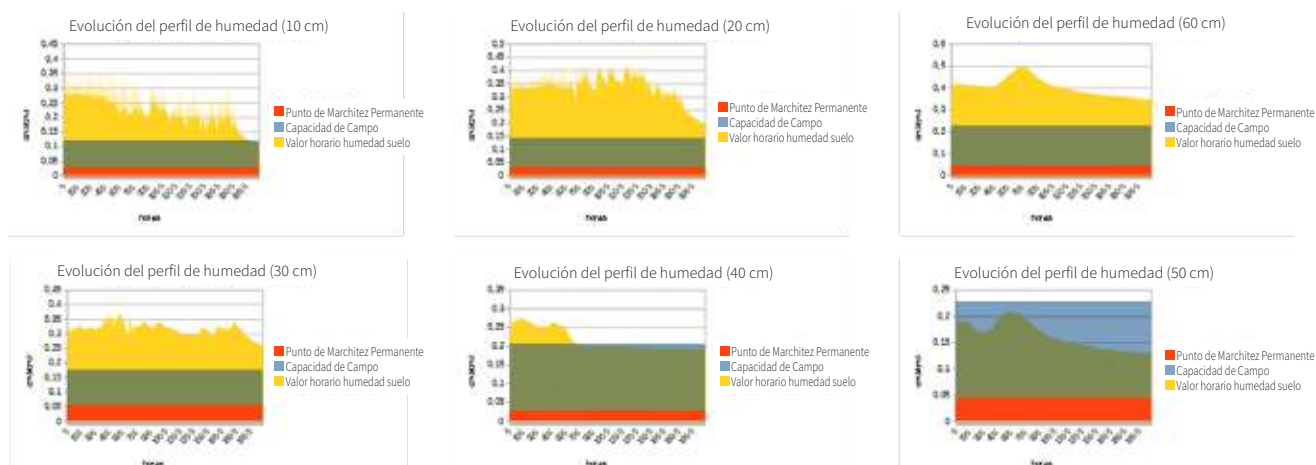
Figura1.



**Figura 2.**

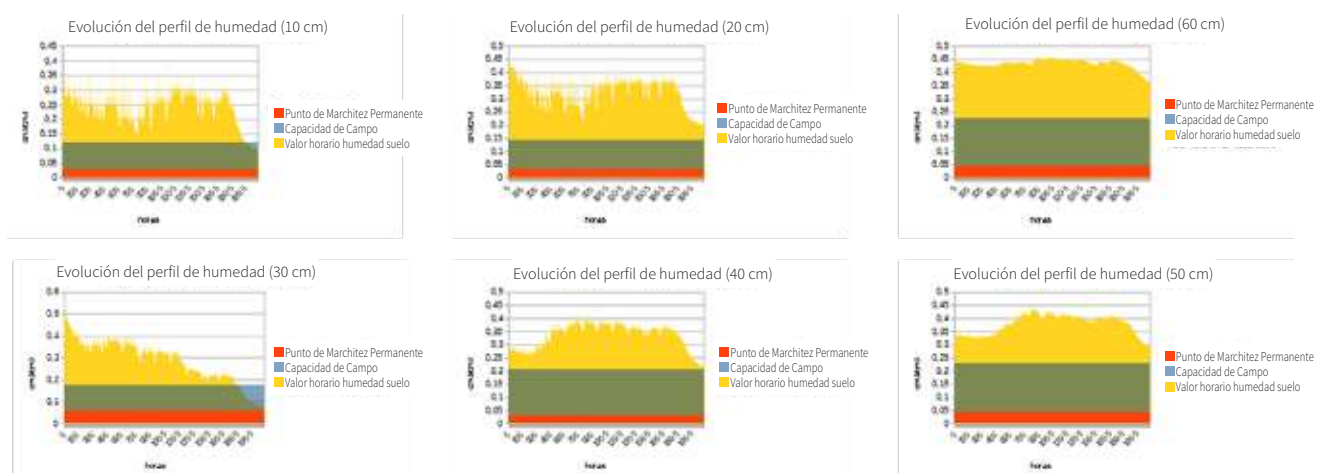


**Figura 3.** Variación de la humedad en los diferentes perfiles a lo largo del período de control, tratamiento 1.

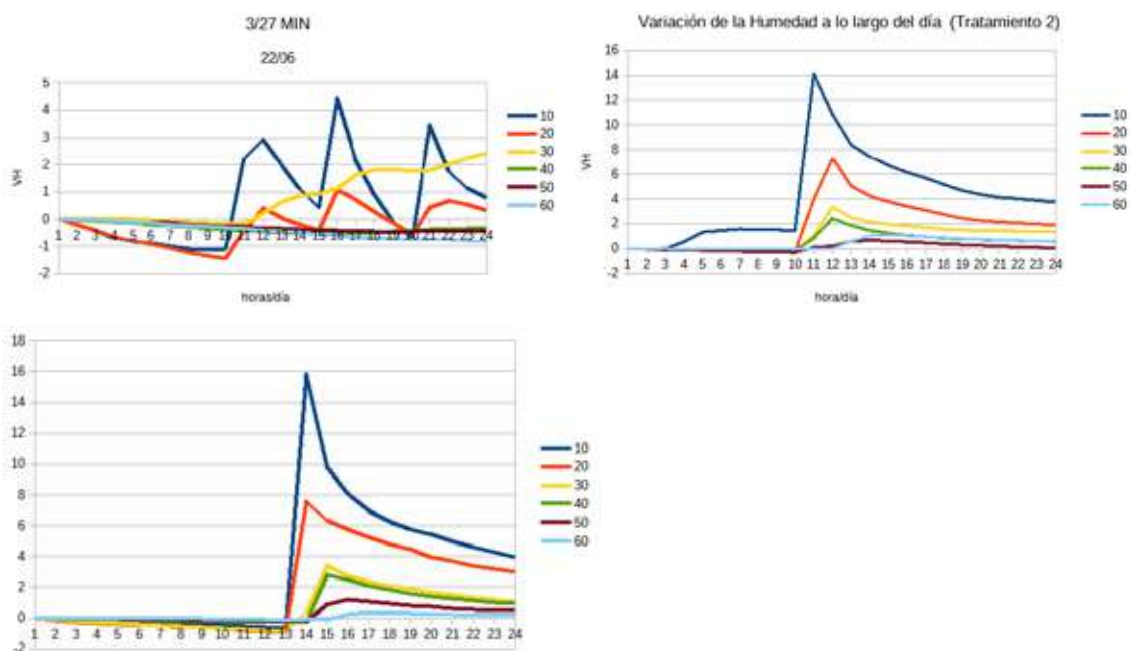


**Figura 4.** Variación de la humedad en los diferentes perfiles a lo largo del período de control, tratamiento 2.

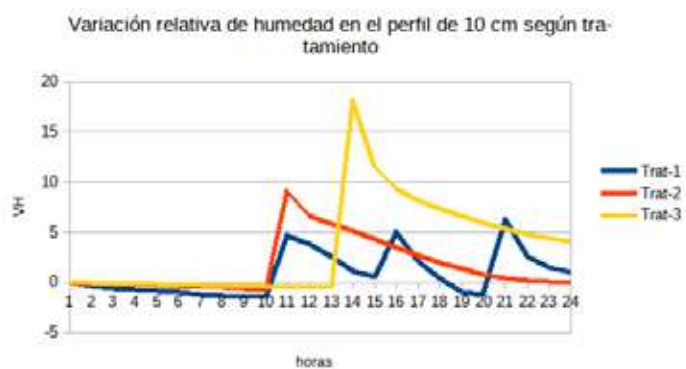




**Figura 5.** Variación de la humedad en los diferentes perfiles a lo largo del período de control, tratamiento 3.



**Figura 6.** Variación de la humedad en los perfiles, (tratamiento 1, 2 y 3) con el riego diario.



**Figura 7.** Variación de la humedad en el perfil de 10 cm, según tratamiento.