

Artículo de investigación



Infiltración en suelos de terrazas. Caso de estudio en el centro de España

Infiltration in terraced soils. Case study in central Spain

Jorge Mongil-Manso^{1,*}, Joaquín Navarro-Hevia²

*Autor de correspondencia

HISTORIA DEL ARTÍCULO

Recibido 28 Agosto 2023
Revisado 29 Noviembre 2023
Aceptado 9 Febrero 2024
Publicado 20 Julio 2025

PALABRAS CLAVE

agrosistema, bancale, hidrología del suelo, infiltrómetro, permeabilidad

KEYWORDS

agrosystem, "bancale", infiltrometer, permeability, soil Hydrology

Resumen

Las terrazas son un antiguo sistema agrícola con importantes valores ambientales, culturales, históricos y paisajísticos que conviene preservar. Conforman un agrosistema que permite el cultivo en laderas pronunciadas en zonas montañosas, potenciando la infiltración del suelo, reduciendo la escorrentía y la erosión. Como edafosistema, las terrazas mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, según determinadas técnicas de manejo. El objetivo de este trabajo es conocer mejor el proceso de infiltración del agua en suelos de laderas aterrazadas, así como su relación con los parámetros edáficos, en una zona montañosa del centro de España. Para ello realizamos un muestreo de suelo en cuatro parcelas de terrazas, con posterior análisis de laboratorio, así como doce pruebas de infiltración, mediante un infiltrómetro inundador de un solo anillo. Las tasas de infiltración en todas las parcelas fueron muy buenas (de moderadas a muy rápidas), con altas tasas de infiltración iniciales (mínimo 260 mm•h⁻¹) y finales (mínimo 52 mm•h⁻¹), lo cual es común en suelos con altos porcentajes de arena (más del 60% en todos los casos). Los resultados obtenidos indican que las laderas aterrazadas presentan suelos con muy buenas condiciones de infiltración, siendo mejores cuando la vegetación en las terrazas es más densa y leñosa. Además, la tasa de infiltración final del suelo se correlacionó negativamente con el pH, la conductividad eléctrica (indicador de salinidad), los elementos gruesos, el contenido de limo y arcilla, entre otros, mientras que se correlacionó positivamente con el contenido de arena, materia orgánica y carbonatos.

Abstract

Terraces are an old agricultural system with important environmental, cultural, historical and landscape values that should be preserved. They make an agrosystem that allows cultivation on steep slopes in mountainous areas, enhancing soil infiltration, reducing runoff and soil erosion. As an edaphosystem, terraces improve physical and chemical properties of the soil, according to certain land management techniques. The aim of this work is to better understand the water infiltration process in soils of terraced slopes, as well as its relationship with soil parameters, in a mountainous area of central Spain. We carried out a soil sampling in four plots of terraces, with subsequent laboratory analysis, as well as twelve soil infiltration tests, by mean of a single ring flooding infiltration meter. The infiltration rates in all plots were very good (from moderate to very fast infiltration), with high initial (minimum 260 mm•h⁻¹) and final (minimum 52 mm•h⁻¹) soil infiltration rates, which is common in soils with high percentages of sand (more than 60% in all cases). The obtained results indicate that terraced hillslopes improved the infiltration conditions of the soils, being higher when vegetation in terraces is denser and woodier. Furthermore, the final soil infiltration rate was negatively correlated with pH, electrical conductivity (salinity indicator), coarse elements, silt and clay content, among others, while positively correlated with sand, organic matter and carbonate content.

1 Forest, Water & Soil Research Group, Univeridad Católica de Ávila, España. jorge.mongil@ucavila.es ORCID: 0000-0003-2699-7585

2 Forest, Water & Soil Research Group, Escuela Técic Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia, Universidad de Valladolid, España. joaquin.navarro.hevia@uva.es ORCID: 0000-0002-3759-8662

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Subtítulos

Los bancales o terrazas constituyen un antiquísimo paisaje agrícola con alto valor ambiental, cultural y estético que implica un patrimonio a conservar (Mongil-Manso et al., 2021a). Su origen en la Península Ibérica puede situarse en la Edad de Bronce (2000 años a.C.), aunque los restos arqueológicos más antiguos encontrados probablemente sean romanos (Asins-Velis, 2006). Se estima que en la Unión Europea las terrazas de piedra alcanzan una longitud de más de 1,7 millones de km (Lasanta et al., 2013). Pero no solamente deben ser conservados por sus valores históricos o culturales tradicionales, sino también por ser un agrosistema regulador del ciclo hidrológico, con un importante papel en la conservación de aguas (hidrosistema) y suelos (edafosistema), y con un importante valor como paisaje natural. Los territorios de terrazas son resultado de un largo proceso transformador del medio natural, llevado a cabo por algunas sociedades para hacer frente a limitaciones físicas (topográficas, edáficas, climáticas) y obtener unos recursos alimentarios necesarios (Romero et al., 2016). Aunque las terrazas poseen valores diversos y, siendo su función productiva la más importante, prestan una serie de servicios ecosistémicos como son la creación de suelo fértil, la mejora de la infiltración, la recogida de agua, la conservación de suelos (controlando la erosión hídrica laminar, en regueros y los movimientos en masa) (Tarolli et al., 2014), la prevención y extinción de incendios forestales (Lourenço & Nave, 2007), su papel como reservas de biodiversidad (Lasanta et al., 2013), el cuidar y conservar uno de los bienes más preciados y escasos - el propio suelo mejorado históricamente-, o su interés paisajístico y estético.

Dentro de estos servicios ecosistémicos, la mejora de la entrada de agua en el suelo (infiltración) es uno de los más importantes, puesto que propicia un microclima edáfico mucho mejor para la vegetación o cultivo. La infiltración es uno de los principales componentes del ciclo hidrológico y, en los ecosistemas terrestres dependientes del agua, un verdadero detonante de relaciones ecológicas imprescindibles para su funcionamiento (Martínez de Azagra et al., 2006a, b) (Figura 1). Se trata de un proceso muy estudiado y con numerosos intentos de

modelización (Green & Ampt; 1911; Philip, 1957a; Philip, 1957b; Holtan, 1961; Overton, 1964; Fitzgerald et al., 1971; Collis-George, 1977; Skaggs & Khaleel, 1982; Ahuja, 1983; Rawls & Brakensiek, 1983; Al-Azawi, 1985; Gupta, 1989; Rawls et al., 1993; NRCS, 1998; Ravi & Williams, 1998; Williams et al., 1998; Martínez de Azagra et al., 2006a; Kahimba et al., 2008; Ahuja et al., 2010). En el proceso de infiltración en el suelo se diferencia la tasa de infiltración, que es la cantidad de agua que pasa a través de la superficie del suelo en un determinado instante ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$), de la capacidad de infiltración, que es la cantidad máxima de agua que puede introducirse en un suelo por unidad de tiempo y en un instante dado.

La infiltración es un proceso complejo, que depende de un buen número de factores, que de forma sintética son (Skaggs & Khaheel, 1982; Cerdà, 1995; Martínez de Azagra & Navarro, 1996): la precipitación (intensidad, duración, tamaño de las gotas), el contenido previo de humedad en el suelo, el agua (turbidez, contenido en sales, temperatura, carga de agua sobre el suelo), la topografía (pendiente y exposición), la vegetación (cubierta de plantas superiores y de musgos y líquenes), el suelo (estado de la superficie del suelo, profundidad, pedregosidad, textura, estructura, densidad y porosidad, permeabilidad, contenido de humedad, materia orgánica, carbonato cálcico, estabilidad de agregados) y los tratamientos del terreno (agrosilvopastorales, pavimentación, selladores de suelos, tratamientos de compactación-descompactación).

Durante la infiltración del suelo, la tasa de infiltración inicial es extremadamente alta, y la tasa disminuye exponencialmente con el tiempo, estabilizándose gradualmente (Rahmati et al., 2018) hasta una tasa de infiltración final constante (es decir, una tasa de infiltración en estado estacionario). Esta tasa de infiltración final está muy próxima a la conductividad hidráulica saturada (Rahmati et al., 2018) o la permeabilidad del suelo (Johnson, 1963). Por lo general, el proceso de infiltración tarda entre dos y cuatro horas en alcanzar la velocidad de infiltración final, momento en el que el flujo de agua en el suelo depende exclusivamente del gradiente gravitacional y no del contenido inicial de humedad del suelo (Mapa, 1995).



Figura 1. Balance hidrológico puntual en un bancal. P=Precipitación (mm); It=Intercepción (mm); T=Transpiración (mm); E=Evaporación (mm); Es=Escorrentía superficial (mm); I=Infiltración (mm); La escorrentía fustal (Ef) y el agua de trascolación (At) se evalúan dentro de la precipitación.

Van Dijk & Bruijnzeel (2004) y Nasri (2007) han estudiado la infiltración en terrazas, respectivamente en Indonesia y en Túnez, destacando el papel fundamental que ejercen estas estructuras sobre la entrada del agua en el suelo y en la detención de la escorrentía y la erosión. Por otra parte, Del Palacio (1999) enmarca a las terrazas dentro de las actuaciones mecánicas que pueden realizarse en las cuencas torrenciales para su corrección, para conseguir el control de la erosión laminar y en regueros, y de los movimientos en masa, así como la regulación de la humedad del suelo. En España, no existen, hasta ahora, estudios de infiltración mediante infiltrómetro inundador en bancales, sin embargo es realmente necesario obtener datos reales de su papel en la dinámica hidrológica de las cuencas, y sus efectos específicos en la recarga de acuíferos y el control de la erosión y de los sedimentos, para valorar adecuadamente el efecto beneficioso de estas estructuras. De este modo, el objetivo de este trabajo es conocer mejor la infiltración de agua en el suelo de cuatro bancales o terrazas situados en la vertiente sur del Sistema Central, en una cordillera del centro de España, así como su relación con los parámetros edáficos que la regulan.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El estudio se desarrolla en la provincia de Ávila (España), en la vertiente sur del Sistema Central, una cordillera que atraviesa la Península Ibérica de Oeste a Este (Figura 2). En esta zona, existe una alternancia de montañas y valles de los principales ríos, en un relieve de horts y grabens, con altitudes de 1000 a 2600 m. Esta zona presenta un dominio de materiales magmáticos, fundamentalmente granitos y rocas análogas (granodioritas, pórfidos graníticos), acompañados por algunos enclaves de rocas metamórficas. Con estos materiales geológicos aflorantes, los tres órdenes de suelos más representados son Entisoles, Inceptisoles y Alfisoles. El clima es Mediterráneo templado, con una marcada sequía estival y las precipitaciones están en el intervalo de los 1000-2000 mm, con una precipitación anual media en la zona de muestreo de 1274 mm. En cuanto a las temperaturas, los inviernos son largos y fríos, y los veranos cortos y más o menos calurosos, según la altitud, con una temperatura media anual de 11.7°C.

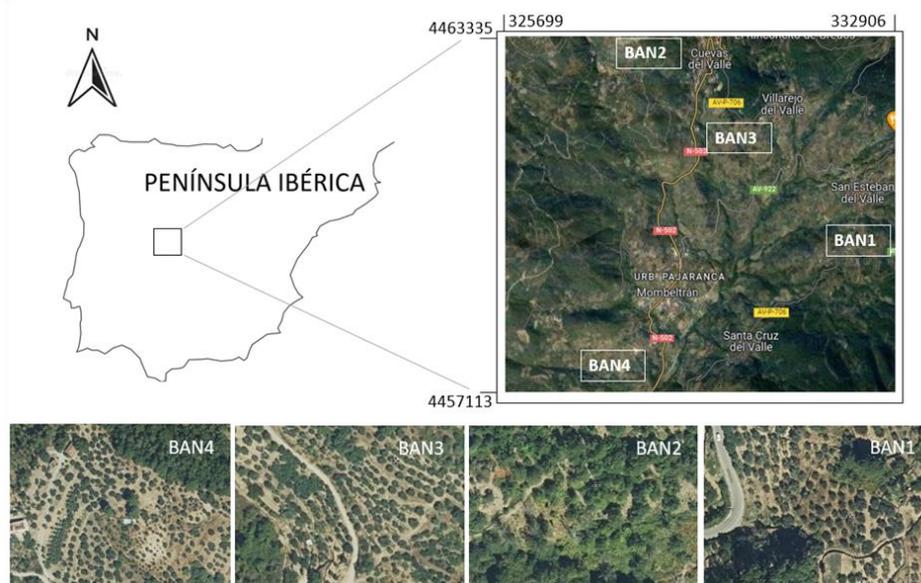


Figura 2. Localización del área de estudio y detalles de las zonas de muestreo con bancales

2.1. Trabajo de campo y análisis de laboratorio

Se muestrearon cuatro parcelas aterrazadas (BAN1, BAN2, BAN3, BAN4) representativas de los diferentes bancales (Figura 3) y en cada una de ellas se tomó una muestra de suelo y se hicieron tres ensayos de infiltración (en total 12 ensayos) en condiciones de suelo seco (sin precipitaciones en los 10 días previos a las pruebas de infiltración) utilizando un infiltrómetro de anillo simple (Infiltest) (Figura 3). La infiltrometría mediante infiltrómetro inundador es una técnica ampliamente utilizada en este tipo de estudios (Cerdà, 2002; Zapata & Manzano, 2008; Álvarez et al., 2010). Este infiltrómetro tiene un cilindro de metacrilato milimétrico para leer las medidas y un tubo de acero para colocar el cilindro de metacrilato en el suelo. Presenta una serie de elementos que facilitan la realización de mediciones en campo y su gasto de agua es reducido (Mongil et al., 2015). Además, se cavó un pequeño surco alrededor del anillo para verter el agua y evitar la infiltración lateral. En consecuencia, funcionó como un infiltrómetro de doble anillo. Las pruebas duraron tres horas, durante las cuales se realizaron 15 mediciones para determinar la velocidad de infiltración inicial (f_0) y la velocidad de infiltración en estado estacionario (f_C), a fin de obtener sus correspondientes valores de infiltración, para obtener sus curvas de infiltración.

En estas mismas parcelas se realizaron observaciones sobre la vegetación: BAN 1 tiene una plantación de olivos (*Olea europaea*) a marco amplio, BAN2 de castaños (*Castanea sativa*) y BAN3 y BAN4 tienen plantados higueras (*Ficus carica*) y otros frutales. Así mismo, se determinó la orientación de todas las parcelas, y se tomó una muestra representativa de suelo de 0-50 cm de profundidad para su análisis en laboratorio. En ellas se determinó lo siguiente para todas las muestras: textura (método del higrómetro; Gee et al., 1986), como porcentaje de peso en relación con la tierra fina (% arena = AR, % limo = L, y % arcilla = AC); partículas gruesas del suelo (>2 mm tamiz); Asimismo, la materia orgánica (MO) del suelo se determinó según el método de Walkley-Black; pH del suelo (potenciometría-solución acuosa 1:2,5); conductividad eléctrica (CE) (conductímetro-solución de agua 1:2,5); los contenidos de nitrógeno (método Kjeldahl), fósforo, potasio calcio, sodio y magnesio (emisión atómica).

2.2. Análisis de los datos

Se realizó un estudio de estadística descriptiva para las tasas de infiltración y las propiedades físicas y químicas del suelo, calculándose la media aritmética, la desviación típica y el coeficiente de variación. Así mismo, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre las tasas de infiltración y el resto de propiedades del suelo. Este coeficiente es una medida de la dependencia lineal entre dos variables

cuantitativas y continuas, por lo que nos permite conocer el grado de relación entre variables.

Por otra parte, se realizó el ajuste de los datos de infiltración al modelo de infiltración de Horton

(1940). Este es uno de los modelos de infiltración más conocidos y utilizados, y se resume en la ecuación:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-k \cdot t} \quad (1)$$

Donde

f	Tasa de infiltración en el instante t.
f _C	Tasa de infiltración final que se alcanza tras el tiempo t _c .
f ₀	Tasa de infiltración inicial.
k	Exponente de decrecimiento.

Por lo tanto, la capacidad de infiltración inicial, final y el exponente de decrecimiento (f₀, f_c y k) son los parámetros del modelo que se han de ajustar a los datos experimentales.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis ANOVA simple para comprobar las posibles diferencias entre las tasas de infiltración de las cuatro parcelas, así como el test de Tukey para las comparaciones múltiples entre ellas. Todos los análisis se realizaron con Excel y el software R.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores de los parámetros edáficos para las cuatro muestras objeto de estudio. Se trata de suelos con texturas que van de franco-arenosa a franco-arcillo-arenosa, según el USDA, con contenidos en arena superiores al 60% (Figura 4). El contenido en arcilla no supera en ningún caso el 20%. Los elementos gruesos son abundantes, superando el 33,53%. El pH va de 6,08 a 6,42 (entre ligeramente ácido y medianamente ácido), y la conductividad eléctrica presenta valores bajos, entre 0,009 y 0,069, que corresponden a suelos no salinos. El contenido en materia orgánica es de alto a muy alto, siempre por encima de 2,95%. Los contenidos en nutrientes son bastante normales. El fósforo es bajo o muy bajo, el potasio muy alto en todos los casos (valor por encima de 200 mg/kg) y el nitrógeno normal. El calcio y el magnesio presentan concentraciones muy bajas, mientras que el sodio tiene valores normales (altos en un caso). En definitiva, se trata de suelos aptos para el cultivo, con

buen contenido en materia orgánica y en nutrientes (salvo fósforo, calcio y magnesio), y con condiciones de drenaje óptimas.

Las condiciones de infiltración en todas las parcelas son muy buenas, con elevadas tasas de infiltración tanto iniciales (mínimo de 260 mm•h⁻¹ en BAN1) como finales (mínimo 52 mm•h⁻¹ en BAN1) (Tabla 3 y Figura 4). Según la clasificación del USDA (modificado de USDA, 1999), las parcelas BAN1 y BAN3 tienen una infiltración moderadamente rápida (>50,8 – 152,4 mm/h) y las parcelas BAN2 y BAN4 rápida (>152,4-508 mm/h). Esto se corresponde con suelos que tienen altos porcentajes de arena (más del 60% en todos los casos). El ajuste de los datos al modelo de Horton permite obtener unas ecuaciones predictivas para las cuatro parcelas, con buenos coeficientes de determinación.

Los resultados de los ensayos de infiltración en las cuatro parcelas se muestran en la Tabla 2. En ellas se detallan las tasas de infiltración a lo largo del tiempo de duración del ensayo (3 horas), en diferentes intervalos.

La Figura 4 muestra las curvas de infiltración para las cuatro parcelas y ensayos de 180 minutos de duración. Como es habitual, en general, se observa que la tasa de infiltración fue mayor al principio de las mediciones y, posteriormente, va decreciendo gradualmente en el tiempo hasta que se hace prácticamente constante. Las parcelas con mayores tasas de infiltración fueron BAN2 y BAN4, y las que presentan menores tasas fueron BAN3 y BAN1.

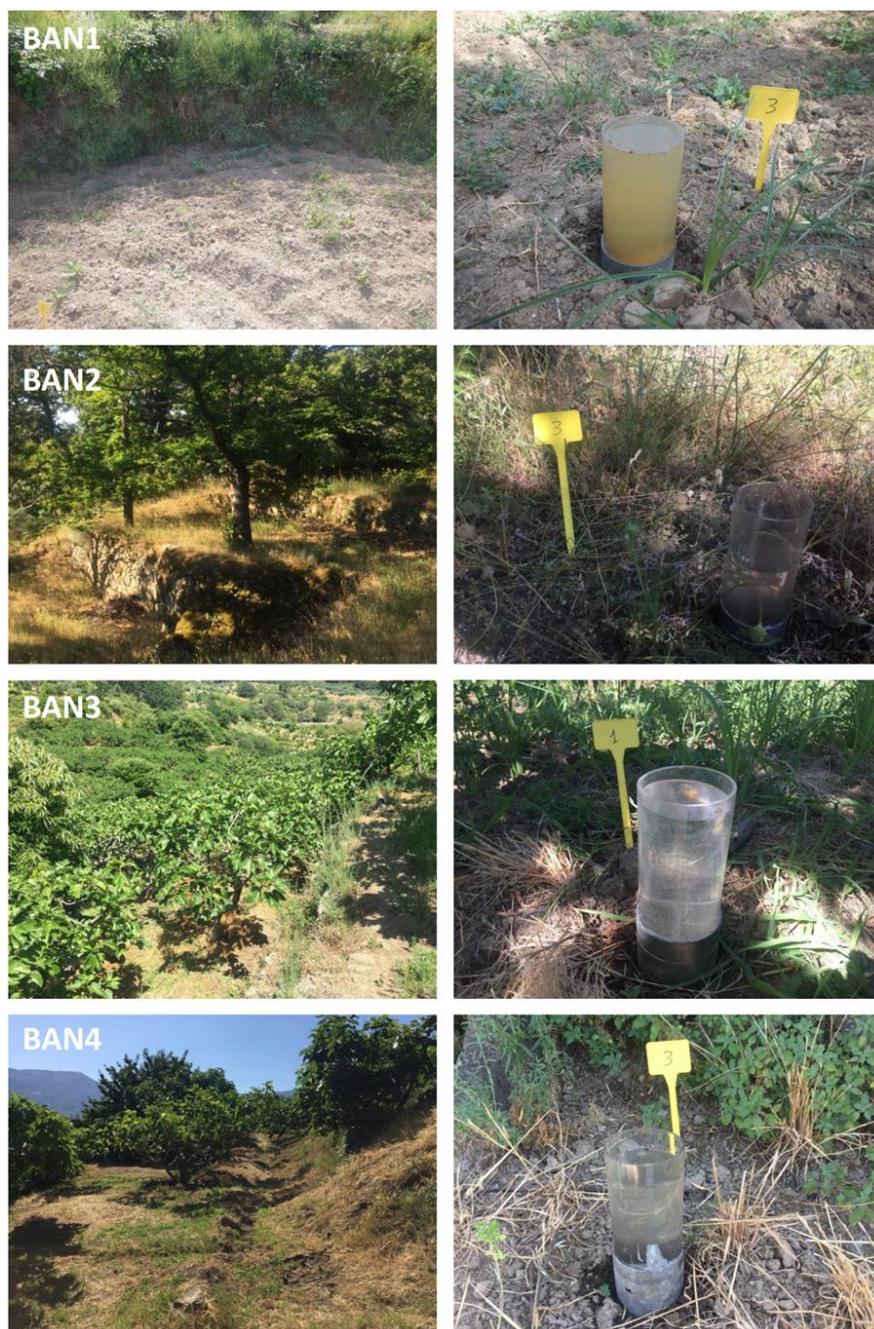


Figura 3. Aspecto general de las parcelas de bancales donde se ha desarrollado el estudio y ensayos de infiltración con infiltrómetro de anillo simple

Tabla 1 Parámetros edáficos para las muestras BAN1, 2, 3 y 4

PARÁMETRO	BAN1	BAN2	BAN3	BAN4	MEDIA	DT	CV
Municipio	San Esteban del Valle	Cuevas del Valle	Cuevas del Valle	Cuevas del Valle	-	-	-
Coordenadas UTM (ETRS89, 30T)	330950, 4458782	328854, 4462912	329120, 4461539	328342, 4460398	-	-	-
Orientación	NO	E-SE	O	NE			
Litología	Aglomerados de bloques subredondeados	Granodiorita y granitos biotíticos porfídicos	Granodiorita y granitos biotíticos porfídicos	Granodiorita y granitos biotíticos porfídicos	-	-	-
Vegetación/cultivo	Olivos	Castaños	Higueras y otros frutales	Higueras y otros frutales	-	-	-
EG (%)	42.27	39.14	53.58	33.53	42.13	8.45	20.05
AR (%)	60.00	75.00	65.00	60.00	65.00	7.07	10.88
L (%)	20.00	20.00	30.00	25.00	23.75	4.79	20.16
AC (%)	20.00	5.00	5.00	15.00	11.25	7.50	66.67
Textura USDA	Franco arcillo arenosa	Franco arenosa	Franco arenosa	Franco arenosa	-	-	-
pH	6.42	6.29	6.08	6.08	6.22	0.17	2.69
CE (dS/cm)	0.069	0.009	0.009	0.020	0.03	0.03	107.07
MO (%)	3.30	2.95	3.05	3.76	3.27	0.36	11.07
CAR (g CaCO ₃ /100 g)	0.72	1.60	0.56	0.49	0.84	0.51	61.02
P (mg/kg)	57.48	30.05	46.89	5.47	34.97	22.68	64.85
K (mg/kg)	896.50	899.57	891.57	860.56	887.05	17.96	2.03
Ca (meq/100 g)	1331.52	1195.80	1240.83	1547.58	1328.93	156.31	11.76
Mg (meq/100 g)	99.16	98.54	100.93	89.41	97.01	5.17	5.33
Na (meq/100 g)	83.42	81.28	83.94	90.38	84.76	3.92	4.63
N (%)	0.20	0.11	0.17	0.18	0.17	0.04	23.47

Tabla 2. Resultados de los ensayos de infiltración para las parcelas BAN1 a BAN 4

TIEMPO (min)		TASA DE INFILTRACIÓN (mm·h ⁻¹)							
PARCIAL	ACUMULADO	BAN1		BAN2		BAN3		BAN4	
		MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT	MEDIA	DT
0	0	260.0	75.5	880.0	315.1	440.0	379.9	1030.0	329.1
2	2	80.0	34.6	700.0	421.4	200.0	242.5	650.0	379.9
2	4	80.0	34.6	610.0	350.3	140.0	165.2	530.0	180.8
2	6	70.0	17.3	630.0	393.4	120.0	155.9	550.0	195.2
2	8	60.0	0.0	610.0	451.3	100.0	121.2	420.0	256.3
5	15	56.0	55.4	592.0	277.4	120.0	136.3	480.0	174.3
5	20	40.0	27.7	604.0	368.8	104.0	138.6	460.0	162.0
10	30	58.0	33.0	494.0	204.9	96.0	114.5	408.0	72.7
10	40	52.0	43.4	494.0	217.4	86.0	97.0	396.0	73.0

10	50	58.0	36.2	466.0	210.7	84.0	93.5	392.0	69.3
10	60	54.0	39.3	472.0	204.7	84.0	103.9	390.0	73.0
30	90	64.7	31.4	396.7	172.8	74.7	72.3	322.7	35.2
30	120	64.0	33.6	386.7	157.1	73.3	73.5	322.7	48.0
30	150	54.0	28.0	372.7	145.0	74.7	67.0	339.3	55.0
30	180	52.0	24.6	343.3	110.4	71.3	68.4	337.3	51.3

DT=Desviación típica

Tabla 3. Resumen de las tasas de infiltración inicial y final y ecuación del modelo de Horton ajustada. Para los ajustes se emplearon los valores de infiltración medios de cada parcela.

PARCELA	f_0 (mm·h ⁻¹)	f_c (mm·h ⁻¹)	k (min ⁻¹)	Modelo de Horton (f en mm·h ⁻¹ y t en min)	r ²
BAN1	260.0	52.0	0.18547111	$f = 52 + 208 \cdot e^{-0.18547111 \cdot t}$	0.9957729
BAN2	880.0	343.3	0.05134030	$f = 343 + 537 \cdot e^{-0.05134030 \cdot t}$	0.98163211
BAN3	440.0	71.3	0.13740434	$f = 71.3 + 368.7 \cdot e^{-0.13740434 \cdot t}$	0.98608114
BAN4	1030.0	337.3	0.10399485	$f = 337.3 + 692.7 \cdot e^{-0.10399485 \cdot t}$	0.96944431

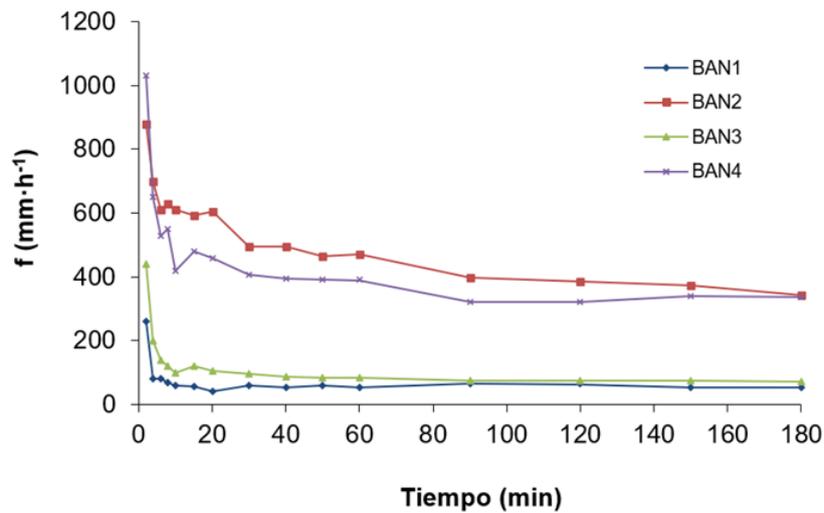


Figura 4. Comparación de la tasa de infiltración por intervalo (f) (mm·h⁻¹) para las cuatro parcelas, a partir de los valores de infiltración medios de cada parcela.

En la Tabla 4 se muestran los coeficientes de correlación de Pearson de f_0 y f_c respecto del resto de variables edáficas. Además de comprobar que ambas tasas de infiltración están fuertemente correlacionadas, se puede observar que tanto f_0 como f_c se correlacionan positivamente con AR, MO y los contenidos en carbonatos, Ca y Na; y negativamente con pH, CE, EG, AC, P, K, Mg y N. No obstante, varios de los coeficientes de correlación presentan

valores bajos, por lo que hay que tomar los resultados con precaución.

El ANOVA muestra que hay diferencias significativas entre las parcelas respecto a la variable f_c (p-valor=0.001), con un primer grupo formado por BAN1 y BAN3 y un segundo grupo que incluye a BAN2 y BAN4 (Figura 5). La relación de la capacidad de infiltración es de casi 5 a 7 veces más en BAN 2 y BAN 4 que en BAN 1 y BAN 3.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson para f_0 , f_c y el resto de variables edáficas

VARIABLE	f_0	f_c
f_0	-	0.9706
f_c	0.9706	-
pH	-0.4710	-0.2566
Conductividad eléctrica (dS/cm)	-0.6234	-0.5375
Elementos gruesos (%)	-0.6990	-0.7603
Arena USDA (%)	0.3059	0.4350
Arena muy fina USDA (%)	-0.3911	-0.5367
Limo USDA (%)	-0.0457	-0.2659
Arcilla USDA (%)	-0.2592	-0.2404
Materia orgánica oxidable (%)	0.3748	0.2595
Carbonatos (g CaCO ₃ /100 g)	0.2639	0.4614
Fósforo asimilable (mg/kg)	-0.9587	-0.8778
Potasio asimilable (mg/kg)	-0.6056	-0.4404
Calcio asimilable (meq/100 g)	0.4119	0.2899
Magnesio asimilable (meq/100 g)	-0.7478	-0.6596
Sodio asimilable (meq/100 g)	0.4763	0.3043
Nitrógeno total (%)	-0.5145	-0.6222

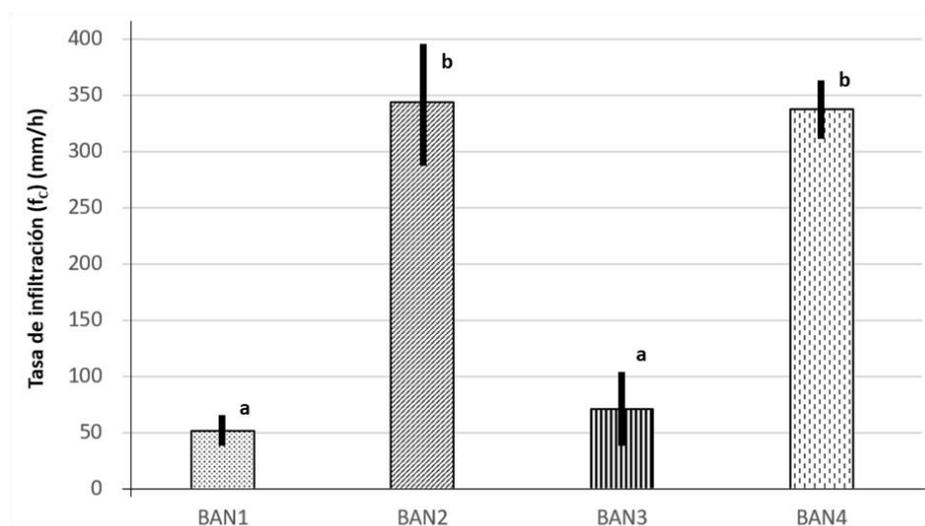


Figura 5. Gráfico de medias para f_c . Las barras negras representan la desviación típica, y las letras (a y b), indican los grupos.

4. DISCUSIÓN

Los suelos de los bancales son suelos artificiales, procedentes del relleno de las plataformas creadas artificialmente con materiales de la zona o traídos de

otros lugares (Stanchi et al., 2012). En el primer caso, con frecuencia se separaba el peor suelo para el relleno de la parte inferior del bancal, mientras que el suelo más fértil o con mejores propiedades

agronómicas se acopiaba para después conformar la parte superior del perfil (capaceo). La práctica de traer material de otros lugares, lógicamente solo se justificaba en el caso de que el suelo aportado tuviera mejores características que las del suelo local. Como consecuencia de lo anterior, y de que los bancales eran -y son- mejorados continuamente mediante el aporte de abonos y enmiendas (Van Asperen et al., 2014), los suelos de los bancales poseen unas características especiales, en cuanto a propiedades (Stanchi et al., 2012) y en cuanto a perfiles, resultado de las labores antrópicas llevadas a cabo durante siglos. Entre los efectos positivos de los bancales, la conservación de suelos hace que se retenga en las plataformas la materia orgánica y de los nutrientes del suelo, lo que hace que con esta técnica se mejore la fertilidad de los suelos (Siriri et al., 2013).

Aunque sería necesario un estudio más detallado, según los resultados obtenidos por otros autores, se puede decir que, en general, las terrazas mejoran las propiedades físicas y químicas de los suelos (Siriri et al., 2013; Stavi et al., 2015; Stavi et al., 2016; Silva & Rios, 2020), aunque de forma diferente en función del tipo de suelo, el manejo y el tipo de vegetación o cultivo. Mesfin et al. (2018) observan que, en terrazas construidas en el norte de Etiopía, los suelos presentan mejores contenidos en materia orgánica, nitrógeno total, y fósforo disponible, que en laderas sin aterrizar. Este autor destaca que el uso combinado de terrazas con enmiendas orgánicas permite transformar paisajes de montaña improductivos en terrenos fértiles, que contribuyen a un uso sostenible de la zona.

Por otra parte, los bancales contribuyen a incrementar el tiempo de concentración de la cuenca, pues incrementan la distancia real del terreno a recorrer por la escorrentía, para alcanzar la red de drenaje natural; frenan la escorrentía por la drástica disminución de la pendiente; y aumentan la infiltración porque se incrementa el tiempo en que el agua está en contacto con la superficie del suelo a una menor velocidad. La mejora del suelo junto con los efectos citados, hacen que los caudales punta tiendan a reducirse, respecto a las condiciones de preabancalamiento. También mejoran los caudales de estiaje al favorecer la recarga subterránea, e incrementan la reserva de agua del suelo debido a los muros de piedra o albarradas (Mongil et al., 2023).

En este trabajo se observan diferencias destacadas respecto a las tasas de infiltración entre las cuatro parcelas estudiadas, concretamente entre BAN2 y

BAN4 respecto a BAN1 y BAN3. Dado que los suelos son similares en cuanto a la textura y al contenido de materia orgánica, las razones de esas diferencias quizás haya que encontrarlas en la estructura del suelo o en el entramado de raíces de la vegetación implantada en cada caso, responsable en buena medida de la macroporosidad del suelo facilitadora de la infiltración. La fracción de cubierta es 50% en BAN1, BAN3 y BAN4 y 70% en BAN2. Generalmente, los trabajos científicos reportan que hay una mayor infiltración en aquellos suelos con mayor tamaño y cubierta vegetal, principalmente de árboles (Gilmour et al., 1987; Zapata & Manzano 2008; Bargués et al., 2014; Benegas et al., 2014; Bessi et al., 2018; Lozano-Baez et al., 2019; Ramos et al., 2019).

Pero además de la cubierta vegetal, hay otros factores que influyen en la infiltrabilidad. La textura del suelo se suele expresar como un factor que influye en la infiltración del suelo (Reichardt, 1985; Lozano-Baez et al., 2019), aunque Rahmati et al., (2018) no encontraron una relación significativa entre ambos al estudiar una gran base de datos de suelos de todo el mundo con diferentes usos del suelo. Mapa (1995) encontró que los contenidos de arcilla, limo y arena no mostraban diferencias significativas en las zonas de Sri Lanka. Cerdà (1995) indicó que la arcilla y el limo mostraban una influencia negativa en la infiltración del suelo, pero un alto contenido de arena mostraba un efecto positivo. En nuestro caso, la arcilla y el limo tienen una relación negativa con la infiltración, mientras que la arena tiene una correlación positiva.

Es fácil pensar que los elementos gruesos ($\phi > 2$ mm) mejoran la infiltración del suelo, aumentando la macroporosidad en suelos arenosos como los encontrados en nuestra área de estudio (AR > 60%) (Mongil-Manso et al., 2021b); sin embargo, ellos contribuyen a aumentar la escorrentía superficial mientras aparecen en la superficie del suelo cuando la pendiente del terreno es elevada. En nuestro caso, el porcentaje de elementos gruesos es elevado (>30%), pero esta variable presenta correlación negativa con la tasa de infiltración, lo cual contradice lo dicho anteriormente. Sin embargo, BAN 1 y BAN 3 tienen entre un 3% a un 14% más de elementos gruesos que BAN 2 y BAN 4, lo cual puede explicar, en parte, junto con la menor presencia de vegetación, el motivo de su menor capacidad de infiltración. En futuros estudios se deberán tener en cuenta otras propiedades físicas de los elementos gruesos para analizar su hetero u homogeneidad, como por

ejemplo, el D10, D50, el coeficiente de uniformidad de Hazen, etc, como ocurre en rellenos de áridos en ingeniería civil. Esto podría hacer entender mejor los resultados y compararlos con otros trabajos. Además, conviene analizar también otras propiedades del suelo como la estructura, la densidad aparente y la porosidad, así como incrementar el número de muestreos.

También encontramos una correlación positiva entre la materia orgánica del suelo y la tasa de infiltración. Cerdà (1995) y Sun et al., (2018) mostraron cómo la infiltrabilidad aumentaba en relación con el contenido de MO. La MO contribuye a la estabilidad de los agregados del suelo, una mejor estructura del suelo y una mayor macroporosidad (Mapa, 1995), y a una menor compactación del suelo, lo que favorece el perfil del suelo y, por consiguiente, la infiltrabilidad del suelo (Beven & Germann 1982; Moliné, 1986). (Beven & Germann 1982; Moliné, 1986). Ahirwal et al., (2021) constataron que la conversión de bosques en tierras forestadas y agrícola disminuyó las tasas de infiltración del suelo en un 89% y un 45%, respectivamente, debido a una reducción en la materia orgánica del suelo, cambios en la textura del suelo, y aumento de la densidad aparente. Yüksek & Yüksek (2011) encontraron mejores tasas de infiltración en plantaciones de algarroba negra y en plantaciones mixtas de algarrobo negro y pinos (3:1) en relación con las tierras desnudas adyacentes en una zona semiárida del noreste de Turquía.

Según Heydari et al., (2001), la salinidad y la conductividad eléctrica (como indicador de la anterior) merman la infiltración del suelo. En nuestro caso, encontramos una correlación negativa con buen R² entre la conductividad y las tasas de infiltración.

Finalmente, respecto al contenido en carbonatos, Cerdà (1995) indica que el contenido de CaCO₃ puede reducir o aumentar la capacidad de infiltración, dependiendo del tipo de suelo. En el caso que nos ocupa, existe una correlación positiva con las tasas de infiltración.

REFERENCIAS

- Ahirwal, J., Kumari, S., Singh, A.K., Kumar, A., & Kumar, S. (2021). Changes in soil properties and carbon fluxes following afforestation and agriculture in tropical forest. *Ecological Indicators*, 123, 107354. doi:10.1016/j.ecolind.2021.107354
- Ahuja, C.R., Ma, L., & Green, T.R. (2010). Effective soil properties of heterogeneous areas for modeling infiltration and redistribution. *Soil Science Society American Journal*, 74(5), 1469-1482. doi:10.2136/sssaj2010.0073

5. CONCLUSIONES

Las terrazas o bancales son un agrosistema tradicional en muchas zonas del mundo que permiten el cultivo en laderas de fuertes pendientes. Entre sus más importantes objetivos está el de la conservación de suelos, ya que la modificación de la topografía de la ladera hace que se frene la escorrentía y que se incremente la infiltración. Por otra parte, los suelos de los bancales son modificados antrópicamente, de tal manera que, por diferentes manejos, se suele incrementar su contenido en materia orgánica y mejorar las propiedades físicas y químicas. Los resultados obtenidos en este estudio preliminar, indican que los suelos de las terrazas mejoran las condiciones hidrológicas de los suelos. La mejora parece ser mayor cuanto más densa y leñosa sea la vegetación establecida. Los resultados obtenidos en este estudio preliminar indican que los suelos estudiados presentan muy buenas condiciones de infiltración (de moderadamente rápida a rápida), mejores cuanto más densa y leñosa sea la vegetación establecida. Por otra parte, el análisis de correlación muestra una correlación negativa de la tasa de infiltración final con el pH, la conductividad eléctrica (que es un indicador de la salinidad del suelo), el contenido en elementos gruesos, limo y arcilla, entre otros; y la correlación es positiva con el contenido en arena, materia orgánica y carbonatos. De todos los parámetros analizados, en nuestro caso, parece que una mayor cantidad de elementos gruesos, junto con una menor cubierta vegetal, reduce significativamente la capacidad de infiltración. Por ello, incrementar la vegetación arbórea del terreno, y disminuir la pedregosidad, son dos acciones que mejorarían considerablemente la capacidad de infiltración de los suelos, reduciendo la escorrentía más de cuatro veces, y que, junto con el efecto topográfico de los bancales, disminuirían las consecuencias de lluvias torrenciales y crecidas, así como de la erosión y transporte de sedimentos. Este efecto resulta muy interesante para mejorar el comportamiento hidrológico de las cuencas.

- Ahuja, L.R. (1983). Modeling infiltration into crusted soils by Green-Ampt approach. *Soil Science Society American Journal*, 47, 412-418.
- Alaoui, A. (2015). Modelling susceptibility of grassland soil to macropore flow. *Journal of Hydrology*, 525, 536–546. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.04.016
- Al-Azawi, S.A. (1985). Experimental evaluation of infiltration models. *Journal of Hydrology (NZ)*, 24(2), 77-88.
- Álvarez, A., Carral, P., Hernández, Z., & Almendros, G. (2010). Propiedades emergentes derivadas de la estructura molecular de la materia orgánica que explican la variabilidad de las propiedades hidrofísicas en suelos mediterráneos. *Spanish Journal of Rural Development*, 1(extra 2), 75-82.
- Arnáez, J., Lana-Renault, N., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., & Castroviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. *Catena*, 128, 122-134. doi: 10.1016/j.catena.2015.01.021
- Asins-Velis, S. (2006). Linking historical Mediterranean terraces with water catchment, harvesting and distribution structures, 21-40. In: Morel, J.P., Tresserras, J.J., Matamala, J.C. (eds.). *The archaeology of crop fields and gardens*. Edipuglia. Bari.
- Bargués, A., Reese, H., Almaw, A., Bayala, J., Malmer, A., Laudon, H., & Ilstedt, U. (2014). The effect of trees on preferential flow and soil infiltrability in an agroforestry parkland in semiarid Burkina Faso. *Water Resources Research*, 50, 3342-3354. doi: 10.1002/2013WR015197
- Benegas, L., Ilstedt, U., Rouspardc, O., Jones, J., & Malmer, A. (2014). Effects of trees on infiltrability and preferential flow in two contrasting agroecosystems in Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 183, 185-196. doi: 10.1016/j.agee.2013.10.027
- Bessi, D., Okamoto, M., Aranha, L., Pensa Correa, C.J., & Tonello, K.C. (2018). Forest restoration and hydrological parameters effects on soil water conditions: a structural equation modelling approach. *Brazilian Journal of Water Resources*, 23, 41. doi: 10.1590/2318-0331.231820180043
- Beven, K., Germann, P. (1982) Macropores and Water Flow in Soils. *Water Resources Research*, 18(5), 1311-1325. doi: 10.1029/WR018i005p01311
- Bot, A., & Benites, J. (2005). *The Importance of Soil Organic Matter: Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food Production*. FAO. Rome. ISBN 92-5-105366-9.
- Cerdà A. (1995). Factores y variaciones espacio-temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos. *Monografías científicas nº 5*. Geoforma ediciones. Logroño. ISBN: 84-87779-18-2.
- Cerdà, A. (2002). The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 52, 319-337.
- Collis-George, N. (1977). Infiltration equation for simple soils systems. *Water Resources Research*, 13, 395-403.
- Consell de Mallorca (2007). *Marjades i prevenció de riscos naturals. Proyecto TERRISC INTERREG III B SUDOE Recuperación de paisatges de marjades i prevenció de riscos naturals*. Palma de Mallorca. ISBN: 978-84-96069-88-6.
- Del Palacio, E. (1999). *La restauración hidrológico-forestal en España. Gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Fitzgerald, P.D., Cossens, G.G., & Rickard, D.S. (1971). Infiltration and soil physical properties. *Journal of Hydrology (NZ)*, 10(2), 120-126.
- Gilmour, D.A.; Bonell, M.; Cassells, D.S. (1987). The effects of forestation on soil hydraulic properties in the Middle Hills of Nepal: A Preliminary Assessment. *Mountain Research and Development*, 7, 239–249. doi: 10.2307/3673199

- Green, W.H. & Ampt, C.A. (1911). Studies on soil physics, I. Flow of air and water through soils. *Journal of Agricultural Sciences*, 4, 1-24.
- Gupta, R.S.; 1989. Hydrology and hydraulic systems. Waveland Press. Long Grove, IL. ISBN: 978-15-77660-30-9.
- Heydari, N., Das Gupta, A., & Loof, R. (2001) Salinity and sodicity influences on infiltration during surge flow irrigation. *Irrigation Science*, 20, 165-173. doi: 10.1007/s002710100043
- Holtan, H.N. (1961). A concept for infiltration estimates in watershed engineering. Agricultural Research Service Paper, 41-51. ARS, USDA. Washington D.C.
- Horton, R.E. (1940). An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Science Society of America Proceedings*, 5, 399-417.
- Johnson, A.I. (1963). A field method for measurement of infiltration. Paper 1544-F, Geological Survey Water-Supply. Washington, DC.
- Lasanta, T., Arnáez, J., Ruiz-Flaño, P., & Lana-Renault, N. (2013). Los bancales en las montañas españolas: un paisaje abandonado y un recurso potencial. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 63, 301-322.
- Liu, Z., Yan, Z., Qiu, Z., Wang, X., & Li, J. (2020). Stability analysis of an unsaturated soil slope considering rainfall infiltration based on the Green-Ampt model. *Journal of Mountain Science*, 17, 2577–2590. doi: 10.1007/s11629-019-5744-9
- Lourenço, L., & Nave, A. (2007). O papel dos socacos na prevenção dos incendios florestais. Exemplos das bacias hidrográficas dos ríos Ava e Alvoco (Serras do açor e da Estrela). En: Consell de Mallorca (ed.). *Actes de Les Jornades sobre terrasses i preneió de riscos naturals. Projecte europeu TERRISC de la iniciativa comunitària INTERREG III B SUDOE*, 203-211.
- Lozano-Baez, S.E., Cooper, M., Meli, P., Ferraz, S.F.B., Ribeiro Rodriguez, R., & Sauer, T.J. (2019). Land restoration by tree planting in the tropics and subtropics improves soil infiltration, but some critical gaps still hinder conclusive results. *Forest Ecology and Management*, 444, 89-95. doi: 10.1016/J.FORECO.2019.04.046
- Mapa, R.B. (1995). Effect of reforestation using *Tectona grandis* on infiltration and soil water retention. *Forest Ecology and Management*, 77, 119–125. doi: 10.1016/0378-1127(95)03573-S
- Martínez de Azagra, A., & Navarro, J. (1996). Hidrología forestal. El ciclo hidrológico. Servicio de publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid. ISBN: 978-84-7762-588-9.
- Martínez de Azagra, A., Pando, V., Del Río, J., & Navarro, J. (2006a). Aproximación al conocimiento de la infiltración a través del análisis dimensional. *Ecología*, 20: 471-491.
- Martínez de Azagra, A., Pando, V., Navarro, J., Del Río, J. (2006b). A proposal of an infiltration function with ecological meaning. International meeting IUFRO. Managing Forest Ecosystems: The Challenges of Climate Change. Proceedings. Palencia.
- Mesfin, S., Oliveira, L.A.A., Yazew, E., Bresci, E., & Castelli, G. (2019). Spatial variability of soil moisture in newly implemented agricultural bench terraces in the Ethiopian Plateau. *Water*, 11(10), 2134. doi: 10.3390/w11102134
- Moliné, R. (1986). Consideraciones sobre la fertilización de suelos salinos, 163-191. En: *Salinidad en los suelos: Aspectos de su incidencia en regadíos de Huesca*. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Diputación General de Aragón. Zaragoza.
- Mongil, J., Navarro, J., Díaz, V., Cruz, 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.
- Mongil-Manso, J., Navarro-Hevia, J., & San Martín, R. (2021b). Does forest restoration influence soil infiltrability? A case study in the restored woodland of Sierra de Ávila (Central Spain). *Journal of Mountain Science*, 18(7), 1778-1793. doi: 10.1007/s11629-020-6636-8

- Mongil-Manso, J., Navarro-Hevia, J., & Sanz-Belloso, J.C. (2021a). Clasificación y caracterización de los bancales de la provincia de Ávila. *Vegueta*, 21(1), 137-151. doi: 10.51349/veg.2021.1.06
- Mongil-Manso, J., Navarro-Hevia, J., Sanz-Belloso, J.C. (2023). Los bancales de la provincia de Ávila. Un patrimonio rural tradicional a conservar. Diputación de Ávila. Institución Gran Duque de Alba. Ávila. ISBN: 978-84-18738-16-6.
- NRCS (1998). Soil quality indicators: infiltration. USDA-Natural Resources Conservation Service. <http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/Infiltration.pdf>.
- Overton, D.E. (1964). Mathematical refinement of an infiltration equation for watershed engineering. USDA-Agricultural Research Service. Washington D.C.
- Philip, J.R. (1957a). The theory of infiltration. Chapter 1. *Soil Science*, 83, 345-357. doi: 10.1097/00010694-195705000-00002
- Philip, J.R. (1957b). The theory of infiltration. Chapter 4. *Soil Science*, 84, 257-265.
- Rahmati, M., Weihermüller, L., Vanderborght, J., Pachepsky, Y.A., Mao, L., Sadeghi, S.H., Moosavi, N., Kheirfam, H., Montzka, C., Van Looy, K.; et al. (2018). Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database. *Earth System Science Data*, 10, 1237–1263. doi: 10.5194/essd-10-1237-2018
- Ramos, M.C., Lizaga, I., Gaspar, L., Quijano, L., & Navas, A. (2019) Effects of rainfall intensity and slope on sediment, nitrogen and phosphorous losses in soils with different use and soil hydrological properties. *Agricultural Water Management* 226: 105789. doi: 10.1016/j.agwat.2019.105789
- Ravi, V., & Williams, J.R. (1998). Estimation of infiltration rate in the vadose zone: compilation of simple mathematical models. Volume I. United States Environmental Protection Agency. Ada, OK.
- Rawls, W.J., Ahuja, L.R., Brakensiek, D.L., & Shirmohammadi, A. (1993). Infiltration and soil water movement. In: Maidment, D.R. (ed.) *Handbook of hydrology*. Ed. McGraw Hill. New York, NY.
- Rawls, W.J., & Brakensiek, D.L. (1983). A procedure to predict Green and Ampt infiltration parameters. In: Eng. on Advan. in infiltration. Proc. Am. Soc. of Agr. Chicago.
- Reichardt, K. (1985). *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Fundação Cargill. São Paulo.
- Romero, L.E., González, A., & Ramón, A. (2016). Towards a new valuation of cultural terraced landscapes: the heritage of terraces in the Canary Islands (Spain). *ANNALES, Annals for Istrian and Mediterranean Studies. Series Historia et Sociología*, 26(3), 499-510.
- Silva, A.J.P. da, & Rios, M.L. (2020). Terracing recovers the quality of a riverbank soil degraded by water erosion in Brazilian semiarid. *Floresta e Ambiente*, 27(1), e20190094. doi: 10.1590/2179-8087.009419
- Siriri, D., Wilson, J., Coe, R., Tenywa, M.M., Bekunda, M.A., Ong, C.K., & Black, C.R. (2013). Trees improve water storage and reduce soil evaporation in agroforestry systems on bench terraces in SW Uganda. *Agroforestry Systems*, 87(1), 45-58. doi: 10.1007/s10457-012-9520-x
- Skaggs, R.W., Khaheel, R. (1982). Infiltration. In: Haan, C.T., Johnson, H.P., Brakensiek, D.L., (eds.). *Hydrologic modeling of small watersheds*. ASAE Monograph 5. St. Joseph, MI.
- Stanchi, S., Freppaz, M., Agnelli, A., Reinsch, T., & Zanini, E. (2012). Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review. *Quaternary International*, 265, 90-100. doi: 10.1016/j.quaint.2011.09.015
- Stavi, I., & Argaman, E. (2016). Soil quality and aggregation in runoff water harvesting forestry systems in the semi-arid Israeli Negev. *Catena*, 146, 88-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.010>
- Stavi, I., Fizik, E., & Argaman, E. (2015). Contour bench terrace (shich/shikim) forestry systems in the semi-arid Israeli Negev: Effects on soil quality, geodiversity and herbaceous vegetation. *Geomorphology*, 231, 376-382. doi: 10.1016/j.geomorph.2014.12.028

- Sun, D., Yang, H., Guan, D., Yang, M., Wu, J., Yuan, F., Jin, Ch. Wang, A. & Zhang, Y. (2018) The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: a meta-analysis. *Science Total Environment*, 626, 1394-1401. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.104
- Tarolli, P., Preti, F., & Romano, N. (2014). Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to and abandonment. *Anthropocene*, 6, 10-25. doi: 10.1016/j-ancene.2014.03.002
- Van Asperen, H.L., Bor, A.M.C., Sonneveld, M.P.W., Bruins, H.J., Lazarovitch, N. (2014). Properties of anthropogenic soils in ancient run-off capturing agricultural terraces in the Central Negev desert (Israel) and related effects of biochar and ash on crop growth. *Plant and Soil*, 374(1-2), 779-792.
- Williams, J.R., Ouyang, Y., Chen, J.S., & Ravi, V. (1998). Estimation of infiltration rate in vadose zone: application of selected mathematical models. Volume II. United States Environmental Protection Agency. Ada, OK.
- Yüksek, T., & Yüksek, F. (2011). The effects of restoration on soil properties in degraded land in the semi-arid region of Turkey. *Catena*, 84, 47-53. doi: 10.1016/j.catena.2010.09.002
- Zapata, A., Manzano, F. (2008) Influence of six tree species on water infiltration. *Agrociencia*, 42(7), 835-845.
- Zwartendijk, B.W., van Meerveld, H.J., Ghimire, C.P., Bruijnzeel, L.A., Ravelona, M., & Jones, J.P.G. (2017). Rebuilding soil hydrological functioning after swidden agriculture in eastern Madagascar. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 239, 101–111. doi: 10.1016/j.agee.2017.01.002

Las denominaciones que se emplean en esta publicación y la presentación de los datos que en ella figuran no suponen por parte de la UNESCO la adopción de postura alguna en lo que se refiere al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni en cuanto a sus fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no representan, necesariamente, el punto de vista de la UNESCO, y no comprometen a la Organización.

The designations and material presented in this publication are not an expression of UNESCO's opinion on the legal status of any country, territory, city, or area, or on the delimitation of its frontiers or boundaries. The ideas and opinions expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily represent the views of UNESCO. The Organization is not responsible for the opinions expressed by the authors.

Dans le cadre de cette publication, l'UNESCO a recours à des appellations et à une présentation des données qui n'impliquent aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant à leurs frontières ou limites. Les points de vue et les idées exprimés dans cette publication sont ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'UNESCO, qui n'est pas engagée par ceux-ci.



Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
CC BY-NC-SA 4.0 license