



Universidad
Complutense
Madrid



Universidad
Rey Juan Carlos



EFFECTOS DE LOS SETOS SOBRE EL SERVICIO HIDROLÓGICO DE INFILTRACIÓN EN FINCAS AGRÍCOLAS RESTAURADAS

Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

Presentado por:

D^a MÓNICA PONTIEL MACARRILLA

Director:

Dr. D. JORGE MONGIL-MANSO

Directora institucional:

D^a. MIRIAM PAJARES GUERRA

Tutora académica:

Dra. D^a. MARIA DOLORES JIMENEZ ESCOBAR

En MADRID a 06 de NOVIEMBRE de 2020

INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. La restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en agroecosistemas	7
1.2. Los setos como medida de restauración ecológica.....	8
1.3. Servicios ecosistémicos del suelo	9
1.4. La infiltración de agua en el suelo como indicador de calidad: factores, medición y modelización .	10
1.4.1. Factores de la infiltración	10
1.4.2. Medición de la infiltración	12
1.4.3. Modelos de infiltración	12
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	14
3. MATERIAL Y MÉTODOS	15
3.1. Área de estudio.....	15
3.1.1. Localización	15
3.1.2. Medio físico.....	16
3.2. Diseño de muestreo	21
3.3. Recogida de muestras de suelo	24
3.4. Ensayos de infiltración.....	25
3.5. Cálculos previos.....	27
3.5.1. Densidad aparente	27
3.5.2. Velocidades de infiltración (VI).....	27
3.5.3. Ajuste al modelo de Horton.....	28

3.6. Análisis estadístico.....	28
3.8. Determinación de los grupos hidrológicos de cada suelo	29
4. RESULTADOS	30
4.1. Análisis de los datos de laboratorio	30
4.2. Descripción de las variables.....	30
4.3. Infiltración.....	31
4.3.1. Alturas infiltradas (AI).....	31
4.3.2. Velocidades de infiltración en el intervalo (VII) y Velocidades de infiltración desde el comienzo del ensayo (VIC).....	41
4.4. Diferencias de infiltrabilidad entre tipos de vegetación.....	51
4.5. Factores que influyen en la infiltración.....	54
4.6. Ajuste al Modelo de Horton.....	58
4.7. Grupos hidrológicos de los suelos.....	62
5. DISCUSIÓN	63
6. CONCLUSIONES	66
AGRADECIMIENTOS	67
REFERENCIAS	68
ANEXOS	79

RESUMEN

En la actualidad, más del 40% de la superficie terrestre está ocupada por cultivos y pastos destinados a satisfacer la demanda alimentaria creciente de la población mundial. La restauración de agroecosistemas mediante la revegetación de lindes de cultivo con setos ofrece múltiples beneficios, entre los que se encuentra la mejora del servicio hidrológico de la infiltración.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los setos sobre la capacidad de infiltración del suelo en dos fincas agrícolas restauradas, un olivar y un campo de cereal situadas en el municipio de Novés (Toledo).

Se realizaron 18 muestreos de suelo y ensayos de infiltración mediante el uso de un infiltrómetro inundador de anillo simple y, mediante las alturas obtenidas de agua infiltrada, se calcularon las tasas de infiltración para cada zona (con seto, sin seto y matriz) de las dos parcelas estudiadas, obteniéndose una comparativa de todas las zonas donde se realizaron los ensayos.

Nuestros resultados muestran que los setos ejercen un efecto positivo en la tasa de infiltración de las parcelas agrícolas restauradas, destacando la tasa de infiltración de la parcela de olivar con seto respecto a las demás, y obteniendo correlaciones positivas entre la tasa de infiltración y variables como la cobertura de leñosas o el contenido de materia orgánica. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tipos de vegetación, posiblemente debido a la temprana edad de los setos.

Consideramos que el efecto de otros factores no considerados en este estudio, como el tipo de tratamiento aplicado a cada parcela, así como la variedad de especies de vegetación y su edad, deberían tenerse en cuenta en futuros estudios, por lo que sería interesante repetir estos ensayos dentro de varios años, cuando las diferencias puedan ser más patentes.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, restauración de ecosistemas, infiltrómetro, lindes, agroecosistema.

ABSTRACT

Currently, more than 40% of the earth's surface is occupied by crops and pastures destined to satisfy the growing food demand of the world population. The restoration of agroecosystems through the revegetation of cultivation boundaries with hedges offers multiple benefits, among which is the improvement of the hydrological service of the infiltration.

The objective of this study was to evaluate the effect of hedges on the infiltration capacity of the soil in two restored agricultural farms, an olive grove and a cereal field, located in the municipality of Novés (Toledo).

Eighteen soil samplings and infiltration tests were carried out using a simple ring flooding infiltrometer and, through the heights obtained from infiltrated water, infiltration rates were calculated for each zone (with hedge, without hedge and matrix) of the two plots studied, obtaining a comparison of all the areas where the tests were carried out.

Our results show that hedges exert a positive effect on the infiltration rate of restored agricultural plots, highlighting the infiltration rate of the olive grove plot with hedge compared to the others, and obtaining positive correlations between the infiltration rate and variables such as woody cover or organic matter content. However, no statistically significant differences were obtained between all types of vegetation, possibly due to the early age of the hedges.

We consider that the effect of other factors not considered in this study, such as the type of treatment applied in each plot, as well as the variety of vegetation species and their age, should be considered in future studies, so it would be interesting to repeat these trials several years from now, when the differences may be most obvious.

Keywords: *ecosystem services, ecosystem restoration, infiltrometer, boundaries, agroecosystem.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en agroecosistemas

Actualmente, alrededor del 80% de la superficie del planeta muestra evidencias de intervención humana (Ellis & Ramankutty, 2008, citado en Rey Benayas & Bullock, 2012), de la cual el 40% está destinada a cultivos y pastos (Barral *et al.*, 2015). Las actividades agrícolas son la principal fuente de impactos ambientales negativos en todo el mundo (Kiers *et al.*, 2008, citado en Rey Benayas & Bullock, 2012), a lo que se suma el fenómeno de la intensificación, que impacta negativamente sobre el hábitat y la biodiversidad de estas tierras (Butler *et al.*, 2007; Foley *et al.*, 2011). Según McLaughlin *et al.*, (1995), las prácticas agrícolas que más afectan a los ecosistemas son la excesiva roturación del terreno, el riego indiscriminado, las rotaciones sin barbecho y el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes (Foley *et al.*, 2011). El mayor reto futuro al que se enfrenta la humanidad es satisfacer las crecientes necesidades alimentarias de la población mundial a la vez que se reducen los daños ambientales derivados de la producción agrícola (Foley *et al.*, 2011). La agricultura provoca procesos de degradación y altas tasas de erosión del suelo (Cerdà *et al.*, 2009), sobre todo por déficit de cobertura vegetal (García-Orenes *et al.*, 2009). Además, las malas prácticas de manejo agrícola alteran las propiedades del suelo, mientras que una gestión adecuada de la agricultura influye positivamente en los aspectos físico-químicos y biológicos del suelo reduciendo su pérdida, aumentando el contenido de materia orgánica y preservando sus recursos hídricos (White *et al.*, 2012).

Por todo ello, es necesario fomentar una agricultura sostenible y comprometida con el mantenimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (Thrupp, 2000). Las prácticas agrícolas sostenibles y la restauración ecológica pueden reducir los efectos perjudiciales de la agricultura (Wade *et al.*, 2008). La *Society for Ecological Restoration* define la restauración ecológica como el proceso de “asistir a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (SER, 2004), consiguiendo incrementar la provisión de servicios ecosistémicos y revertir las pérdidas de biodiversidad (Bullock *et al.*, 2011; Rey-Benayas & Bullock 2012). Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que aportan los ecosistemas y estos pueden clasificarse en cuatro grupos (*Millenium Ecosystem Assessment*, 2003):

- (1) Servicios de abastecimiento o provisión: combustible, alimentos, madera...
- (2) Servicios de regulación: regulación climática, control de plagas, polinización...
- (3) Servicios culturales: valores recreativos, espirituales, estéticos...

(4) Servicios de soporte: formación de suelo, ciclo de nutrientes, producción primaria...

Según Rey-Benayas & Bullock (2012), algunas acciones de restauración ecológica tienen el potencial de aumentar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y, entre los espacios donde estas actuaciones pueden llevarse a cabo, incluyen las zonas de producción agrícola. Estos autores consideran que la restauración de agroecosistemas se basa en dos estrategias principales: la separación de tierras y la compartición de tierras. La primera estrategia tiene como objetivo compartir la tierra mediante una agricultura “amiga de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos” (*wildlive-friendly farming*), mientras que la separación de tierras se basa en diferenciar espacialmente la tierra dedicada a la agricultura de aquella dedicada a la conservación. Esta última opción implica generalmente una intensificación de la tierra agrícola, por lo que frecuentemente se la denomina “ahorro de tierra” (*landsparing*) (Rey-Benayas & Fraile, 2017). Los agroecosistemas en los que se ha realizado este estudio han sido restaurados en base a la segunda estrategia, mediante la instalación de elementos naturales o artificiales que potencian los servicios ecosistémicos y mejoran la biodiversidad (Barral *et al.*, 2015). Entre las actuaciones realizadas se encuentra la revegetación de lindes, ribazos o márgenes del cultivo con especies leñosas autóctonas, dando lugar a formaciones vegetales denominadas “setos” (Wade *et al.*, 2007; White *et al.*, 2012; Barral *et al.*, 2015; Rey-Benayas *et al.*, 2016).

1.2. Los setos como medida de restauración ecológica

La intensificación del uso de la tierra ha provocado que muchas áreas nativas queden relegadas a zonas más pequeñas y que muchos espacios con vegetación natural se hayan degradado o perdido (Rey-Benayas *et al.*, 2008; Holden *et al.*, 2019). Por ello, uno de los objetivos de la restauración de agroecosistemas es devolver a estos espacios parte de su integridad ecológica perdida, mediante acciones de recuperación de la vegetación autóctona como el establecimiento de una red de infraestructura verde que fomente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Rey-Benayas *et al.*, 2008). La estructura de estos corredores suele estar formada por setos o islotes forestales que contribuyen a crear paisajes agrícolas muy particulares (Del Palacio *et al.*, 2013).

Los beneficios aportados por los setos en los agroecosistemas han sido documentados científicamente por varios autores (Rey Benayas *et al.*, 2016; Van Vooren *et al.*, 2017) y algunos son: (a) protección del cultivo mediante la atenuación del viento y del clima; (b) reducción de la erosión del suelo; (c) aporte, infiltración y retención de agua y nutrientes en el suelo; (d) regulación

de plagas; (e) mejora de la polinización; (f) creación y conectividad de hábitats; (g) valor paisajístico y estético; (h) aumento de la producción agrícola y rendimiento de las cosechas; (i) provisión de otros productos adicionales a los cultivados; y (j) delimitación de las propiedades (Ibero, 1998; De Miguel, 2008; Morandin & Kremen, 2013; Rey Benayas *et al.*, 2016; Van Vooren *et al.*, 2017). De todos ellos, el beneficio más interesante para nuestro estudio es la infiltración de agua en los suelos de fincas agrícolas, ya que esta condiciona la capacidad de regulación de agua en el suelo (Grizzetti *et al.*, 2016), y disminuye la escorrentía (García-Fayos, 2004).

Mediante la plantación de setos se consigue por tanto el desarrollo de un sistema radicular que retiene el suelo, así como la disminución del efecto del viento y de la escorrentía superficial, sobre todo en terrenos con pendientes acusadas, favoreciendo la infiltración del agua (Ghidey & Alberts, 1997; Angers & Caron, 1998; Lange *et al.*, 2009; Pohl *et al.*, 2009; Leung *et al.*, 2018) y de los nutrientes en el suelo (Angima *et al.*, 2000; Earnshaw, 2004; Rey Benayas *et al.*, 2016). Además, la restauración ecológica de agroecosistemas puede producir una serie de efectos sinérgicos que conducen a una mayor fertilidad del suelo, almacenamiento de agua, eficiencia en el ciclo y retención de nutrientes, regulación de plagas, y fomento de la polinización y otros servicios ecosistémicos esenciales (Altieri *et al.*, 2017). Estas iniciativas se alinean con acuerdos internacionales como la nueva estrategia de la Unión Europea sobre la Biodiversidad para 2030, que tiene como objetivo avanzar en una agricultura sostenible revirtiendo la pérdida de insectos polinizadores o mejorando la integración paisajística de la superficie agraria mediante la plantación de setos o campos de flores, entre otras medidas.

1.3. Servicios ecosistémicos del suelo

Blum (2005) define el suelo como una de las partes más importantes de la naturaleza de cuyos bienes y servicios dependen todas las economías a escala global. Sin embargo, actualmente es el elemento natural más afectado por la expansión agrícola como consecuencia de la creciente demanda alimentaria mundial (Andrews *et al.*, 2004; Barrios, 2007; Pulleman *et al.*, 2012; Schulte *et al.*, 2014).

El suelo nos provee de servicios ecosistémicos descritos por Daily *et al.*, (1997), como la regulación del ciclo hidrológico, soporte físico para los seres vivos, retención y aporte de nutrientes para las plantas, eliminación de residuos y materia orgánica muerta, fertilidad y regulación de los ciclos de los elementos principales. Estas funciones han sido ampliadas por otros autores (Andrews *et al.*, 2004; Clothier *et al.*, 2008; Dominati *et al.*, 2010), añadiendo que también contribuye al transporte y

retención de solutos, amortiguación y filtración de elementos tóxicos, mantenimiento de la biodiversidad y los hábitats terrestres, control biológico de plagas y enfermedades y mitigación de inundaciones (destaca en esta última la intervención de la infiltración y el drenaje según Dominati *et al.*, 2010 y Keesstra *et al.*, 2018). Además, el suelo es el principal contribuyente a la recarga de los acuíferos, actuando como un filtro permanente que mantiene la calidad y cantidad de las aguas subterráneas (Clothier *et al.*, 2008). Estos autores se refieren al término “flujo preferencial” del suelo como el indicador de calidad en el transporte del flujo agua. Lo definen, junto a Hendrickx & Flury (2001), como el fenómeno por el que el agua se mueve junto a los solutos que transporta a través de la matriz porosa del suelo, también denominado “infiltración” (Keesstra *et al.*, 2018).

1.4. La infiltración de agua en el suelo como indicador de calidad: factores, medición y modelización

1.4.1. Factores de la infiltración

Se define como infiltración al proceso por el cual el agua entra y circula a través de la superficie del suelo hacia su interior debido a la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Mangala *et al.*, 2016). Cuando se produce una precipitación, parte del agua que cae sobre el suelo se infiltra, circulando por el suelo verticalmente hasta el nivel freático, recargando los acuíferos y las reservas hídricas disponibles para las plantas (Jullian *et al.*, 2018), mientras que la otra parte no infiltrada se desplaza por la superficie en forma de escorrentía (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Rietkerk *et al.*, 2002). Del agua infiltrada, una porción es evapotranspirada continuando el curso del ciclo hidrológico (Chahine, 1992; Martínez de Azagra & Navarro, 1996).

Gran parte de la evapotranspiración del agua se produce debido a la intercepción de la precipitación incidente por la cobertura vegetal (Jullian *et al.*, 2018) que participa en la regulación del balance hídrico, donde el tipo de vegetación y los procesos físicos del suelo, como la infiltración, condicionan dicha capacidad de regulación (Grizzetti *et al.*, 2016). Si no hay circulación de agua en superficie no se produce arrastre de sedimentos y, por tanto, no hay pérdida de suelo neta, de manera que esta agua que circula por la superficie del suelo, llamada escorrentía, depende de la capacidad que tenga el suelo para infiltrarla, así como de la intensidad de la precipitación (García-Fayos, 2004). Gran parte de la capacidad de infiltración que entra en juego, evitando que esa pérdida de suelo sea mayor, es promovida por la cubierta vegetal (Casermeiro *et al.*, 2004). Por tanto, la infiltración actúa

como un mecanismo que permite: (a) el almacenamiento del agua como recurso para la vegetación; (b) la recarga los acuíferos y de las aguas subterráneas; y (c) reducir la erosión del suelo (Lipiec *et al.*, 2005).

Además, varios autores (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Mongil *et al.*, 2015; Mangala *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2017) señalan que los siguientes factores rigen el proceso de la infiltración:

- a) La precipitación: tanto en intensidad como en cantidad.
- b) Estado de la superficie del suelo: en suelos arcillosos, la compactación del suelo se acentúa más que en terrenos arenosos (Rietkerk *et al.*, 2002; Haghazari *et al.*, 2015). También influye el tipo de uso, por ejemplo, los terrenos agrícolas suelen tener suelos compactados debido al uso de maquinaria (Keesstra *et al.*, 2018).
- c) Vegetación: su presencia mejora la infiltración (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Puigdefábregas, 2001; Rietkerk *et al.*, 2002; Keesstra *et al.*, 2018). Los principales efectos de la cubierta vegetal son: (a) disminución de la velocidad de escorrentía superficial, aumentando el tiempo para que el agua pueda infiltrarse (García-Fayos, 2004); (b) reducción y eliminación de los impactos de las gotas de lluvia sobre la superficie (Puigdefábregas, 2001); (c) aumento de los canales del suelo a consecuencia de las raíces (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Ghidry & Alberts, 1997; Angers & Caron, 1998; Lange *et al.*, 2009; Leung *et al.*, 2018); y (d) mejora de la estructura edáfica debido al incremento en materia orgánica (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Puigdefábregas, 2001; Rietkerk *et al.*, 2002; Keesstra *et al.*, 2018). Para este estudio, el factor de la vegetación es crucial, dado que se ha llevado a cabo una comparativa entre zonas con setos y zonas sin setos. Dicha importancia es destacada por Li *et al.*, (2004), pues la condición hidrológica del suelo es el resultado de interacciones entre el suelo y la vegetación, al igual que López-Bermúdez *et al.*, (1984) y Anderson *et al.*, (2009), quienes encontraron valores de infiltración superiores en un suelo de matorral que en áreas sin vegetación.
- d) Contenido de humedad y permeabilidad: un suelo rico en humedad reduce la capacidad de infiltración al poseer menos espacio disponible para el agua (Martínez de Azagra & Navarro, 1996).

- e) Características del agua: (a) turbidez, mediante la cual se taponan los poros del suelo favoreciendo el encharcamiento (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Gutiérrez *et al.*, 2018); (b) conductividad, que en ocasiones influye reduciendo la intensidad de infiltración (Martínez de Azagra & Navarro, 1996); y (c) temperatura, afectando a la viscosidad del agua y a la facilidad con la que esta atraviesa el suelo (Lentz & Bjorneberg, 2002). Algunos autores como Musgrave & Holtan (1964) y Cerdà (2002), también encontraron tasas de infiltración diferentes en un mismo suelo dependiendo de la estación del año.

En definitiva, varios estudios afirman que la infiltración de los suelos puede ser un buen indicador de calidad y salud del suelo (Klingebiel & Montgomery, 1961, citado en Gómez, 2014; Clothier *et al.*, 2008; Keesstra *et al.*, 2018), ya que el transporte del agua dentro del suelo se considera un aspecto esencial para conservar la actividad físico-química y biológica de este.

1.4.2. Medición de la infiltración

La necesidad de reproducir bajo condiciones controladas los efectos de la precipitación, y en especial del impacto de las gotas de lluvia sobre las propiedades físicas del suelo superficial, condujo al desarrollo de diferentes mecanismos e instrumentos que tratan de simular la lluvia natural (Achutegui *et al.*, 1996, citado en Aoki & Sereno, 2006; Michelena *et al.*, 2010).

Entre las técnicas más utilizadas destacan los simuladores de lluvia y los infiltrómetros de anillo simple (Mongil *et al.*, 2015). Ambos métodos son bastante utilizados en los trabajos de campo para la medición de la infiltración (Grismer, 2016). Para este estudio se ha optado por el infiltrómetro de anillo simple por su fácil montaje y ejecución, la poca cantidad de agua necesaria y por su reducido coste (Mongil *et al.*, 2015).

1.4.3. Modelos de infiltración

Mediante el uso de los infiltrómetros se mide la velocidad con la que entra el agua en el suelo (Sepúlveda, 1999). Inicialmente, cuando el agua entra en contacto con el suelo se produce la infiltración de manera rápida, como se aprecia en la (*Figura 1*) (Dunne & Leopold, 1978). Con el tiempo, esta velocidad de infiltración se ralentiza, generando una curva de infiltración. Por el contrario, a medida que la capacidad de infiltración disminuye, se genera mayor cantidad de encharcamiento, aumentando por tanto la escorrentía superficial.

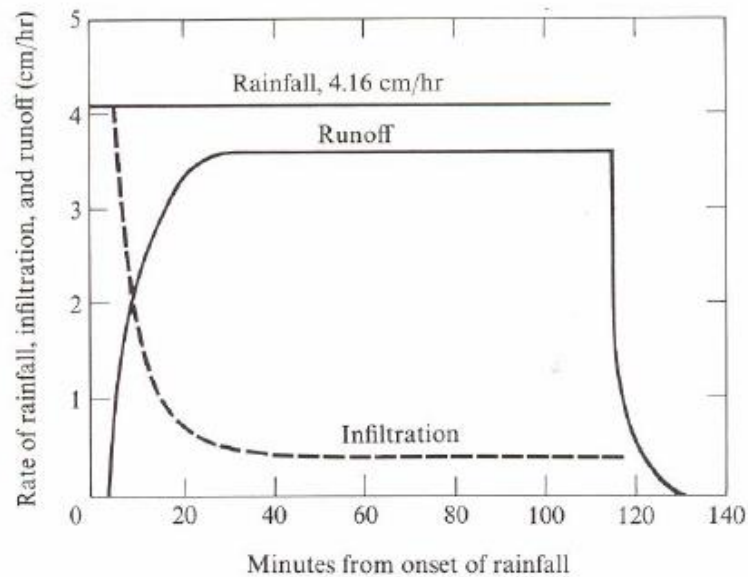


Figura 1. Representación de la curva de infiltración y la curva de escorrentía frente al tiempo (Dunne & Leopold, 1978)

La infiltración cuenta con numerosos intentos de modelización (Green & Ampt, 1911; Horton, 1937; Holtan, 1961; Overton, 1964; Martínez de Azagra, 2006; entre otros, citados en Mongil *et al.*, 2015). Además del modelo de Horton, existen otros modelos como el modelo de Gren-Ampt (1911), Philip (1957) y Smith-Parlange (1978) (Nave *et al.*, 1973; Eiza *et al.*, 2008). Para nuestro propósito nos basta con el modelo de Horton, que resulta sencillo, intuitivo y se ajusta a los resultados experimentales de muchos suelos (Martínez de Azagra & Navarro, 1996).

Se define la capacidad de infiltración como la cantidad máxima de agua que puede introducirse en un suelo por unidad de tiempo y en un instante dado, mientras que la tasa de infiltración, también llamada velocidad o intensidad de infiltración, es la cantidad de agua que pasa a través de la superficie del suelo en un determinado instante (Martínez de Azagra & Navarro, 1996; Mangala *et al.*, 2016) y suele expresarse en mm/h.

Para explicar con más claridad la Figura 1, según el modelo de Horton (1937), la capacidad de infiltración suele ser designada como f , y dado que f varía con el tiempo, especialmente durante la primera fase de la lluvia, se sostiene que la condición del suelo y la capacidad de infiltración varían hasta que se alcanza una capacidad de infiltración final f_c . En anteriores estudios, se mostró que f tenía un valor inicial f_0 al comienzo de la lluvia y que, si la lluvia continuaba a una intensidad superior a f , la tasa de infiltración iría disminuyendo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k t}$$

Donde:

f : tasa de infiltración en el instante t (mm/h)

f_0 : tasa de infiltración inicial (mm/h)

f_c : tasa de infiltración final tras un tiempo determinado (mm/h)

k : exponente de decrecimiento (h^{-1})

t : tiempo tras el inicio de la lluvia (min)

(f_0 , f_c y k son los parámetros del modelo que se deben ajustar a los datos experimentales)

Esta ecuación da una f_0 infinita para $t = 0$ e indica que la tasa de infiltración se aproxima a cero, como límite, a medida que la duración de la lluvia aumenta (Horton, 1937).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este estudio es evaluar el efecto de los setos sobre la capacidad de infiltración del suelo en dos fincas agrícolas restauradas en Novés (Toledo).

Los objetivos específicos que se abordan en este estudio son:

- Determinar la capacidad de infiltración del agua en el suelo en zonas con seto, sin seto y matriz de las dos parcelas.
- Comparar los resultados de infiltración obtenidos en las zonas con presencia y ausencia de setos.
- Determinar los factores que influyen en la capacidad de infiltración del suelo de las dos parcelas.

Nuestra hipótesis consiste en que la existencia de setos de vegetación autóctona en parcelas agrícolas mediterráneas mejora la tasa de infiltración del agua en el suelo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización

El área de estudio se sitúa en el municipio de Novés, al noroeste de la provincia de Toledo (Castilla-La Mancha, España) (*Figura 2 y Figura 3*). El estudio se ha realizado en dos parcelas agrícolas de secano: un olivar (*Figura A 1 y Figura A 2 del Anexo IV*), y un campo de cereal (*Figura A 3 y Figura A 4 del Anexo IV*).

Ambas parcelas pertenecen al proyecto “Campos de Vida” de la Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE), que tiene como objetivo conciliar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con la producción agrícola mediante acciones de restauración ecológica estratégica que no compitan por el uso de la tierra.

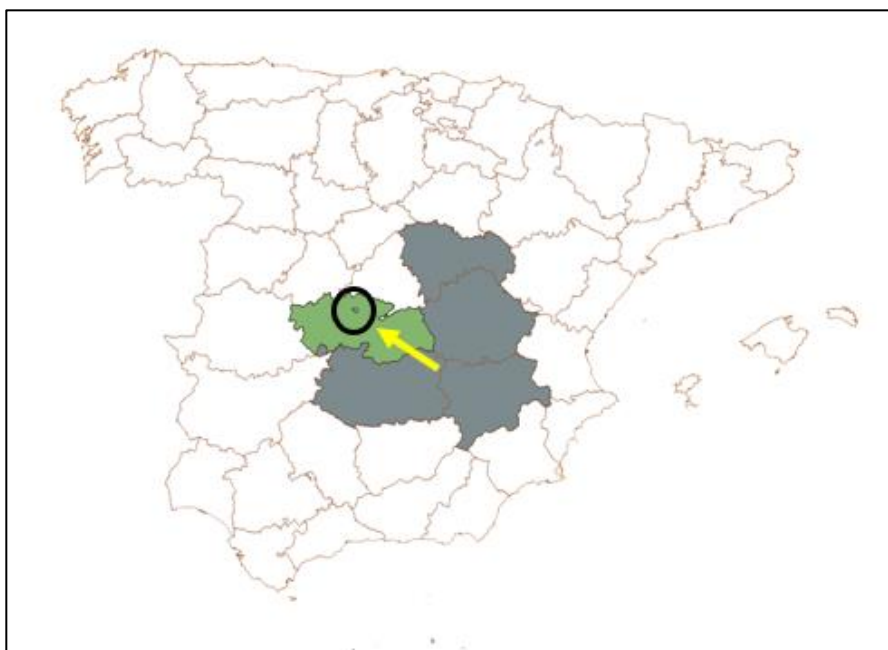


Figura 2. Localización en la Península del municipio de Novés (Toledo, Castilla-La Mancha)

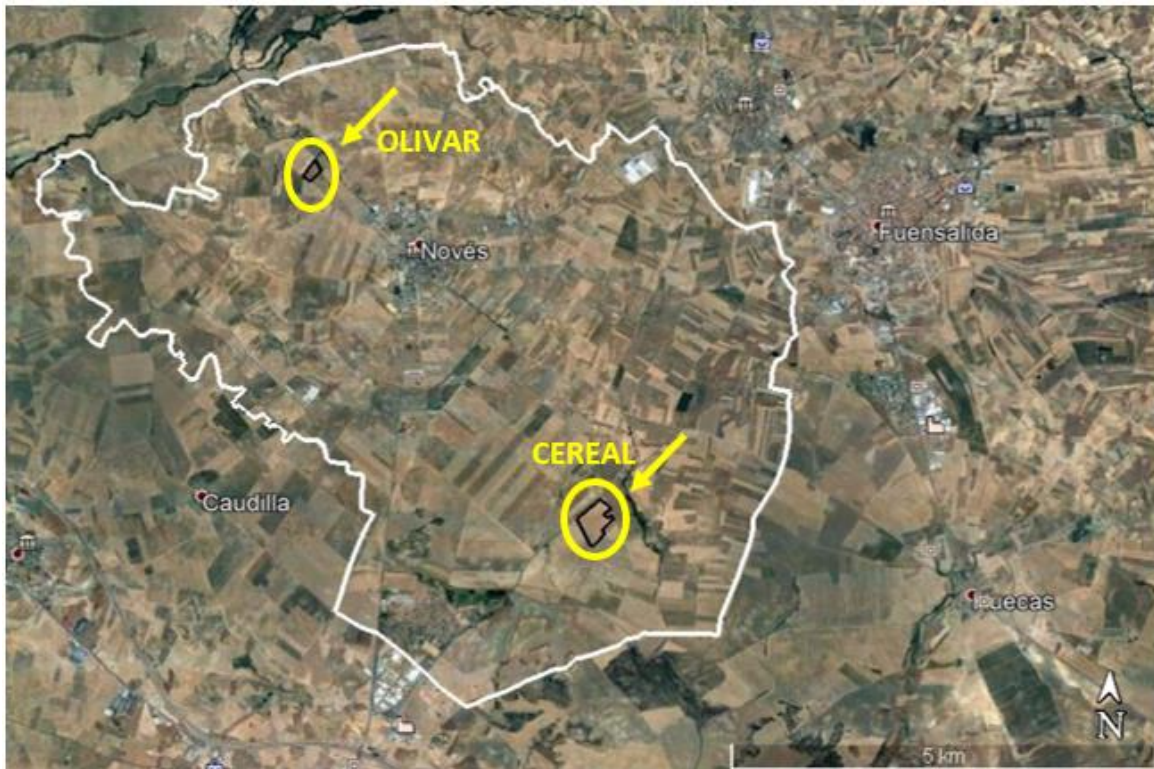


Figura 3. Localización de las parcelas de olivar y cereal objeto de estudio en el municipio de Novés (Toledo, Castilla-La Mancha, España) (Fuente: elaboración propia a través de Google Earth)

3.1.2. Medio físico

Los datos correspondientes a este apartado han sido extraídos de los registros de las estaciones meteorológicas de la Junta de Castilla-La Mancha y de la cartografía del Instituto Geológico y Minero Nacional (IGME).

3.1.2.1. Clima

Según la clasificación climática de Papadakis, la zona se caracteriza por tener un clima mediterráneo templado fresco. Los muestreos de suelo y los ensayos de infiltración del estudio se realizaron en julio, el mes más seco y cálido del año (39°C de temperatura máxima). La temperatura media anual es de 14,16°C, con una precipitación anual de 456 mm (la *Tabla 1* recoge los datos de temperatura y precipitación mensuales, mientras que la *Tabla 2* muestra el balance hídrico para la zona de estudio). El período xérico abarca desde mayo hasta octubre (*Figura 4*). En general, se trata de una zona con un clima bastante seco, siendo los meses de invierno los más lluviosos, con 68 mm caídos en diciembre.

Se toma como referencia climática el valor de 100 mm para la capacidad de retención de agua del suelo (Santos *et al.*, 2008), cifra que en ningún momento es superada por la reserva, por lo que la escorrentía en esta zona es más bien escasa o inexistente.

Tabla 1. Datos de precipitaciones y temperaturas del año medio en la zona de estudio (Fuente: datos meteorológicos del Sistema de Información Geográfica de datos Agrarios, SIGA. Estación de Santa Olalla)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación (mm)	57,0	40,0	29,0	49,0	41,0	21,0	9,0	8,0	24,0	50,0	60,0	68,0
Temperatura media (°C)	6,0	7,0	10,0	12,0	15,0	21,0	24,0	24,0	21,0	15,0	9,0	6,0
Temperatura media máx. (°C)	16,0	18,0	23,0	26,0	30,0	36,0	39,0	38,0	35,0	29,0	21,0	16,0
Temperatura media mín. (°C)	-4,0	-4,0	3,0	-1,0	2,0	7,0	10,0	10,0	6,0	1,0	-2,0	-4,0
Temperatura máx (°C)	12,0	14,0	18,0	20,0	25,0	32,0	35,0	35,0	31,0	24,0	16,0	12,0
Temperatura mín. (°C)	2,0	3,0	5,0	7,0	11,0	16,0	20,0	20,0	16,0	11,0	8,0	3,0

Tabla 2. Ficha hídrica de la zona de estudio (Fuente: datos meteorológicos del Sistema de Información Geográfica de datos Agrarios, SIGA. Estación de Santa Olalla)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	6,0	7,0	10,0	12,0	15,0	21,0	24,0	24,0	21,0	15,0	9,0	6,0
ETP (mm)	12,2	15,3	32,2	45,4	71,0	117,8	145,9	136,4	98,3	55,1	22,3	11,8
Precipitación efectiva (mm)	57,0	40,0	29,0	49,0	41,0	21,0	9,0	8,0	24,0	50,0	60,0	68,0
ETR (mm)	12,2	15,3	32,2	45,4	69,2	65,5	29,3	13,0	25,0	50,0	22,3	11,8
Déficit de agua (mm)	0,0	0,0	0,1	0,0	1,7	52,3	116,6	123,4	73,3	5,0	0,0	0,0
Exceso de agua (mm)	39,5	24,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reserva (mm)	100,0	100,0	96,8	100,0	71,8	27,3	6,9	1,9	0,9	0,9	38,6	94,7

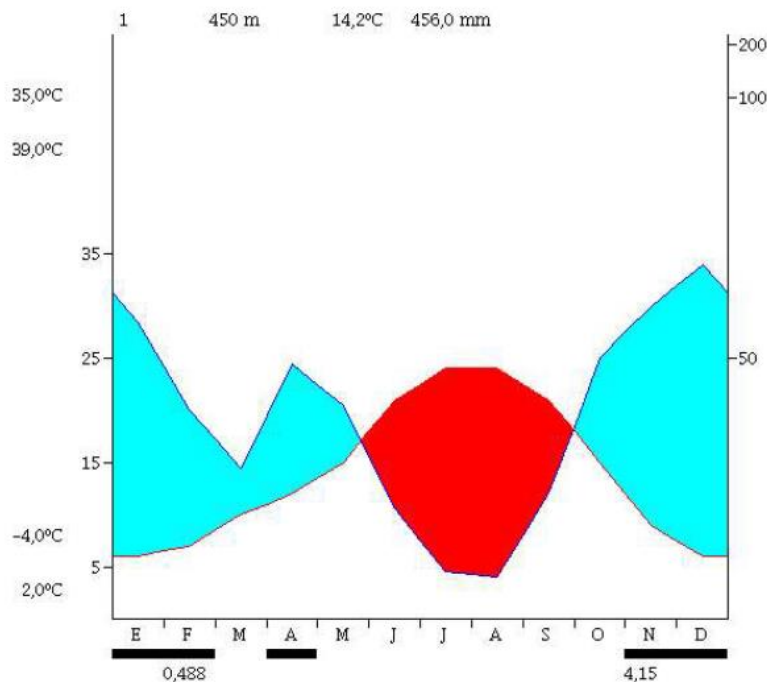


Figura 4. Climodiagrama de Walter-Lieth para la zona de estudio (Fuente: datos meteorológicos del Sistema de Información Geográfica de datos Agrarios, SIGA. Estación de Santa Olalla)

3.1.2.2. Geología, geomorfología y edafología

Las dos parcelas se sitúan sobre los 560-600 m.s.n.m. La zona es bastante llana, con una pendiente de 5,20% en la parcela del olivar y de 2,70% en la parcela de cereal.

La parcela de olivar se encuentra situada a unos 120 metros del arroyo de San Silvestre, mientras que la parcela de cereal a 250 metros del arroyo de Rodillas o del Pradillo.

Ambas parcelas presentan arcosas, a veces con cantos y lutitas ocres, margas, calizas y, localmente, nódulos de sílex y yeso. En la parcela del olivar predominan los conglomerados, gravas, arenas y limos pertenecientes al Cenozoico, mientras que, en la parcela del cereal, además de conglomerados, destacan areniscas, arenas arcósicas, arcillas, calizas y yesos. La zona pertenece a la unidad hidrogeológica de Madrid-Talavera.

Según la FAO, los suelos de la zona de estudio corresponden con un Cambisol de tipo Éutrico (FAO6432). Son suelos con un horizonte cámbico desaturado debajo de un horizonte úmbrico o de uno ócrico, como característica principal. La clasificación USDA los clasifica como suelos de tipo Inceptisoles del suborden Orchrept, que son los suelos con mayor presencia en España. Ocupan un

60% del territorio español y normalmente se desarrolla en ellos una agricultura productiva, salvo que les falte humedad. En las zonas con carencia de vegetación, suelen tener problemas de erosión.

Las dos parcelas del proyecto pertenecen a tierras de labor agrícola de secano.

3.1.2.3. Vegetación

La zona de estudio forma parte de la serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*) VP encinares. El paisaje cercano a las parcelas diana es inminentemente agrícola y se encuentra muy simplificado en cuanto a vegetación. Los principales cultivos de la zona son el olivo (*Olea europea*), el cereal (trigo, cebada) y leguminosas como el garbanzo (*Cicer arietinum*). En la *Tabla A 2 del Anexo I* se recogen las especies del inventario florístico realizado por la FIRE en 2016, correspondientes a la vegetación natural de la zona. Entre ellas se encuentran: almendro (*Prunus dulcis*), encina (*Quercus ilex*), retama (*Retama sphaerocarpa*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), romero (*Rosmarinus officinalis*), lavanda (*Lavandula latifolia*), entre otras.

3.1.2.4. Características y uso del suelo de las parcelas de estudio

Las dos parcelas están dedicadas al uso agrícola en ecológico, una de producción de aceituna y otra ligada a la producción en alternancia de trigo, cebada, veza, avena y garbanzo. En cuanto al manejo del cultivo en el olivar, éste posee una cubierta verde en la que el control de adventicias se realiza pasando un tractor dos veces al año al que se acoplan dos ruedas de tractor tumbadas, de este modo se consigue debilitar su crecimiento. En la parcela de cereal se utiliza un tractor para arar cuatro veces al año, y se realizan rotaciones de trigo, cebada, veza y avena, alternando con leguminosas (garbanzo o *Cicer arietinum*), y dejando una tercera parte en barbecho cada 3 o 4 años, dependiendo del ciclo del cultivo que toque en un año determinado. El abonado se realiza anualmente y de manera ecológica con la mezcla de restos de paja de las siegas y sin utilizar ningún tipo de herbicida.

Ambas parcelas cuentan con una linde restaurada por setos. La estructura de dichos setos está constituida por dos líneas de plantación paralelas, separadas un metro entre ellas y con los individuos a tresbolillo. En la *Tabla 3* y la *Tabla 4* se recogen las especies presentes en los puntos de ensayo.

Tabla 3. Listado de especies presentes en el seto en los puntos de ensayo de la parcela de olivar

Especies	
Nombre científico	Nombre común
<i>Prunus dulcis</i>	Almendra
<i>Quercus ilex</i>	Encina
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama
<i>Rhamnus alaternus</i>	Aladierno
<i>Crataegus monogyna</i>	Majuelo
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero

Tabla 4. Listado de especies presentes en el seto en los puntos de ensayo de la parcela de cereal

Especies	
Nombre científico	Nombre común
<i>Colutea arborescens</i>	Espantalobos
<i>Jasminum fruticans</i>	Jazmín
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama
<i>Rhamnus alaternus</i>	Aladierno
<i>Crataegus monogyna</i>	Majuelo
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	Bocha
<i>Rosa canina</i>	Rosal silvestre
<i>Pistacia terebinthus</i>	Cornicabra

3.2. Diseño de muestreo

En cada una de las parcelas se establecieron 3 zonas de recogida de muestras: zona con seto (CS), zona sin seto (SS) y matriz (M). Dentro de cada una de estas zonas, se establecieron 3 puntos de muestreo separados 10 metros entre sí con ayuda de cinta métrica y marcadores. En cada uno de los puntos, se recogió una muestra de suelo y se realizó un ensayo de infiltración. En total, se obtuvieron 18 puntos: 9 en el olivar y 9 en la parcela de cereal.

Para cada punto de muestreo, se anotó la zona de recogida (CS, SS o M), el número de muestra de suelo y coordenadas correspondientes (Tabla 5 y Tabla 6). En la Figura 5 y Figura 6 se muestra la localización espacial de los puntos de muestreo en las parcelas.

Tabla 5. Zona de recogida de muestra, número de muestra de suelo y coordenadas de los puntos de muestreo para la parcela del olivar

Zona	Nº de muestra de suelo	Coordenadas
CS1	1	40° 03'15"N 4° 17'19"W
CS2	2	40° 03'15"N 4° 17'19"W
CS3	3	40° 03'15"N 4° 17'20"W
SS1	4	40° 03'18"N 4° 17'20"W
SS2	5	40° 03'17"N 4° 17'20"W
SS3	6	40° 03'17"N 4° 17'21"W
Matriz1	7	40° 03'17"N 4° 17'18"W
Matriz2	8	40° 03'18"N 4° 17'18"W
Matriz3	9	40° 03'18"N 4°17'17"W



Figura 5. Localización espacial de las zonas de muestreo en la parcela del olivar (en naranja se representan los 30 metros de la zona sin seto, en rojo los 30 metros de la matriz y en verde los 30 metros de la zona con seto)

Tabla 6. Zona de recogida de muestra, número de muestra de suelo y coordenadas de los puntos de muestreo para la parcela de cereal

Zona	Nº de muestra de suelo	Coordenadas
CS1	10	40°00'55"N 4°14'51"W
CS2	12	40°00'55"N 4°14'51"W
CS3	11	40°00'55"N 4°14'51"W
SS1	13	40°01'03"N 4°14'59"W
SS2	14	40°01'04"N 4°15'00"W
SS3	15	40°01'04"N 4°15'00"W
Matriz1	16	40°01'04"N 4°14'54"W
Matriz2	17	40°01'03"N 4°14'54"W
Matriz3	18	40°01'03"N 4°14'53"W



Figura 6. Localización espacial de las zonas de muestreo en la parcela de cereal (en rosa se representan los 30 metros de la zona sin seto, en azul los 30 metros de la matriz y en amarillo los 30 metros de la zona con seto)

3.3. Recogida de muestras de suelo

La recogida de muestras de suelo se realizó el 30 de junio de 2020 y se utilizó el siguiente material:

- 18 cilindros de acero numerados
- Maza de goma
- 1 tabla
- Azadillas y palas
- GPS

Se recogieron 18 muestras de suelo alteradas, una por cada punto de muestreo, para su análisis en el Centro de Análisis del Medio Natural de la Universidad Católica de Ávila. Los parámetros del suelo que se midieron fueron: pH, conductividad eléctrica, textura, materia orgánica, nitrógeno total, relación C/N, carbonatos, caliza activa, y P, Na, K, Ca y Mg asimilables. Los métodos usados en el laboratorio para determinar las variables estudiadas se reflejan en la *Tabla A 3 del Anexo III*.

Además, se recogieron otras 18 muestras de suelo inalteradas mediante cilindros en los mismos puntos para determinar la densidad aparente del suelo. Para esto, inicialmente, se limpió la zona de material vegetal con la azadilla para facilitar la toma de las muestras. Después se colocó cada cilindro sobre el suelo y con ayuda de la maza de goma y la tabla se golpeó cada cilindro hasta conseguir enterrarlos por completo (*Figura 7 izq.*). Con ayuda de una pala, se extrajeron los cilindros y se depositaron en bolsas herméticas rotuladas (*Figura 7 dcha.*).



Figura 7. Cilindro introducido en el suelo para muestreo (izq.); Muestra de suelo introducida en bolsa hermética rotulada (dcha.)

3.4. Ensayos de infiltración

Los ensayos de infiltración se realizaron el 14, 15 y 16 de julio de 2020 y sin que hubiera presencia de lluvia en los 5 días previos. En este estudio, se han utilizado tres infiltrómetros simultáneamente con el objetivo de reducir el tiempo en campo, con un desfase en el tiempo de inicio de 15 minutos entre ellos, consiguiendo de este modo finalizar tres ensayos en un tiempo total de 3 horas y media, en lugar de emplear tres horas para cada infiltrómetro de forma individual. Para realizar los ensayos de infiltración se dispuso de:

- 3 infiltrómetros de cilindro simple “*Infiltest*”
- 6 bidones de agua (de 10 y 25 litros)
- Embudo, maza de goma, azadilla, pala, trapo y nivel
- Cronómetro y GPS
- Estadillos de campo

Para los ensayos, se siguió el procedimiento basado en Mongil *et al.*, (2013). El infiltrómetro usado para este estudio se compuso de: (a) un tubo de metacrilato translúcido milimetrado para medir el nivel o altura de agua; (b) un cilindro metálico que sujetaba el tubo de metacrilato; y (c) una rejilla

para reducir el impacto del agua en el suelo, limitando el movimiento de hojarasca y otros restos vegetales al verter el agua y evitando mediciones inexactas (*Figura 8*).



Figura 8. Piezas que componen el infiltrómetro y materiales utilizados durante los ensayos

En primer lugar, se introdujo el cilindro metálico en el suelo con ayuda de una maza de goma y una tapa de acero, evitando inclinaciones que generasen errores en las lecturas del agua infiltrada con ayuda del nivel (*Figura 9 izq.*). Se colocó la rejilla, se ajustó el tubo de metacrilato dentro del cilindro de acero y se anotó el nivel de base (mm) como medida de referencia. Además, se trazó un surco de unos 5 o 7 cm de profundidad en el suelo alrededor de cada cilindro, en el que se vertió agua con el objetivo de evitar infiltraciones laterales del agua en el suelo (Godagnone *et al.*, 2012; Eiza & Carfagno, 2018) (*Figura 9 dcha.*).

Se empleó para cada ensayo un estadillo de campo en el que se anotó la altura de la lámina de agua en mm (ver en *Anexo II* el Modelo de Estadillo 1), hasta cumplir las 3 horas de ensayo. Después de cada medida, se rellenó de nuevo cada infiltrómetro hasta el máximo de su capacidad. En total, para las 3 zonas de cada parcela se realizaron 18 ensayos de infiltración (9 en la parcela olivar y 9 en la parcela de cereal) distribuidos de la siguiente forma: 3 en la zona CS, 3 en la zona SS y 3 en la M.



Figura 9. Cilindro metálico introducido en el suelo (izq.); Surco con agua alrededor del infiltrómetro (dcha.)

También se registraron los factores ambientales de cada zona utilizando el Modelo de Estadillo 2 recogido en el *Anexo II*.

3.5. Cálculos previos

3.5.1. Densidad aparente

Se calcularon los valores de densidad aparente para cada muestra de suelo mediante la división del peso de la muestra en seco (g) entre el volumen del cilindro (cm^3). Los valores de densidad aparente quedaron recogidos en la *Tabla 22* del *Anexo III*.

3.5.2. Velocidades de infiltración (VI)

Los valores de altura infiltrada recogidos en campo se volcaron en una tabla Excel para obtener la velocidad de infiltración inicial (f_0) y final (f_c).

El tiempo se dividió en intervalos, en los que la altura de infiltración fue medida, y en tiempo acumulado. Estos valores sirvieron para el cálculo de las tasas de infiltración en cada intervalo de tiempo VII (mm/h) y la tasa de infiltración acumulada desde el comienzo del ensayo VIC (mm/h), respectivamente, mediante la fórmula:

$$VI \text{ (mm/h)} = \frac{\text{Altura (mm)}}{\text{Tiempo (min)}}$$

De los valores de VII extraídos, la resultante para el primero fue la tasa de infiltración inicial (f_0), mientras que la del último intervalo fue la tasa de infiltración final (f_c), claves para el posterior ajuste al modelo de Horton.

De los resultados obtenidos, se representaron las curvas de infiltración tanto de la VII como de la VIC para cada punto de ensayo, permitiendo su comparación. Se incluyeron también las curvas de las alturas infiltradas desde el comienzo del ensayo (AIC) respecto al tiempo acumulado para cada punto.

3.5.3. Ajuste al modelo de Horton

Finalmente, se realizó el ajuste al modelo de Horton (Horton, 1937) para cada zona de nuestro estudio, con el objetivo de calcular la tasa de infiltración en cualquier punto en un tiempo determinado.

Para ello, se tomaron los valores del tiempo acumulado (min) y VII (mm/h), a partir de los cuales se calcularon los valores de cada constante de decrecimiento k y su promedio para obtener la curva de infiltración de Horton en cada zona.

3.6. Análisis estadístico

Para evaluar el efecto que ejercen los setos de especies leñosas sobre la tasa de infiltración medida en ambas parcelas, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA). Posteriormente, se realizó la prueba de rango *post-hoc* para la identificación de subconjuntos homogéneos de medias mediante la prueba de la diferencia significativa de Tukey y Duncan.

También se realizó un análisis de correlación para evaluar la correlación que pudiera existir entre las distintas variables estudiadas mediante los coeficientes de Pearson (r), Kendall (τ) y Spearman (ρ).

Para las variables mejor correlacionadas con f_c se llevó a cabo un ajuste de regresión por mínimos cuadrados, obteniéndose las correspondientes ecuaciones y R^2 de cada variable.

Todos los análisis se realizaron con el programa IBM SPSS *Statistics* 25.

3.8. Determinación de los grupos hidrológicos de cada suelo

Para determinar el grupo hidrológico de suelo, se utilizó el diagrama del NRCS (2007) (Figura 10) según la textura del suelo de cada parcela y, por otro lado, según las tasas de infiltración obtenidas (Mongil, 2012) (Tabla 7). Se calcularon los valores medios correspondientes a los 18 puntos de muestreo, que se recogen en la Tabla 21, y se obtuvo un diagrama para cada zona (recogidos en el Anexo V).

La NRCS (2007) recoge los siguientes grupos hidrológicos:

- Grupo A: suelos con infiltración alta. Tienen texturas arenosas o de gravas.
- Grupo B: suelos con infiltración moderada. Texturas franco-arenosas / arenoso-franca.
- Grupo C: suelos con poca infiltración. Textura franca, franco-limosa, franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa o franco-arcillo-limosa.
- Grupo D: suelos con mala infiltración. Textura arcillosa.

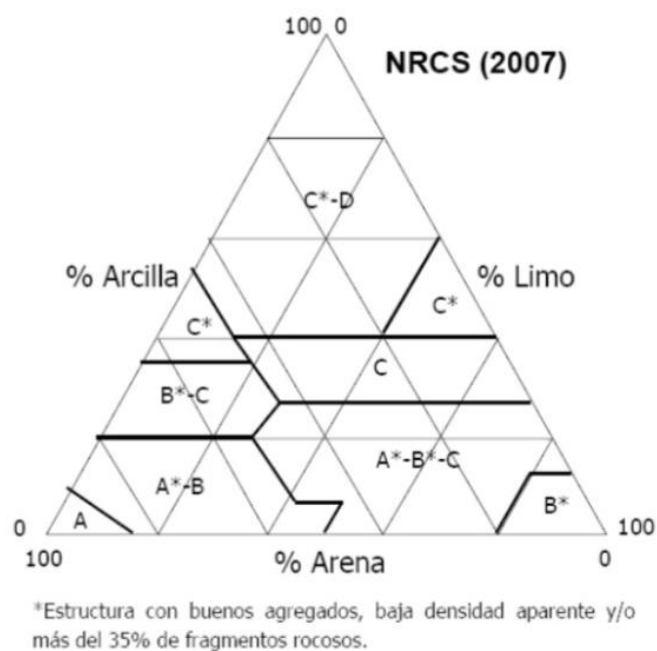


Figura 10. Diagrama para determinar el grupo hidrológico de suelo en función de la textura (NCRS, 2007)

Tabla 7. Tipos de suelo según la capacidad de infiltración final (Mongil, 2012)

Grupo	Capacidad de infiltración final (f_c del modelo de Horton)
A	7,62 – 11,43 mm/h
B	3,81 – 7,62 mm/h
C	1,27 – 3,81 mm/h
D	0,00 – 1,27 mm/h

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de los datos de laboratorio

En el *Anexo VII* se recogen los informes del laboratorio para las 18 muestras de suelo recogidas en el área de estudio.

En general, los suelos de este estudio son neutros o básicos (pH 7-8). El suelo de la parcela de olivar presentó una textura franco-arenosa, o franco-arcillo-arenosa en la zona CS, predominando las arenas. Se pudo comprobar que en la zona CS el contenido en materia orgánica (MO) fue mayor, entorno al 2,43%, mientras que el contenido en carbonatos fue bajo, por debajo del 2,64%.

En cuanto a la textura de la parcela de cereal, fue franco-arcillo-arenosa, predominando las arenas en más de un 50-60%. Este tipo de suelo posee niveles de MO normales (2,50%), siendo la zona SS la más rica. Por otro lado, el contenido de carbonatos en estos suelos fue bastante pobre (menos del 2,59%).

4.2. Descripción de las variables

Se realizó un análisis de estadística descriptiva de todas las variables medidas (*Tabla 8*). De las 21 variables que se midieron en el campo y laboratorio, se seleccionaron aquellas que se consideraron más relevantes para el estudio, de manera que el análisis se realizó finalmente con: f_0 , f_c , pH, CE (dS/m), arena (%), limo (%), arcilla (%), MO (%), carbonatos (%), cobertura de herbáceas (%),

cobertura de leñosas (%), cobertura de líquenes (%), cobertura de musgos (%), cobertura de hojarasca (%) y densidad aparente (g/cm³).

Tabla 8. Resultados del análisis estadístico descriptivo

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Varianza
<i>f</i>_o (mm/h)	18,00	3570,00	180,00	3750,00	2016,67	1097,24	1.203.941,18
<i>f</i>_c (mm/h)	18,00	770,00	110,00	880,00	368,22	230,13	52959,48
pH	18,00	1,63	6,55	8,18	7,13	0,48	0,23
*CE (dS/m)	18,00	0,21	0,01	0,22	0,05	0,05	0,00
Arena (%)	18,00	27,00	53,00	80,00	68,94	7,83	61,35
Limo (%)	18,00	20,00	5,00	25,00	14,39	5,01	25,08
Arcilla (%)	18,00	25,00	5,00	30,00	16,67	6,18	38,24
MO (%)	18,00	2,28	0,19	2,47	1,71	0,57	0,33
Carbonatos (%)	18,00	10,71	1,62	12,33	3,36	3,03	9,19
Cobertura de herbáceas (%)	18,00	97,00	3,00	100,00	77,17	34,85	1214,26
Cobertura de leñosas (%)	18,00	20,00	0,00	20,00	3,33	7,67	58,82
Cobertura de líquenes (%)	18,00	10,00	0,00	10,00	3,33	3,83	14,71
Cobertura de musgos (%)	18,00	20,00	0,00	20,00	7,50	8,27	68,38
Cobertura de hojarasca (%)	18,00	100,00	0,00	100,00	55,00	42,74	1.826,47
Densidad aparente (g/cm³)	18,00	0,41	1,09	1,50	1,28	0,12	0,01

*Conductividad eléctrica

4.3. Infiltración

4.3.1. Alturas infiltradas (AI)

Los datos de AI obtenidos de los ensayos realizados se recogen en el *Anexo III*, de la *Tabla A 4* a la *Tabla A 21*, diferenciándose por puntos de ensayo. Se realizó el sumatorio de cada AII, obteniendo

los valores de AIC. Se realizaron los gráficos de AIC para cada uno de los puntos de ensayo de cada zona, (de la *Figura 11* a la *Figura 28*). La AI más baja fue obtenida en CEREAL_M3 (*Figura 22*), con una AIC de 280 mm, mientras que la más alta se registró en el OLIVAR_CS3 (*Figura 19*), con 3.210 mm de AIC.

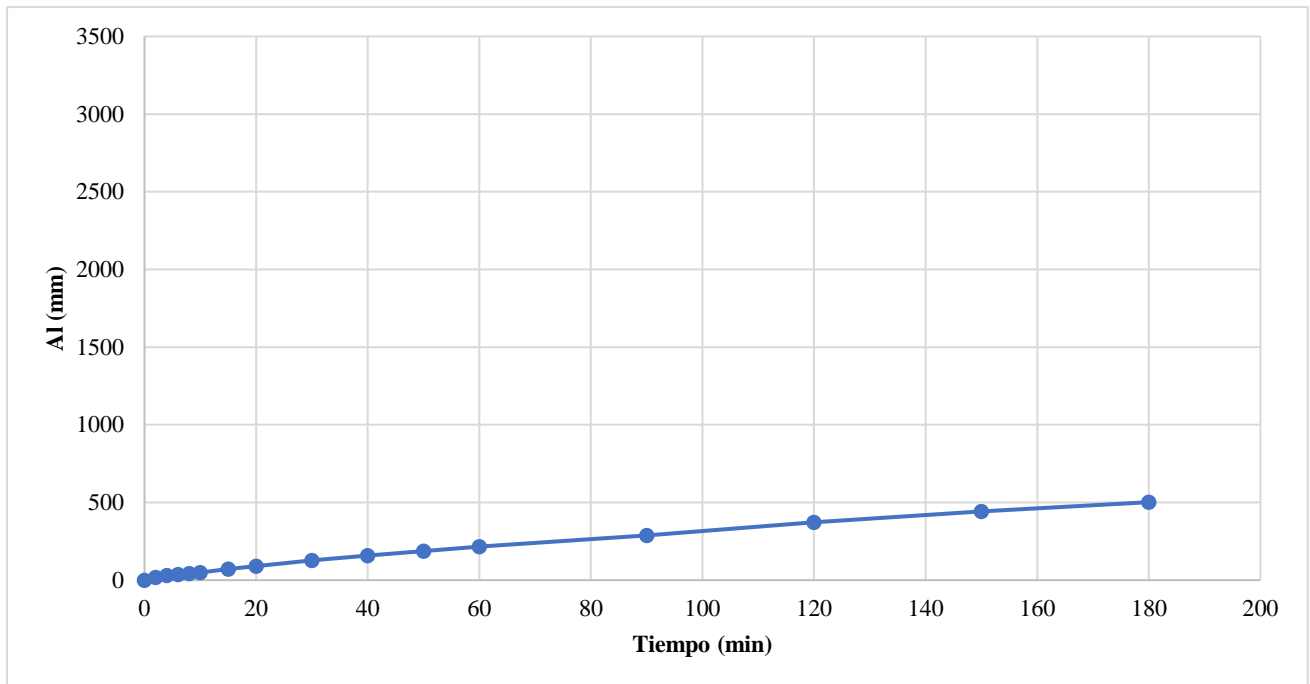


Figura 11. AI en OLIVAR_M1

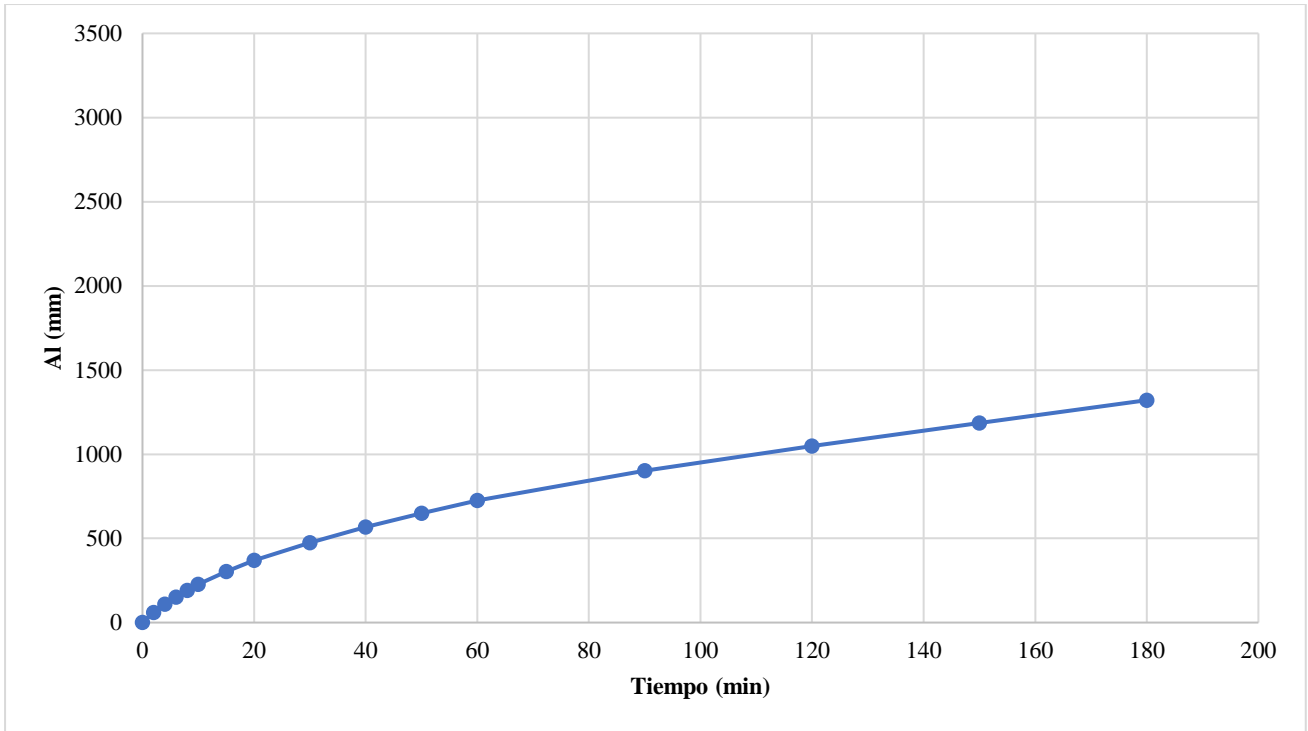


Figura 12. AI en OLIVAR_M2

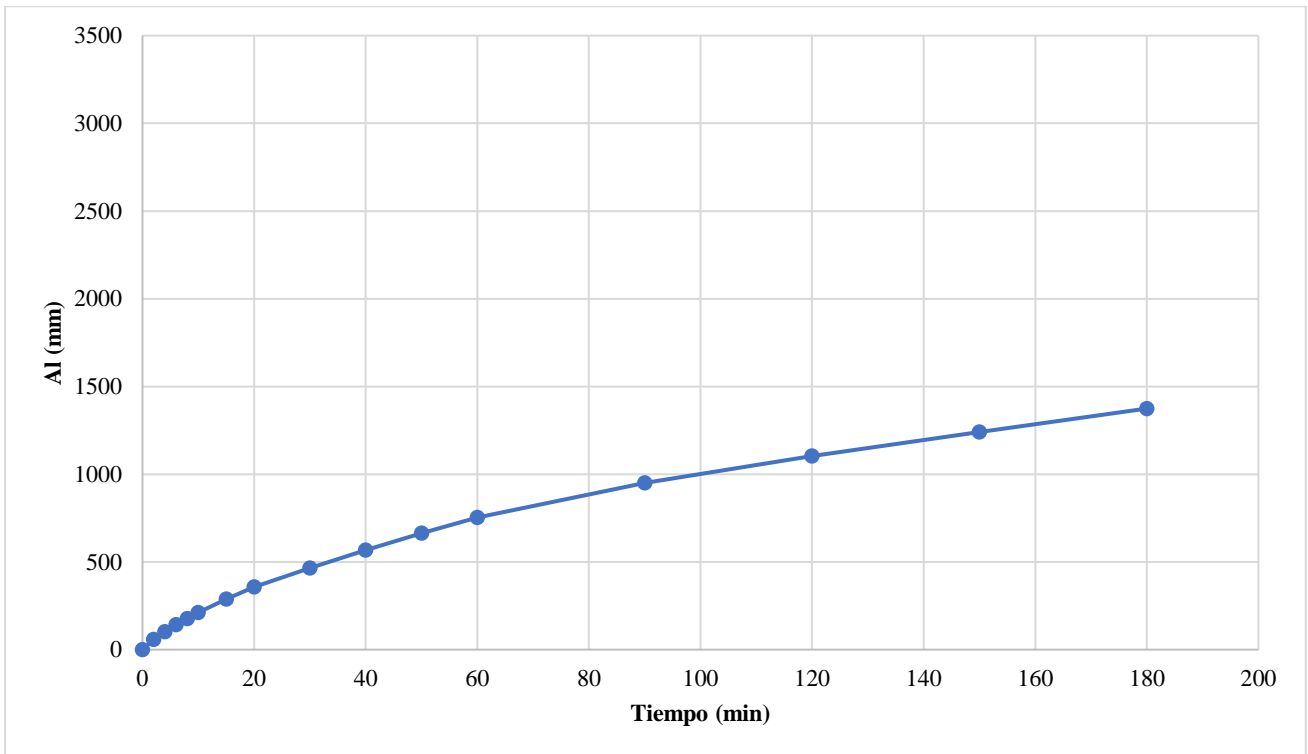


Figura 13. AI en OLIVAR_M3

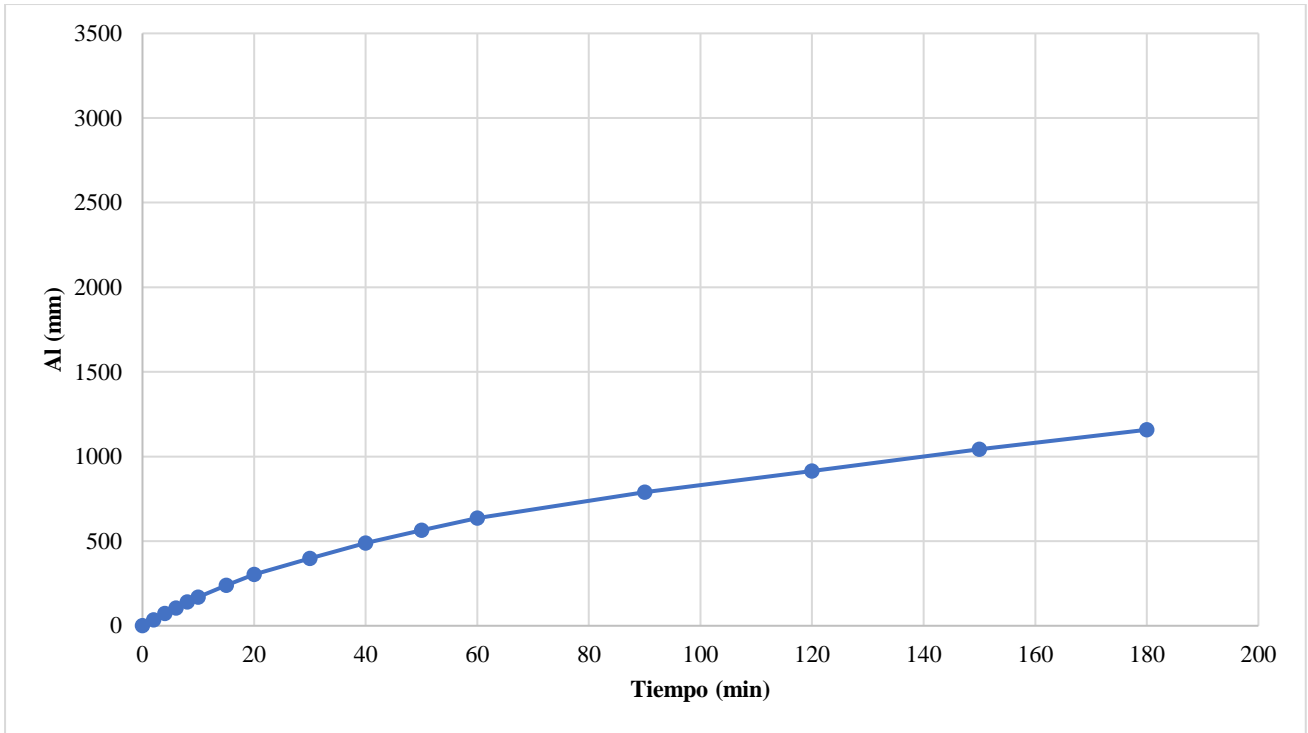


Figura 14. AI en OLIVAR_SS1

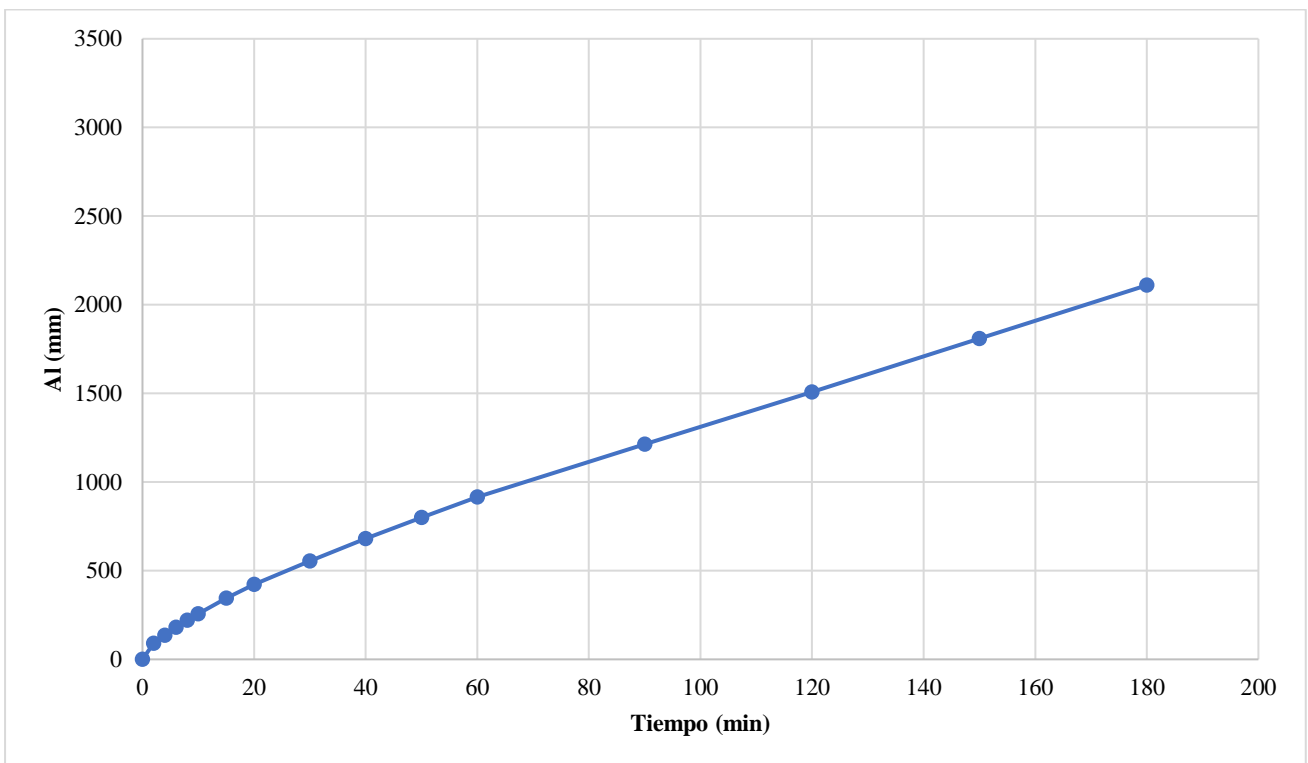


Figura 15. AI en OLIVAR_SS2

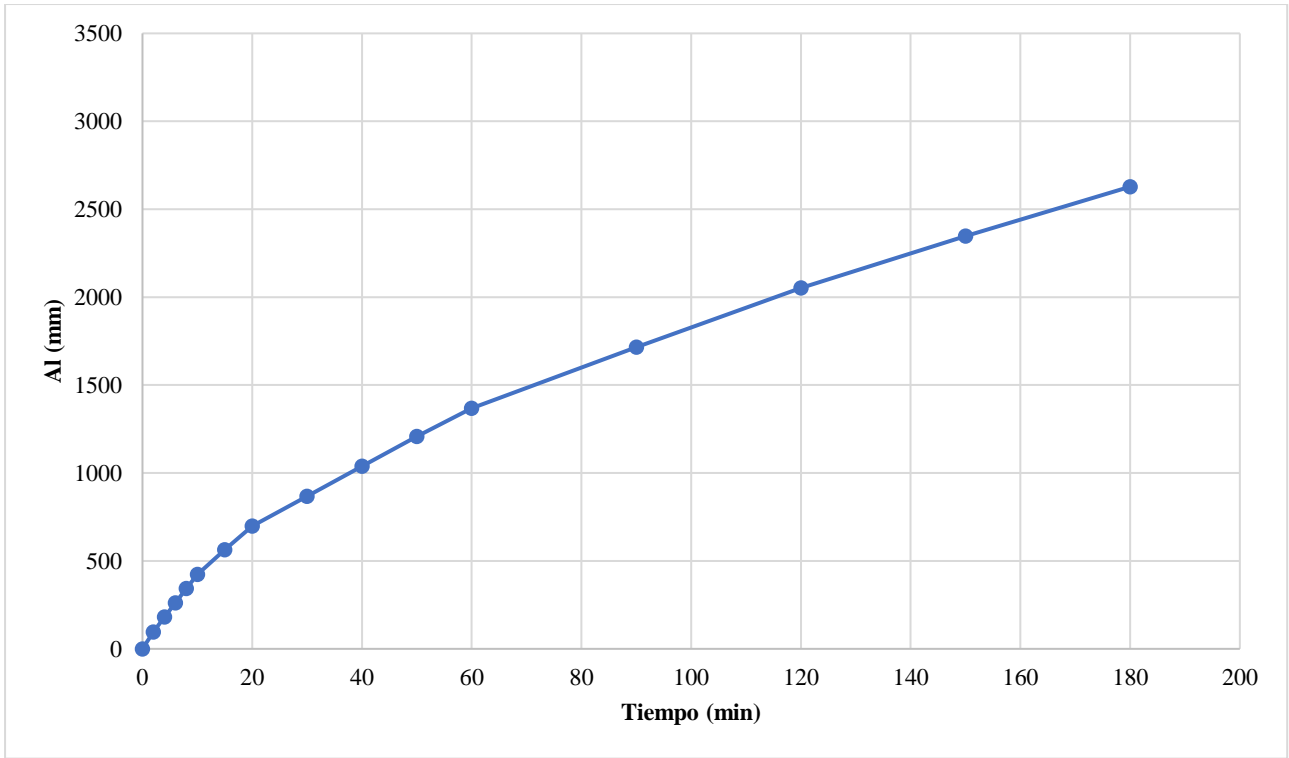


Figura 16. AI en OLIVAR_SS3

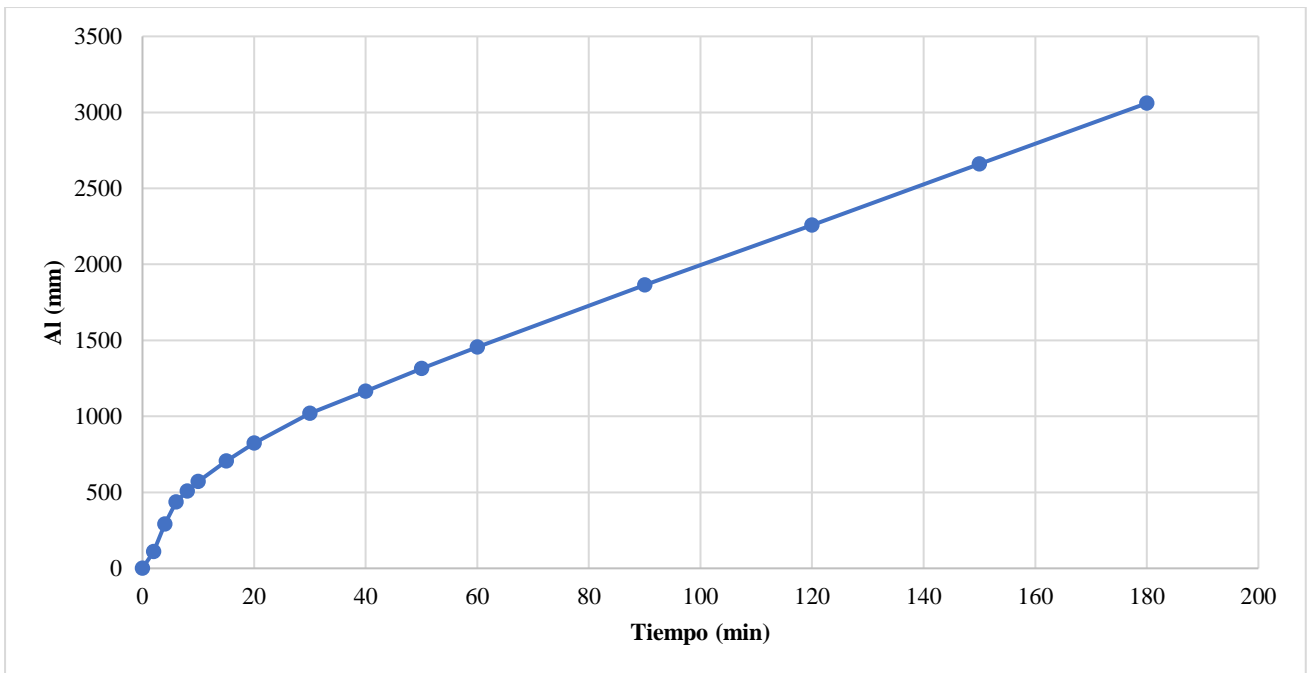


Figura 17. AI en OLIVAR_CS1

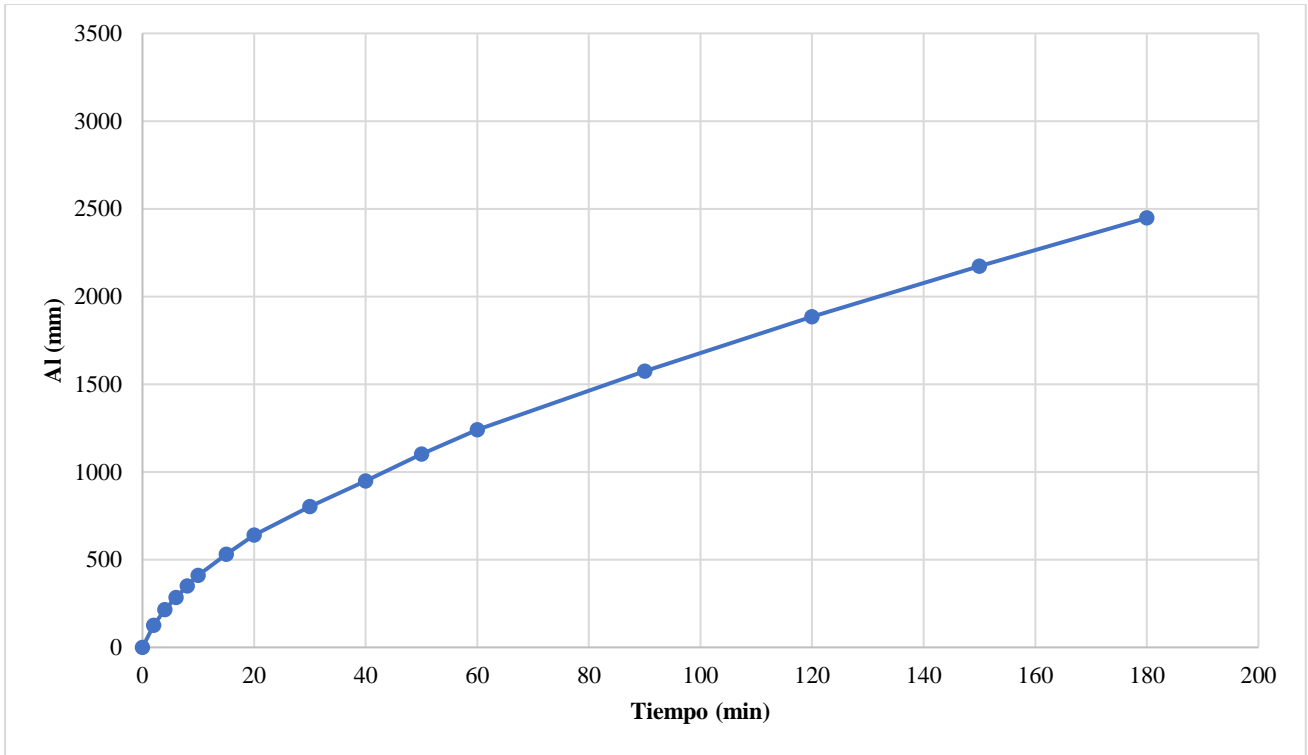


Figura 18. AI en OLIVAR_CS2

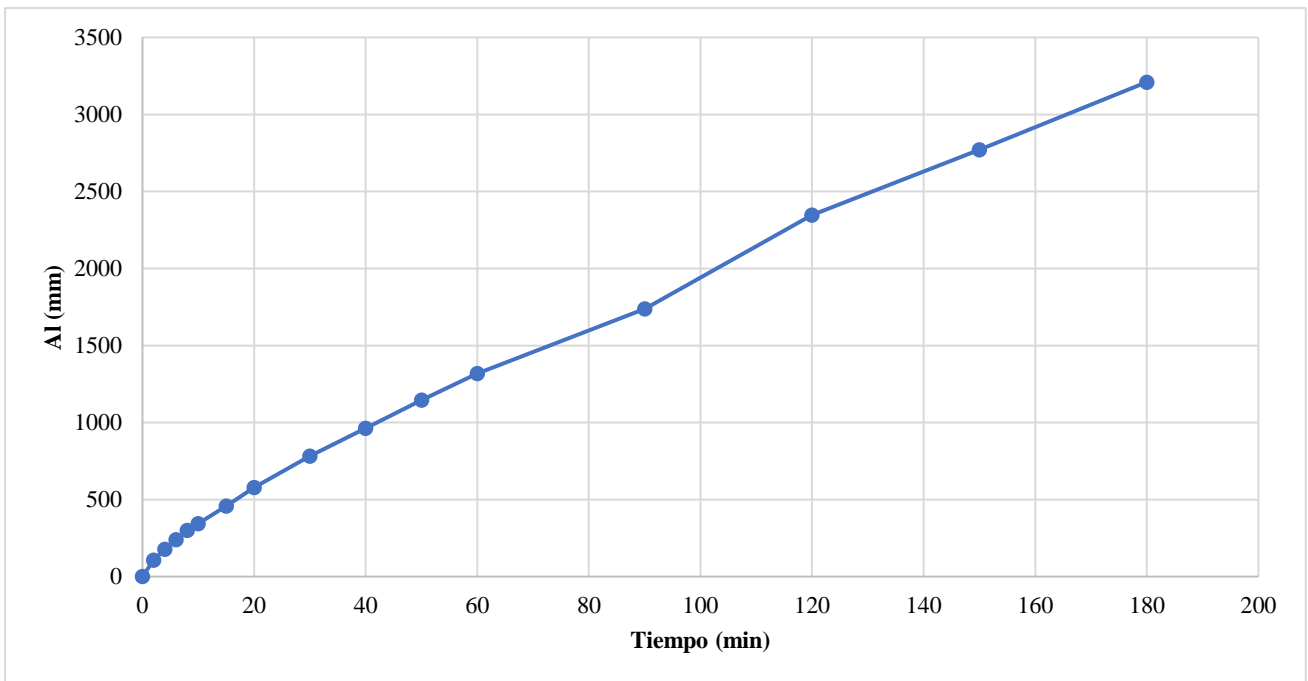


Figura 19. AI en OLIVAR_CS3

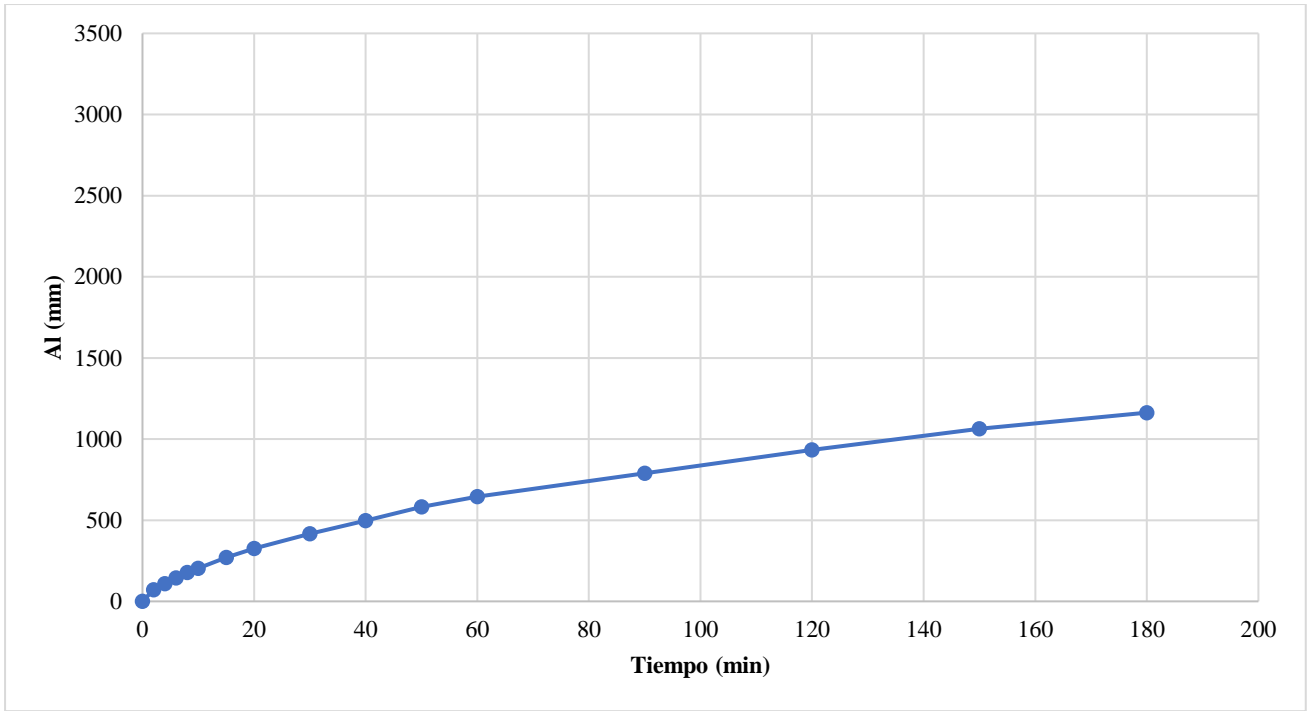


Figura 20. AI en CEREAL_M1

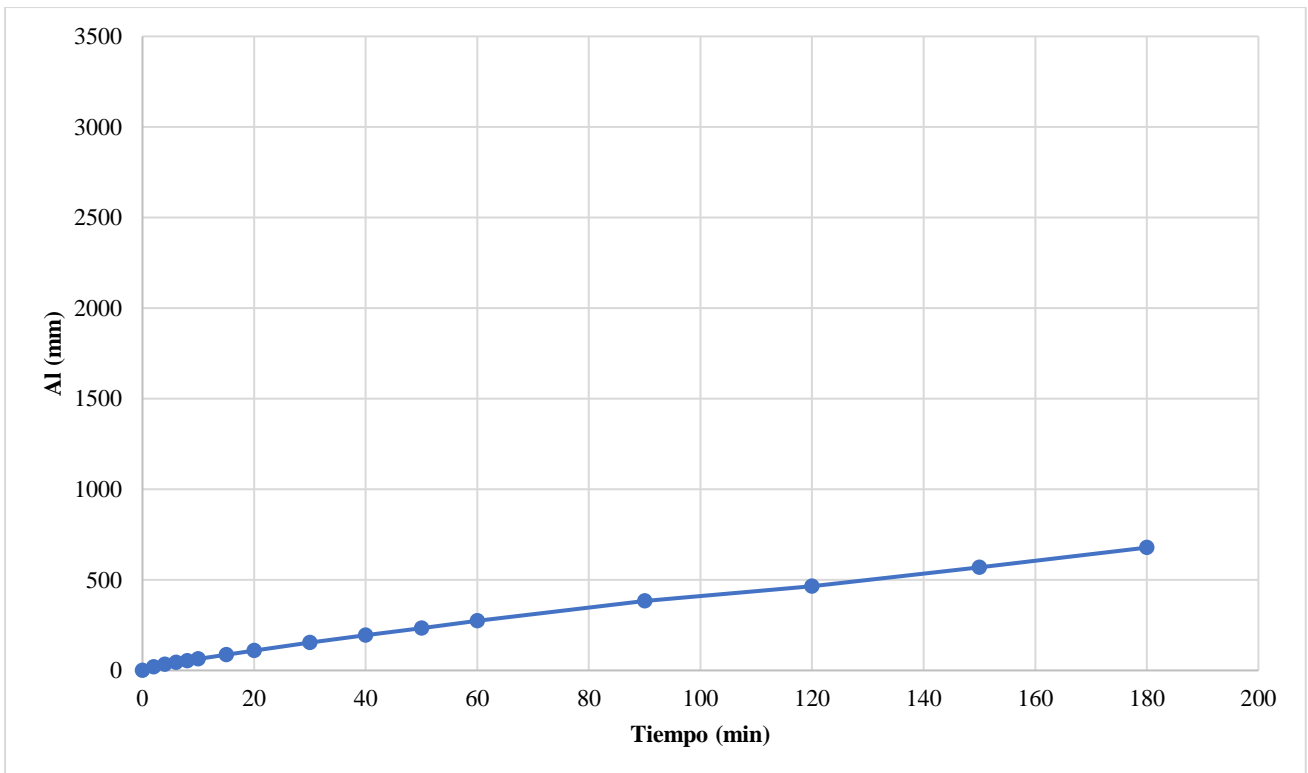


Figura 21. AI en CEREAL_M2

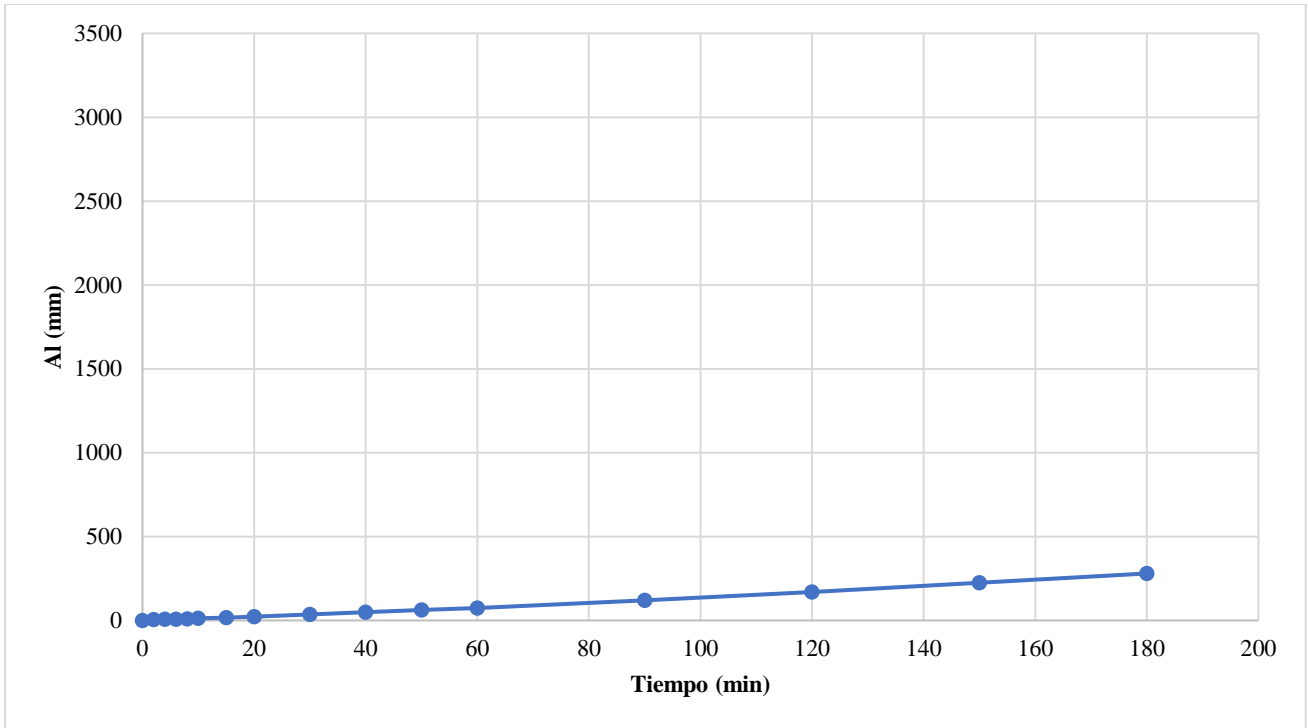


Figura 22. AI en CEREAL_M3

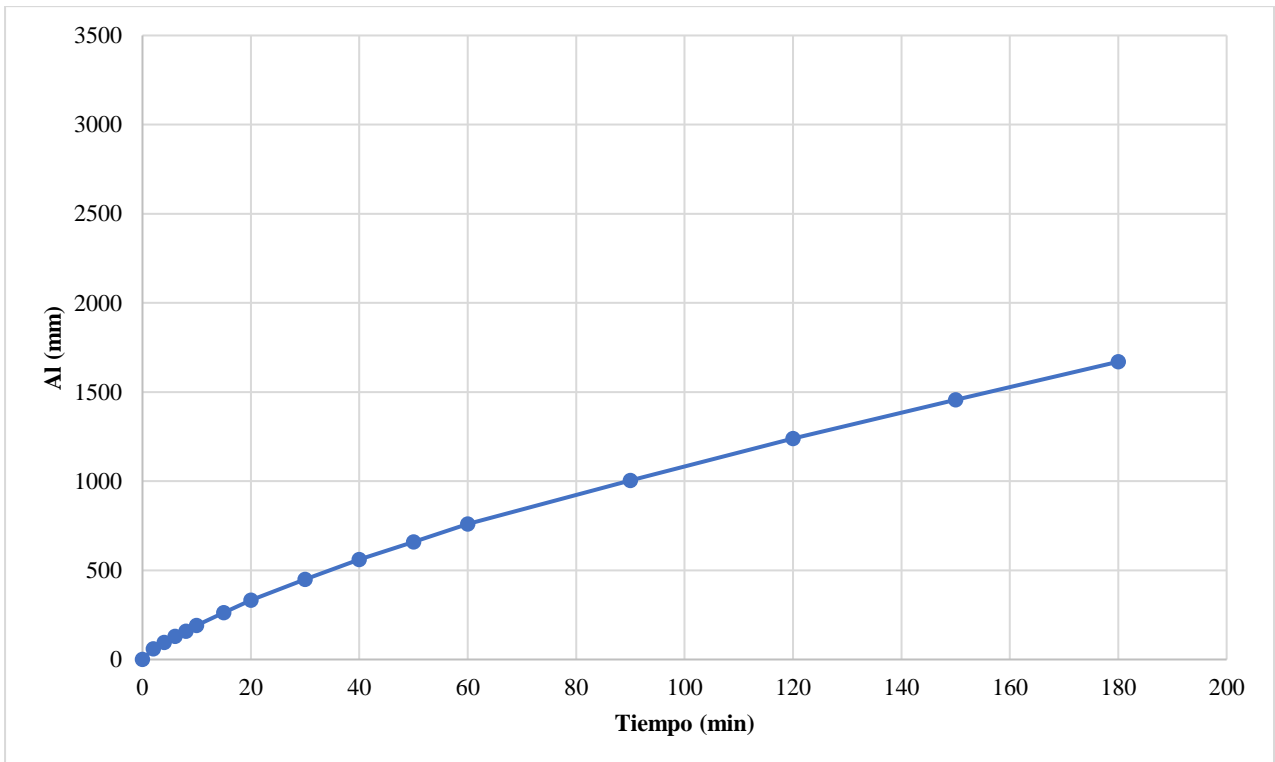


Figura 23. AI en CEREAL_SS1

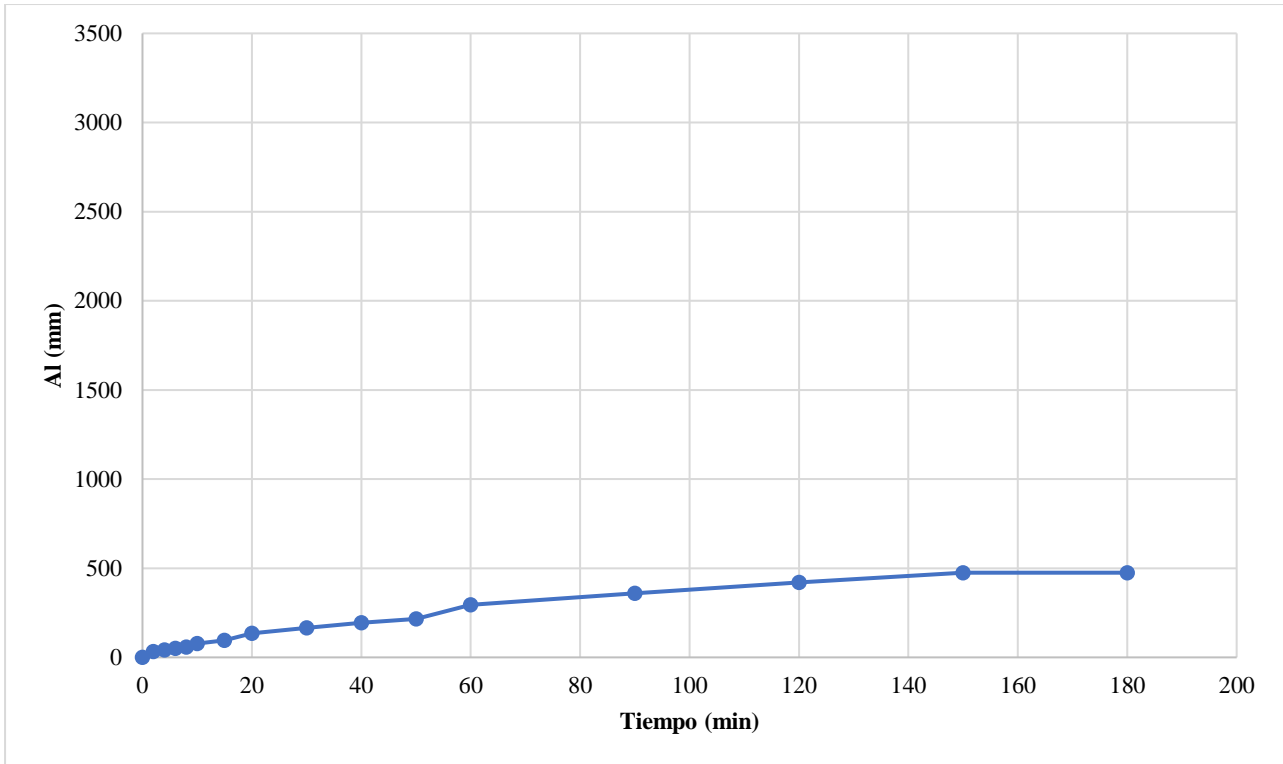


Figura 24. AI en CEREAL_SS2

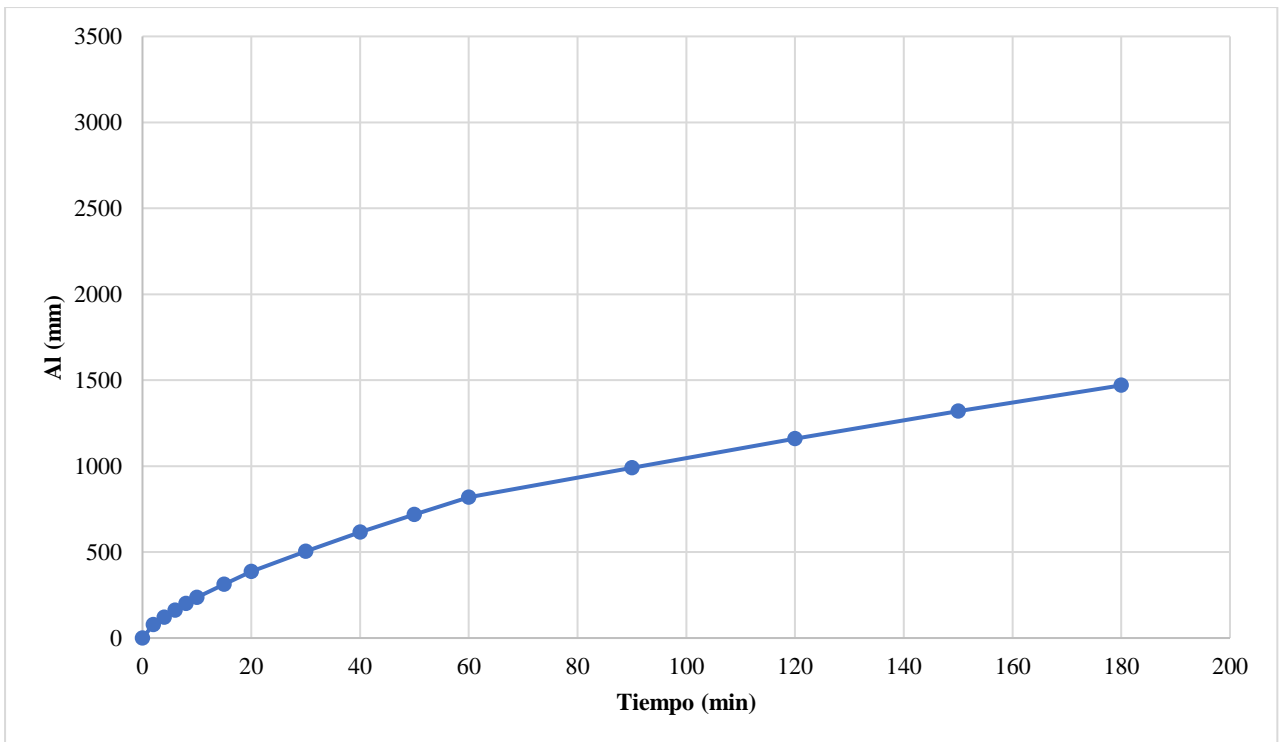


Figura 25. AI en CEREAL_SS3

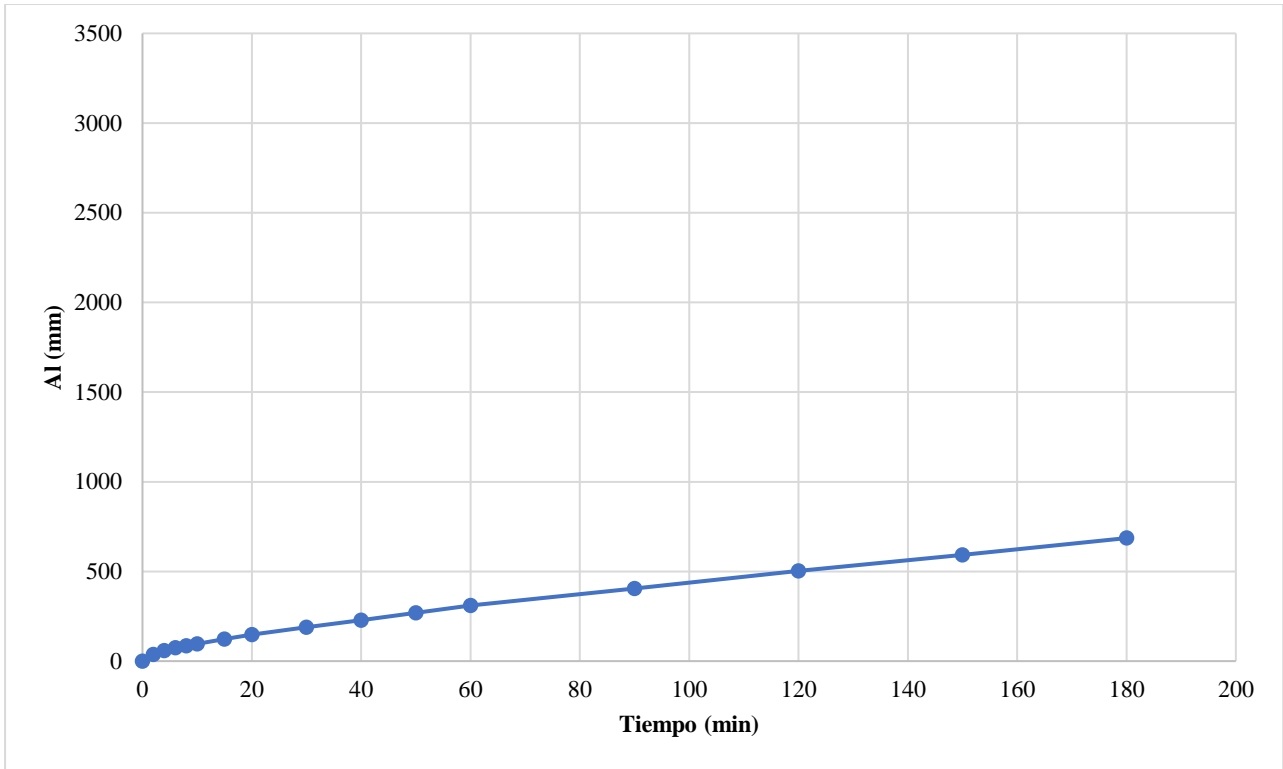


Figura 26. AI en CEREAL_CS1

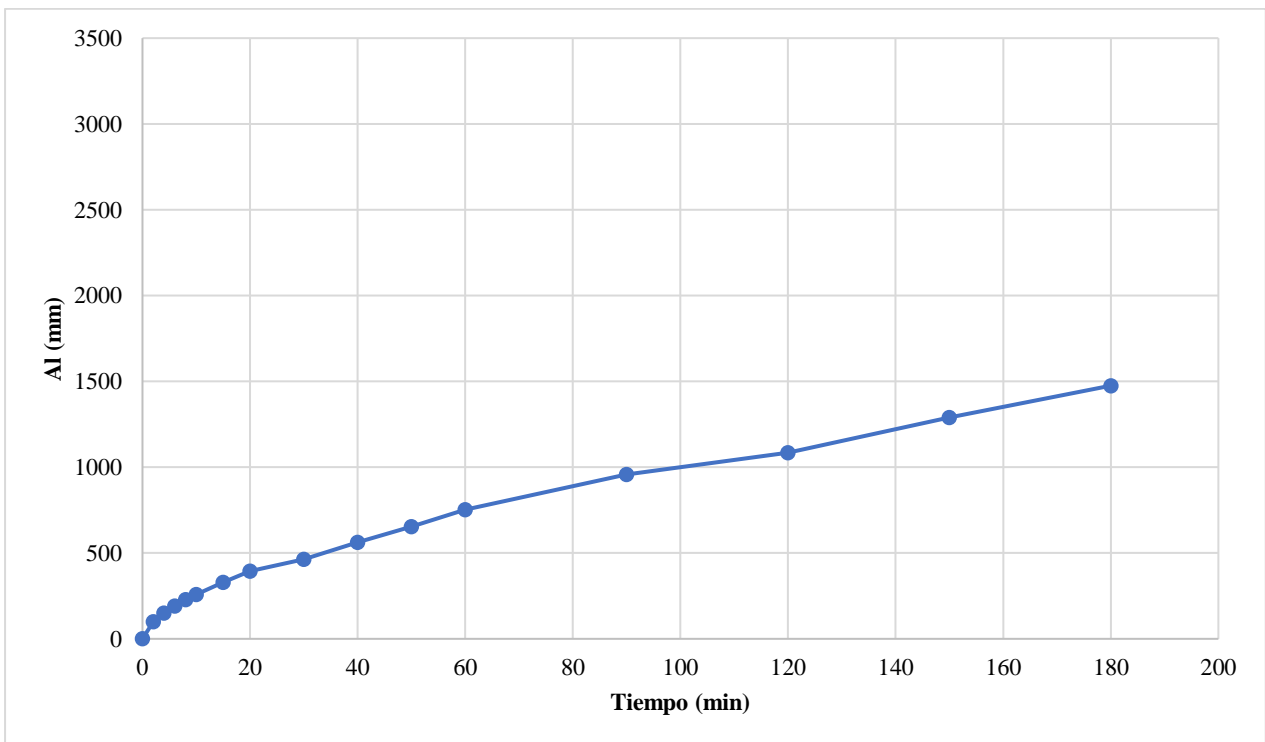


Figura 27. AI en CEREAL_CS2

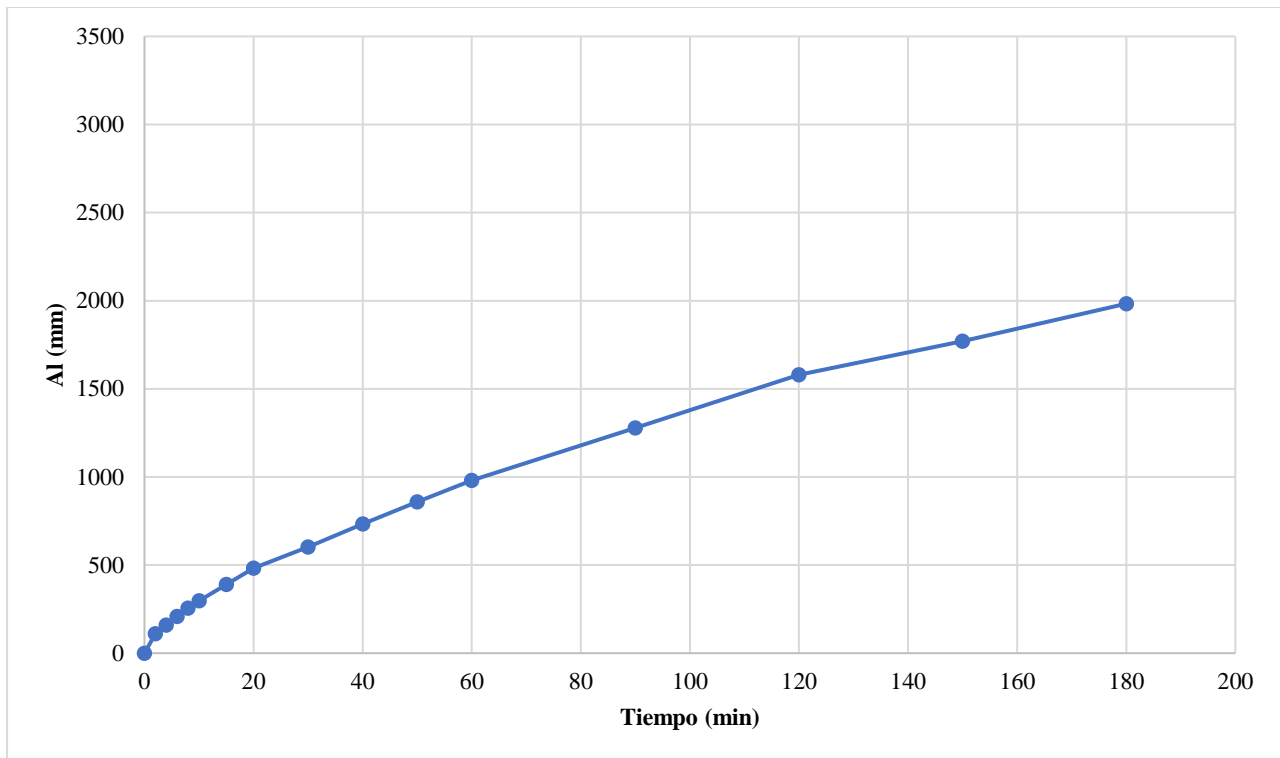


Figura 28. AI en CEREAL_CS3

4.3.2. Velocidades de infiltración en el intervalo (VII) y Velocidades de infiltración desde el comienzo del ensayo (VIC)

De las tablas anteriores, se extrajeron los valores de VII, y se realizó el promedio de cada punto para el tiempo acumulado correspondiente (de la *Tabla 9* a la *Tabla 14*). De igual manera, se extrajeron también los valores de la VIC, y se promediaron para obtener los valores medios de cada zona del olivar y de cereal.

Para cada zona de las parcelas se representaron las VII medias (*Figura 29, Figura 31, Figura 33, Figura 35, Figura 37 y Figura 39*), así como las VIC medias (*Figura 30, Figura 32, Figura 34, Figura 36, Figura 38 y Figura 40*). Tanto la VII como la VIC fueron mayores en la zona del OLIVAR_CS (*Figura 33 y Figura 34*), mientras que CEREAL_M fue la que peores resultados mostró (*Figura 35 y Figura 36*). De manera general, el OLIVAR_CS presentó una VII bastante acusada (de 3.420 a 1.670 mm/h), seguida de la zona de CEREAL_CS (de 2.460 a 820 mm/h), frente a las demás zonas. Por el contrario, CEREAL_M no presentó tanta diferencia de velocidad (de 970 a 470 mm/h), seguida de OLIVAR_M (de 1370 a 820 mm/h).

En la *Figura 41* se muestran agrupadas las VII correspondientes a cada zona, facilitando su comparación. La zona que mayor VII presentó fue el OLIVAR_CS, seguida de OLIVAR_SS, CEREAL_CS, OLIVAR_M, CEREAL_SS y, con peores resultados, CEREAL_M.

Tabla 9. VII y VIC medias en OLIVAR_M

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0		
2	1370	1370
4	1060	1215
6	860	1097
8	820	1028
10	780	978
15	692	883
20	628	819
30	496	711
40	450	646
50	414	600
60	390	565
90	297	476
120	256	421
150	229	382
180	219	355

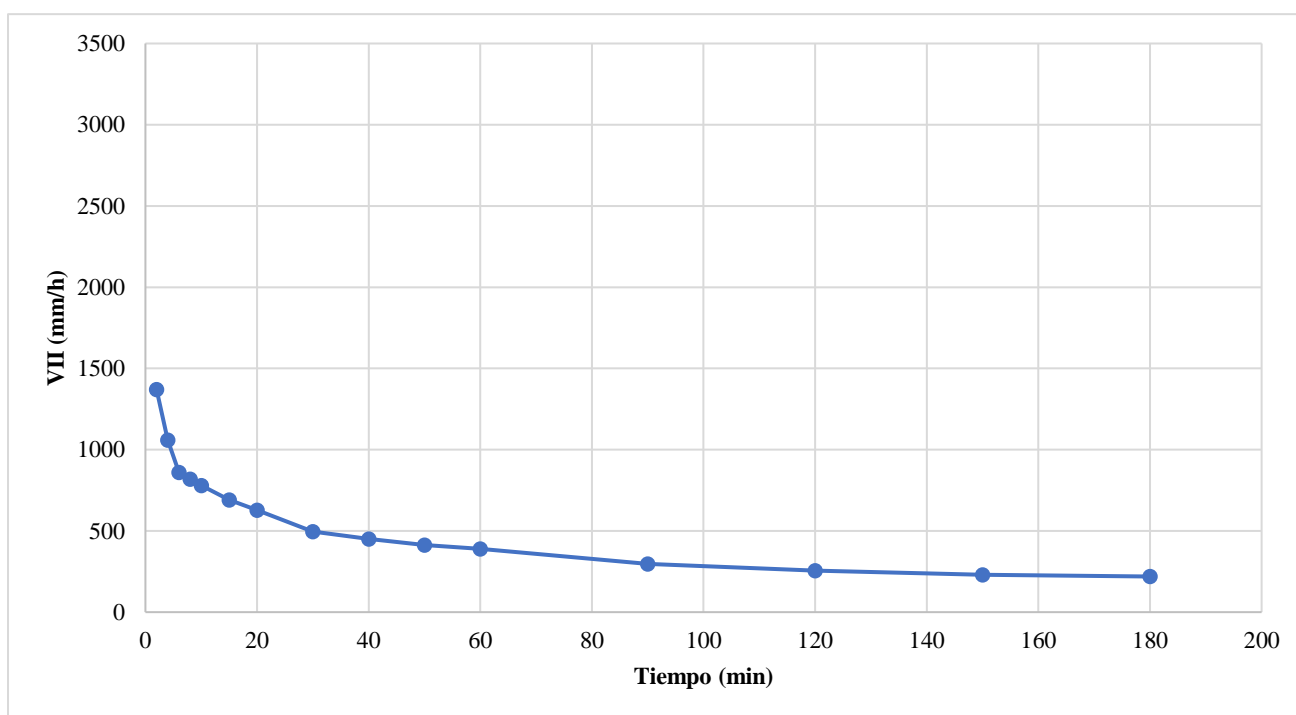


Figura 29. Curva de VII en OLIVAR_M

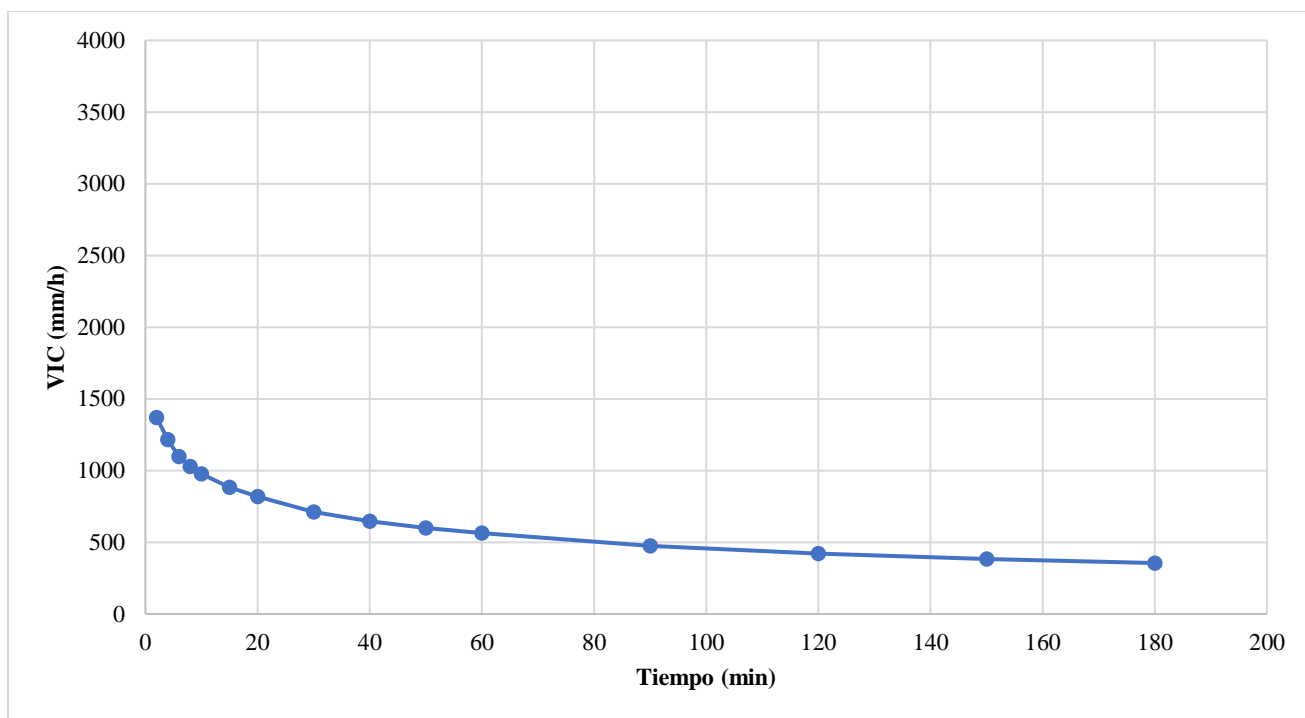


Figura 30. Curva de VIC en OLIVAR_M

Tabla 10.VII y VIC medias en OLIVAR_SS

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0		
2	2190	2190
4	1710	1950
6	1580	1827
8	1560	1760
10	1460	1700
15	1192	1531
20	1104	1424
30	794	1214
40	770	1103
50	734	1029
60	692	973
90	532	826
120	504	746
150	485	693
180	464	655

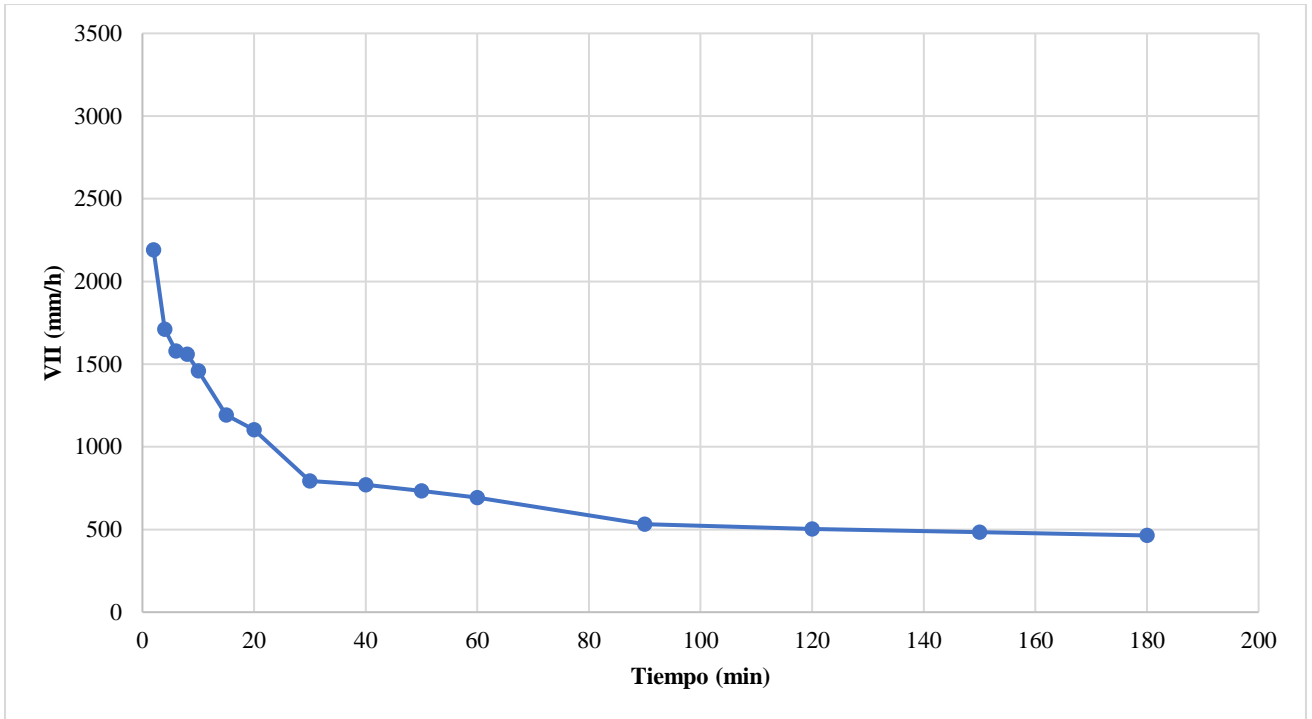


Figura 31. Curva de VII en OLIVAR_SS

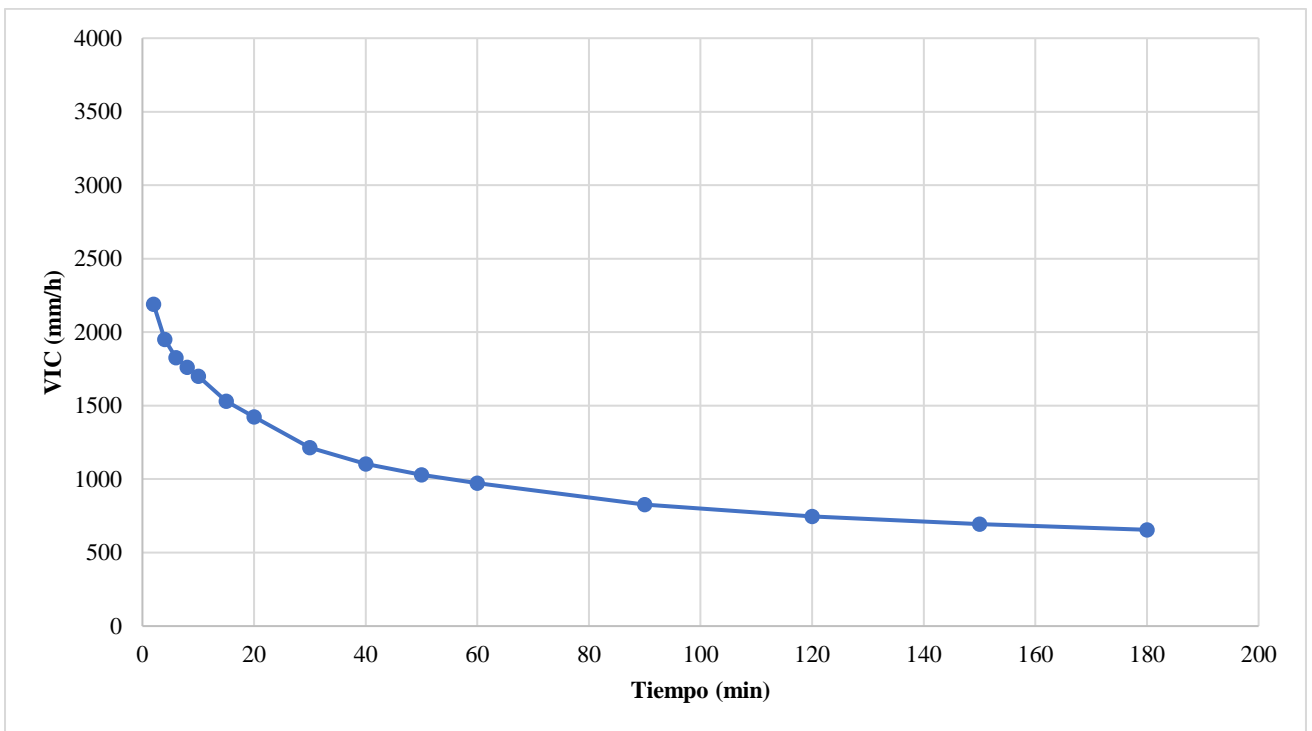


Figura 32. Curva de VIC en OLIVAR_SS

Tabla 11. VII y VIC medias en OLIVAR_CS

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0	-	
2	3420	3420
4	3410	3415
6	2790	3207
8	1960	2895
10	1670	2650
15	1476	2259
20	1392	2042
30	1128	1737
40	938	1538
50	976	1425
60	906	1339
90	774	1150
120	874	1081
150	743	1014
180	743	969

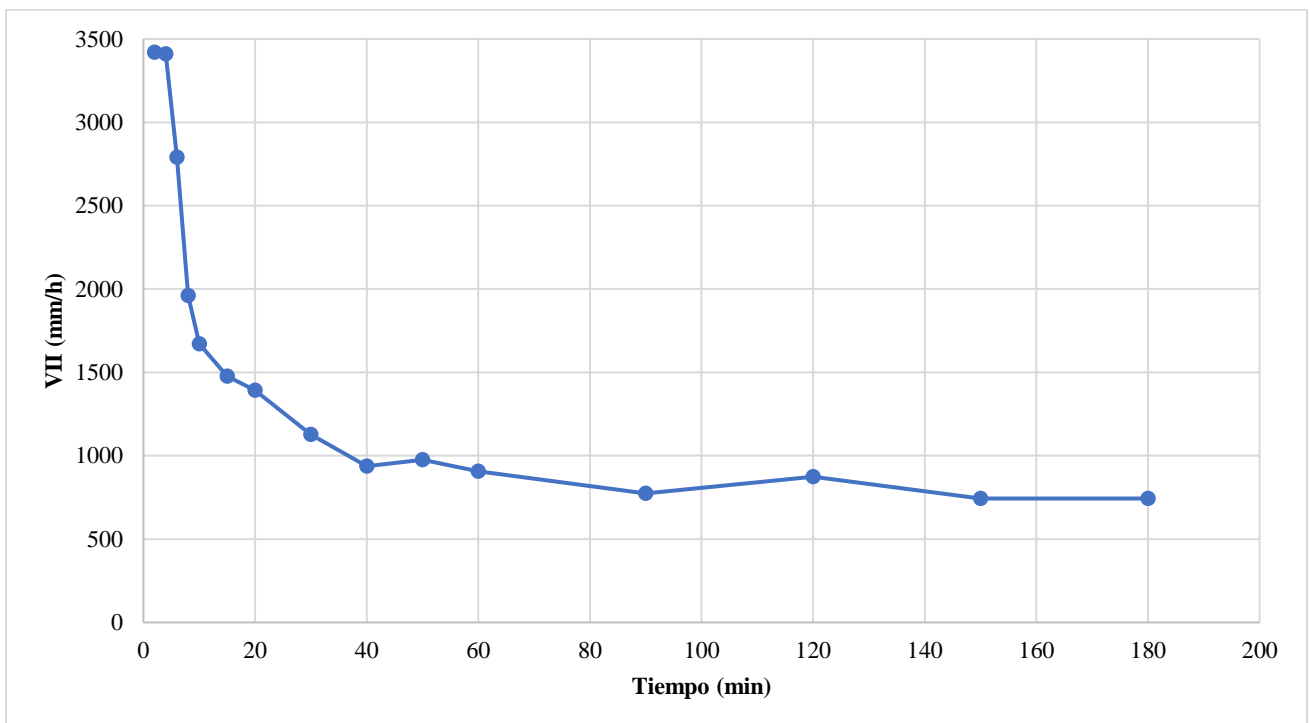


Figura 33. Curva de VII en OLIVAR_CS

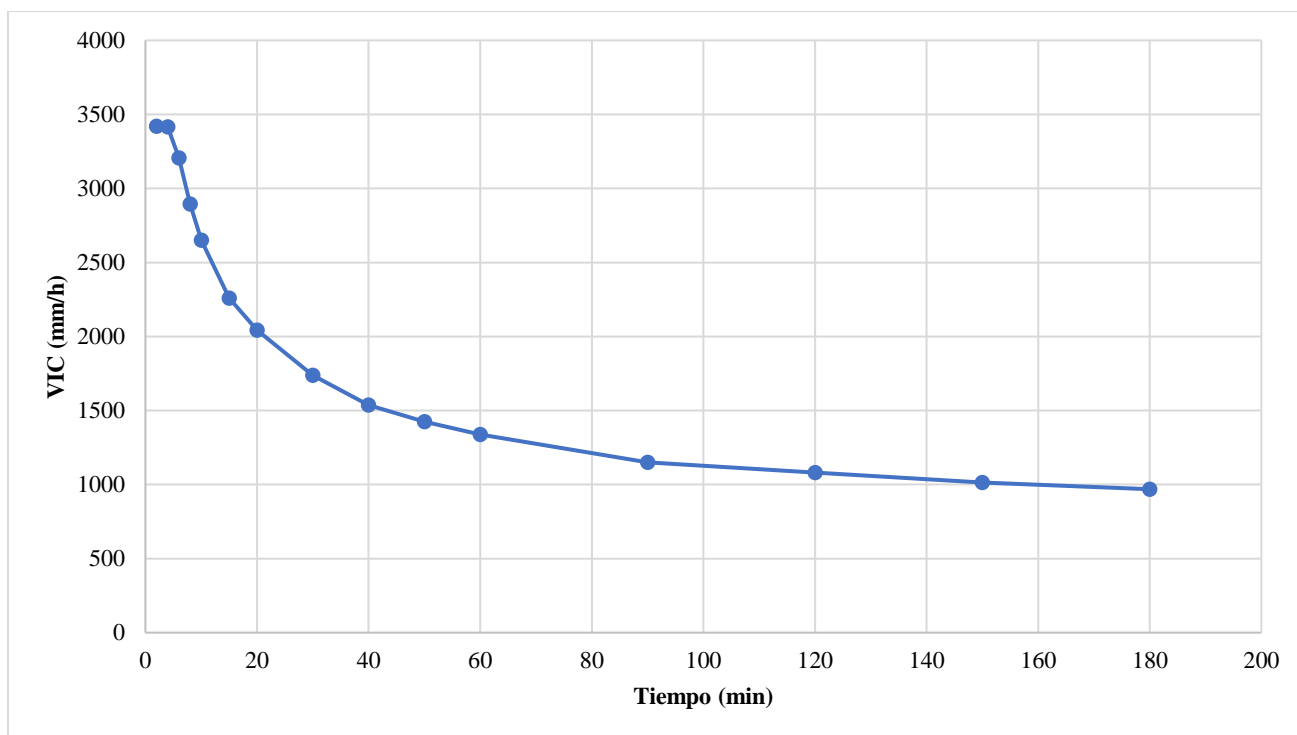


Figura 34. Curva de VIC en OLIVAR_CS

Tabla 12. VII y VIC medias en CEREAL_M

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0		
2	970	970
4	520	745
6	470	653
8	440	600
10	390	558
15	376	497
20	340	458
30	294	403
40	272	371
50	274	351
60	230	331
90	201	288
120	181	261
150	193	247
180	177	236

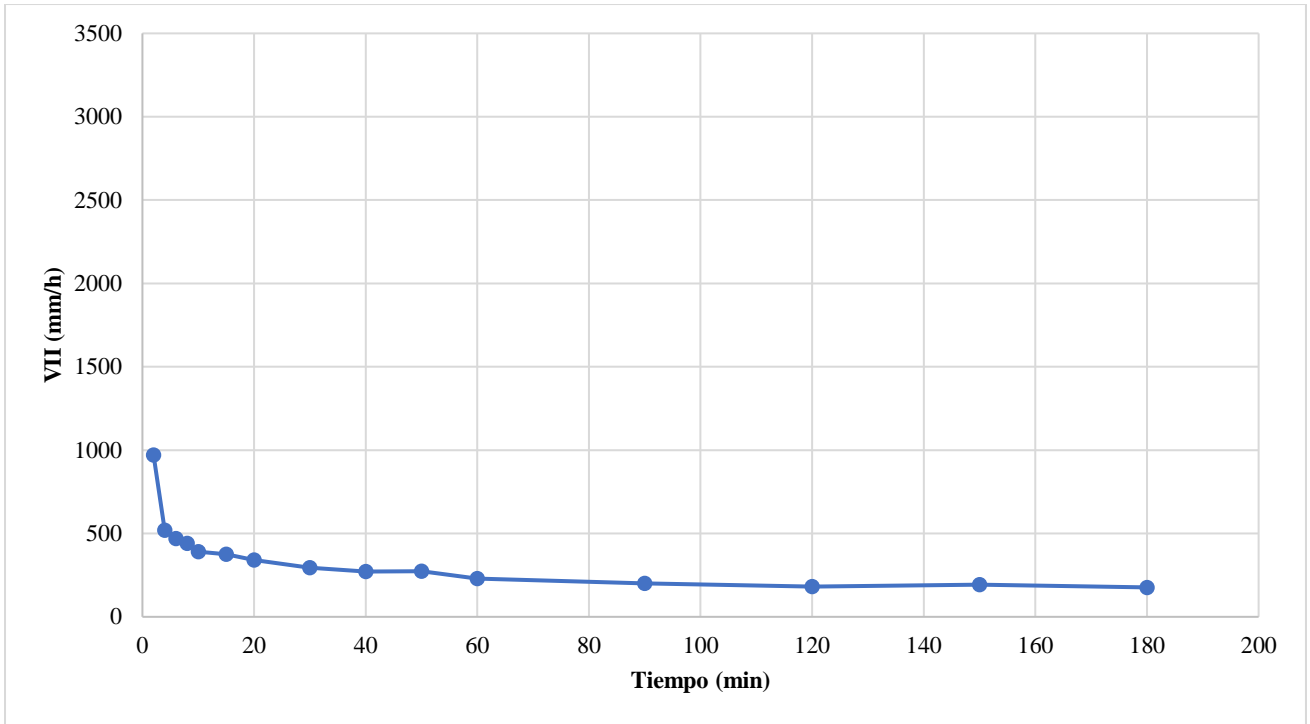


Figura 35. Curva de VII en CEREAL_M

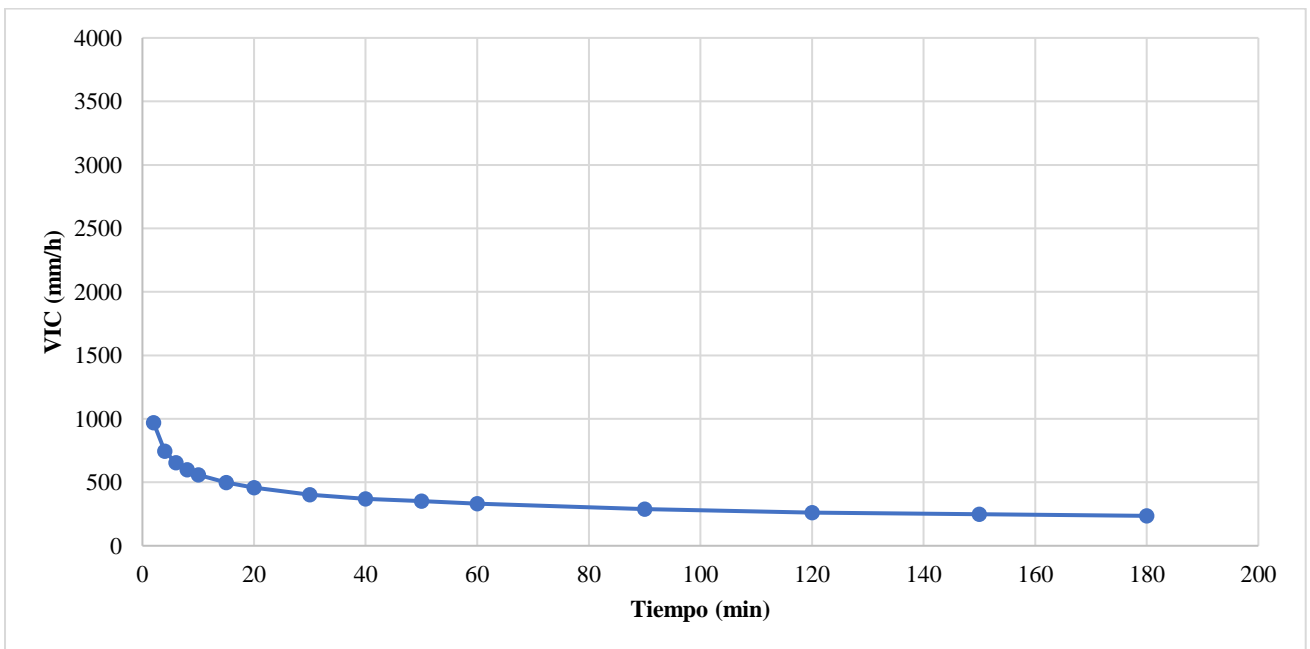


Figura 36. Curva de VIC en CEREAL_M

Tabla 13. VII y VIC medias en CEREAL_SS

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0		
2	1690	1690
4	930	1295
6	830	1133
8	770	1040
10	750	1008
15	672	893
20	644	853
30	552	746
40	502	685
50	466	637
60	440	624
90	331	523
120	313	470
150	292	433
180	279	402

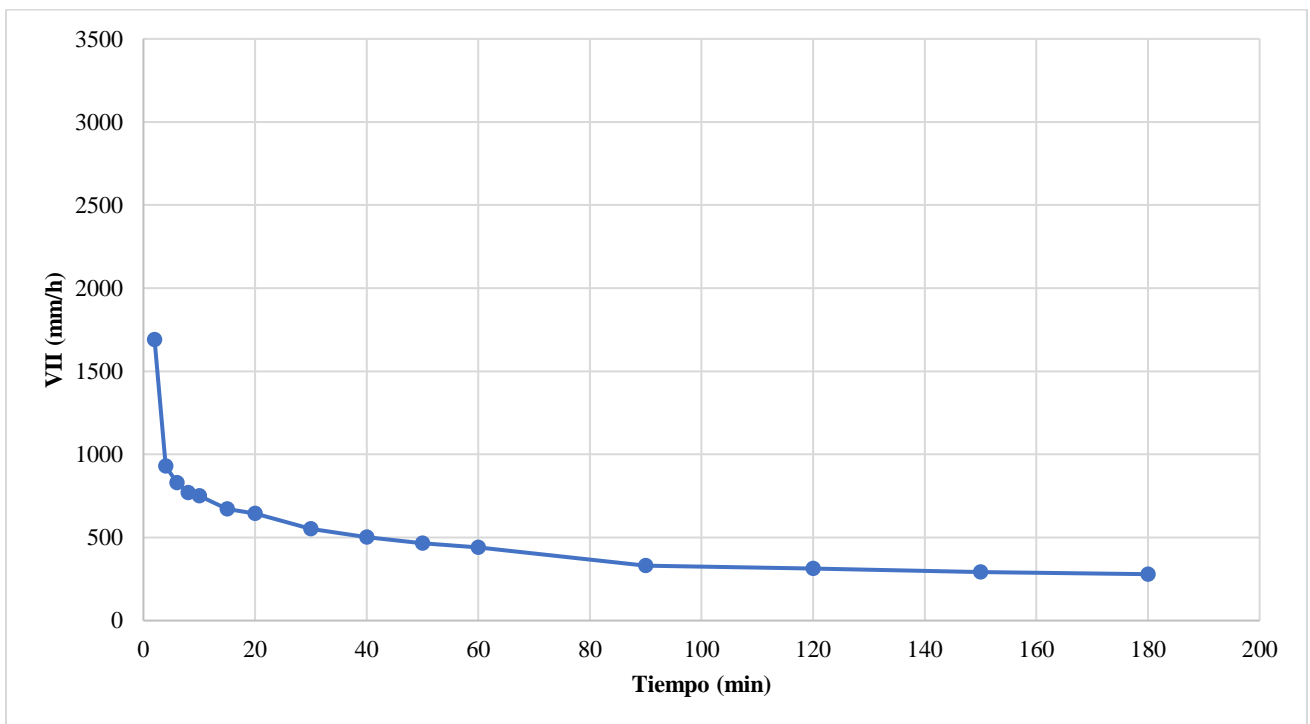


Figura 37. Curva de VII en CEREAL_SS

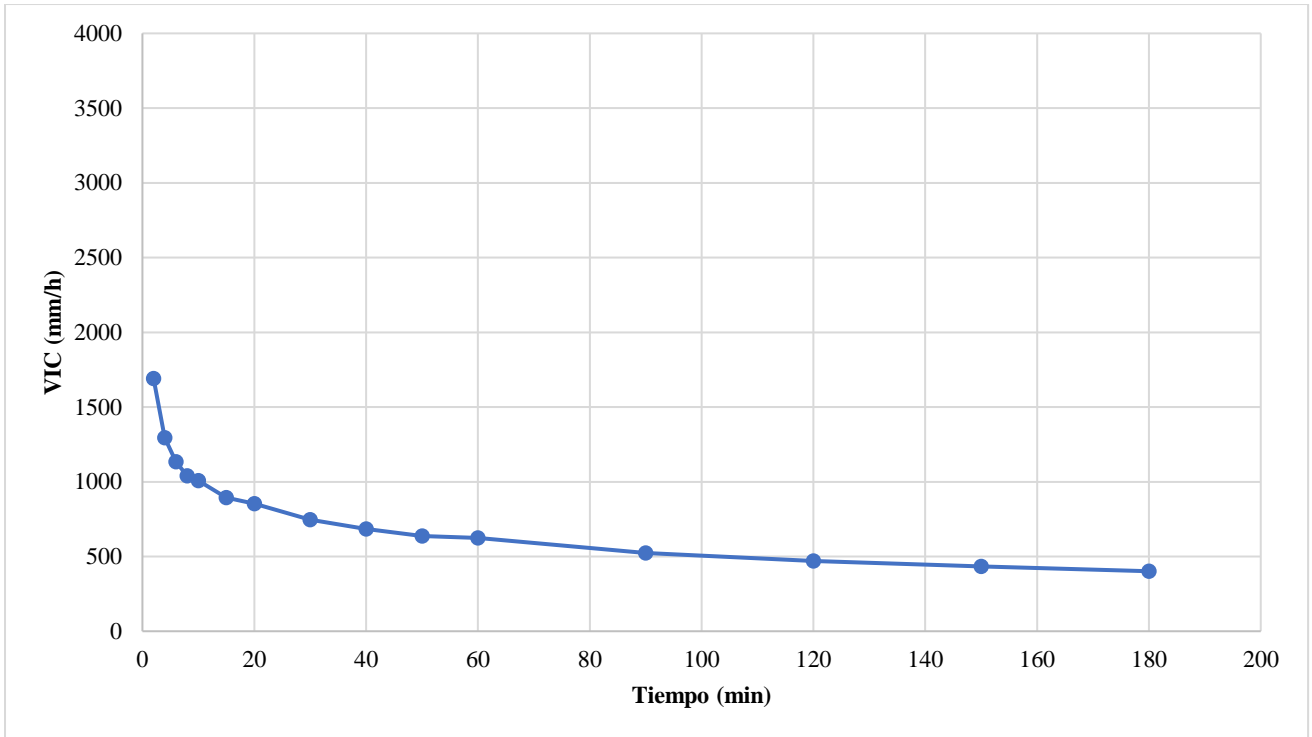


Figura 38. Curva de VIC en CEREAL_SS

Tabla 14. VII y VIC medias en CEREAL_CS

Tiempo acumulado (min)	VII (mm/h)	VIC (mm/h)
0		
2	2460	2460
4	1240	1850
6	1050	1583
8	950	1425
10	820	1304
15	760	1123
20	724	1023
30	464	837
40	538	762
50	514	712
60	526	681
90	398	587
120	351	528
150	325	487
180	327	460

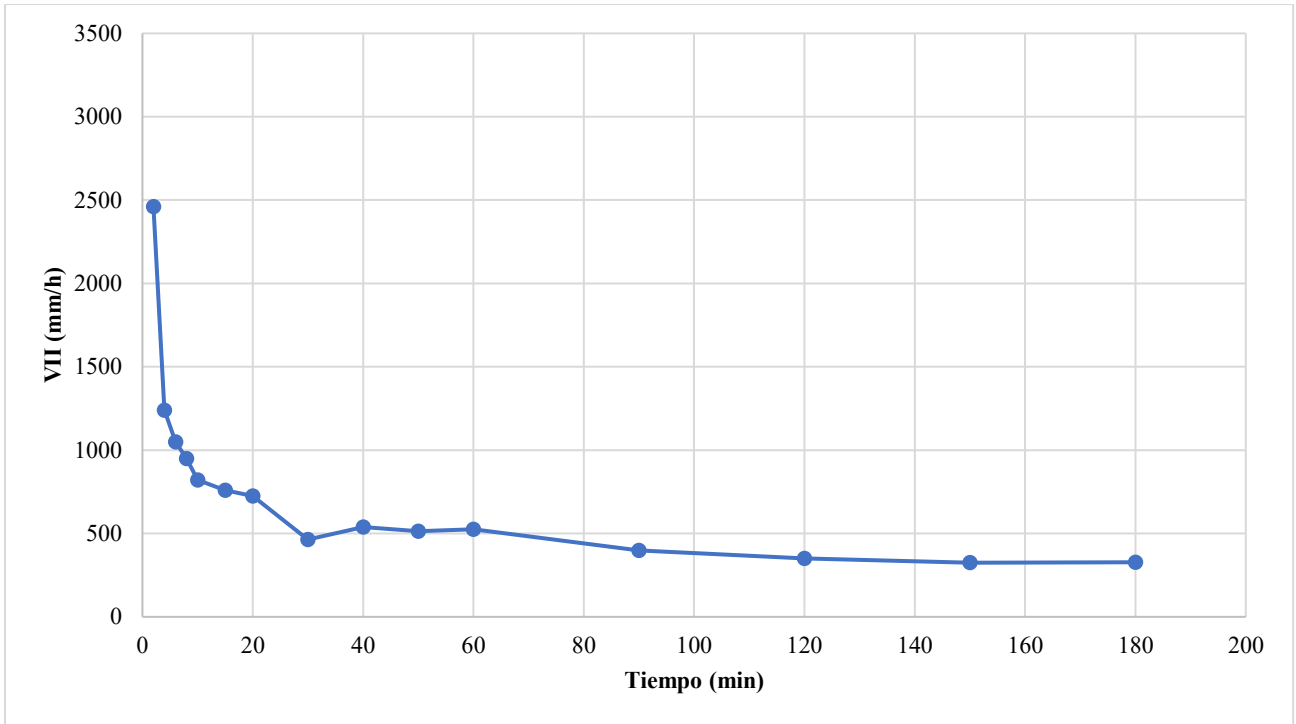


Figura 39. Curva de VII en CEREAL_CS

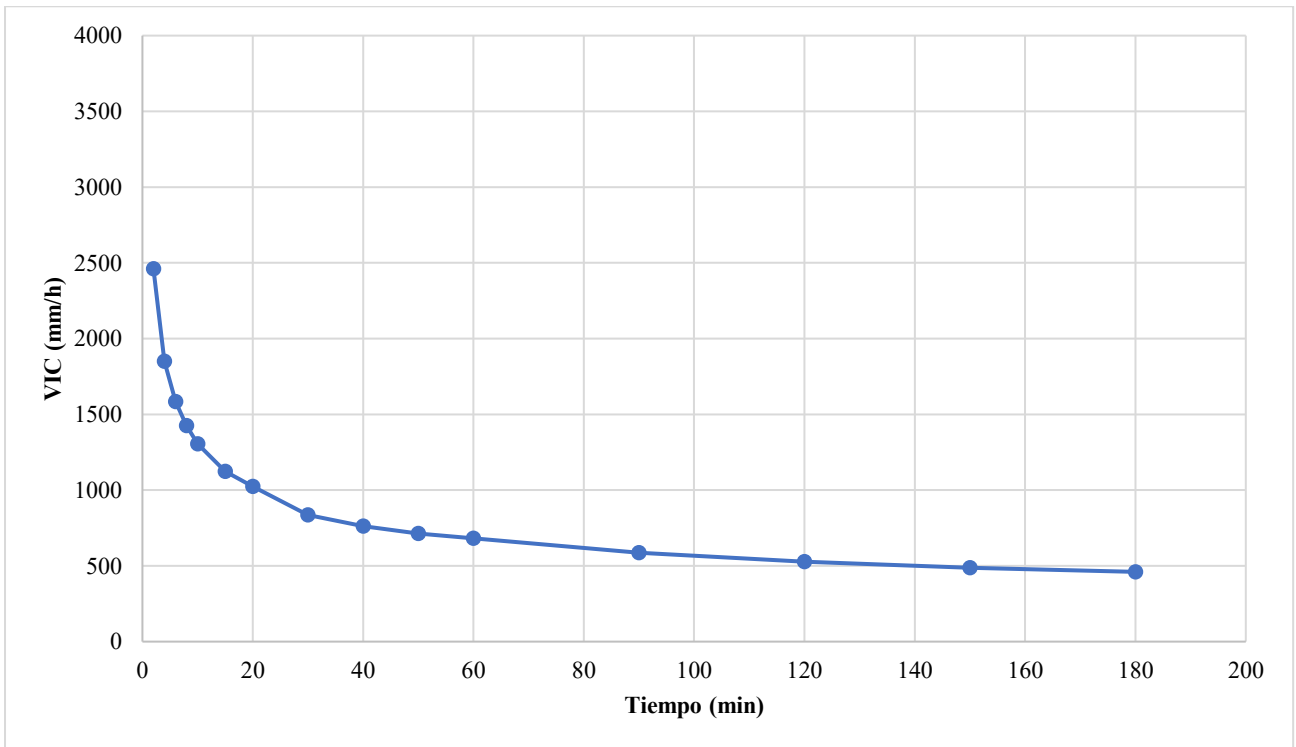


Figura 40. Curva de VIC en CEREAL_CS

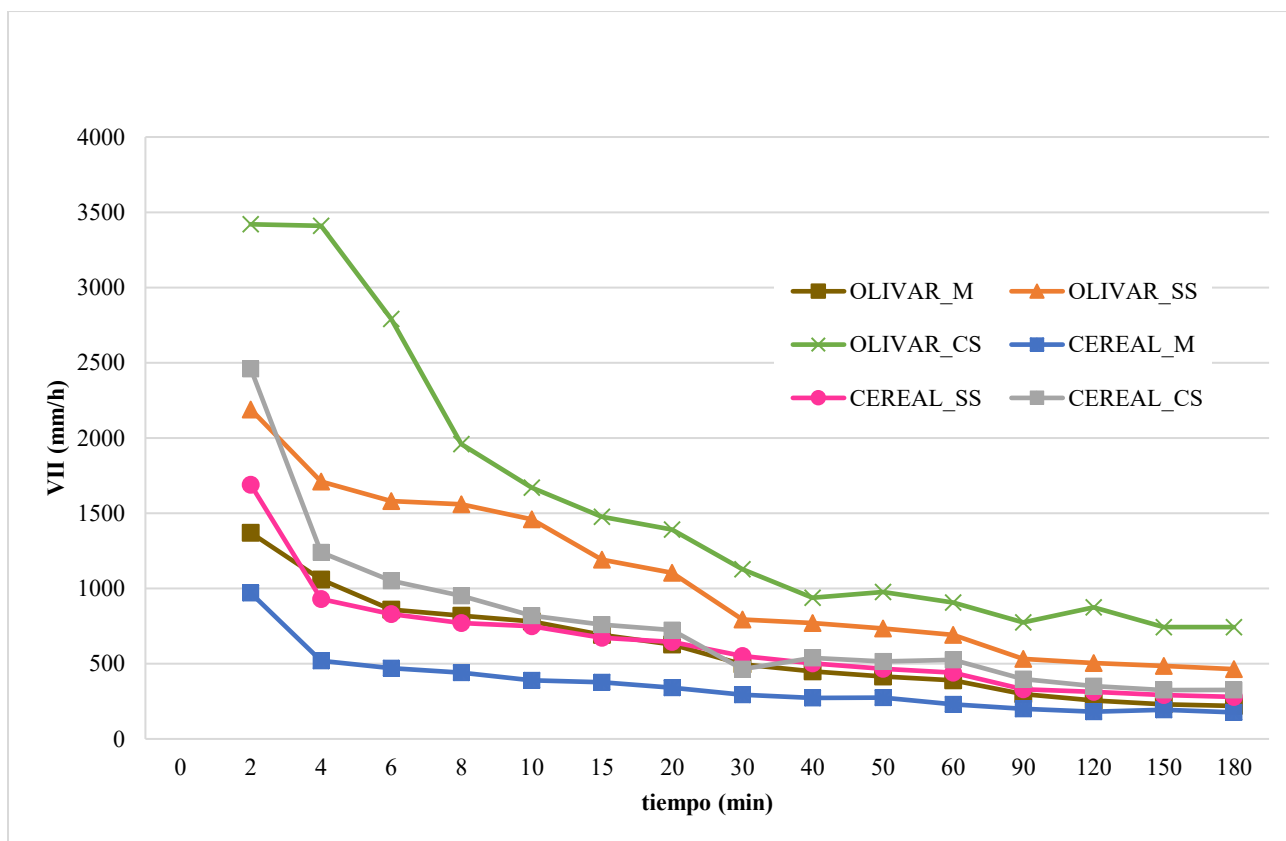


Figura 41. Curvas de VII en todas las zonas de estudio

4.4. Diferencias de infiltrabilidad entre tipos de vegetación

Respecto al ANOVA, el tipo de zona según la presencia o ausencia de setos (M, CS y SS), resultó ser significativa a un 95% de probabilidad para la tasa de infiltración f_c (p -valor < 0.05) (Tabla 15).

Tabla 15. ANOVA con f_c como variable independiente

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	655113,78 (a)	5,00	131022,76	6,41	0,004
Intersección	2440576,89	1,00	2440576,89	119,44	0,000
Tipo	655113,78	5,00	131022,76	6,41	0,004
Error	245197,33	12,00	20433,11		
Total	3340888,00	18,00			
Total corregido	900311,11	17,00			

a. R al cuadrado = ,728 (R al cuadrado ajustada = ,614)

El método de Tukey mostró diferencias significativas entre CEREAL_CS y OLIVAR_CS (p -valor = 0,035), CEREAL_M con OLIVAR_CS (p -valor = 0,004), CEREAL_SS con OLIVAR_CS (p -valor = 0,018) y OLIVAR_M con OLIVAR_CS (p -valor = 0,007) (Tabla 16).

Tabla 16. Prueba post-hoc según el test de Tukey tomando como variable dependiente la tasa de infiltración f_c

(I) Tipo		Diferencia de medias (I-J)	Desviación Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	CEREAL_CS	CEREAL_M	150,00	116,71	0,787	-242,03	542,03
		CEREAL_SS	47,33	116,71	0,998	-344,70	439,37
		OLIVAR_CS	-416,67*	116,71	0,035	-808,70	-24,63
		OLIVAR_M	107,33	116,71	0,934	-284,70	499,37
		OLIVAR_SS	-137,33	116,71	0,840	-529,37	254,70
	CEREAL_M	CEREAL_CS	-150,00	116,71	0,787	-542,03	242,03
		CEREAL_SS	-102,67	116,71	0,944	-494,70	289,37
		OLIVAR_CS	-566,67*	116,71	0,004	-958,70	-174,63
		OLIVAR_M	-42,67	116,71	0,999	-434,70	349,37
		OLIVAR_SS	-287,33	116,71	0,210	-679,37	104,70
	CEREAL_SS	CEREAL_CS	-47,33	116,71	0,998	-439,37	344,70
		CEREAL_M	102,67	116,71	0,944	-289,37	494,70
		OLIVAR_CS	-464,00*	116,71	0,018	-856,03	-71,97
		OLIVAR_M	60,00	116,71	0,995	-332,03	452,03
		OLIVAR_SS	-184,67	116,71	0,624	-576,70	207,37
	OLIVAR_CS	CEREAL_CS	416,67*	116,71	0,035	24,63	808,70
		CEREAL_M	566,67*	116,71	0,004	174,63	958,70
		CEREAL_SS	464,00*	116,71	0,018	71,97	856,03
		OLIVAR_M	524,00*	116,71	0,007	131,97	916,03
		OLIVAR_SS	279,33	116,71	0,232	-112,70	671,37
OLIVAR_M	CEREAL_CS	-107,33	116,71	0,934	-499,37	284,70	
	CEREAL_M	42,67	116,71	0,999	-349,37	434,70	
	CEREAL_SS	-60,00	116,71	0,995	-452,03	332,03	
	OLIVAR_CS	-524,00*	116,71	0,007	-916,03	-131,97	
	OLIVAR_SS	-244,67	116,71	0,350	-636,70	147,37	
OLIVAR_SS	CEREAL_CS	137,33	116,71	0,840	-254,70	529,37	
	CEREAL_M	287,33	116,71	0,210	-104,70	679,37	
	CEREAL_SS	184,67	116,71	0,624	-207,37	576,70	
	OLIVAR_CS	-279,33	116,71	0,232	-671,37	112,70	

(I) Tipo	Diferencia de medias (I-J)	Desviación Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
OLIVAR_M	244,67	116,71	0,350	-147,37	636,70

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = 20433,111.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Mediante el método de Tukey para la determinación de subconjuntos homogéneos, se generaron 2 subconjuntos: “A”, formado por CEREAL_M, OLIVAR_M, CEREAL_SS y OLIVAR_SS; y “B”, formado por OLIVAR_SS y OLIVAR_CS. Ambos presentaron diferencias significativas entre ellos (Tabla 17). Sin embargo, por el método de Duncan, se diferenció un nuevo subconjunto “C” compuesto únicamente por OLIVAR_CS.

Tabla 17. Determinación de subconjuntos homogéneos mediante los test de Tukey y Duncan tomando como variable dependiente *fc*

Tipo	N	Subconjunto			
		A	B	C	
HSD Tukey (^{a,b})	CEREAL_M	3	176,67		
	OLIVAR_M	3	219,33		
	CEREAL_SS	3	279,33		
	CEREAL_CS	3	326,67		
	OLIVAR_SS	3	464,00	464,00	
	OLIVAR_CS	3		743,33	
	Sig.		0,210	0,232	
Duncan (^{a,b})	CEREAL_M	3	176,67		
	OLIVAR_M	3	219,33	219,33	
	CEREAL_SS	3	279,33	279,33	
	CEREAL_CS	3	326,67	326,67	
	OLIVAR_SS	3		464,00	
	OLIVAR_CS	3			743,33
	Sig.		0,256	0,075	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = 20433,111.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0,05.

Por tanto, una vez más fue el OLIVAR_CS el mejor escenario en cuanto a f_c , lo cual puede observarse en la *Figura 42*.

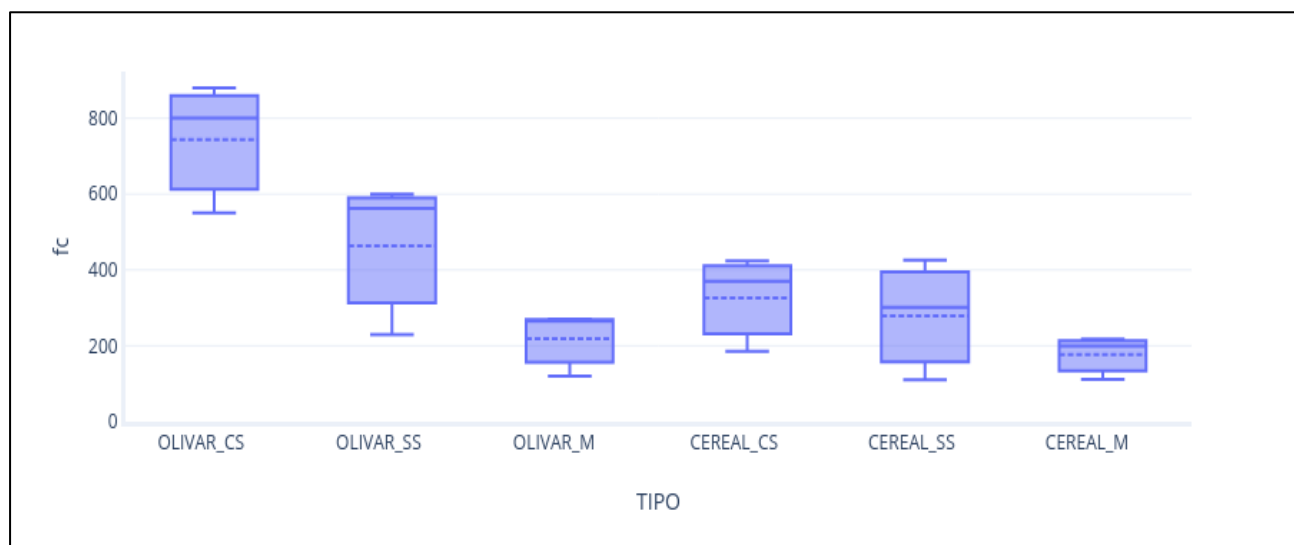


Figura 42. Diagrama de cajas simple de f_c (mm/h) según el tipo de vegetación (las líneas continuas corresponden a las medianas de f_c para cada zona y las líneas discontinuas a las medias de f_c para cada zona)

Por tanto, los resultados coinciden con el orden de zonas de la *Figura 41*. Separando por parcela, el orden quedaría:

- 1) CS
- 2) SS
- 3) M

4.5. Factores que influyen en la infiltración

En cuanto al análisis de correlación, el factor que más se correlacionó con f_c fue la cobertura de leñosas para los coeficientes de Pearson ($r = 0,542$), mientras que para Kendall y Spearman fue el contenido de MO del suelo ($\tau = 0,373$; $\rho = 0,521$) (*Tabla 18*).

Del análisis de correlación de Pearson, destacan también la cobertura de herbáceas ($r = 0,371$), el contenido en MO ($r = 0,364$) y la cobertura de musgos ($r = 0,334$). El pH, por el contrario, se correlacionó de manera negativa para los tres coeficientes ($r = -0,394$; $\tau = -0,236$; $\rho = -0,304$).

El análisis de correlación de Kendall mostró la correlación positiva entre f_c y el contenido de MO ($\tau = 0,373$) y con la cobertura de leñosas ($\tau = 0,306$).

La matriz de correlación de Spearman destacó la correlación positiva entre f_c y el contenido de MO ($\rho = 0,521$), seguida de la cobertura de leñosas ($\rho = 0,366$) y la cobertura de musgos ($\rho = 0,310$).

Sorprendentemente, las variables del contenido en arena, arcilla y limo no se encuentran muy correlacionadas con f_c en nuestro análisis.

Las matrices de correlación completas se pueden observar en la *Tabla A 22*, *Tabla A 23* y *Tabla A 24* del *Anexo III*.

Tabla 18. Correlación mediante los coeficientes de Pearson, Kendall y Spearman. Se muestran las variables más correlacionadas

	pH	Materia orgánica	Cobertura de herbáceas	Cobertura de leñosas	Cobertura de musgos
f_c (Coeficiente de Pearson r)	-0,394	0,364	0,371	0,542*	0,334
f_c (Coeficiente de Kendall τ)	-0,236	0,373*	0,187	0,306	0,264
f_c (Coeficiente de Spearman ρ)	-0,304	0,521*	0,255	0,366	0,310

*correlación significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

Se obtuvo el análisis de regresión para cada una de las variables correlacionadas con f_c , así como sus ecuaciones correspondientes y R^2 (*Tabla 19*, y de la *Figura 43* a la *Figura 47*).

Tabla 19. Ecuaciones y R^2 para cada una de las variables correlacionadas con f_c

Variable	Ecuación	R^2
pH	$f_c = -189,33 \cdot \text{pH} + 1717,9$	0,1555
% MO	$f_c = 146,8 \cdot \% \text{ MO} + 116,87$	0,1327
% CH	$f_c = 2,4488 \cdot \% \text{ CH} + 179,26$	0,1375
% CL	$f_c = 3,8833 \cdot \% \text{ CL} + 267,9$	0,2933
% CM	$f_c = 9,3075 \cdot \% \text{ CM} + 298,42$	0,1119

CH (Cobertura de herbáceas); CL (Cobertura de leñosas); CM (Cobertura de musgos)

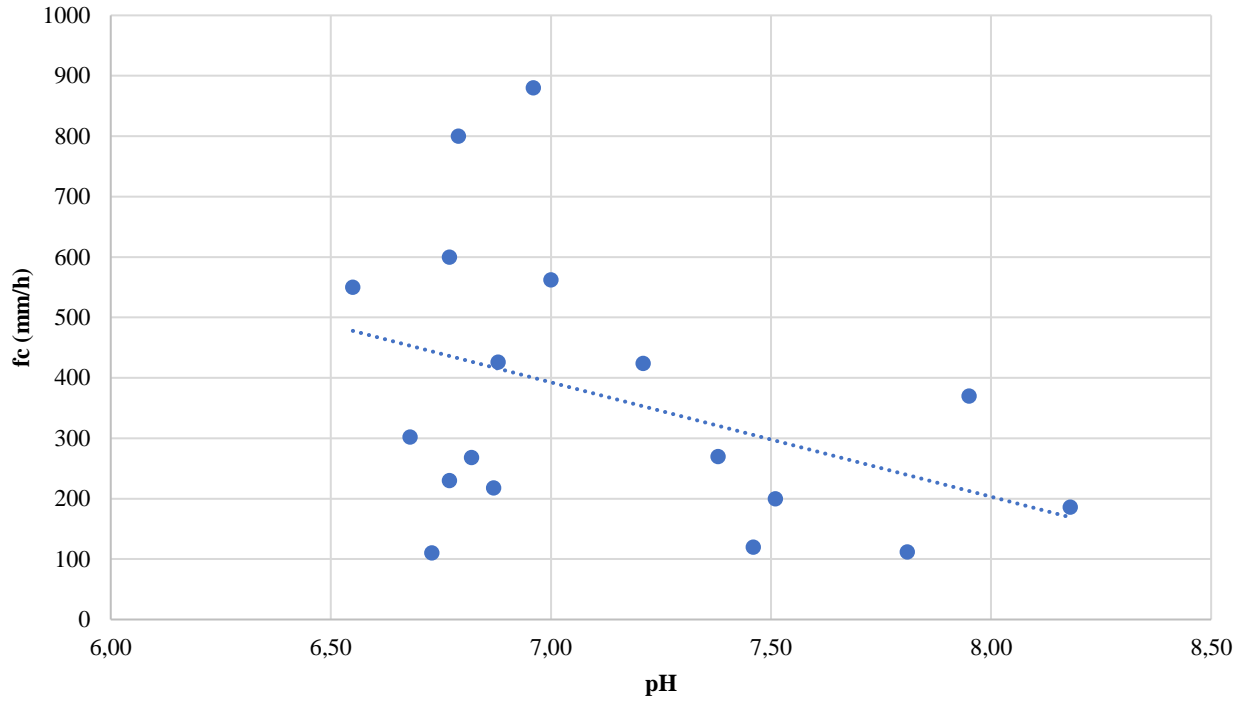


Figura 43. Análisis de regresión de fc con pH

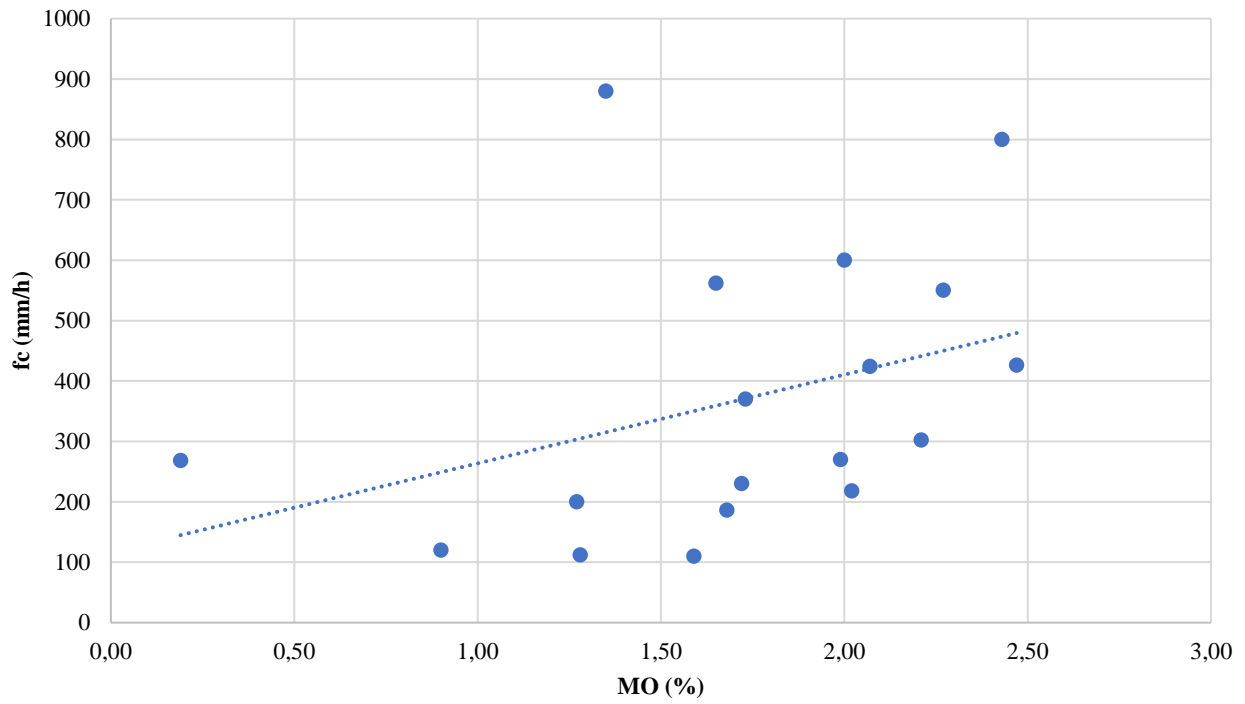


Figura 44. Análisis de regresión de fc con MO

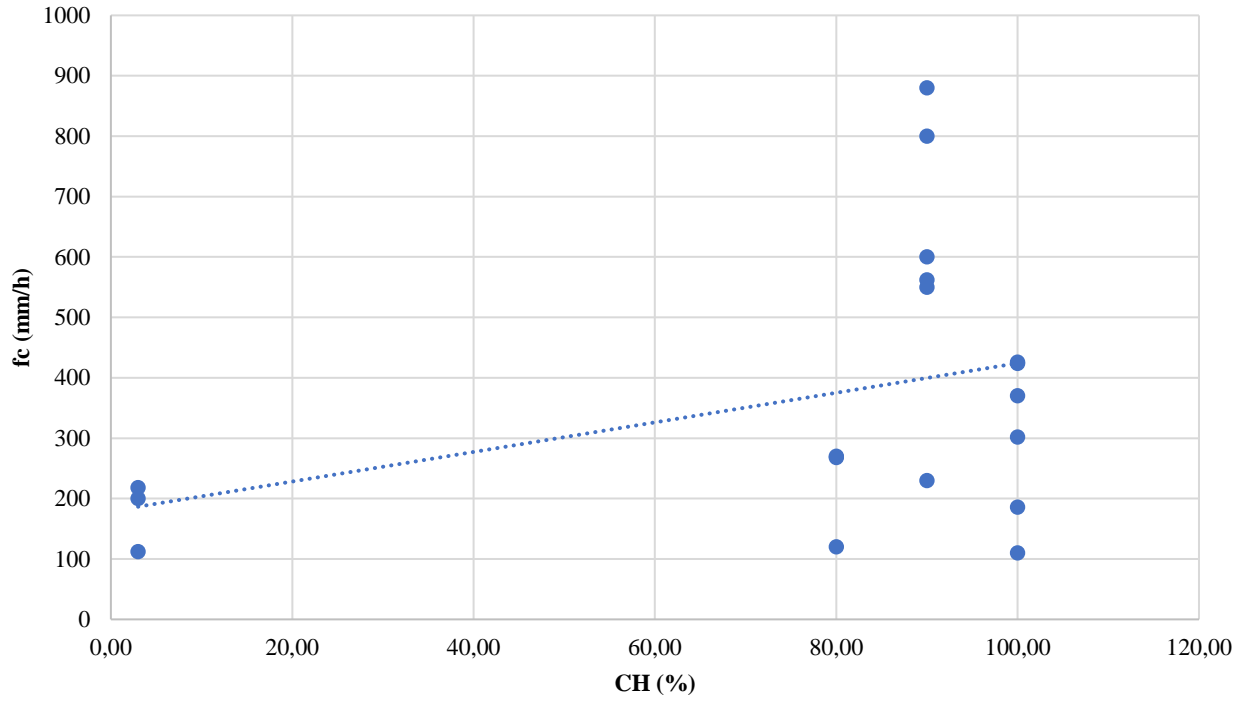


Figura 45. Análisis de regresión de f_c con CH

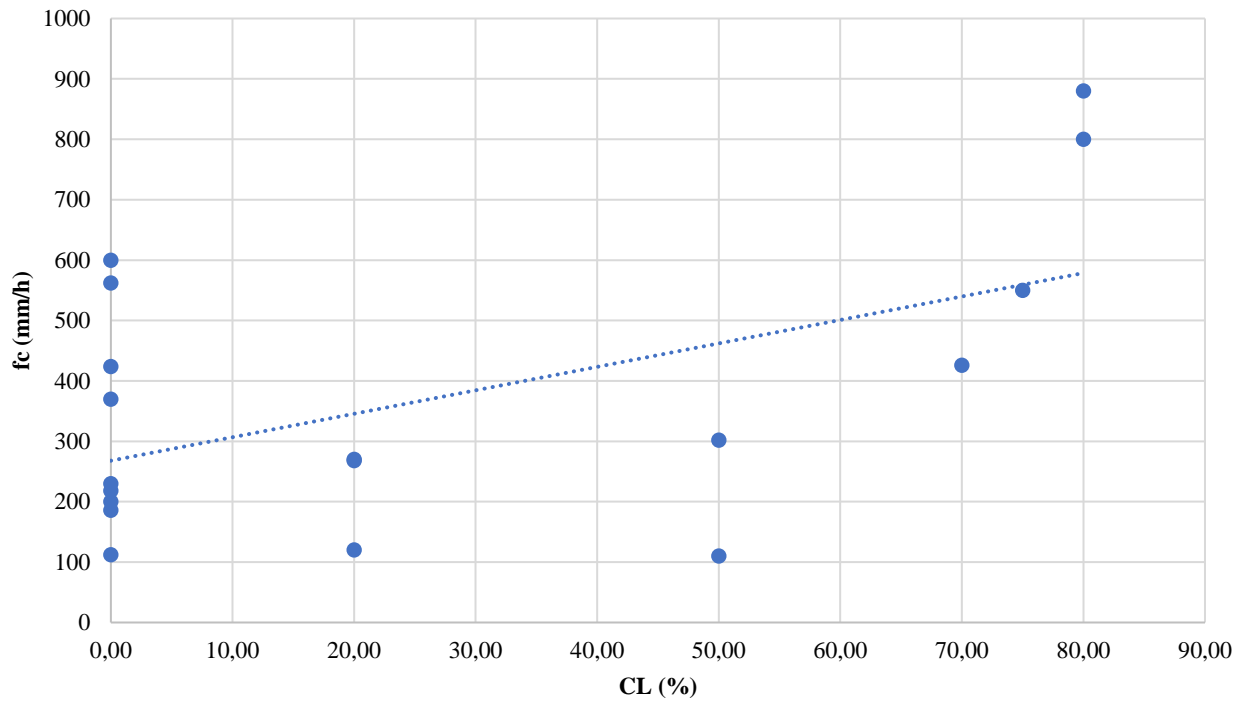


Figura 46. Análisis de regresión de f_c con CL

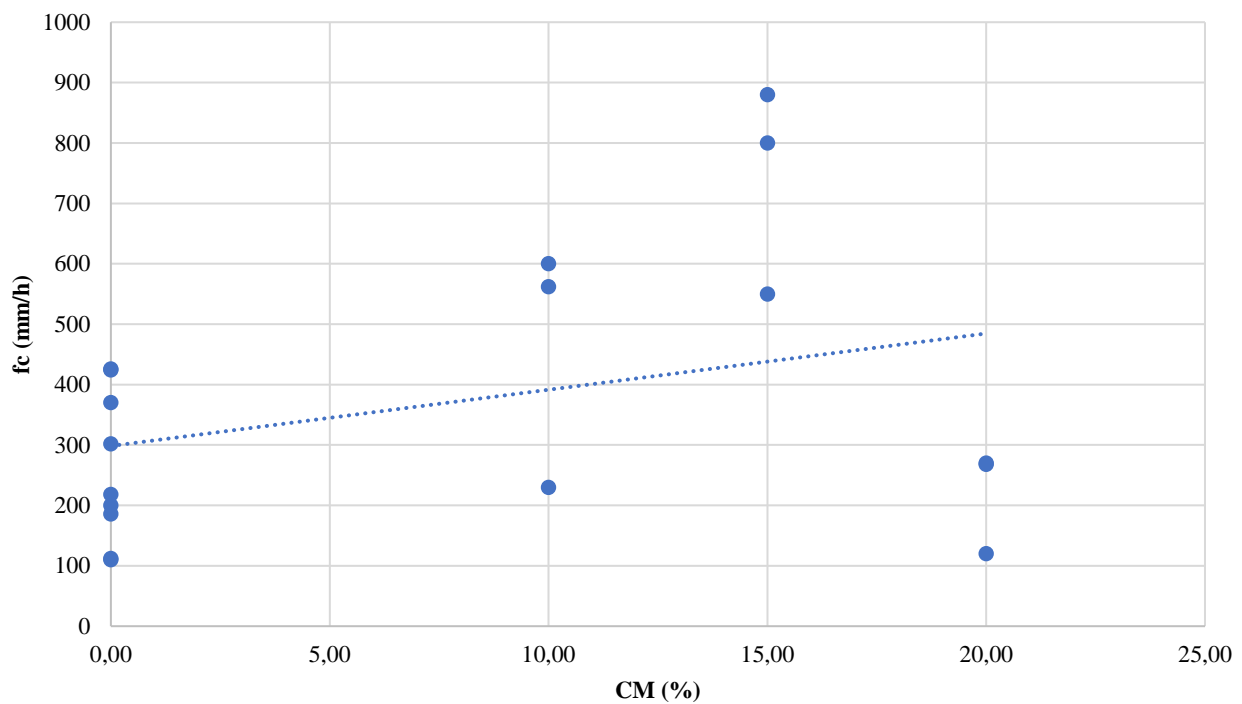


Figura 47. Análisis de regresión de f_c con CM

4.6. Ajuste al Modelo de Horton

Se ajustó la expresión de Horton a los datos de infiltración obtenidos para cada zona dentro de cada parcela. Mediante la función $f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k t}$, se puede averiguar la tasa de infiltración para un tiempo determinado. Las funciones relativas a cada zona estudiada se reflejan en la *Tabla 20*.

Tabla 20. Ecuaciones de Horton ajustadas para las tres zonas de cada parcela

Zona	f_0 (mm/h)	f_c (mm/h)	k (h^{-1})	Ecuación Horton
OLIVAR_CS	3420	743	0,059078646	$f = 743 + 2677 \cdot e^{-0,05907865 t}$
OLIVAR_SS	2190	464	0,049160921	$f = 464 + 1726 \cdot e^{-0,04916092 t}$
OLIVAR_M	1370	219	0,052737747	$f = 219 + 1151 \cdot e^{-0,05273775 t}$
CEREAL_CS	2460	327	0,095529947	$f = 327 + 2133 \cdot e^{-0,09552995 t}$

Zona	f_0 (mm/h)	f_c (mm/h)	k (h^{-1})	Ecuación Horton
CEREAL_SS	1690	279	0,078611654	$f = 279 + 1411 \cdot e^{-0,07861165 t}$
CEREAL_M	970	177	0,086658564	$f = 177 + 793 \cdot e^{-0,086658564 t}$

Se elaboraron también las curvas de infiltración de Horton para cada parcela (de la *Figura 48* a la *Figura 53*).

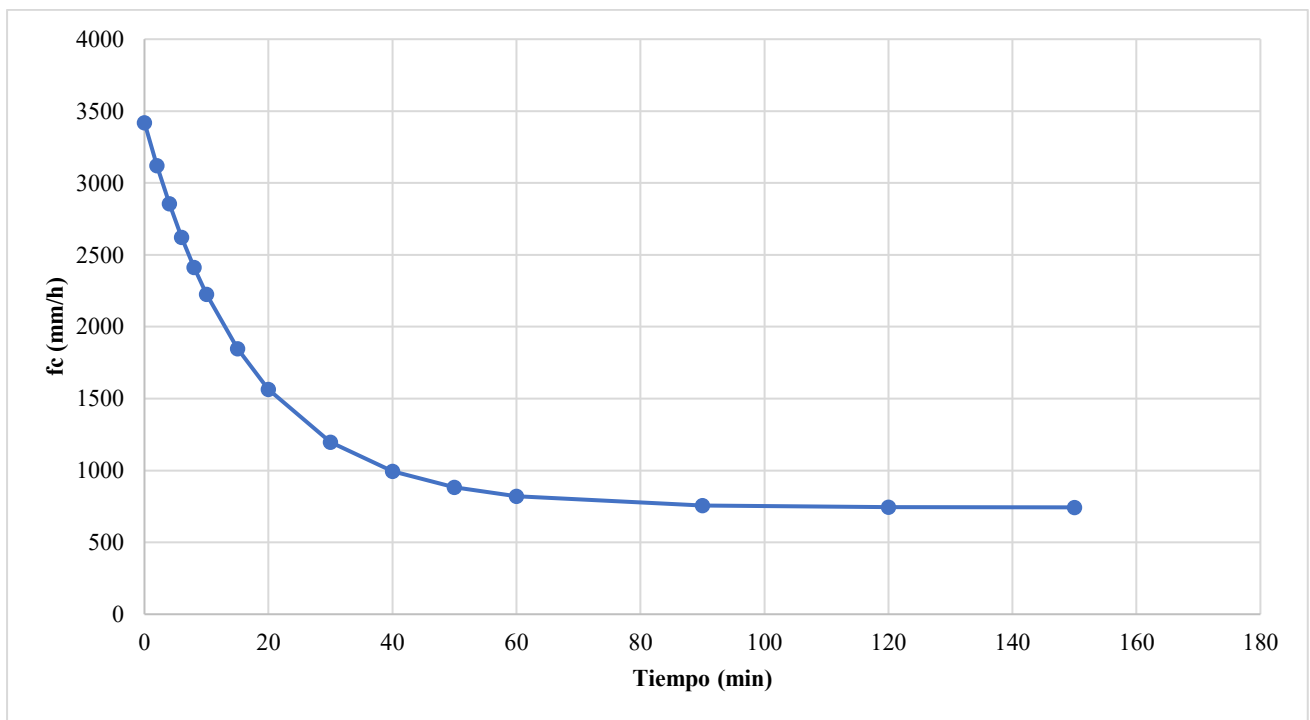


Figura 48. Curva de infiltración de Horton para OLIVAR_CS

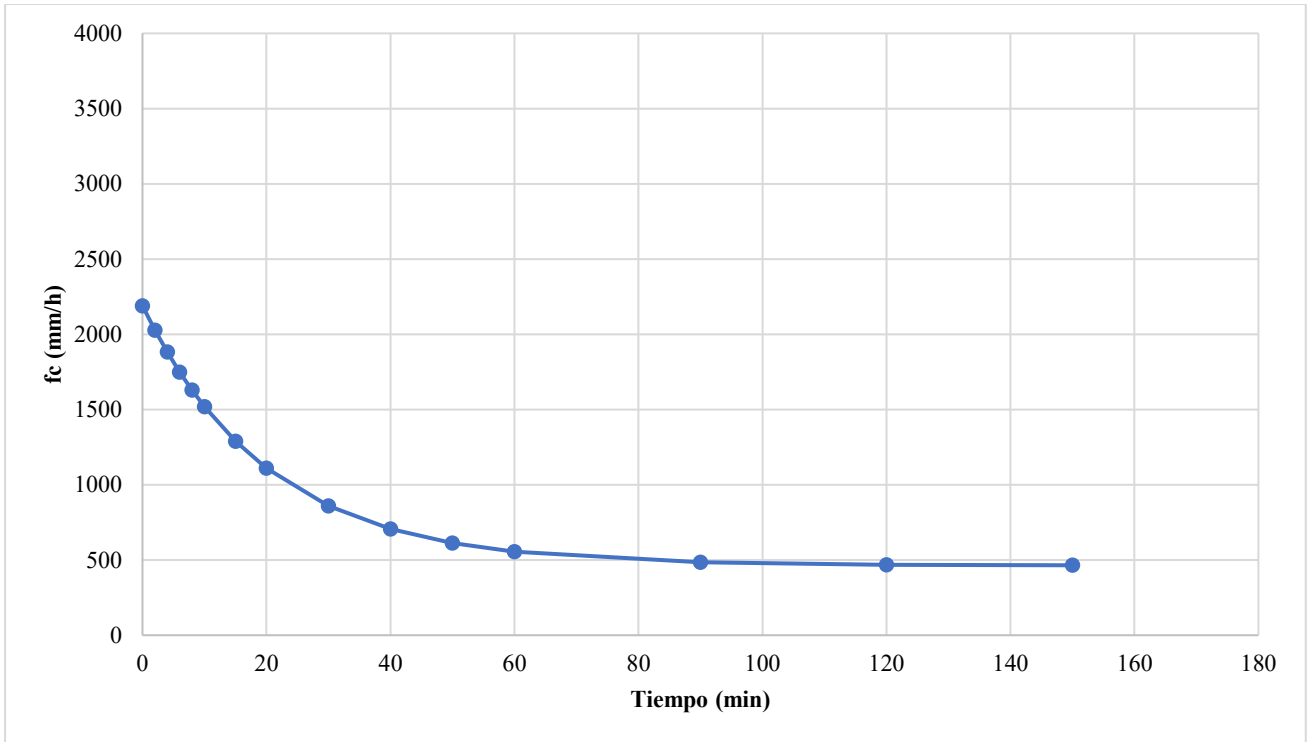


Figura 49. Curva de infiltración de Horton para OLIVAR_SS

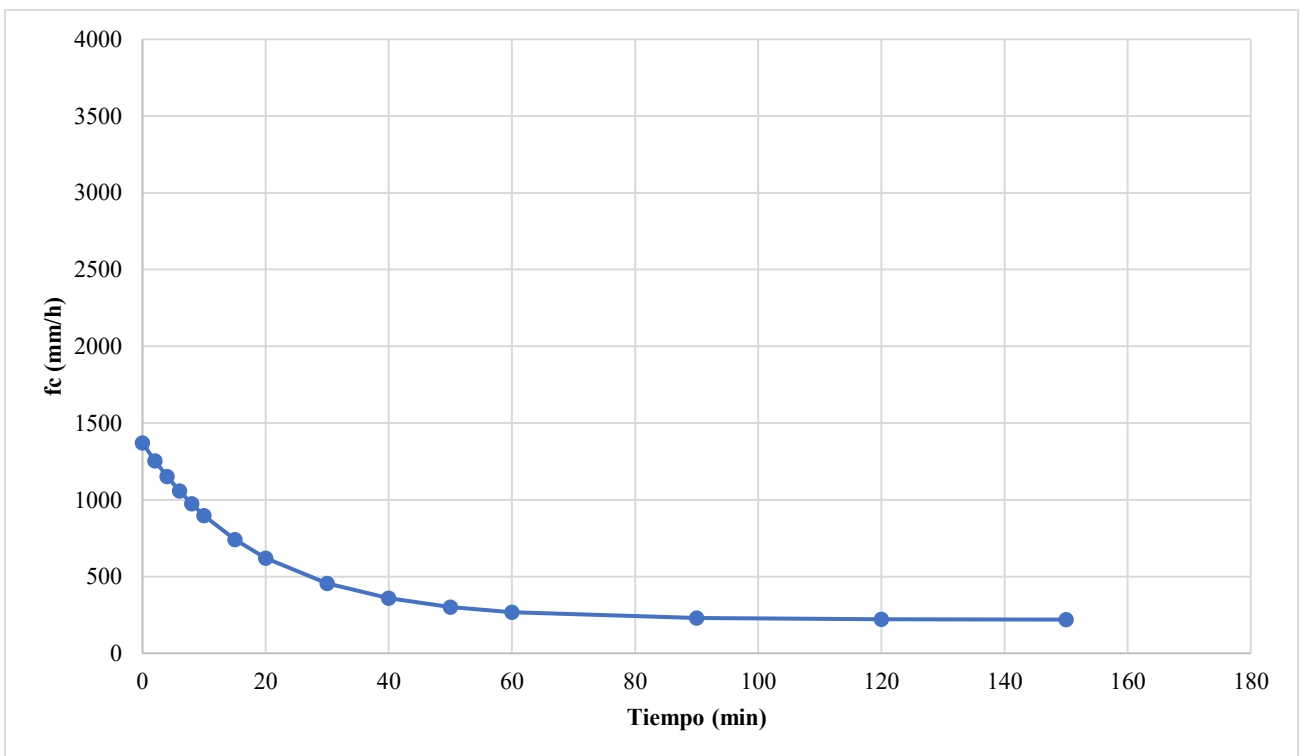


Figura 50. Curva de infiltración de Horton para OLIVAR_M

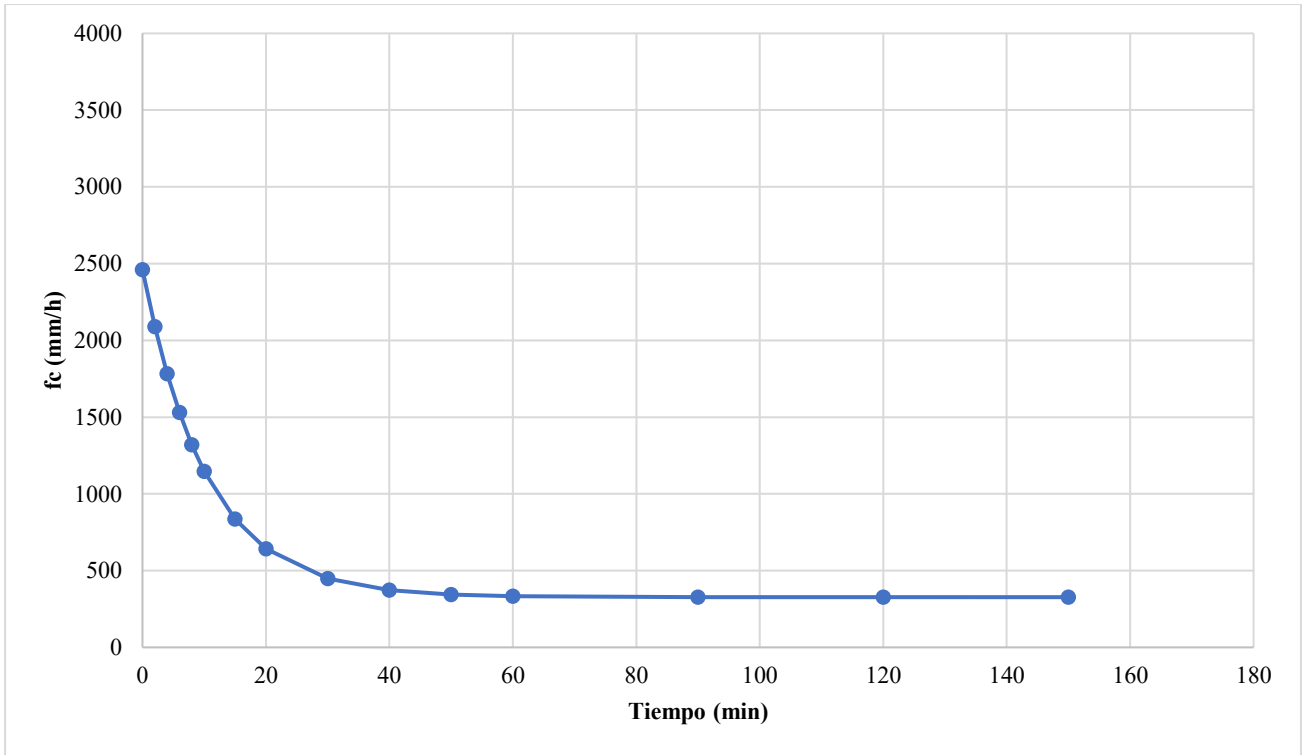


Figura 51. Curva de infiltración de Horton para CEREAL_CS

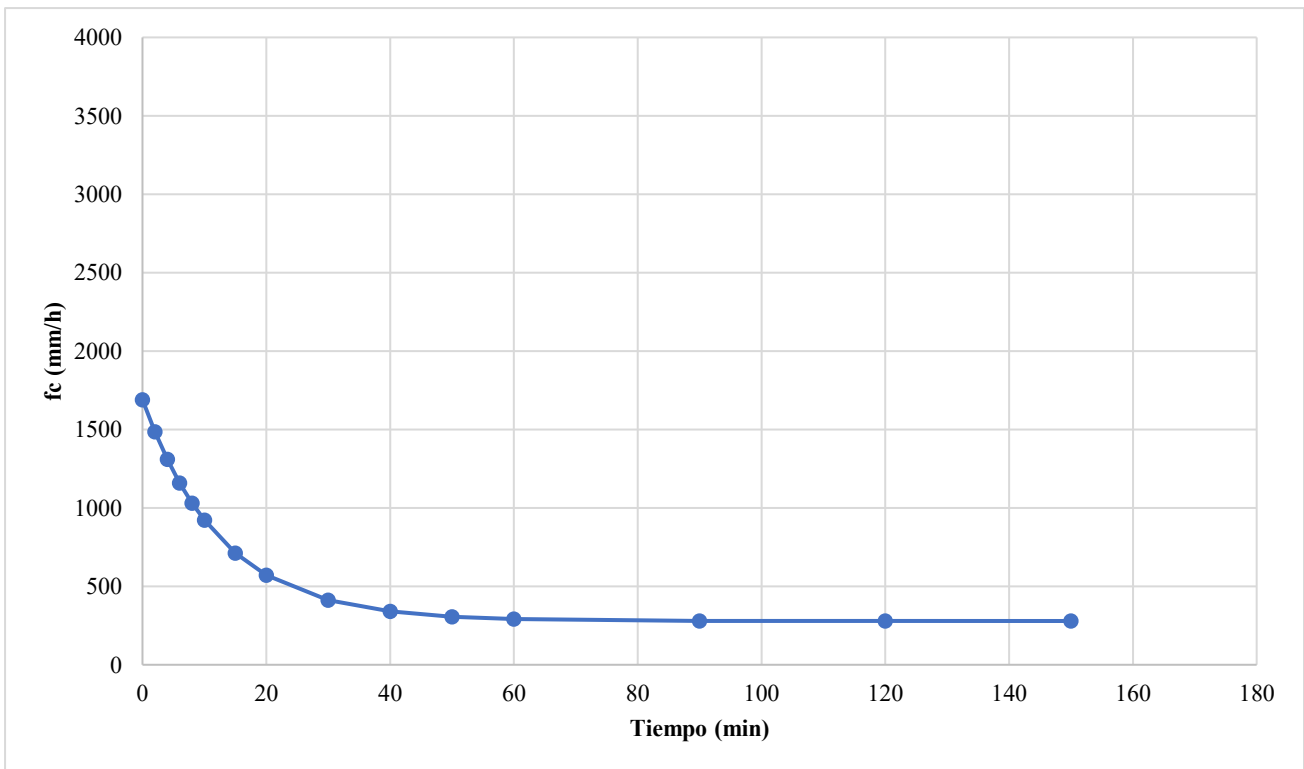


Figura 52. Curva de infiltración de Horton para CEREAL_SS

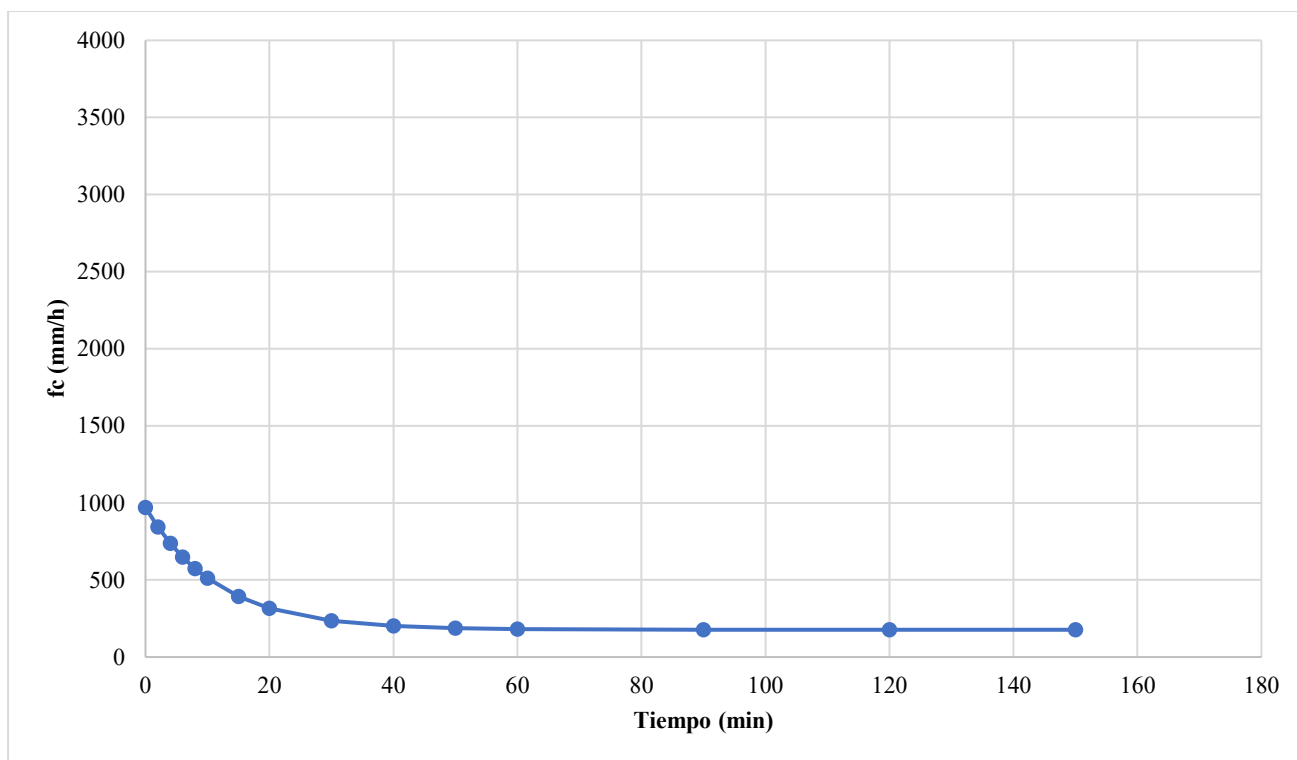


Figura 53. Curva de infiltración de Horton para CEREAL_M

4.7. Grupos hidrológicos de los suelos

Según su textura, los suelos de nuestro estudio pertenecen a los grupos hidrológicos A, B y C, siendo en general suelos con texturas bastante similares entre sí (Tabla 21). Según la f_c de cada zona, los suelos pertenecen al grupo hidrológico A (Mongil, 2012). En el Anexo VI se pueden observar los diagramas de la NCRS (2007) para cada suelo de este estudio.

Tabla 21. Grupos hidrológicos para los suelos en función de su textura y la f_c de las parcelas por zona

Zona	Grupo hidrológico de suelo según la textura	Grupo hidrológico de suelo según f_c (mm/h)
OLIVAR_CS	B*- C	A
OLIVAR_SS	A*- B	A
OLIVAR_M	A*- B	A
CEREAL_CS	A*- B	A
CEREAL_SS	B*- C	A
CEREAL_M	A*- B	A

(*) Estructura con buenos agregados, baja densidad aparente y/o más del 35% de fragmentos rocosos

5. DISCUSIÓN

Nuestro estudio corrobora la relación existente entre la presencia de setos en las fincas agrícolas con mayores tasas de infiltración de agua en el suelo, como afirman varios autores (Bermúdez *et al.*, 1984; García-Fayos, 2004; Puigdefábregas, 2005; Eiza & Carfagno, 2018; Leung *et al.*, 2018; entre otros). No obstante, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas estudiadas, muy posiblemente debido a la corta edad de los setos. En este sentido, algunos autores resaltan la edad de las especies de vegetación como otro factor que influye en la infiltración. Leung *et al.*, (2018) comprobó en su estudio que la tasa de infiltración aumentaba linealmente con la edad de la planta, teniendo en cuenta también el grosor de sus raíces. En general, los setos de nuestras parcelas son jóvenes, de 11 años en la parcela de olivar, algunos repuestos hace 3 años, y de 9 años en la parcela de cereal, con reposiciones realizadas en 2015. Por tanto, consideramos que estos setos son demasiado jóvenes para poder ver, en este momento, un efecto significativo o destacable en la tasa de infiltración.

Con relación a las curvas de infiltración obtenidas para cada zona, la rápida velocidad de infiltración en OLIVAR_CS la asociamos a la propia presencia de los setos, pues estos presentan un sistema radicular que facilita el paso del agua como afirmaban varios autores (Ghidey & Alberts, 1997; Pohl *et al.*, 2009; Leung *et al.*, 2018). La parcela del olivar contenía además un suelo bastante arenoso, y según Patle *et al.*, (2019) y Rietkerk *et al.*, (2002) estos suelos presentan una mayor tasa de infiltración de agua en el suelo. De todas las zonas estudiadas en la parcela de cereal, destacó también la zona con seto. En esta parcela la pedregosidad fue más abundante y, en combinación con otros factores, la presencia de cuerpos pedregosos también interviene de manera positiva en la infiltración (Boix *et al.*, 1996).

La tasa de infiltración final obtenida en OLIVAR_SS llama la atención, sobre todo por ser superior que en CEREAL_CS cuando lo que se esperaba era la situación contraria, en relación a nuestra hipótesis basada en la bibliografía consultada (Rey-Benayas *et al.*, 2016; Eiza & Carfagno, 2018; Holden *et al.*, 2019; entre otros). Esta excepción puede justificarse con las variables y las características de cada zona mencionadas más adelante. No obstante, si se analizan los resultados obtenidos por parcela se cumple nuestra hipótesis, pues se muestra que las zonas provistas de setos poseen mejores tasas de infiltración que aquellas libres de vegetación (Puigdefábregas, 2005; Eiza & Carfagno, 2018; Keesstra *et al.*, 2018; entre otros).

Coincidimos con otros autores en que la presencia de especies leñosas y de MO favorecen la infiltración en las lindes revegetadas con setos (Castro *et al.*, 1996; Rietkerk *et al.*, 2002; Casermeiro

et al., 2004; García-Fayos *et al.*, 2004; Puigdefábregas, 2005; Holden *et al.*, 2019; Marquart *et al.*, 2020), situando la parcela del olivar por encima de la del cereal. Ello puede deberse al tipo de vegetación de la que se componían los setos, pues aunque ambas lindes contenían especies similares, en la parcela del olivar hubo presentes dos especies arbóreas en los ensayos (un almendro, *Prunus dulcis*, y una encina, *Quercus ilex* (ver *Tabla 3*, *Tabla 4* y listado completo de especies en la *Tabla A 1* del *Anexo I*), mientras que en la parcela de cereal sólo había especies arbustivas. Consideramos esta aclaración importante, pues algunos autores destacan la importancia que las raíces de especies arbóreas ejercen sobre la infiltración, mejorándola significativamente (Hiramatsu & Kumazawa, 2002; Lange *et al.*, 2008; Leung *et al.*, 2018).

Por otro lado, la cobertura de musgos, aunque con un coeficiente bajo, también guardó una correlación positiva con la tasa de infiltración ($r = 0,334$; $\tau = 0,264$; $\rho = 0,310$). Las costras de musgo únicamente se encontraron presentes en la parcela del olivar, con coberturas del 15% en la zona con seto, del 10% en zona sin seto y del 20% en la matriz. Xiao *et al.*, (2011) afirman que este factor puede correlacionarse de manera positiva con la infiltración, pero estudios posteriores lo han puesto en duda, pues la capacidad de infiltración depende de las condiciones que se presenten y, en ocasiones, la cubierta de musgo puede prevenir el exceso de agua de infiltración en el suelo o aumentarla evitando así la pérdida por evapotranspiración (Gornall *et al.*, 2007; Xiao *et al.*, 2016).

Otra de las variables que resaltaron en el análisis fue el pH del suelo, el cual se correlacionó con un coeficiente bajo y negativo con la tasa de infiltración en ambas parcelas de cultivo ($r = - 0,304$; $\tau = - 0,236$; $\rho = - 0,304$). El pH suele correlacionarse de manera negativa con la tasa de infiltración del suelo debido al intercambio de iones que se produce entre este y el agua (Osuji *et al.*, 2010).

De manera general, llama la atención que otras variables como el contenido en arena, arcilla y limo no destaquen en la matriz de correlación y más aún que la arena muestre una correlación negativa con la tasa de infiltración, cuando ambas variables suelen tener una correlación positiva entre sí (Rietkerk *et al.*, 2002; Pohl *et al.*, 2009; Patle *et al.*, 2019). Sin embargo, habría que considerar que el volumen de macroporos es menor en suelos franco-arenosos y puede dificultarse la infiltración (Eldridge *et al.*, 2000; Schjønning & Rasmussen, 2000), como es nuestro caso en ambas parcelas. Esto también puede deberse a que las dos parcelas estudiadas no presentaron demasiadas diferencias en cuanto a la textura de sus suelos, ya que estos no se encontraban lo suficientemente alejados entre sí geográficamente como para presentar diferencias marcadas en sus texturas, lo que pudo conllevar similitud en los resultados obtenidos de ambas parcelas.

Por otro lado, la cobertura de hojarasca también se correlacionó negativamente con la tasa de infiltración ($r = -0,017$; $\tau = -0,052$; $\rho = -0,094$). Johnson (1940) y Meeuwig (1971) ya describieron que la cobertura de la hojarasca y los restos vegetales guardaban una relación positiva con la infiltración de agua en el suelo, debido a su aporte de materia orgánica. Otros autores como Wang *et al.*, (2020) añaden que la infiltración aumenta con el contenido de hojarasca en el suelo dependiendo de la intensidad de la lluvia, mejorando cuando la lluvia es poco intensa. Sin embargo, la infiltración, en relación con la hojarasca, parece depender de más factores como el tipo de vegetación según las especies que la compongan. Bughici & Wallach (2016) estudiaron la repelencia al agua asociada al contenido de la hojarasca de olivo (*Olea europaea*) y concluyeron que los olivares tienden a producir suelos hidrofóbicos, tanto en suelos arenosos como con un contenido relativamente alto en arcilla. Jordan *et al.*, (2008) encontraron evidencias de que los olivos y los alcornos tendían a aumentar la hidrofobicidad de los suelos al agua. Por tanto, podemos considerar normales los valores obtenidos en la parcela del olivar, teniendo como referencia estos resultados.

Finalmente, cabe resaltar la diferencia quizás más importante entre las dos parcelas como es el tipo de tratamiento que recibe cada una, pues se trata de otro factor que condiciona la tasa de infiltración de los suelos (Osuji *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2014) y que puede tener un papel clave en los resultados obtenidos. Pensamos que se podrían haber obtenido tasas de infiltración bastante más bajas en la parcela de cereal, de no ser por la rotación que se lleva a cabo del cultivo con leguminosas, que aportan múltiples beneficios al suelo y aumentan significativamente la infiltración (Huang *et al.*, 2016). Además, la práctica de la labranza remueve el suelo y, según Thierfelder & Wall, (2009), esta es una técnica agrícola que bien manejada y en consonancia con una agricultura de conservación está relacionada con una mayor estabilidad de la estructura del suelo (Wuest, 2001; Keesstra *et al.*, 2018). Sin embargo, la parcela del olivar presentó suelos más compactados debido al tránsito de maquinaria, que se traduce en aumentos de la densidad aparente con una disminución de la porosidad (Herrick *et al.*, 2005; Carrasco *et al.*, 2010). Estas diferencias pueden hacer que los resultados obtenidos sobre la infiltración en ambas parcelas se “compensen”, dando lugar a valores de infiltración dependientes de las características y de los tratamientos que recibe cada uno de los escenarios estudiados.

6. CONCLUSIONES

- 1) Los setos ejercen un efecto positivo en la tasa de infiltración de las parcelas agrícolas restauradas, destacando la tasa de infiltración de la parcela de olivar con seto respecto a las demás. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas estudiadas, posiblemente debido a la edad joven de los setos, por lo que sería interesante repetir este estudio dentro de varios años, donde las diferencias pueden ser más patentes.
- 2) La cobertura de leñosas y el contenido en materia orgánica fueron las variables más correlacionadas con la infiltración en nuestro estudio.
- 3) El efecto de otros factores no considerados, como el tipo de tratamiento aplicado en cada parcela, así como la variedad de especies de vegetación y su edad, pudieron haber influido en nuestros resultados.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Mongil-Manso, profesor de la UCAv, quien me prestó el material necesario para realizar los ensayos y me enseñó a utilizarlo de manera correcta, además de todo el material didáctico aportado. A Miriam Pajares Guerra, por soportar conmigo temperaturas extremas en pleno verano realizando los muestreos y los ensayos de infiltración; y a la FIRE, por proporcionar las parcelas donde se ha podido llevar a cabo este estudio y por sus labores de restauración realizadas. A los propietarios de las parcelas, José María Rey Benayas y Román Benayas, por permitirnos el acceso a las parcelas. Al Centro de Análisis del Medio Natural de la Universidad Católica de Ávila, por realizar los análisis e informes de las muestras de suelo.

REFERENCIAS

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., & Montalba, R. (2017). Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. *Sustainability*, 9(3), 349.
- Anderson, S. H., Udawatta, R. P., Seobi, T., & Garrett, H. E. (2009). Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforestry systems*, 75(1), 5-16.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Cambardella, C. A. (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945-1962.
- Angers, D. A., & Caron, J. (1998). Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 42(1-2), 55-72.
- Angima, S. D., Stott, D. E., O'neill, M. K., Ong, C. K., & Weesies, G. A. (2002). Use of calliandra–Napier grass contour hedges to control erosion in central Kenya. *Agriculture, ecosystems & environment*, 91(1-3), 15-23.
- Aoki, A. M., & Sereno, R. (2006). Evaluación de la infiltración como indicador de calidad de suelo mediante un microsimulador de lluvias. *Agriscientia*, 23(1).
- Barral, M. P., Benayas, J. M. R., Meli, P., & Maceira, N. O. (2015). Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 223-231.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological economics*, 64(2), 269-285.
- Benayas, J. M. R., Bullock, J. M., & Newton, A. C. (2008). Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 329-336.
- Benayas, J. M. R., & Bullock, J. M. (2012). Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems*, 15(6), 883-899.
- Benayas, J. M. R., & Fraile, A. M. (2017). Diagnóstico y directrices para la restauración de agroecosistemas.
- Blum, W. E. (2005). Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4(3), 75-79.

- Boix, C., Calvo Cases, A., Schoorl, J. M., & Soto, S. (1996). Algunos ejemplos de relación entre agregación, capacidad de infiltración y erosión en suelos mediterráneos.
- Brussaard, L., Pulleman, M. M., Ouédraogo, É., Mando, A., & Six, J. (2007). Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*, 50(6), 447-462.
- Bughici, T., & Wallach, R. (2016). Formation of soil–water repellency in olive orchards and its influence on infiltration pattern. *Geoderma*, 262, 1-11.
- Bullock, J. M., Aronson, J., Newton, A. C., Pywell, R. F., & Rey-Benayas, J. M. (2011). Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in ecology & evolution*, 26(10), 541-549.
- Butler, S. J., Vickery, J. A., & Norris, K. (2007). Farmland biodiversity and the footprint of agriculture. *Science*, 315(5810), 381-384.
- Caravaca, F., Masciandaro, G., & Ceccanti, B. (2002). Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, 68(1), 23-30.
- Carrasco, J., Antúnez, A., & Lemus, G. (2010). Caracterización de un suelo para el establecimiento de un huerto frutal. Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales. *Boletín INIA*, (207), 71-79.
- Casermeiro, M. A., Molina, J. A., De la Cruz Caravaca, M. T., Costa, J. H., Massanet, M. H., & Moreno, P. S. (2004). Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. *Catena*, 57(1), 91-107.
- Castro, J., Campos, P., & Pastor, M. (1996). Influencia de los sistemas de cultivo empleados en olivar y girasol sobre la composición de la fauna de artrópodos en el suelo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 22, 557-570.
- Cerdà, A., & Jurgensen, M. F. (2008). The influence of ants on soil and water losses from an orange orchard in eastern Spain. *Journal of Applied Entomology*, 132(4), 306-314.
- Cerdà, A., Flanagan, D. C., Le Bissonnais, Y., & Boardman, J. (2009). Soil erosion and agriculture. *Soil & Tillage Research*, 1(106), 107-108.
- Chahine, M. T. (1992). The hydrological cycle and its influence on climate. *Nature*, 359(6394), 373-380.
- Clothier, B. E., Green, S. R., & Deurer, M. (2008). Preferential flow and transport in soil: progress and prognosis. *European Journal of Soil Science*, 59(1), 2-13.

- Daily, G. C. (1997). *Nature's services* (Vol. 3). Island Press, Washington, DC.
- Daily, G. C., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (1997). Ecosystem services supplied by soil. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 113-132.
- Del Palacio, Ó. J. R., & Navarro, S. H. (2013). 8. La conectividad ecológica en los espacios agrarios. Aportaciones desde los procesos de concentración parcelaria. In *Planificación espacial y conectividad ecológica: los corredores ecológicos* (pp. 269-298). Instituto Universitario de Urbanística.
- De Miguel, E. (2008). Informe técnico sobre medidas para la restauración, de setos, lindes y sotos de ribera en explotaciones de regadío. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological economics*, 69(9), 1858-1868.
- Dunne, T., & Leopold, L. B. (1978). *Water in environmental planning*. Macmillan.
- Earnshaw, S. (2004). Hedgerows for California agriculture. *Community Alliance for Family Farmers: Davis, CA, USA*.
- Eiza, M; C Iurrtia; P Carfagno & Babinec. (2008). Comparación de modelos de infiltración aplicados a eventos de simulación de lluvia en suelos de la Región Pampeana. En: *Actas en Cd del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 13 al 16 de mayo de 2008. Potrero de los funes, San Luis, Argentina.
- Eiza, M. J., & Carfagno, P. (2018). Medición de la infiltración en el suelo. Infiltrómetro de anillo simple y simulador de lluvia.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- García-Fayos, P. (2004). Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica.
- García-Orenes, F., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Bodí, M. B., Arcenegui, V., ... & Sempere, J. G. (2009). Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain. *Soil and Tillage Research*, 106(1), 117-123.
- Ghidey, F., & Alberts, E. E. (1997). Plant root effects on soil erodibility, splash detachment, soil strength, and aggregate stability. *Transactions of the ASAE*, 40(1), 129-135.

- Godagnone, R., Irurtia, C., Holzmann, R., & Cuenca, M. (2012). Pérdidas de agua por flujo lateral en un infiltrómetro de anillo simple. In XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo- XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- Gómez, G. C., Santos, R. G., Cerrón, R. M., Capcha, T. M., & Villavicencio, C. O. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*, 4 (1)32-43.
- Gornall, J. L., Jónsdóttir, I. S., Woodin, S. J., & Van der Wal, R. (2007). Arctic mosses govern below-ground environment and ecosystem processes. *Oecologia*, 153(4), 931-941.
- Grismer, M. E. (2016). Determination of watershed infiltration and erosion parameters from field rainfall simulation analyses. *Hydrology*, 3(3), 23.
- Grizzetti, B., Lanzasova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy*, 61, 194-203.
- Gutiérrez, J. P., van Halem, D., Uijtewaal, W. S., del Risco, E., & Rietveld, L. C. (2018). Natural recovery of infiltration capacity in simulated bank filtration of highly turbid waters. *Water research*, 147, 299-310.
- Haghnazari, F., Shahgholi, H., & Feizi, M. (2015). Factors affecting the infiltration of agricultural soils. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(5), 21-35.
- Hendrickx, J. M., & Flury, M. (2001). Uniform and preferential flow mechanisms in the vadose zone. *Conceptual models of flow and transport in the fractured vadose zone*, 149-187.
- Herrick, J. E., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Burkett, L. M., & Whitford, W. G. (2005). Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Volume I: quick start. Volume II: design, supplementary methods and interpretation.
- Holden, J., Grayson, R. P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P. J., Edmondson, J. L., ... & Jones, D. T. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 1-12.
- Holtan, H. N. (1961). Concept for infiltration estimates in watershed engineering.
- Horton, R. E. (1937). Determination of infiltration-capacity for large drainage-basins. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 18(2), 371-385.

- Horton, R. E. (1941). An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity 1. *Soil science society of America journal*, 5(C), 399-417.
- Ibero, C. 1998. Sobre los beneficios de los setos en las lindes de los cultivos: Setos, linderos y sotos de ribera. Pulso agrario/monografía. Invierno 1998/99. Madrid. España.
- Johnson, W. M. (1940). Infiltration capacity of forest soil as influenced by litter. *Journal of forestry*, 38.
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 39(2), 277-289.
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., & Cerdà, A. (2018). The superior effect of naturebased solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610, 997-1009.
- Klingebiel AA, Montgomery PH. Land capability classification. Washington: *Soil Conservation Service United States Department of Agriculture*; 1961.
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A., Regetz, J. & Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4): 299-314.
- Lange, B., Lüscher, P., & Germann, P. (2009). Significance of tree roots for preferential infiltration in stagnic soils. *Hydrology and earth system sciences*, 13(10), 1809-1821.
- Leung, A. K., Boldrin, D., Liang, T., Wu, Z. Y., Kamchoom, V., & Bengough, A. G. (2018). Plant age effects on soil infiltration rate during early plant establishment. *Géotechnique*, 68(7), 646-652.
- Lipiec, J., Kuś, J., Słowińska-Jurkiewicz, A., & Nosalewicz, A. (2006). Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil and Tillage research*, 89(2), 210-220.
- López Bermúdez, F., Romero Diaz, M. A., Ruiz García, A., Fisher, G. C., & Francis, C. (1984). Erosión y ecología en la España semiárida (Cuenca de Mula, Murcia). *Cuadernos de investigación geográfica*, 10(1-2), 113-126.
- Mangala, O. S., Toppo, P., & Ghoshal, S. (2016). Study of infiltration capacity of different soils. *International Journal of Trend in Research and Development*, 3(2), 388-390.

- Marquart, A., Eldridge, D. J., Geissler, K., Lobas, C., & Blaum, N. (2020). Interconnected effects of shrubs, invertebrate-derived macropores and soil texture on water infiltration in a semi-arid savanna rangeland. *Land Degradation & Development*.
- Martínez Fernández, J., & López Bermúdez, F. (1996). Métodos para el estudio de las propiedades hídricas de suelos y formaciones superficiales. *Cuadernos Técnicos de la SEG* nº9.
- McLaughlin, A., & Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 55(3), 201-212.
- Martínez de Azagra, A. & Navarro, J. (1996). Hidrología forestal. El ciclo hidrológico. Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid. Valladolid. ISBN: 84-7762-588-3.
- Meeuwig, R. O. (1971). Infiltration and water repellency in granitic soils (Vol. 111). *Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture*.
- Michelena, R., Iruetia, C., Eiza, M., Carfagno, P., & Pirolo, T. (2010). Manual de Procedimientos de Análisis Físico del Suelo. *Castelar: INTA*.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Mongil-Manso, J. 2013. Hidrología y restauración hidrológico-forestal. Universidad Católica de Ávila.
- Mongil-Manso, J.; Díaz, V.; Navarro, J.; Cruz, V. 2013. *Infiltrómetro inundador mejorado de cilindro simple de metacrilato con elementos facilitadores de la medición para test de infiltración económico en campo. Proyecto Infiltest*. Memoria de investigación. Programa piloto de prototipos orientados al mercado TCUE4. Universidad Católica de Ávila. Ávila.
- Mongil-Manso, J., Navarro-Hevia, J., Díaz-Gutiérrez, V.; Cruz-Alonso, V. (2015). Nuevo infiltrómetro inundador para test de infiltración económico en terrenos agroforestales y espacios verdes. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (41), 281-290.
- Morandin, L. A., & Kremen, C. (2013). Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications*, 23(4), 829-839.
- Musgrave, G. W., & Holtan, H. N. (1964). Infiltration. *Handbook of Applied Hydrology*, Ed.: VT Chow.

- Nave, M., Pedrani, A., Vich, A. I. J., & Mariani, A. (1973). Caracterización del proceso de infiltración en el Piedemonte Mendocino. *Manejo Ecológico de Cuencas*, IANIGLA, 2002, 145-149.
- NRCS (2007). Part 630. Hydrology. *National Engineering Handbook*. Washington D.C.
- Oster, J. D., & Schroer, F. W. (1979). Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Science Society of America Journal*, 43(3), 444-447.
- Osuji, G. E., Okon, M. A., Chukwuma, M. C., & Nwarie, I. I. (2010). Infiltration characteristics of soils under selected land use practices in Owerri, Southeastern Nigeria. *World journal of Agricultural sciences*, 6(3), 322-326.
- Overton, D. E. (1964). Mathematical refinement of an infiltration equation for watershed engineering. *Agricultural Research Service*, US Department of Agriculture.
- Patle, G. T., Sikar, T. T., Rawat, K. S., & Singh, S. K. (2019). Estimation of infiltration rate from soil properties using regression model for cultivated land. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(1), 1-13.
- Pérez López, C. (2005). Técnicas Estadísticas con SPSS. Pearson Educación, S. A. Madrid. ISBN: 84-205-4410-8
- Pizarro, R., & Flores, J. (2008). Módulo 3 Curvas de infiltración. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos.
- Pohl, M., Alig, D., Körner, C., & Rixen, C. (2009). Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. *Plant and Soil*, 324(1-2), 91-102.
- Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 365(1554): 2959-2971.
- Puigdefábregas, J. T. (2001). Factores que controlan las relaciones entre precipitación, escorrentía e infiltración en zona árida y sus implicaciones en la gestión del agua. *Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas*, 29-36.
- Puigdefábregas, J. (2005). The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 30(2), 133-147.

- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Peres, G., & Rutgers, M. (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services, an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 529-538.
- Rey-Benayas J. M., Gómez Crespo J. I., Mesa Fraile A. V., 2016. Guía para la plantación de setos e islotes forestales en campos agrícolas mediterráneos. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.
- Rietkerk, M., Boerlijst, M. C., van Langevelde, F., HilleRisLambers, R., de Koppel, J. V., Kumar, L., ... & de Roos, A. M. (2002). Self-organization of vegetation in arid ecosystems. *The American Naturalist*, 160(4), 524-530.
- Santos, J. D., San Juan, R. F. D. V., de Provens, E. C. P., & Arrarás, Í. R. (2008). Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo: revisión del parámetro CRA. *Forest Systems*, 15(1), 14-23.
- Schjønning, P., & Rasmussen, K. J. (2000). Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. *Soil and Tillage Research*, 57(1-2), 69-82.
- Schulte, R. P., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'huallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*, 38, 45-58.
- Sepúlveda, R. B. (1999). El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica de los suelos. Experiencias de campo en ámbitos de montaña mediterránea. BAETICA. *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea*, (21).
- Singh, B., Sihag, P., & Singh, K. (2017). Modelling of impact of water quality on infiltration rate of soil by random forest regression. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(3), 999-1004.
- Soil Science Society of America. 2008. *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, WI, USA. SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group). 2004.
- Thierfelder, C., & Wall, P. C. (2009). Effects of conservation agriculture techniques on infiltration and soil water content in Zambia and Zimbabwe. *Soil and tillage research*, 105(2), 217-227.
- Thrupp, L. A. (2000). Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International affairs*, 76(2), 265-281

- Trujillo-Miranda, A. L., Toledo-Aceves, T., López-Barrera, F., & Gerez-Fernández, P. (2018). Active versus passive restoration: Recovery of cloud forest structure, diversity and soil condition in abandoned pastures. *Ecological Engineering*, 117, 50-61.
- Van Vooren L, Reubens B, Broekx S, De Frenne P, Nelissen V, Pardon P et al. Ecosystem service delivery of agri-environment measures: a synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *AgrEcosyst Environ* 2017; 244:32–51.
- Wade, M. R., Gurr, G. M., & Wratten, S. D. (2008). Ecological restoration of farmland: progress and prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 831-847.
- Wang, L., Zhang, G., Zhu, P., & Wang, X. (2020). Comparison of the effects of litter covering and incorporation on infiltration and soil erosion under simulated rainfall. *Hydrological Processes*.
- White, P. J., Crawford, J. W., Díaz Álvarez, M. C., & García Moreno, R. (2012). Soil management for sustainable agriculture.
- Wu, G. L., Liu, Y., Yang, Z., Cui, Z., Deng, L., Chang, X. F., & Shi, Z. H. (2017). Root channels to indicate the increase in soil matrix water infiltration capacity of arid reclaimed mine soils. *Journal of hydrology*, 546, 133-139.
- Wuest, S. B. (2001). Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland pea-wheat rotation. *Applied Soil Ecology*, 18(2), 187-192.
- Xiao, B., Wang, Q. H., Zhao, Y. G., & Shao, M. A. (2011). Artificial culture of biological soil crusts and its effects on overland flow and infiltration under simulated rainfall. *Applied soil ecology*, 48(1), 11-17.
- Xiao, B., Hu, K., Ren, T., & Li, B. (2016). Moss-dominated biological soil crusts significantly influence soil moisture and temperature regimes in semiarid ecosystems. *Geoderma*, 263, 35-46.
- Xu, X., Lewis, C., Liu, W., Albertson, J. D., & Kiely, G. (2012). Analysis of single-ring infiltrometer data for soil hydraulic properties estimation: Comparison of BEST and Wu methods. *Agricultural Water Management*, 107, 34-41.

RECURSOS WEB:

- Agencia Meteorológica (2020). Datos climatológicos – Agencia Estatal de Meteorología – AEMET. Gobierno de España. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos> [Consultada 30 septiembre 2020].
- Anthos (2020). Sistema de Información sobre las plantas de España. Disponible en: <http://www.anthos.es/>. [Consultada 15 septiembre 2020].
- Box Plot Generator. Plotly Chart Studio. Disponible en: <https://chart-studio.plotly.com/create/box-plot/?fid=mpontiel92:1&fid=mpontiel92:0>. [Consultada 01 octubre 2020].
- Comisión Europea – *European Commission* (2020). Estrategia De La UE Sobre Biodiversidad Para 2030. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_es. [Consultada 10 septiembre 2020].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO (2015). Disponible en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/285729/>. [Consultada 30 septiembre 2020].
- Instituto Geológico y Minero de España. IGME. (2020). Ministerio de Ciencia e Innovación- Gobierno de España. Disponible en: <http://www.igme.es/actividadesIGME/lineas/cartGeo.htm>. [Consultada 30 septiembre 2020]
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/>. [Consultada 15 septiembre 2020].
- Portal de Mapas de Castilla-La Mancha. Gobierno de Castilla-La Mancha. Disponible en: <https://www.castillalamancha.es/gobierno/fomento/estructura/sgfomento/actuaciones/portal-de-mapas-de-castilla-la-mancha>. [Consultada 30 septiembre 2020].
- SER. 2004. *Society for ecological restoration international's primer of ecological restoration*. Disponible en: <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>. [Consultada 10 septiembre 2020].
- Sistema de Información Geográfica de datos Agrarios. SIGA (2020). Disponible en: <https://sig.mapama.gob.es/siga/>. [Consultada 20 octubre 2020].

ANEXOS

INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Listados de vegetación	81
Anexo II. Modelos de estadillo de campo	84
Anexo III. Tablas	88
Anexo IV. Imágenes.....	106
Anexo V. Factores ambientales de las zonas de cada parcela recogidas en campo	109
Anexo VI. Texturas de suelo según <i>Natural Resources Conservation Service</i> (NRCS, USDA)	113
Anexo VII. Informes de laboratorio	117

Anexo I. Listados de vegetación

Tabla A 1. Especies plantadas en el seto de las dos parcelas de estudio

CEREAL	OLIVAR
Especies	Especies
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Colutea arborescens</i>	<i>Daphne gnidium</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Jasminum fruticans</i>
<i>Daphne gnidium</i>	<i>Phyllirea angustifolia</i>
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Pistacia terebinthus</i>
<i>Ephedra nebrodensis</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Genista hirsuta</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>
<i>Genista scorpius</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Lonicera implexa</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Osyris alba</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Phyllirea angustifolia</i>	<i>Prunus dulcis</i>
<i>Pistacia terebinthus</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Prunus spinosa</i>	<i>Colutea arborescens</i>
<i>Quercus coccifera</i>	<i>Genista scorpius</i>
<i>Retama sphaerocarpa</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Rhamnus lycioides</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Rhus coryaria</i>	<i>Osyris alba</i>
<i>Rosa canina</i>	<i>Lavandula latifolia</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	

Tabla A 2. Inventario florístico de la FIRE respecto a la vegetación potencial en la zona de estudio

Especies	
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	<i>Prunus dulcis</i>
<i>Celtis australis</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Cistus albidus</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Colutea arborescens</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>
<i>Coronilla juncea</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>

Especies	
<i>Cytisus scoparius</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Daphne gnidium</i>	<i>Rhus coryaria</i>
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Ephedra fragilis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Ephedra nebrodensis</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>
<i>Ficus carica</i>	<i>Ruscus aculeatus</i>
<i>Genista hirsuta</i>	<i>Santolina chamaerocypris</i>
<i>Genista scorpius</i>	<i>Santolina rosmarinifolia</i>
<i>Halimium atripicifolium</i>	<i>Satureja montana</i>
<i>Jasminum fruticans</i>	<i>Tamarix africana</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Teucrium fruticans</i>
<i>Lavandula latifolia</i>	<i>Teucrium polium</i>
<i>Lavandula pedunculata</i>	<i>Thymus masticina</i>
<i>Lonicera implexa</i>	<i>Thymus zygis</i>
<i>Lycium europaeus</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i>
<i>Osyria alba</i>	<i>Pistacia terebinthus</i>

Anexo II. Modelos de estadillo de campo



1. ESTADILLO ENSAYO DE INFILTRACIÓN

FECHA: LUGAR: COORDENADAS UTM: OBSERVACIONES:	PARCELA: MUNICIPIO:	PROVINCIA: MAPA IGN:
--	--------------------------------------	---------------------------------------

	TIEMPO (H:M)	ALTURA INFILTRADA (mm)
Altura infiltrómetro:	00:00	
	00:02	
	00:04	
	00:06	
	00:08	
	00:10	
	00:15	
	00:20	
	00:30	
	00:40	
	00:50	
	01:00	
	01:30	
	02:00	
	02:30	
03:00		



2. ESTADILLO CUESTIONARIO DE INFILTRACIÓN

FECHA: LUGAR: COORDENADAS UTM: OBSERVACIONES:	PARCELA: MUNICIPIO:	PROVINCIA: MAPA IGN:
--	--------------------------------------	---------------------------------------

FACTOR	VALOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica		
Pendiente		
Exposición		
Vegetación: Descripción, Especies, Densidad, Biomasa, Altura		
Herbáceas		
Líquenes		
Musgos		
Hojarasca o pinocha		
Canales raíces o fauna		
Estado superficie suelo		
Profundidad perfil		
Pedregosidad perfil		
Textura		
Estructura		
Densidad y porosidad		
Permeabilidad		
Contenido de humedad		
Materia orgánica		
Carbonato cálcico		
Tratamientos al suelo		

INSTRUCCIONES

FACTOR	VALOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	Se da el valor de la T medido a 10 cm de profundidad	Con temperaturas muy bajas puede haber costra congelada
Pendiente	Se da el valor de la pendiente (%)	Con clisímetro
Exposición	Se dirá si es solana, umbría o llano, o el punto cardinal	Con brújula
Vegetación: Descripción, Especies, Densidad, Biomasa, Altura	Descripción lo más completa posible	Por observación en campo y bibliografía
Herbáceas	% superficie cubierta	Mediante marco metálico de 0,5x0,5 m, y patrones de cobertura
Líquenes	% superficie cubierta	Mediante marco metálico de 0,5x0,5 m, y patrones de cobertura
Musgos	% superficie cubierta	Mediante marco metálico de 0,5x0,5 m, y patrones de cobertura
Hojarasca o pinocha	% superficie cubierta, tipo, espesor	Mediante marco metálico de 0,5x0,5 m, y patrones de cobertura
Canales raíces o fauna	Indicar abundancia en el perfil	Mediante calicata
Estado superficies suelo	Costras, etc.	Observación
Profundidad perfil	Mediren el perfil	Mediante calicata
Pedregosidad perfil	En el perfil y en superficie	La del perfil mediante calicata. La superficial mediante marco metálico.
Textura	% Ar, L y Ac, y clase de textura USDA	Análisis de suelo. Puede hacerse una prueba en campo
Estructura	Observación del perfil	Mediante calicata
Densidad y porosidad	Indicar valores	A partir de la textura. Puede hacerse con muestra inalterada en cilindro de acero
Permeabilidad	Indicar valor	Mediante triángulos de textura de Rawls y Brakensiek (1989) y López Cadenas (1998)
Contenido de humedad	Indicar valor y condición previa de humedad	Puede determinarse por el método gravimétrico o mediante medidor de humedad
Materia orgánica	%	Análisis de suelo
Carbonato cálcico	%	Análisis de suelo
Tratamientos al suelo	Indicar si se han hecho tratamientos	Observación

Anexo III. Tablas

Tabla A 3. Variables estudiadas y métodos utilizados en laboratorio

Variable	Método utilizado
pH (unidades de pH)	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	Potenciometría
Textura (%)	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	Cálculos
Nitrógeno total (%)	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	Cálculos
Carbonatos (%)	Calcímetro de Bernard
Caliza activa (%)	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	Espectofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	EEA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	EEA (Llama)

*ppm de metal = mg metal / kg suelo

Tabla A 4. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_MI

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	19	19	570	570
0:04	2	4	0,07	12	31	360	465
0:06	2	6	0,10	6	37	180	370
0:08	2	8	0,13	6	43	180	323
0:10	2	10	0,17	7	50	210	300
0:15	5	15	0,25	21	71	252	284
0:20	5	20	0,33	20	91	240	273
0:30	10	30	0,50	37	128	222	256
0:40	10	40	0,67	30	158	180	237
0:50	10	50	0,83	29	187	174	224
1:00	10	60	1,00	29	216	174	216

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
1:30	30	90	1,50	71	287	142	191
2:00	30	120	2,00	86	373	172	187
2:30	30	150	2,50	69	442	138	177
3:00	30	180	3,00	60	502	120	167

Tabla A 5. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_M2

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	60	60	1800	1800
0:04	2	4	0,07	50	110	1500	1650
0:06	2	6	0,10	41	151	1230	1510
0:08	2	8	0,13	40	191	1200	1433
0:10	2	10	0,17	36	227	1080	1362
0:15	5	15	0,25	76	303	912	1212
0:20	5	20	0,33	67	370	804	1110
0:30	10	30	0,50	104	474	624	948
0:40	10	40	0,67	93	567	558	851
0:50	10	50	0,83	82	649	492	779
1:00	10	60	1,00	76	725	456	725
1:30	30	90	1,50	178	903	356	602
2:00	30	120	2,00	145	1048	290	524
2:30	30	150	2,50	138	1186	276	474
3:00	30	180	3,00	135	1321	270	440

Tabla A 6. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_M3

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	58	58	1740	1740
0:04	2	4	0,07	44	102	1320	1530
0:06	2	6	0,10	39	141	1170	1410
0:08	2	8	0,13	36	177	1080	1328
0:10	2	10	0,17	35	212	1050	1272
0:15	5	15	0,25	76	288	912	1152
0:20	5	20	0,33	70	358	840	1074
0:30	10	30	0,50	107	465	642	930
0:40	10	40	0,67	102	567	612	851
0:50	10	50	0,83	96	663	576	796
1:00	10	60	1,00	90	753	540	753

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
1:30	30	90	1,50	197	950	394	633
2:00	30	120	2,00	153	1103	306	552
2:30	30	150	2,50	137	1240	274	496
3:00	30	180	3,00	134	1374	268	458

Tabla A 7. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_SSI

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	34	34	1020	1020
0:04	2	4	0,07	38	72	1140	1080
0:06	2	6	0,10	33	105	990	1050
0:08	2	8	0,13	35	140	1050	1050
0:10	2	10	0,17	30	170	900	1020
0:15	5	15	0,25	70	240	840	960
0:20	5	20	0,33	63	303	756	909
0:30	10	30	0,50	95	398	570	796
0:40	10	40	0,67	90	488	540	732
0:50	10	50	0,83	77	565	462	678
1:00	10	60	1,00	71	636	426	636
1:30	30	90	1,50	153	789	306	526
2:00	30	120	2,00	125	914	250	457
2:30	30	150	2,50	129	1043	258	417
3:00	30	180	3,00	115	1158	230	386

Tabla A 8. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_SS2

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	90	90	2700	2700
0:04	2	4	0,07	46	136	1380	2040
0:06	2	6	0,10	45	181	1350	1810
0:08	2	8	0,13	39	220	1170	1650
0:10	2	10	0,17	36	256	1080	1536
0:15	5	15	0,25	89	345	1068	1380
0:20	5	20	0,33	78	423	936	1269
0:30	10	30	0,50	132	555	792	1110

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:40	10	40	0,67	125	680	750	1020
0:50	10	50	0,83	120	800	720	960
1:00	10	60	1,00	115	915	690	915
1:30	30	90	1,50	298	1213	596	809
2:00	30	120	2,00	294	1507	588	754
2:30	30	150	2,50	303	1810	606	724
3:00	30	180	3,00	300	2110	600	703

Tabla A 9. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_SS3

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	95	95	2850	2850
0:04	2	4	0,07	87	182	2610	2730
0:06	2	6	0,10	80	262	2400	2620
0:08	2	8	0,13	82	344	2460	2580
0:10	2	10	0,17	80	424	2400	2544
0:15	5	15	0,25	139	563	1668	2252
0:20	5	20	0,33	135	698	1620	2094
0:30	10	30	0,50	170	868	1020	1736
0:40	10	40	0,67	170	1038	1020	1557
0:50	10	50	0,83	170	1208	1020	1450
1:00	10	60	1,00	160	1368	960	1368
1:30	30	90	1,50	347	1715	694	1143
2:00	30	120	2,00	337	2052	674	1026
2:30	30	150	2,50	295	2347	590	939
3:00	30	180	3,00	281	2628	562	876

Tabla A 10. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_CS1

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	110	110	3300	3300
0:04	2	4	0,07	180	290	5400	4350
0:06	2	6	0,10	147	437	4410	4370
0:08	2	8	0,13	70	507	2100	3803
0:10	2	10	0,17	65	572	1950	3432
0:15	5	15	0,25	133	705	1596	2820
0:20	5	20	0,33	118	823	1416	2469
0:30	10	30	0,50	197	1020	1182	2040
0:40	10	40	0,67	145	1165	870	1748
0:50	10	50	0,83	150	1315	900	1578
1:00	10	60	1,00	141	1456	846	1456
1:30	30	90	1,50	409	1865	818	1243
2:00	30	120	2,00	392	2257	784	1129
2:30	30	150	2,50	403	2660	806	1064
3:00	30	180	3,00	400	3060	800	1020

Tabla A 11. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_CS2

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	125	125	3750	3750
0:04	2	4	0,07	90	215	2700	3225
0:06	2	6	0,10	70	285	2100	2850
0:08	2	8	0,13	65	350	1950	2625
0:10	2	10	0,17	60	410	1800	2460
0:15	5	15	0,25	120	530	1440	2120
0:20	5	20	0,33	110	640	1320	1920
0:30	10	30	0,50	163	803	978	1606
0:40	10	40	0,67	145	948	870	1422
0:50	10	50	0,83	154	1102	924	1322
1:00	10	60	1,00	139	1241	834	1241
1:30	30	90	1,50	333	1574	666	1049
2:00	30	120	2,00	311	1885	622	943
2:30	30	150	2,50	288	2173	576	869
3:00	30	180	3,00	275	2448	550	816

Tabla A 12. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para OLIVAR_CS3

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	107	107	3210	3210
0:04	2	4	0,07	71	178	2130	2670
0:06	2	6	0,10	62	240	1860	2400
0:08	2	8	0,13	61	301	1830	2258
0:10	2	10	0,17	42	343	1260	2058
0:15	5	15	0,25	116	459	1392	1836
0:20	5	20	0,33	120	579	1440	1737
0:30	10	30	0,50	204	783	1224	1566
0:40	10	40	0,67	179	962	1074	1443
0:50	10	50	0,83	184	1146	1104	1375
1:00	10	60	1,00	173	1319	1038	1319
1:30	30	90	1,50	419	1738	838	1159
2:00	30	120	2,00	608	2346	1216	1173
2:30	30	150	2,50	424	2770	848	1108
3:00	30	180	3,00	440	3210	880	1070

Tabla A 13. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_MI

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	71	71	2130	2130
0:04	2	4	0,07	38	109	1140	1635
0:06	2	6	0,10	35	144	1050	1440
0:08	2	8	0,13	34	178	1020	1335
0:10	2	10	0,17	26	204	780	1224
0:15	5	15	0,25	66	270	792	1080
0:20	5	20	0,33	55	325	660	975
0:30	10	30	0,50	92	417	552	834
0:40	10	40	0,67	80	497	480	746
0:50	10	50	0,83	85	582	510	698
1:00	10	60	1,00	63	645	378	645
1:30	30	90	1,50	145	790	290	527
2:00	30	120	2,00	143	933	286	467
2:30	30	150	2,50	130	1063	260	425
3:00	30	180	3,00	100	1163	200	388

Tabla A 14. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_M2

TIEMPO (min)			ALTURA INFILTRADA (mm)			VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	20	20	600	600
0:04	2	4	0,07	13	33	390	495
0:06	2	6	0,10	11	44	330	440
0:08	2	8	0,13	9	53	270	398
0:10	2	10	0,17	10	63	300	378
0:15	5	15	0,25	23	86	276	344
0:20	5	20	0,33	24	110	288	330
0:30	10	30	0,50	43	153	258	306
0:40	10	40	0,67	42	195	252	293
0:50	10	50	0,83	39	234	234	281
1:00	10	60	1,00	40	274	240	274
1:30	30	90	1,50	110	384	220	256
2:00	30	120	2,00	80	464	160	232
2:30	30	150	2,50	105	569	210	228
3:00	30	180	3,00	109	678	218	226

Tabla A 15. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_M3

TIEMPO (min)			ALTURA INFILTRADA (mm)			VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	6	6	180	180
0:04	2	4	0,07	1	7	30	105
0:06	2	6	0,10	1	8	30	80
0:08	2	8	0,13	1	9	30	68
0:10	2	10	0,17	3	12	90	72
0:15	5	15	0,25	5	17	60	68
0:20	5	20	0,33	6	23	72	69
0:30	10	30	0,50	12	35	72	70
0:40	10	40	0,67	14	49	84	74
0:50	10	50	0,83	13	62	78	74
1:00	10	60	1,00	12	74	72	74
1:30	30	90	1,50	46	120	92	80
2:00	30	120	2,00	49	169	98	85
2:30	30	150	2,50	55	224	110	90
3:00	30	180	3,00	56	280	112	93

Tabla A 16. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_SS1

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:13	0	0	0,00	0	0		
0:15	2	2	0,03	60	60	1800	1800
0:17	2	4	0,07	36	96	1080	1440
0:19	2	6	0,10	33	129	990	1290
0:21	2	8	0,13	29	158	870	1185
0:23	2	10	0,17	33	191	990	1146
0:28	5	15	0,25	72	263	864	1052
0:33	5	20	0,33	69	332	828	996
0:43	10	30	0,50	118	450	708	900
0:53	10	40	0,67	110	560	660	840
1:03	10	50	0,83	100	660	600	792
1:13	10	60	1,00	100	760	600	760
1:43	30	90	1,50	245	1005	490	670
2:13	30	120	2,00	234	1239	468	620
2:43	30	150	2,50	218	1457	436	583
3:13	30	180	3,00	213	1670	426	557

Tabla A 17. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_SS2

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:13	0	0	0,00	0	0		
0:15	2	2	0,03	32	32	960	960
0:17	2	4	0,07	13	42	390	630
0:19	2	6	0,10	10	50	300	500
0:21	2	8	0,13	8	57	240	428
0:23	2	10	0,17	7	77	210	462
0:28	5	15	0,25	20	95	240	380
0:33	5	20	0,33	18	135	216	405
0:43	10	30	0,50	40	165	240	330
0:53	10	40	0,67	30	195	180	293
1:03	10	50	0,83	30	215	180	258
1:13	10	60	1,00	20	294	120	294
1:43	30	90	1,50	79	360	158	240
2:13	30	120	2,00	66	420	132	210
2:43	30	150	2,50	60	475	120	190
3:13	30	180	3,00	55	475	110	158

Tabla A 18. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_SS3

TIEMPO (min)			HORAS	ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO		INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:13	0	0	0,00	0	0		
0:15	2	2	0,03	77	77	2310	2310
0:17	2	4	0,07	44	121	1320	1815
0:19	2	6	0,10	40	161	1200	1610
0:21	2	8	0,13	40	201	1200	1508
0:23	2	10	0,17	35	236	1050	1416
0:28	5	15	0,25	76	312	912	1248
0:33	5	20	0,33	74	386	888	1158
0:43	10	30	0,50	118	504	708	1008
0:53	10	40	0,67	111	615	666	923
1:03	10	50	0,83	103	718	618	862
1:13	10	60	1,00	100	818	600	818
1:43	30	90	1,50	172	990	344	660
2:13	30	120	2,00	169	1159	338	580
2:43	30	150	2,50	160	1319	320	528
3:13	30	180	3,00	151	1470	302	490

Tabla A 19. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_CS1

TIEMPO (min)			HORAS	ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO		INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:00	0	0	0,00	0	0		
0:02	2	2	0,03	37	37	1110	1110
0:04	2	4	0,07	22	59	660	885
0:06	2	6	0,10	15	74	450	740
0:08	2	8	0,13	12	86	360	645
0:10	2	10	0,17	10	96	300	576
0:15	5	15	0,25	27	123	324	492
0:20	5	20	0,33	24	147	288	441
0:30	10	30	0,50	42	189	252	378
0:40	10	40	0,67	40	229	240	344
0:50	10	50	0,83	40	269	240	323
1:00	10	60	1,00	41	310	246	310
1:30	30	90	1,50	95	405	190	270
2:00	30	120	2,00	98	503	196	252
2:30	30	150	2,50	90	593	180	237
3:00	30	180	3,00	93	686	186	229

Tabla A 20. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_CS2

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:13	0	0	0,00	0	0		
0:15	2	2	0,03	99	99	2970	2970
0:17	2	4	0,07	52	151	1560	2265
0:19	2	6	0,10	41	192	1230	1920
0:21	2	8	0,13	37	229	1110	1718
0:23	2	10	0,17	30	259	900	1554
0:28	5	15	0,25	70	329	840	1316
0:33	5	20	0,33	65	394	780	1182
0:43	10	30	0,50	70	464	420	928
0:53	10	40	0,67	98	562	588	843
1:03	10	50	0,83	92	654	552	785
1:13	10	60	1,00	99	753	594	753
1:43	30	90	1,50	205	958	410	639
2:13	30	120	2,00	127	1085	254	543
2:43	30	150	2,50	205	1290	410	516
3:13	30	180	3,00	185	1475	370	492

Tabla A 21. Altura infiltrada (mm) y velocidad de infiltración (mm/h) en cada intervalo y desde el comienzo del ensayo, para CEREAL_CS3

TIEMPO (min)				ALTURA INFILTRADA (mm)		VELOCIDAD INFILTRACIÓN (mm/h)	
TIEMPO (H:M)	PARCIAL	ACUMULADO	HORAS	INTERVALO (AII)	DESDE COMIENZO (AIC)	INTERVALO (VII)	DESDE COMIENZO (VIC)
0:26	0	0	0,00	0	0		
0:28	2	2	0,03	110	110	3300	3300
0:30	2	4	0,07	50	160	1500	2400
0:32	2	6	0,10	49	209	1470	2090
0:34	2	8	0,13	46	255	1380	1913
0:36	2	10	0,17	42	297	1260	1782
0:41	5	15	0,25	93	390	1116	1560
0:46	5	20	0,33	92	482	1104	1446
0:56	10	30	0,50	120	602	720	1204
1:06	10	40	0,67	131	733	786	1100
1:16	10	50	0,83	125	858	750	1030
1:26	10	60	1,00	123	981	738	981
1:56	30	90	1,50	297	1278	594	852
2:26	30	120	2,00	301	1579	602	790
2:56	30	150	2,50	192	1771	384	708
3:26	30	180	3,00	212	1983	424	661

Tabla A 22. Correlación de Pearson entre las variables estudiadas

		f ₀	f _c	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Cobertura de herbáceas (%)	Cobertura de leñosas (%)	Cobertura de líquenes (%)	Cobertura de musgos (%)	Cobertura de hojarasca (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
f₀	Correlación de Pearson	1	,813**	-0,296	0,196	-0,107	-0,257	0,344	0,381	0,054	0,456	0,394	0,059	0,192	0,190	-0,141
	Sig. (bilateral)		0,000	0,233	0,436	0,672	0,302	0,162	0,119	0,832	0,057	0,106	0,815	0,446	0,449	0,576
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
f_c	Correlación de Pearson	,813**	1	-0,394	0,190	-0,084	-0,087	0,177	0,364	-0,113	0,371	,542*	0,173	0,334	-0,017	0,091
	Sig. (bilateral)	0,000		0,105	0,451	0,739	0,733	0,482	0,137	0,654	0,130	0,020	0,492	0,175	0,946	0,719
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Correlación de Pearson	-0,296	-0,394	1	0,157	0,233	-0,143	-0,179	-0,264	,527*	-0,226	-,529*	-0,222	-0,286	0,114	-0,205
	Sig. (bilateral)	0,233	0,105		0,533	0,352	0,571	0,477	0,290	0,024	0,368	0,024	0,376	0,249	0,653	0,415
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Conductividad eléctrica (dS/m)	Correlación de Pearson	0,196	0,190	0,157	1	-0,091	0,386	-0,197	0,068	0,031	0,148	-0,239	0,037	0,002	-0,229	0,136
	Sig. (bilateral)	0,436	0,451	0,533		0,720	0,114	0,433	0,787	0,902	0,558	0,339	0,883	0,993	0,361	0,592
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arena (%)	Correlación de Pearson	-0,107	-0,084	0,233	-0,091	1	-,614**	-,769**	-0,110	0,149	-0,298	-0,408	0,104	0,034	-0,171	-0,139
	Sig. (bilateral)	0,672	0,739	0,352	0,720		0,007	0,000	0,664	0,555	0,229	0,093	0,680	0,893	0,497	0,581
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Limo (%)	Correlación de Pearson	-0,257	-0,087	-0,143	0,386	-,614**	1	-0,032	-0,097	-0,299	0,055	0,025	0,220	0,195	-0,241	0,349
	Sig. (bilateral)	0,302	0,733	0,571	0,114	0,007		0,901	0,701	0,229	0,828	0,921	0,381	0,437	0,336	0,156
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arcilla (%)	Correlación de Pearson	0,344	0,177	-0,179	-0,197	-,769**	-0,032	1	0,218	0,053	0,333	-,496*	-0,310	-0,201	0,412	-0,106
	Sig. (bilateral)	0,162	0,482	0,477	0,433	0,000	0,901		0,385	0,834	0,177	0,036	0,210	0,423	0,090	0,676
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Materia orgánica (%)	Correlación de Pearson	0,381	0,364	-0,264	0,068	-0,110	-0,097	0,218	1	0,118	0,250	0,324	-0,399	-0,313	0,141	0,277

		f _o	f _c	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Cobertura de herbáceas (%)	Cobertura de leñosas (%)	Cobertura de líquenes (%)	Cobertura de musgos (%)	Cobertura de hojarasca (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
	Sig. (bilateral)	0,119	0,137	0,290	0,787	0,664	0,701	0,385		0,641	0,317	0,189	0,101	0,206	0,577	0,266
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Carbonatos (%)	Correlación de Pearson	0,054	-0,113	,527*	0,031	0,149	-0,299	0,053	0,118	1	0,263	-0,358	-0,335	-0,358	0,398	-0,213
	Sig. (bilateral)	0,832	0,654	0,024	0,902	0,555	0,229	0,834	0,641		0,292	0,145	0,174	0,145	0,102	0,397
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de herbáceas (%)	Correlación de Pearson	0,456	0,371	-0,226	0,148	-0,298	0,055	0,333	0,250	0,263	1	0,372	0,207	0,231	,656**	-0,003
	Sig. (bilateral)	0,057	0,130	0,368	0,558	0,229	0,828	0,177	0,317	0,292		0,129	0,410	0,356	0,003	0,989
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de leñosas (%)	Correlación de Pearson	0,394	,542*	-,529*	-0,239	-0,408	0,025	,496*	0,324	-0,358	0,372	1	0,108	0,274	0,417	-0,001
	Sig. (bilateral)	0,106	0,020	0,024	0,339	0,093	0,921	0,036	0,189	0,145	0,129		0,671	0,271	0,085	0,996
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de líquenes (%)	Correlación de Pearson	0,059	0,173	-0,222	0,037	0,104	0,220	-0,310	-0,399	-0,335	0,207	0,108	1	,974**	-0,108	0,254
	Sig. (bilateral)	0,815	0,492	0,376	0,883	0,680	0,381	0,210	0,101	0,174	0,410	0,671		0,000	0,671	0,310
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de musgos (%)	Correlación de Pearson	0,192	0,334	-0,286	0,002	0,034	0,195	-0,201	-0,313	-0,358	0,231	0,274	,974**	1	-0,087	0,221
	Sig. (bilateral)	0,446	0,175	0,249	0,993	0,893	0,437	0,423	0,206	0,145	0,356	0,271	0,000		0,730	0,379
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de hojarasca (%)	Correlación de Pearson	0,190	-0,017	0,114	-0,229	-0,171	-0,241	0,412	0,141	0,398	,656**	0,417	-0,108	-0,087	1	-0,227
	Sig. (bilateral)	0,449	0,946	0,653	0,361	0,497	0,336	0,090	0,577	0,102	0,003	0,085	0,671	0,730		0,366
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Densidad aparente (g/cm³)	Correlación de Pearson	-0,141	0,091	-0,205	0,136	-0,139	0,349	-0,106	0,277	-0,213	-0,003	-0,001	0,254	0,221	-0,227	1
	Sig. (bilateral)	0,576	0,719	0,415	0,592	0,581	0,156	0,676	0,266	0,397	0,989	0,996	0,310	0,379	0,366	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

(**). La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral.).

Tabla A 23. Correlación de Kendall entre las variables estudiadas

		f ₀	f _c	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Cobertura de herbáceas (%)	Cobertura de leñosas (%)	Cobertura de líquenes (%)	Cobertura de musgos (%)	Cobertura de hojarasca (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
f0	Coefficiente de correlación	1,000	,678**	-0,145	0,046	-0,102	-0,205	0,327	0,336	0,119	0,278	0,231	0,074	0,141	0,083	-0,086
	Sig. (bilateral)		0,000	0,404	0,790	0,580	0,271	0,081	0,053	0,494	0,141	0,220	0,707	0,460	0,662	0,621
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
fc	Coefficiente de correlación	,678**	1,000	-0,236	0,059	-0,044	-0,160	0,148	,373*	0,052	0,187	0,306	0,236	0,264	-0,052	0,125
	Sig. (bilateral)	0,000		0,172	0,733	0,813	0,387	0,428	0,031	0,762	0,320	0,102	0,226	0,163	0,781	0,471
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Coefficiente de correlación	-0,145	-0,236	1,000	0,330	0,240	-0,124	-0,185	-0,262	0,243	-0,187	-,383*	-0,122	-0,125	0,067	-0,145
	Sig. (bilateral)	0,404	0,172		0,058	0,192	0,504	0,321	0,129	0,160	0,320	0,041	0,531	0,511	0,720	0,404
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Conductividad eléctrica (dS/m)	Coefficiente de correlación	0,046	0,059	0,330	1,000	0,051	-0,044	0,030	0,059	0,106	0,083	-0,208	0,008	0,000	0,000	0,073
	Sig. (bilateral)	0,790	0,733	0,058		0,782	0,813	0,874	0,733	0,544	0,662	0,269	0,967	1,000	1,000	0,676
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arena (%)	Coefficiente de correlación	-0,102	-0,044	0,240	0,051	1,000	-,573**	-,615**	-0,029	0,022	-0,208	-0,314	-0,018	-0,026	-0,025	-0,161
	Sig. (bilateral)	0,580	0,813	0,192	0,782		0,004	0,002	0,875	0,906	0,302	0,116	0,931	0,898	0,901	0,385
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Limo (%)	Coefficiente de correlación	-0,205	-0,160	-0,124	-0,044	-,573**	1,000	-0,008	-0,160	0,007	-0,042	0,093	0,190	0,147	-0,141	0,322
	Sig. (bilateral)	0,271	0,387	0,504	0,813	0,004		0,967	0,387	0,969	0,837	0,642	0,364	0,471	0,484	0,083
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arcilla (%)	Coefficiente de	0,327	0,148	-0,185	0,030	-,615**	-0,008	1,000	0,207	-0,067	0,388	0,336	-0,211	-0,141	0,279	-0,045

	correlación															
	Sig. (bilateral)	0,081	0,428	0,321	0,874	0,002	0,967		0,267	0,721	0,056	0,096	0,316	0,493	0,171	0,812
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Materia orgánica (%)	Coefficiente de correlación	0,336	,373*	-0,262	0,059	-0,029	-0,160	0,207	1,000	0,157	0,336	0,199	-0,187	-0,156	0,157	0,230
	Sig. (bilateral)	0,053	0,031	0,129	0,733	0,875	0,387	0,267		0,363	0,074	0,288	0,337	0,412	0,404	0,184
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Carbonatos (%)	Coefficiente de correlación	0,119	0,052	0,243	0,106	0,022	0,007	-0,067	0,157	1,000	0,240	-,391*	-0,114	-0,164	0,135	0,158
	Sig. (bilateral)	0,494	0,762	0,160	0,544	0,906	0,969	0,721	0,363		0,203	0,037	0,558	0,389	0,474	0,362
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de herbáceas (%)	Coefficiente de correlación	0,278	0,187	-0,187	0,083	-0,208	-0,042	0,388	0,336	0,240	1,000	0,157	-,418*	-0,400	,615**	-0,135
	Sig. (bilateral)	0,141	0,320	0,320	0,662	0,302	0,837	0,056	0,074	0,203		0,442	0,050	0,054	0,003	0,474
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de leñosas (%)	Coefficiente de correlación	0,231	0,306	-,383*	-0,208	-0,314	0,093	0,336	0,199	-,391*	0,157	1,000	0,256	0,327	0,236	0,015
	Sig. (bilateral)	0,220	0,102	0,041	0,269	0,116	0,642	0,096	0,288	0,037	0,442		0,226	0,112	0,249	0,935
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de líquenes (%)	Coefficiente de correlación	0,074	0,236	-0,122	0,008	-0,018	0,190	-0,211	-0,187	-0,114	-,418*	0,256	1,000	,957**	-0,167	0,245
	Sig. (bilateral)	0,707	0,226	0,531	0,967	0,931	0,364	0,316	0,337	0,558	0,050	0,226		0,000	0,432	0,210
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de musgos (%)	Coefficiente de correlación	0,141	0,264	-0,125	0,000	-0,026	0,147	-0,141	-0,156	-0,164	-0,400	0,327	,957**	1,000	-0,080	0,188
	Sig. (bilateral)	0,460	0,163	0,511	1,000	0,898	0,471	0,493	0,412	0,389	0,054	0,112	0,000		0,699	0,324
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de hojarasca (%)	Coefficiente de correlación	0,083	-0,052	0,067	0,000	-0,025	-0,141	0,279	0,157	0,135	,615**	0,236	-0,167	-0,080	1,000	-0,173

	Sig. (bilateral)	0,662	0,781	0,720	1,000	0,901	0,484	0,171	0,404	0,474	0,003	0,249	0,432	0,699		0,360
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Densidad aparente (g/cm³)	Coefficiente de correlación	-0,086	0,125	-0,145	0,073	-0,161	0,322	-0,045	0,230	0,158	-0,135	0,015	0,245	0,188	-0,173	1,000
	Sig. (bilateral)	0,621	0,471	0,404	0,676	0,385	0,083	0,812	0,184	0,362	0,474	0,935	0,210	0,324	0,360	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

(**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)).

Tabla A 24. Correlación de Spearman entre las variables estudiadas

		f0	fc	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Cobertura de herbáceas (%)	Cobertura de leñosas (%)	Cobertura de líquenes (%)	Cobertura de musgos (%)	Cobertura de hojarasca (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
f0	Coefficiente de correlación	1,000	,845**	-0,219	0,065	-0,123	-0,276	0,400	,491*	0,098	0,380	0,310	0,083	0,147	0,103	-0,110
	Sig. (bilateral)		0,000	0,382	0,797	0,628	0,267	0,100	0,039	0,700	0,120	0,211	0,743	0,561	0,683	0,664
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
fc	Coefficiente de correlación	,845**	1,000	-0,304	0,090	-0,045	-0,200	0,202	,521*	0,065	0,255	0,366	0,278	0,310	-0,094	0,185
	Sig. (bilateral)	0,000		0,221	0,723	0,859	0,425	0,421	0,027	0,798	0,307	0,135	0,265	0,211	0,712	0,463
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Coefficiente de correlación	-0,219	-0,304	1,000	0,464	0,344	-0,165	-0,251	-0,417	0,337	-0,171	-,492*	-0,190	-0,197	0,081	-0,167
	Sig. (bilateral)	0,382	0,221		0,053	0,162	0,514	0,315	0,085	0,171	0,497	0,038	0,451	0,434	0,750	0,508
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Conductividad eléctrica (dS/m)	Coefficiente de correlación	0,065	0,090	0,464	1,000	0,004	-0,058	0,047	0,110	0,143	0,110	-0,239	0,014	-0,020	-0,010	0,069
	Sig. (bilateral)	0,797	0,723	0,053		0,988	0,820	0,852	0,665	0,572	0,664	0,339	0,957	0,937	0,970	0,786
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arena (%)	Coefficiente de correlación	-0,123	-0,045	0,344	0,004	1,000	-,702**	-,706**	-0,051	0,081	-0,261	-0,373	-0,016	-0,045	-0,040	-0,226

	Sig. (bilateral)	0,628	0,859	0,162	0,988		0,001	0,001	0,840	0,750	0,295	0,127	0,950	0,860	0,874	0,367
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Limo (%)	Coefficiente de correlación	-0,276	-0,200	-0,165	-0,058	-,702**	1,000	0,014	-0,226	0,012	-0,053	0,120	0,222	0,182	-0,172	0,429
	Sig. (bilateral)	0,267	0,425	0,514	0,820	0,001		0,956	0,367	0,963	0,834	0,635	0,376	0,469	0,496	0,075
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arcilla (%)	Coefficiente de correlación	0,400	0,202	-0,251	0,047	-,706**	0,014	1,000	0,295	-0,085	,471*	0,427	-0,247	-0,163	0,340	-0,089
	Sig. (bilateral)	0,100	0,421	0,315	0,852	0,001	0,956		0,235	0,737	0,049	0,077	0,323	0,518	0,168	0,725
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Materia orgánica (%)	Coefficiente de correlación	,491*	,521*	-0,417	0,110	-0,051	-0,226	0,295	1,000	0,282	0,458	0,274	-0,240	-0,203	0,220	0,295
	Sig. (bilateral)	0,039	0,027	0,085	0,665	0,840	0,367	0,235		0,257	0,056	0,271	0,337	0,419	0,381	0,234
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Carbonatos (%)	Coefficiente de correlación	0,098	0,065	0,337	0,143	0,081	0,012	-0,085	0,282	1,000	0,292	-,507*	-0,130	-0,190	0,192	0,242
	Sig. (bilateral)	0,700	0,798	0,171	0,572	0,750	0,963	0,737	0,257		0,239	0,032	0,606	0,450	0,445	0,333
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de herbáceas (%)	Coefficiente de correlación	0,380	0,255	-0,171	0,110	-0,261	-0,053	,471*	0,458	0,292	1,000	0,187	-0,381	-0,375	,742**	-0,150
	Sig. (bilateral)	0,120	0,307	0,497	0,664	0,295	0,834	0,049	0,056	0,239		0,458	0,118	0,125	0,000	0,552
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de leñosas (%)	Coefficiente de correlación	0,310	0,366	-,492*	-0,239	-0,373	0,120	0,427	0,274	-,507*	0,187	1,000	0,294	0,418	0,312	0,059
	Sig. (bilateral)	0,211	0,135	0,038	0,339	0,127	0,635	0,077	0,271	0,032	0,458		0,236	0,084	0,208	0,815
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de líquenes (%)	Coefficiente de correlación	0,083	0,278	-0,190	0,014	-0,016	0,222	-0,247	-0,240	-0,130	-0,381	0,294	1,000	,984**	-0,270	0,280
	Sig. (bilateral)	0,743	0,265	0,451	0,957	0,950	0,376	0,323	0,337	0,606	0,118	0,236		0,000	0,278	0,261
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura de musgos (%)	Coefficiente de correlación	0,147	0,310	-0,197	-0,020	-0,045	0,182	-0,163	-0,203	-0,190	-0,375	0,418	,984**	1,000	-0,219	0,233
	Sig.	0,561	0,211	0,434	0,937	0,860	0,469	0,518	0,419	0,450	0,125	0,084	0,000		0,383	0,351

	(bilateral)															
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobertura dehojarasca (%)	Coefficiente de correlación	0,103	-0,094	0,081	-0,010	-0,040	-0,172	0,340	0,220	0,192	,742**	0,312	-0,270	-0,219	1,000	-0,223
	Sig. (bilateral)	0,683	0,712	0,750	0,970	0,874	0,496	0,168	0,381	0,445	0,000	0,208	0,278	0,383		0,374
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Densidad aparente (g/cm³)	Coefficiente de correlación	-0,110	0,185	-0,167	0,069	-0,226	0,429	-0,089	0,295	0,242	-0,150	0,059	0,280	0,233	-0,223	1,000
	Sig. (bilateral)	0,664	0,463	0,508	0,786	0,367	0,075	0,725	0,234	0,333	0,552	0,815	0,261	0,351	0,374	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

Tabla 22. Densidad aparente para cada muestra de suelo

Muestra de suelo	Densidad aparente (g/cm³)
1	1,32
2	1,18
3	1,30
4	1,41
5	1,30
6	1,36
7	1,50
8	1,13
9	1,10
10	1,14
11	1,29
12	1,17
13	1,33
14	1,09
15	1,43
16	1,15
17	1,39
18	1,27

Anexo IV. Imágenes



Figura A 1. Parcela del olivar en Novés. Fuente: elaboración propia a través de Google Earth



Figura A 2. Parcela de olivar. Imagen tomada en el mes de julio 2020



Figura A 3. Parcela de cereal en Novés. Fuente: elaboración propia a través de Google Earth



Figura A 4. Parcela de cereal. Imagen tomada en el mes de julio 2020

**Anexo V. Factores ambientales de las zonas de cada parcela recogidas
en campo**

Tabla A 25. Factores ambientales zona OLIVAR_M (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	22-24 °C
Exposición	Noreste
Vegetación	Herbáceas (predominan gramíneas) de 50-60 cm altura; Olivo (<i>Olea europaea</i>) en los márgenes 2-3 m altura (20%)
Herbáceas	80% (Superficie descubierta = 15%)
Líquenes	10%
Musgos	20%
Hojarasca o pinocha	70%
Canales raíces o fauna	Hormigueros (65%) y madrigueras (10%)
Estado superficie suelo	Compactado, seco, presencia de costras. Las muestras se tomaron en la zona de paso del tractor.

Tabla A 26. Factores ambientales zona OLIVAR_SS (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	34-36 °C
Exposición	Noreste
Vegetación	Herbáceas (predominan gramíneas) de 50-60 cm altura
Herbáceas	90%
Líquenes	5%
Musgos	10%
Hojarasca o pinocha	0%
Canales raíces o fauna	Hormigueros (60%) en lindes
Estado superficie suelo	Seco, presencia de costras, menos compactado que en la matriz.

Tabla A 27. Factores ambientales zona OLIVAR_CS (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	33 °C
Exposición	Noroeste
Vegetación	SETOS: almendro (<i>Prunus dulcis</i>), encina (<i>Quercus ilex</i>), retama (<i>Retama sphaerocarpa</i>), aladierno (<i>Rhamnus alaternus</i>), majuelo (<i>Crataegus monogyna</i>), romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>). Herbáceas (predominan gramíneas).
Herbáceas	90%
Líquenes	5%
Musgos	15%
Hojarasca o pinocha	60%
Canales raíces o fauna	Hormigueros (60%)
Estado superficie suelo	Seco, menos compactado que en matriz.

Tabla A 28. Factores ambientales zona CEREAL_M (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	~22-33 °C
Exposición	Sureste
Vegetación: Descripción, Especies, Densidad, Biomasa, Altura	Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) 3%. Altura planta =5 cm
Herbáceas	0%
Líquenes	0%
Musgos	0%
Hojarasca o pinocha	0%
Canales raíces o fauna	0%
Estado superficie suelo	Pedregoso, no compactado. No pasa maquinaria por esta zona.

Tabla A 29. Factores ambientales zona CEREAL_SS (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	~20 °C
Exposición	Noroeste
Vegetación: Descripción, Especies, Densidad, Biomasa, Altura	Herbáceas (predominan gramíneas y cardo cabrero (<i>Carcamus lanatus</i>) con altura aproximada de 50-60cm y 70 cm, respectivamente. También avena loca (<i>Avena fatua</i>) con altura aproximada de 65 cm
Herbáceas	100%
Líquenes	0%
Musgos	0%
Hojarasca o pinocha	Restos de herbáceas (100%)
Canales raíces o fauna	Caminos de fauna entre las herbáceas (10%) y hormigueros (10%)
Estado superficie suelo	Pedregoso, algo compactado, pero sin costras. No pasa maquinaria por esta zona.

Tabla A 30. Factores ambientales zona CEREAL_CS (datos medios de los 3 puntos de muestreo)

FACTOR	OBSERVACIONES
Temperatura edáfica	27-29 °C
Exposición	Noreste
Vegetación: Descripción, Especies, Densidad, Biomasa, Altura	SETOS: Espantalobos (<i>Colutea arborescens</i>), retama (<i>Retama sphaerocarpa</i>), jazmín (<i>Jasmine fruticans</i>), majuelo (<i>Crataegus monogyna</i>), bocha (<i>Dorycnium pentaphyllum</i>), aladierno (<i>Rhamnus alaternus</i>), rosa (<i>Rosa sp.</i>) cornicabra (<i>Pistacia terebinthus</i>). Herbáceas (predominan gramíneas), cardo, avena loca (<i>Avena fatua</i>) y sedilla (<i>Vulpia myuros</i>)
Herbáceas	100%
Líquenes	0%
Musgos	0%
Hojarasca o pinocha	Restos de herbáceas (100%)
Canales raíces o fauna	Caminos de fauna entre las herbáceas (10%) y hormigueros (10%)
Estado superficie suelo	Pedregoso, algo compactado, pero sin costras. No pasa maquinaria por esta zona

Anexo VI. Texturas de suelo según *Natural Resources Conservation Service* (NRCS, USDA)

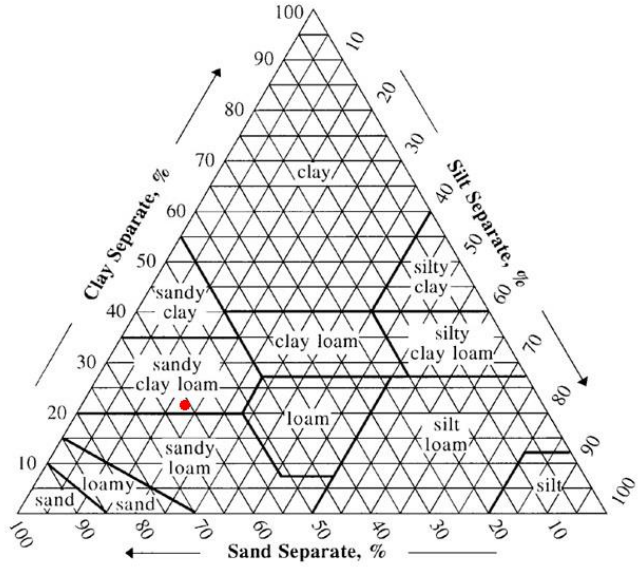


Figura A 5. Textura del suelo en CEREAL_SS según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

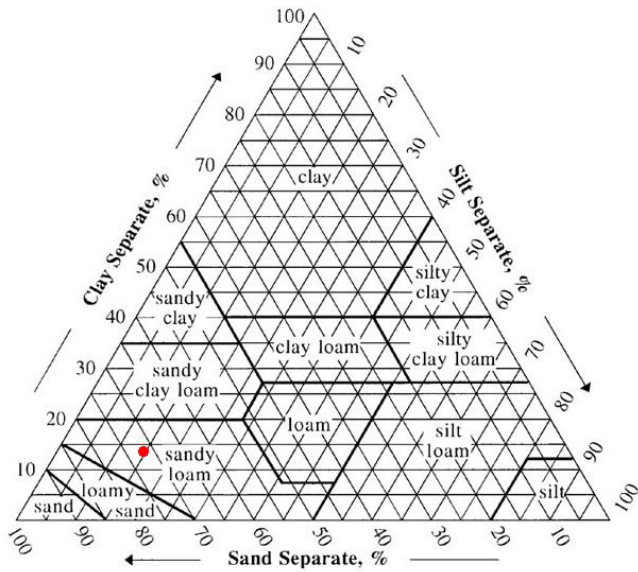


Figura A 6. Textura del suelo en CEREAL_M según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

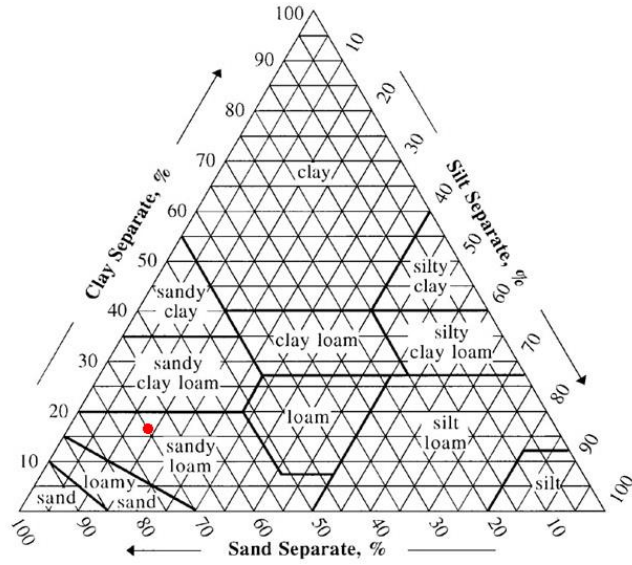


Figura A 7. Textura del suelo en CEREAL_CS según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

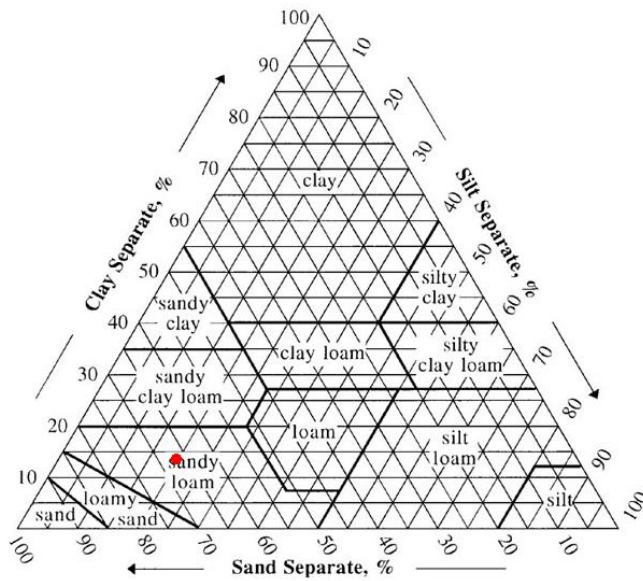


Figura A 8. Textura del suelo en OLIVAR_SS según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

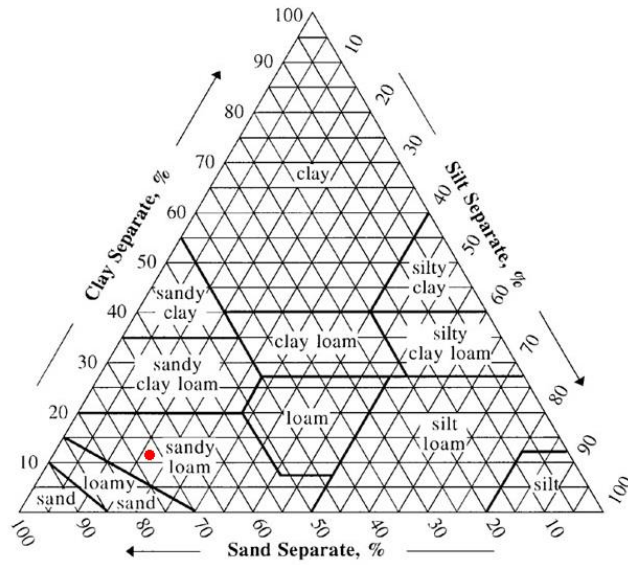


Figura A 9. Textura del suelo en OLIVAR_M según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

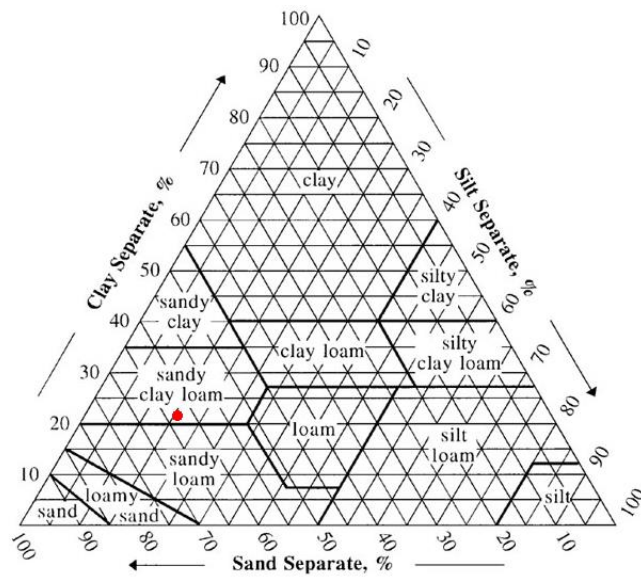


Figura A 10. Textura del suelo en OLIVAR_CS según Natural Resources Conservation Service (NRCS, USDA)

Anexo VII. Informes de laboratorio

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "CS1 Olivar Cilindro 1"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,79	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,042	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 3 Limos: 17 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,43	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,12	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	12,14	Cálculos
Carbonatos (%)	2,37	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	38,44	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	41,77	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	59,89	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1585,31	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	80,83	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "CS2 Olivar cilindro 2"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,55	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,043	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 55 Arena muy fina: 10 Limos: 10 Arcillas: 25	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,27	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,09	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	14,45	Cálculos
Carbonatos (%)	1,62	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	43,33	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	42,6	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	55,15	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1445,19	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	71,93	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Olivar CS3 cilindro 3"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,96	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,018	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 5 Limos: 15 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,35	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,07	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	10,67	Cálculos
Carbonatos (%)	2,08	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	43,16	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	38,51	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	47,79	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1346,96	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	62,51	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Olivar SS1 cilindro 4"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,77	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,041	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 50 Arena muy fina: 10 Limos: 20 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,72	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,05	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	18,92	Cálculos
Carbonatos (%)	2,64	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	21,26	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	38,59	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	46,67	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1058,68	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	70,56	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "SS2 Olivar Cilindro 5"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,77	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,036	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 65 Arena muy fina: 15 Limos: 10 Arcillas: 10	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,00	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,07	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	15,68	Cálculos
Carbonatos (%)	2,53	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	44,03	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	35,92	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	48,9	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1189,16	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	69,78	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "SS3 Olivar Cilindro 6"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,00	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,022	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 5 Limos: 25 Arcillas: 10	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,65	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,07	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	13,03	Cálculos
Carbonatos (%)	2,22	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	38,80	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	41,16	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	44,82	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1383,67	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	78,38	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Olivar Matriz 1 cilindro 7"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,46	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,043	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 5 Limos: 20 Arcillas: 15	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	0,9	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,05	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	9,75	Cálculos
Carbonatos (%)	2,18	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	28,13	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	43,87	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	47,38	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1096,25	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	68,56	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Olivar Matriz 2 cilindro 8"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,38	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,037	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 20 Limos: 15 Arcillas: 5	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,99	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,11	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	10,59	Cálculos
Carbonatos (%)	2,64	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	24,21	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	44,13	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	51,07	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	899,1	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	64,19	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Olivar Matriz 3 cilindro 9"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,82	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,022	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 15 Limos: 10 Arcillas: 15	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	0,19	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,06	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	1,92	Cálculos
Carbonatos (%)	1,98	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	15,77	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	36,59	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	36,27	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	769,6	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	63,29	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "CS1 Cereal Cilindro 10"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	8,18	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,064	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 5 Limos: 15 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,68	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,09	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	11,01	Cálculos
Carbonatos (%)	12,33	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	0,02	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	15,34	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	34,89	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	47,40	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	4045,90	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	75,42	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "CS 3 Cereal Cilindro 11"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,95	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,074	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 65 Arena muy fina: 5 Limos: 10 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,73	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,10	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	9,82	Cálculos
Carbonatos (%)	4,33	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	32,93	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	38,49	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	47,84	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	4223,38	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	78,32	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "CS2 Cereal Cilindro 12"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,21	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,032	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 70 Arena muy fina: 10 Limos: 5 Arcillas: 15	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,07	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,10	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	11,54	Cálculos
Carbonatos (%)	10,68	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	0,01	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	21,92	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	36,83	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	54,11	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	3297,9	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	75,78	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "SS1 Cereal Cilindro 13"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,88	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,072	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 10 Limos: 10 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,47	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,11	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	12,85	Cálculos
Carbonatos (%)	2,14	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	36,21	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	41,37	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	57,95	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	2623,4	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	94,27	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Cereal SS2 Cilindro 14"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,73	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,007	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 60 Arena muy fina: 5 Limos: 20 Arcillas: 15	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,59	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,09	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	10,34	Cálculos
Carbonatos (%)	1,9	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	14,31	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	41,42	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	53,71	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	2188,54	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	93,53	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Cereal SS3 cilindro 15"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,68	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,020	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 50 Arena muy fina: 3 Limos: 17 Arcillas: 30	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,21	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,10	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	12,35	Cálculos
Carbonatos (%)	2,24	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	18,67	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	37,53	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	56,67	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	2060,3	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	91,32	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Cereal Matriz 1 Cilindro 16"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,51	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,036	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 55 Arena muy fina: 10 Limos: 15 Arcillas: 20	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,27	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,09	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	8,09	Cálculos
Carbonatos (%)	2,15	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	12,55	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	40,51	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	42,90	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1811,10	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	95,00	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Cereal Matriz 2 cilindro 17"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	6,87	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,019	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 70 Arena muy fina: 5 Limos: 15 Arcillas: 10	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	2,02	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,08	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	14,22	Cálculos
Carbonatos (%)	2,59	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	11,90	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	36,88	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	46,33	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1422,42	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	84,35	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

Centro de Análisis del Medio Natural

Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila

Calle Canteros s/n 05005, Ávila. ESPAÑA

Teléfono 920 251020 Ext: 188

Fax: 920 251030

e-mail: centro.analisis@ucavila.es

INFORME DE RESULTADOS

Muestra: "Cereal Matriz 3 cilindro 18"

Parámetro (Unidad)	Valores	Método
pH (Unidades de pH)	7,81	Potenciometría
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,046	Potenciometría
Textura* (%)	Arena gruesa: 65 Arena muy fina: 15 Limos: 10 Arcillas: 10	Densímetro de Bouyoucos
Materia orgánica (%)	1,28	Cálculos
Nitrógeno total (%)	0,06	Valoración Kjeldahl
Relación C/N	11,54	Cálculos
Carbonatos (%)	1,84	Calcímetro de Bernard
Caliza activa	No procede	Calcímetro de Bernard
Fósforo asimilable (Olsen) (ppm P)	10,92	Espectrofotometría Vis
Sodio asimilable (ppm Na)	39,02	EEA (Llama)
Potasio asimilable (ppm K)	36,82	EEA (Llama)
Calcio asimilable (ppm Ca)	1386,59	EAA (Llama)
Magnesio asimilable (ppm Mg)	827,25	EAA (Llama)

*ver figura adjunta

NOTA: ppm de metal = mg metal / kg suelo

