



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica
i del Medi Natural

ADAPTACIÓN DEL MÉTODO DEL N° DE CURVA PARA LA ESTIMA DE LA ESCORRENTÍA A LAS CONDICIONES DE CLIMA Y SUELO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALBERIC (PROVINCIA DE VALENCIA)

Alumno: Enric Nogués Martínez

Titulación: Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Curso académico: 2020/2021

Tutora: Sara Ibáñez Asensio

Cotutor: Héctor Moreno Ramón

Localidad: Alberic, septiembre de 2021

RESUMEN DEL TRABAJO

El método del número de curva permite estimar la escorrentía que se generará en una determinada zona a consecuencia de una precipitación pluvial a partir de datos empíricos. Para ello utiliza datos climáticos, edáficos y de uso y manejo del suelo. Si la cantidad de lluvia prevista es obtenida mediante tablas o fórmulas de eventos torrenciales propios de la zona de estudio, entonces la estima de la escorrentía proporcionará valores máximos susceptibles de ser usados para cálculos de infraestructuras de riego o conservación de suelos en los rangos temporales establecidos por el periodo de retorno utilizado (de entre 10 y 50 años). Los factores edáficos (laboreo, condiciones hidrológicas y tipo de permeabilidad del suelo) y de uso de la tierra de la zona de estudio condicionan el valor del llamado “número de curva” característico del lugar y, de no medirse en campo, se obtienen de tablas de valores empíricos obtenidos en condiciones ambientales estadounidenses puesto que este método ha sido desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos. Por lo tanto, de no estar adaptadas a los suelos de nuestro entorno de trabajo, su uso lleva asociada cierto nivel de incertidumbre. El objetivo de este trabajo es obtener la tabla que permita obtener la escorrentía en las zonas más representativas del término municipal de Alberic mediante el método del nº de curva para que se pueda obtener la escorrentía de esta zona sin la utilización de las tablas estadounidenses, que no se ajustan totalmente a las condiciones edáficas locales. Para ello se procederá a la caracterización de los suelos de la zona mediante la realización de muestreos y ensayos de campo, y diversas analíticas de laboratorio (textura, estructura, materia orgánica principalmente) aplicando las normas UNE correspondientes. La selección de los puntos de muestreo se realizará en atención a los factores formadores del suelo y al uso y manejo de los cultivos específicos de la zona de estudio.

Palabras clave: Número de curva, escorrentía, textura, estructura, labranza, suelo, cultivos.

ABSTRACT

The curve number method is an empirical method that allows estimating the runoff that will be generated in a given area as result of rainfall through the assignment of a hydrological number or curve number. For this purpose, it uses climatic, edaphic and land use data. If the expected amount of rainfall is obtained from tables or formulas of torrential events specific to the study area, then the runoff estimate will provide maximum values that can be used for irrigation infrastructure or soil conservation calculations in the temporal ranges established by the return period used (between 10 and 50 years). The edaphic factors (tillage, hydrologic conditions and type of soil permeability) and land use condition the value of the so-called "curve number" characteristic of the site. These, if not it measured in the field, are obtained from tables of empirical values obtained under US environmental conditions since this method has been developed by the Soil Conservation Service (SCS) of the United States. Therefore, since they are not adapted to the soils of our working environment, their use is associated with a certain level of uncertainty. The objective of this work is to obtain the table of curve numbers that allows obtaining the runoff in the most representative areas of the municipality of Alberic using the curve number method so that the runoff of this area can be obtained without the use of the American tables, which are not totally adjusted to the local edaphic conditions. For this purpose, the soils of the area will be characterized by means of sampling and field tests, and various laboratory analyses (texture, structure, organic matter mainly) applying the corresponding UNE standards. The selection of the sampling points will be made according to the soil-forming factors and the use and management of the specific crops in the study area.

Key words: curve number, runoff, texture, structure, tillage, soil, crops.

Índice

1. Introducción.....	1
1.1. El suelo y su degradación.....	1
1.2. La erosión por escorrentía.....	2
1.3. Propiedades del suelo afectadas por la escorrentía.....	2
1.4. Método del número de curva.....	3
2. Objetivos.....	8
3. Metodología de trabajo.....	9
3.1. Trabajo de gabinete.....	9
3.2. Trabajo de campo.....	10
3.3. Puntos de muestreo.....	10
3.4. Trabajo de laboratorio.....	17
3.5. Metodología para la determinación de la condición hidrológica.....	20
3.5.1. Metodología de análisis y valoración.....	22
4. Resultados y discusión.....	24
4.1. Determinación de la condición hidrológica mediante la metodología de análisis y valoración.....	36
4.2. Determinación de la condición hidrológica mediante el nomograma.....	36
4.3. Determinación del grupo hidrológico.....	37
4.4. Determinación del número de curva.....	38
5. Conclusiones.....	39
6. Bibliografía.....	39

Índice de figuras

Figura 1: Gráfica para la obtención del caudal por escorrentía según el número de curva.....	4
Figura 2: Curva IDF.....	4
Figura 3: Zona del muestreo 1.....	11
Figura 4: Zona del muestreo 2.....	12
Figura 5: Zona del muestreo 3.....	12
Figura 6: Zona del muestreo 4.....	13
Figura 7: Zona del muestreo 5.....	13
Figura 8: Zona del muestreo 6.....	14
Figura 9: Zona del muestreo 7.....	14
Figura 10: Zona del muestreo 8.....	15
Figura 11: Zona del muestreo 9.....	16
Figura 12: Zona del muestreo 10.....	16
Figura 13: Zona del muestreo 11.....	17
Figura 14: Metodología de medida del tamaño de los agregados.....	18
Figura 15: Clasificación del tamaño de las partículas del suelo.....	20
Figura 16: Nomograma utilizada para la obtención de la condición hidrológica.....	21

Índice de tablas

Tabla 1: Ejemplo: Precipitación caída de la ciudad de Alicante.....	5
Tabla 2: Fórmulas para la determinación de la cantidad de lluvia precipitada.....	5
Tabla 3: Tabla del número de curva.....	7
Tabla 4: Puntos de muestreo.....	10
Tabla 5: Porcentaje de elementos gruesos por volumen.....	22
Tabla 6: Clasificación del porcentaje de materia orgánica según la textura.....	22
Tabla 7: Clasificación de la estabilidad de los agregados según su textura.....	23
Tabla 8: Clasificación del porcentaje de densidad vegetal.....	23
Tabla 9: Clasificación de la permeabilidad del suelo.....	24
Tabla 10: Estructura de los agregados del suelo de cada punto de muestreo.....	25
Tabla 11: Grado de cohesión de los agregados del suelo de cada muestreo.....	25
Tabla 12: Clasificación del tamaño medio de los agregados.....	26
Tabla 13: Tamaño medio de los agregados del suelo de cada muestreo.....	26
Tabla 14: Porcentaje de materia orgánica de cada muestra.....	27
Tabla 15: pH de cada muestra.....	28
Tabla 16: Intensidad de la salinidad en el suelo.....	29

Tabla 17: Conductividad eléctrica de cada muestra.....	29
Tabla 18: Porcentaje de elementos gruesos de cada muestra.....	30
Tabla 19: Tabla 19: Porcentaje de elementos gruesos en volumen en cada muestra de suelo.....	31
Tabla 20: Porcentaje de estabilidad de agregados de cada muestra.....	33
Tabla 21: Clases texturales de cada muestra.....	34
Tabla 22: Pendiente en los puntos de muestreo.....	35
Tabla 23: Tasa de infiltración de cada ensayo realizado.....	35
Tabla 24: Valores obtenidos de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo...36	
Tabla 25: Clasificación de los parámetros según su estado.....	36
Tabla 26: Condición hidrológica de los suelos con vegetación natural.....	37
Tabla 27: Condición hidrológica de cada punto de muestreo.....	37
Tabla 28: Grupo hidrológico de cada punto de muestreo.....	38
Tabla 29: Tabla del número de curva adaptada.....	38

1. Introducción

1.1. El suelo y su degradación

El suelo es un cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases presentes en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio y se caracteriza por la presencia de horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia y que presenta la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural. (Soil Survey Staff, 1999).

El suelo es un recurso natural imprescindible para sostener la vida en la Tierra, ya que, es el medio en el que habitan las plantas y le proporciona a estas nutrientes, agua y minerales que permiten su subsistencia en este cuerpo natural. El suelo actúa como soporte de estas y además alberga a millones de seres vivos, tales como, microorganismos, nemátodos, insectos, que provocan la descomposición de la materia orgánica, proceso fundamental para la incorporación de nutrientes al suelo, que posteriormente serán absorbidos por la planta.

Sin embargo, en muchas ocasiones el suelo está siendo degradado constantemente año tras año debido, entre otras causas, a la acción antrópica. Según el JRC, (Centro Común de Investigación de la Comisión Europea) más del 75% de la superficie terrestre del planeta está degradada, pudiendo elevarse hasta el 90% en 2050, debido a actividades, tales como, la agricultura, ganadería, deforestación, construcción, etc. que desprovisten al suelo de la capa de vegetación que lo protege y lo dejan expuesto a las incidencias climáticas que lo degradan.

La degradación del suelo es un fenómeno por el cual el suelo de un determinado lugar pierde algunas de sus propiedades más importantes, lo que se traduce en una disminución de su capacidad para brindar servicios ecosistémicos y otro tipo de servicios (Novillo, 2019). La degradación del suelo provoca un cambio en las propiedades y afecta a su capacidad de aportar recursos a las plantas, reduciendo su fertilidad y provocando un empobrecimiento de este, sobre todo en las zonas áridas semiáridas y subhúmedas por el impacto combinado de las actividades del hombre y la sequía, proceso conocido como desertización. (BOE, 1997)

La desertización es un proceso natural de formación de desierto, lo que implica un cambio a condiciones más áridas. (Porta *et al.*, 2003). Este proceso puede tardar millones de años en producirse, pero la sequía combinada por las acciones antrópicas que degradan el suelo acelera este proceso.

Gran parte de España presenta un clima mediterráneo, caracterizado por veranos calurosos y periodos de precipitaciones escasos y a menudo torrenciales, esto unido a diferentes actividades antrópicas que aceleran la degradación del suelo, está provocando un incremento de la desertización en la Península Ibérica. España, es el país de Europa que tiene las zonas más extensas en condiciones de acidez. (Porta *et al.*, 2003). Según el Ministerio de Medio Ambiente (2017), entre el 75% y el 80% de España está en riesgo de convertirse en desierto a lo largo de este siglo y un tercio de España ya sufre una tasa de desertificación muy alta, siendo más grave en la zona sudeste del país.

1.2. La erosión por escorrentía

La erosión por escorrentía se define como el flujo de agua que discurre por la superficie del suelo y arrastra las partículas formadoras de este, provocando la pérdida de suelo.

Cuando se da un episodio de lluvias intenso, el suelo se satura, ralentizando la infiltración de agua en este, entonces se produce el fenómeno de encharcamiento. Si la zona donde se ha producido la lluvia presenta pendiente, el agua discurrirá por la superficie del suelo, arrastrando las partículas formadoras de este y provocando su pérdida, lo que dará lugar a una disminución de su productividad y fertilidad.

Las distintas formas en las que se puede dar la erosión por escorrentía son:

- Erosión laminar: Arrastre de suelo inapreciable a corto plazo, pero constante en el tiempo.
- Ecurrimiento difuso: Pequeños regueros temporales y de escasa entidad.
- Erosión en surcos: Pequeños regueros poco graves y de poca entidad.
- Erosión en cárcavas: Consiste en el vaciado de las partículas por un flujo concentrado de agua, provocando incisiones de mayor tamaño y profundidad que un reguero.
- Erosión en cauces: Es la que presenta un mayor grado de erosión, dando lugar a la formación de cauces.

De todas ellas, la erosión laminar es una de las formas de erosión que mayores pérdidas ocasiona en las tierras agrícolas y en zonas forestales poco protegidas, ya que, este tipo de erosión puede llegar a pasar desapercibida, pudiendo identificarse porque después de un episodio de lluvias, los elementos gruesos en superficie aparecen muy limpios (Porta *et al*; 2003) Resulta por ello de gran interés en el ámbito de la gestión de los recursos naturales el disponer de modelos fiables en los que basar la toma de decisiones en aras a limitar y evitar la degradación del suelo ocasionada por las pérdidas de suelos generadas durante la escorrentía, mediante diferentes métodos de conservación del suelo.

1.3. Propiedades del suelo afectadas por la escorrentía

El suelo presenta un gran conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden verse alteradas por el proceso de escorrentía. De todas ellas, las físicas son la que primeramente más se ven afectadas.

La estabilidad estructural es una de las propiedades físicas más importantes a la hora de determinar la intensidad de la escorrentía, ya que, si los agregados del suelo son más estables, estos resistirán mejor al impacto de las gotas de lluvia, así como al flujo del agua que discurrirá sobre la superficie del suelo cuando de un episodio de lluvias. (Paz y Vidal, 2004) Un parámetro que está muy relacionado con la estabilidad estructural es el contenido de materia orgánica en el suelo, ya que, esta actúa como agente cementante de las partículas del suelo, favoreciendo la unión de estos en agregados y mejorando la estabilidad estructural (Docampo, 2014).

La textura y la estructura son dos parámetros del suelo muy determinantes de la escorrentía, ya que, estos determinan el tamaño y número de poros, siendo éste un parámetro muy influyente en la permeabilidad del suelo. Una textura más fina reduce la permeabilidad del suelo, mientras que la estructura puede modificar las tasas de permeabilidad del suelo (FAO, 2021).

Otro parámetro que también influye mucho en la generación de la erosión hídrica es la presencia o no de cubierta vegetal. La cubierta vegetal protege al suelo de la erosión provocada por el

impacto de las gotas de lluvia, impidiendo que impacten directamente contra el suelo desnudo y disminuyendo el riesgo de pérdida de suelo por escorrentía. (climagri.eu, 2014).

Por último, la pendiente es un factor que está muy ligado a la escorrentía, ya que, a mayor nivel de pendiente en el suelo, mayor velocidad del flujo de agua que discurrirá por la superficie del suelo y, por ende, más partículas de suelo arrastrará, provocando una mayor pérdida de este.

Todos los factores arriba mencionados intervienen en la obtención del número de curva y la modificación de uno de estos supone la modificación del número de curva, por lo tanto, hay que asegurar un buen estado de estos parámetros, para dotar al suelo de una mayor resiliencia frente a la degradación.

1.4. Método del número de curva

Existen diferentes métodos para estimar la erosión por escorrentía que se generará en una zona determinada a partir de sus datos climáticos, topográficos, edáficos, etc. Estos métodos se suelen utilizar en el ámbito de la ingeniería, tanto civil como agronómica o forestal, siendo igualmente muy comunes en conservación de suelos. (Ibáñez *et al.*, 2011)

La mayor parte de estos métodos son de naturaleza empírica, por lo que, están adaptados solamente a entornos con características determinadas, sobre los cuales se ha realizado el estudio, y por tanto, la aplicación de estos métodos no es del todo precisa sobre suelos con características distintas a los suelos tipo sobre los cuales se han desarrollado los distintos métodos, es por ello, que estos métodos deben sufrir una serie de adaptaciones para poder usarse sobre una mayor variedad de tipos de suelos, además, de que siempre deben realizarse con la mayor cautela posible. (Ibáñez *et al.*, 2011)

Seguidamente se va a explicar el método del número de curva, ya que, es el método que se utilizará para la realización de este trabajo.

El método del número de curva es un método empírico desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Para la obtención de la cantidad de escorrentía por el método de curva se pueden utilizar dos metodologías alternativas. La primera metodología consiste en la aplicación de una fórmula, la cual queda expuesta a continuación:

$$Q = \frac{(I - 0,2S)}{I + 0,8S}, \text{ donde}$$

- Q: Cantidad de escorrentía (mm)
- I: Cantidad de lluvia precipitada (mm)
- S: Diferencia máxima potencial entre la lluvia caída y la escorrentía generada →

$$S = \frac{25400}{N} - 254, \text{ donde:}$$

- N: Número de curva

La otra alternativa consiste en la utilización de una gráfica de doble entrada (figura 2), la cual queda expuesta a continuación:

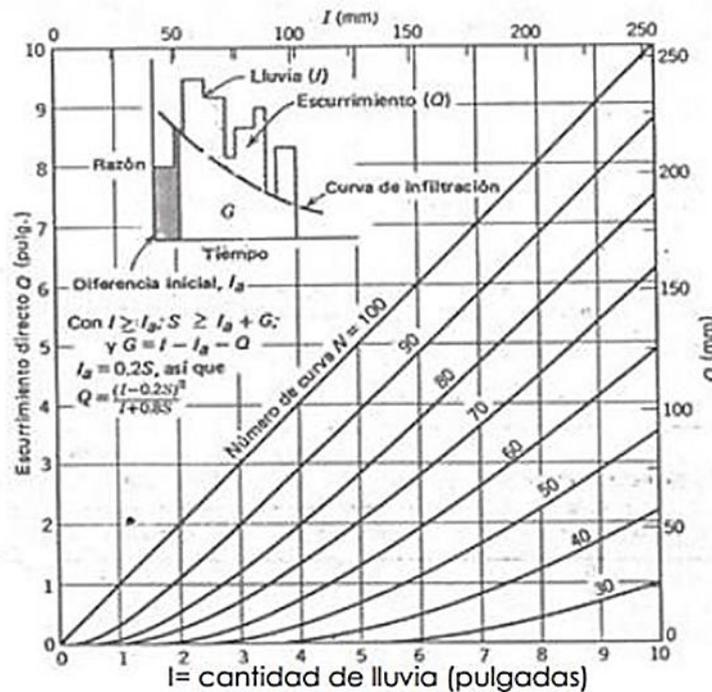


Figura 1: Gráfica para la obtención del caudal por escorrentía según el número de curva (Ibáñez et al., 2011)

En las dos opciones, se requiere inicialmente como dato de entrada, la cantidad de lluvia precipitada en la zona de estudio, debiendo utilizar la lluvia que genere una mayor escorrentía si lo que se desea es obtener la mayor escorrentía posible generada en la zona de estudio, para así poder adoptar las medidas de protección del suelo más eficaces. Para la determinación de este parámetro se seleccionará un tiempo de concentración (t_c) que indica la duración de la tormenta y un tiempo de retorno (T), que es el tiempo que transcurrirá hasta que se vuelva a producir una tormenta de la misma magnitud. Para la determinación de la cantidad de lluvia precipitada, deducida a partir de la intensidad de la precipitación expresada en mm/h, se puede utilizar las curvas de Intensidad-duración-frecuencia (figura 3) características de la zona de interés, las cuales indican la correlación entre dichos parámetros con una probabilidad del 95 %.

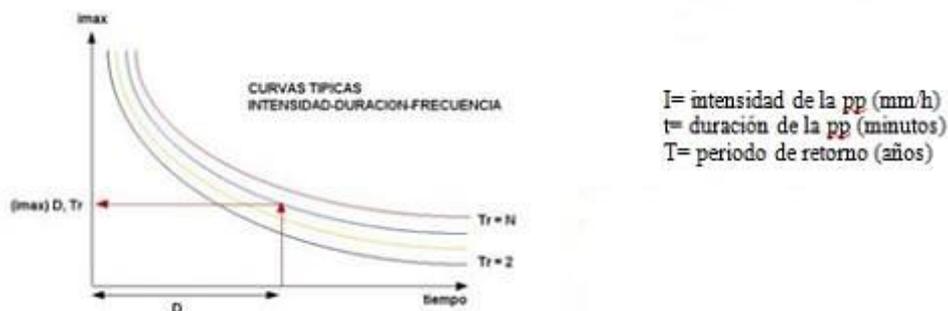


Figura 2: Curva IDF (Ibáñez et al., 2011)

Esta misma información puede encontrarse en forma de tablas numéricas o a través de las ecuaciones de las curvas (tablas 1 y 2), en ambos casos notablemente diferentes dependiendo de la duración de la tormenta (inferior o superior a 2 horas).

Tabla 1: Ejemplo: Precipitación caída de la ciudad de Alicante (Castillo y Beltrán, 1979)

ALICANTE (CIUDAD JARDÍN)

AÑO	72 h	48 h	24 h	12 h	6h	2h	1h	30 m	20 m	10 m
1941	91,6 S	75,6 S	74,0 S	52,8 S	42,8 S	35,0 S	25,0 S	22,0 S	15,0 S	9,0 S
42	47,8 S	47,8 S	47,7 S	47,7 S	47,7 S	30,5 S	24,0 S	16,5 S	13,0 S	8,5 S
43	69,0 O	66,9 O	55,5 F	38,0 O	38,0 O	21,5 F	15,0 F	12,0 D	9,5 D	7,5 M
44	63,6 S	55,8 S	53,4 S	53,4 S	53,4 S	31,7 S	29,2 S	25,0 S	19,0 S	16,0 S
45	99,0 Ag	99,0 Ag	98,4 Ag	82,4 Ag	82,1 Ag	70,0 Ag	48,0 Ag	26,0 Ag	18,0 Ag	13,0 Ag
46	87,5 N	71,8 N	65,0 N	62,8 N	56,0 N	30,5 A	29,0 A	25,8 A	21,0 A	10,8 A
47	85,1 My	83,0 My	54,7 My	36,7 My	36,7 My	30,8 My	23,0 My	18,8 S	18,5 S	14,0 S
48	55,8 My	49,6 My	49,6 My	35,1 My	23,9 JI	22,0 D	17,0 O	13,0 JI	9,0 A	8,0 A
49	50,9 D	50,9 D	49,5 N	47,0 D	47,0 D	26,4 N	26,2 N	23,0 N	24,5 N	13,0 N
50	36,2 S	35,9 E	32,7 E	21,3 My	21,3 My	16,0 S	14,2 S	13,2 S	11,0 S	7,8 Ag
1951	60,3 S	58,8 S	58,2 S	40,3 O	36,5 O	34,5 S	34,5 S	33,0 S	24,5 S	16,0 S
52	83,4 O	83,4 O	82,5 O	82,1 O	76,5 O	63,4 O	40,5 O	34,0 O	29,0 O	14,0 S
53	66,7 O	66,7 O	62,1 O	59,7 O	49,0 O	31,5 J	27,5 J	25,0 J	20,0 J	12,0 J
54	47,2 A	45,8 A	40,0 M	39,8 M	39,8 M	17,0 A	11,5 A	11,0 My	10,0 My	6,0 My
55	39,1 D	39,1 D	35,8 D	35,6 D	24,5 D	15,0 N	9,5 N	6,5 D	6,0 D	5,5 O
56	66,5 O	63,5 O	53,4 O	50,4 O	50,4 O	37,5 O	35,5 O	33,0 O	20,0 O	11,5 O
57	54,4 S	45,5 S	23,5 S	20,0 S	13,0 O					
58	56,3 O	54,0 O	49,8 O	43,5 O	25,0 O	16,0 O	12,0 Ag	11,5 Ag	9,5 Ag	7,5 Ag
59	117,9 S	117,9 S	68,4 N	60,3 N	52,2 N	47,0 S	43,0 S	40,0 S	33,5 S	18,0 S
60	42,2 A	37,4 J	35,0 O	35,0 My	21,6 Ag	13,4 O	12,5 O	11,0 O	10,0 O	5,5 O
1961	34,1 S	34,1 S	31,3 S	26,5 S	26,5 S	25,0 S	25,0 S	23,0 S	20,5 S	10,3 S
62	170,1 O	170,1 O	133,8 O	125,8 O	69,6 O	23,2 J	17,8 O	14,0 O	11,5 O	10,1 S
63	93,6 S	53,9 S	40,6 S	40,6 S	40,3 S	32,7 S	32,7 S	21,5 S	21,0 O	14,2 S
64	70,3 D	59,3 D	31,6 D	28,5 D	23,6 D	15,5 D	13,4 D	8,2 D	6,6 D	4,5 D
65	42,3 D	42,3 D	41,0 D	33,5 D	25,8 A	17,7 D	15,3 J	10,7 A	9,5 A	6,3 J
66	127,5 O	89,8 O	88,5 O	88,5 O	88,5 O	70,7 O	46,5 O	32,0 O	24,0 O	15,0 O
67	91,1 F	74,8 F	70,8 F	57,0 F	38,0 F	10,5 Ag	9,0 Ag	7,5 Ag	5,3 Ag	5,3 Ag
68	60,9 D	60,9 D	55,1 D	39,8 D	31,4 D	22,3 J	18,2 D	14,0 D	12,2 N	11,5 N
69	136,3 O	104,5 O	82,5 O	82,5 O	65,1 O	56,2 O	54,4 O	45,0 O	36,0 O	20,0 O
70	84,8 D	62,0 D	59,2 D	59,2 D	59,0 D	38,0 D	24,0 D	21,0 D	18,0 D	12,0 D
vt	0,43	0,42	0,38	0,42	0,41	0,51	0,49	0,48	0,46	0,37
N	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
M	74,4	67,0	59,5	52,1	44,9	32,2	26,0	20,7	16,9	10,8
ES	32,1	28,4	22,4	22,2	18,4	16,6	12,7	9,9	7,8	4,0
X2	69,6	62,7	55,1	48,8	42,1	29,7	24,1	19,2	15,7	10,3
X5	102,0	91,4	77,7	71,1	60,8	46,4	36,9	29,3	23,7	14,3
X10	123,8	110,7	92,9	86,2	73,3	57,7	45,6	36,0	29,0	17,1
X15	136,0	121,5	101,4	94,7	80,3	64,0	50,4	39,8	32,0	18,6
X20	144,7	129,1	107,4	100,7	85,3	68,5	53,6	42,5	34,1	19,7
X25	151,1	134,8	111,9	105,1	89,0	71,8	56,4	44,4	35,6	20,5
X30	156,5	139,6	115,7	108,9	92,1	74,7	58,5	46,1	37,0	21,2
X50	171,6	153,0	126,2	119,3	100,8	82,5	64,5	50,8	40,6	23,1
x100	191,6	170,7	140,3	133,1	112,1	92,8	72,4	56,2	45,4	25,5

Tabla 2: Fórmulas para la determinación de la cantidad de lluvia precipitada (Ibáñez *et al.*, 2011, adaptadas por Castillo y Beltrán, 1979)

Período de retorno (T años)	Puntos alineados en papel log.						Fórmula general
	2	5	10	20	30	50	
ALBACETE	$12,0 \cdot t^{0,34}$	$16,8 \cdot t^{0,34}$	$20,1 \cdot t^{0,34}$	$23,3 \cdot t^{0,34}$	$25,1 \cdot t^{0,34}$	$27,4 \cdot t^{0,34}$	$X_{ti} = 12,5 \cdot t^{0,34} [1 + K(T, n) 0,36]$
ALICANTE	$21,8 \cdot t^{0,29}$	$31,7 \cdot t^{0,29}$	$38,4 \cdot t^{0,29}$	$44,7 \cdot t^{0,29}$	$48,4 \cdot t^{0,29}$	$53,0 \cdot t^{0,29}$	$X_{ti} = 23,3 \cdot t^{0,29} [1 + K(T, n) 0,36]$
ALMERIA	$16,5 \cdot t^{0,25}$	$25,4 \cdot t^{0,25}$	$31,5 \cdot t^{0,25}$	$37,3 \cdot t^{0,25}$	$40,6 \cdot t^{0,25}$	$44,8 \cdot t^{0,25}$	$X_{ti} = 17,8 \cdot t^{0,25} [1 + K(T, n) 0,50]$
BADAJOS-	$17,1 \cdot t^{0,29}$	$24,9 \cdot t^{0,29}$	$30,2 \cdot t^{0,29}$	$35,2 \cdot t^{0,29}$	$38,1 \cdot t^{0,29}$	$41,7 \cdot t^{0,29}$	$X_{ti} = 18,2 \cdot t^{0,29} [1 + K(T, n) 0,42]$
BARCELONA	$26,1 \cdot t^{0,27}$	$37,6 \cdot t^{0,27}$	$45,4 \cdot t^{0,27}$	$52,8 \cdot t^{0,27}$	$57,0 \cdot t^{0,27}$	$62,3 \cdot t^{0,27}$	$X_{ti} = 27,8 \cdot t^{0,27} [1 + K(T, n) 0,41]$
CÁCERES	$14,9 \cdot t^{0,29}$	$22,7 \cdot t^{0,29}$	$28,0 \cdot t^{0,29}$	$33,0 \cdot t^{0,29}$	$35,9 \cdot t^{0,29}$	$38,5 \cdot t^{0,29}$	$X_{ti} = 16,1 \cdot t^{0,29} [1 + K(T, n) 0,48]$
IGUELDO	$18,9 \cdot t^{0,42}$	$24,9 \cdot t^{0,42}$	$28,9 \cdot t^{0,42}$	$32,8 \cdot t^{0,42}$	$35,0 \cdot t^{0,42}$	$37,8 \cdot t^{0,42}$	$X_{ti} = 19,8 \cdot t^{0,42} [1 + K(T, n) 0,30]$
LA CORUÑA	$15,1 \cdot t^{0,35}$	$19,7 \cdot t^{0,35}$	$22,8 \cdot t^{0,35}$	$25,8 \cdot t^{0,35}$	$27,5 \cdot t^{0,35}$	$29,7 \cdot t^{0,35}$	$X_{ti} = 15,8 \cdot t^{0,35} [1 + K(T, n) 0,29]$
PONFERRADA	$9,9 \cdot t^{0,39}$	$13,3 \cdot t^{0,39}$	$15,5 \cdot t^{0,39}$	$17,7 \cdot t^{0,39}$	$18,9 \cdot t^{0,39}$	$20,5 \cdot t^{0,39}$	$X_{ti} = 10,4 \cdot t^{0,39} [1 + K(T, n) 0,32]$
LOGROÑO	$12,8 \cdot t^{0,27}$	$16 \cdot t^{0,27}$	$19,7 \cdot t^{0,27}$	$22,4 \cdot t^{0,27}$	$23,9 \cdot t^{0,27}$	$25,8 \cdot t^{0,27}$	$X_{ti} = 13,5 \cdot t^{0,27} [1 + K(T, n) 0,30]$
MADRID	$15,4 \cdot t^{0,24}$	$20,1 \cdot t^{0,24}$	$23,3 \cdot t^{0,24}$	$26,3 \cdot t^{0,24}$	$28,1 \cdot t^{0,24}$	$30,2 \cdot t^{0,24}$	$X_{ti} = 16,1 \cdot t^{0,24} [1 + K(T, n) 0,29]$
MURCIA	$19,1 \cdot t^{0,29}$	$28,4 \cdot t^{0,29}$	$34,7 \cdot t^{0,29}$	$40,5 \cdot t^{0,29}$	$44,0 \cdot t^{0,29}$	$48,2 \cdot t^{0,29}$	$X_{ti} = 20,5 \cdot t^{0,29} [1 + K(T, n) 0,44]$
VIGO	$12,4 \cdot t^{0,51}$	$17,4 \cdot t^{0,51}$	$20,7 \cdot t^{0,51}$	$23,8 \cdot t^{0,51}$	$25,6 \cdot t^{0,51}$	$27,8 \cdot t^{0,51}$	$X_{ti} = 13,3 \cdot t^{0,51} [1 + K(T, n) 0,36]$
MATACÁN	$11,7 \cdot t^{0,28}$	$16,2 \cdot t^{0,28}$	$19,2 \cdot t^{0,28}$	$22,0 \cdot t^{0,28}$	$23,7 \cdot t^{0,28}$	$25,7 \cdot t^{0,28}$	$X_{ti} = 12,4 \cdot t^{0,28} [1 + K(T, n) 0,35]$
SORIA	$13,2 \cdot t^{0,31}$	$17,7 \cdot t^{0,31}$	$20,7 \cdot t^{0,31}$	$23,6 \cdot t^{0,31}$	$25,3 \cdot t^{0,31}$	$27,4 \cdot t^{0,31}$	$X_{ti} = 13,9 \cdot t^{0,31} [1 + K(T, n) 0,32]$
TORTOSA	$33,7 \cdot t^{0,27}$	$50,9 \cdot t^{0,27}$	$62,6 \cdot t^{0,27}$	$73,7 \cdot t^{0,27}$	$80,0 \cdot t^{0,27}$	$88,0 \cdot t^{0,27}$	$X_{ti} = 36,3 \cdot t^{0,27} [1 + K(T, n) 0,47]$
TOLEDO	$14,5 \cdot t^{0,23}$	$18,6 \cdot t^{0,23}$	$21,3 \cdot t^{0,23}$	$24,0 \cdot t^{0,23}$	$25,5 \cdot t^{0,23}$	$29,9 \cdot t^{0,23}$	$X_{ti} = 15,1 \cdot t^{0,23} [1 + K(T, n) 0,27]$
VALENCIA	$30,5 \cdot t^{0,26}$	$51,5 \cdot t^{0,26}$	$65,7 \cdot t^{0,26}$	$79,2 \cdot t^{0,26}$	$86,9 \cdot t^{0,26}$	$96,7 \cdot t^{0,26}$	$X_{ti} = 33,6 \cdot t^{0,26} [1 + K(T, n) 0,62]$
VALLADOLID	$11,8 \cdot t^{0,29}$	$15,7 \cdot t^{0,29}$	$18,3 \cdot t^{0,29}$	$20,8 \cdot t^{0,29}$	$22,2 \cdot t^{0,29}$	$24,0 \cdot t^{0,29}$	$X_{ti} = 12,4 \cdot t^{0,29} [1 + K(T, n) 0,31]$
ZARAGOZA	$17,9 \cdot t^{0,25}$	$25,8 \cdot t^{0,25}$	$31,1 \cdot t^{0,25}$	$36,2 \cdot t^{0,25}$	$39,1 \cdot t^{0,25}$	$42,8 \cdot t^{0,25}$	$X_{ti} = 19,1 \cdot t^{0,25} [1 + K(T, n) 0,41]$

Finalmente, para la obtención de la cantidad de escorrentía, se requiere el número de curva. Para la obtención de este se han de determinar previamente cuatro factores que intervienen en su obtención, los cuales se van a analizar a continuación:

- **Tipo de vegetación:** Este parámetro hace referencia al tipo de cubierta vegetal que existe y que actúa de protección frente al impacto de las gotas de lluvia.

- **Existencia de obras o medidas de conservación:** Este parámetro se refiere a la existencia de laboreo realizado por el ser humano sobre el suelo, ya que, este influye en la generación de la erosión por escorrentía. Los diferentes tipos de laboreos quedan explicados a continuación:

- CR (crop residue): Cubierta vegetal formada por residuos que ocupen al menos el 5 % de la superficie del suelo durante el año.

- SR (Straight row): Labores del suelo que se realizan sin tener en consideración la pendiente del terreno.

- C (Contoured): Cultivo que sigue las curvas de nivel.

- T (Terraced): Cultivos plantados en terrazas.

Se considerará que un cultivo sigue las curvas de nivel del terreno cuando esté presente una pendiente inferior al 2 %.

Este parámetro solamente es aplicable en los suelos agrícolas, ya que, los suelos con vegetación natural no han sido alterados por la acción humana.

- **Condiciones hidrológicas para la infiltración:** Este parámetro se refiere a otros aspectos del manejo del suelo que repercuten sobre el estado físico del suelo, y, por ende, sobre la tasa de infiltración de este (Ibáñez *et al.*, 2011)

- **Permeabilidad del suelo:** La permeabilidad del suelo depende exclusivamente de la textura. Dependiendo de la textura del suelo se establecerá un grupo hidrológico, el cual, representará el nivel de permeabilidad de este.

Existen 4 grupos hidrológicos, los cuales quedan explicados a continuación:

- Grupo A: Este grupo es el que presenta una mayor infiltración. Los suelos de este grupo son los más permeables. En estos predomina la arena y grava (Arenosos, arenosos-limosos)

- Grupo B: Los suelos del grupo B son suelos que presentan una infiltración moderada. Son suelos con textura franco-arenosa y franca.

- Grupo C: Estos suelos presentan una infiltración baja, ya que, son bastante impermeables. Presentan una textura franco-arcillosa o arcillosa.

- Grupo D: Este grupo es el que representa la menor infiltración de todos. Los suelos que pertenecen a este grupo son suelos muy arcillosos que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable (Asensio *et al.*, 2011).

Cabe señalar que un número de curva más alto representa unas condiciones más desfavorables del suelo en cuanto al proceso de erosión hídrica. Los suelos con un número de curva más alto presentarán un caudal de escorrentía mayor. Así, por ejemplo, a una lámina de agua (como un lago o el mar), le correspondería un número de curva de 100.

Tabla 3: Tabla del número de curva (USDA, 2007)

COVER TYPE	LAND USE AND TREATMENT	HYDROLOGIC CONDITION	A	CN	B	CN	C	CN	D	CN
1	FULLY DEVELOPED URBAN AREAS (Veg Est)									
2	Open space (Lawns, parks, etc.)									
3	Poor condition; grass cover < 50%			68		79		86		89
4	Fair condition; grass cover 50% to 75%			49		69		79		84
5	Good condition; grass cover > 75%			39		61		74		80
6										
7	Impervious Areas:									
8	Paved parking lots, roofs, driveways			98		98		98		98
9										
10	Streets and roads:									
11	Paved; curbs and storm sewers			98		98		98		98
12	Paved; open ditches (w/ right-of-way)			83		89		92		93
13	Gravel (w/ right-of-way)			76		85		89		91
14	Dirt (w/ right-of-way)			72		82		87		89
15										
16	Urban Districts									
		Avg % Imperv								
17	Commercial & business			85						
18	Industrial			72						
19										
20	Residential districts (by average lot size)									
		Avg % Imperv								
21	1/8 acre (town houses)			65						
22	1/4 acre			38						
23	1/3 acre			30						
24	1/2 acre			25						
25	1 acre			20						
26	2 acre			12						
27										
28	Western Desert Urban Areas									
29	Natural desert (pervious areas only)			63		77		85		88
30	Artificial desert landscaping			96		96		96		96
31										
32	User defined urban (Click button to define)									
		Custom CN								
33	% Impervious Area:									
34	% Unconnected Impervious Area:									
35	Pervious Curve Number:									
36										
37	DEVELOPING URBAN AREA (NO VEGETATION)									
38	Newly graded area (pervious only)			77		86		91		94
39										
40	CULTIVATED AGRICULTURAL LANDS									
41	Fallow	Bare soil		77		86		91		94
42	Fallow	Crop residue (CR)		poor		76		85		90
43	Fallow	Crop residue (CR)		good		74		83		88
44										
45	Row crop	Straight row (SR)		poor		72		81		88
46		Straight row (SR)		good		67		78		85
47		SR + Crop residue		poor		71		80		87
48		SR + Crop residue		good		64		75		82
49		Contoured (C)		poor		70		79		84
50		Contoured (C)		good		65		75		82
51		C + Crop residue		poor		69		78		83
52		C + Crop residue		good		64		74		81
53		Cont & terraced (C&T)		poor		66		74		80
54		Cont & terraced (C&T)		good		62		71		78
55		C&T + Crop residue		poor		65		73		79
56		C&T + Crop residue		good		61		70		77
57										
58	Small grain	Straight row (SR)		poor		65		76		84
59		Straight row (SR)		good		63		75		83
60										

Tabla 3 (continuación): Tabla del número de curva (USDA, 2007)

COVER TYPE	LAND USE AND TREATMENT		HYDROLOGIC CONDITION	A	CN	B	CN	C	CN	D	CN
61	SR + Crop residue		poor		64		75		83		86
62	SR + Crop residue		good		60		72		80		84
63	Contoured (C)		poor		63		74		82		85
64	Contoured (C)		good		61		73		81		84
65	C + Crop residue		poor		62		73		81		84
66	C + Crop residue		good		60		72		80		83
67	Cont & terraced (C&T)		poor		61		72		79		82
68	Cont & terraced (C&T)		good		59		70		78		81
69	C&T + Crop residue		poor		60		71		78		81
70	C&T + Crop residue		good		58		69		77		80
71											
72	Close-seeded	Straight Row	poor		66		77		85		89
73	legumes or	Straight Row	good		58		72		81		85
74	rotation	Contoured	poor		64		75		83		85
75	meadow	Contoured	good		55		69		78		83
76	Cont & terraced		poor		63		73		80		83
77	Cont & terraced		good		51		67		76		80
78											
79	OTHER AGRICULTURAL LANDS										
80	Pasture, grassland or range		poor		68		79		86		89
81	Pasture, grassland or range		fair		49		69		79		84
82	Pasture, grassland or range		good		39		61		74		80
83											
84	Meadow - cont. grass (non grazed)				30		58		71		78
85											
86	Brush - brush, weed, grass mix		poor		48		67		77		83
87	Brush - brush, weed, grass mix		fair		35		56		70		77
88	Brush - brush, weed, grass mix		good		30 ^{SP}		48		65		73
89											
90	Woods - grass combination		poor		57		73		82		86
91	Woods - grass combination		fair		43		65		76		82
92	Woods - grass combination		good		32		58		72		79
93											
94	Woods		poor		45		66		77		83
95	Woods		fair		36		60		73		79
96	Woods		good		30		55		70		77
97											
98	Farmsteads		---		59		74		82		86
99	Feedlots										
100	Earthen		---		90		90		90		90
101	Paved				98		98		98		98

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es la adaptación de las tablas del método del número de curva estadounidenses a los suelos mediterráneos, para así, poder calcular la escorrentía que se generará en esta zona, cuando se dé un episodio de lluvias, de forma más precisa.

Los objetivos secundarios son:

- Conocer las propiedades fisicoquímicas de los diferentes suelos de la zona de estudio, para así conocer mejor este tipo de suelos y sus propiedades en relación a su origen y manejo.
- Obtener la tasa de infiltración del suelo correspondiente a cada tipo de suelo y su correspondiente manejo mediante ensayos de permeabilidad.

3. Metodología de trabajo

Para el cumplimiento de los objetivos se realizaron ensayos de permeabilidad en diferentes zonas del término municipal de Alberic, previamente establecidas en atención al tipo de suelo y uso, se tomaron muestras de suelo para ser analizadas posteriormente en laboratorio, y se registraron las condiciones edáficas y topográficas del entorno para así, obtener diferentes parámetros necesarios para realizar la adaptación de la tabla del número de curva.

El trabajo se realizó en las siguientes fases:

3.1. Trabajo de gabinete

Como se ha comentado anteriormente, el área de estudio seleccionada corresponde al término municipal de Alberic (Valencia). Este término, cuya superficie es de 26,96 km², está caracterizado por la presencia de cultivos leñosos en su mayor parte. Al este se sitúa el núcleo poblacional y al oeste la zona forestal, ocupando una extensión de 7,7 km² aproximadamente. El término está delimitado al este por el río Xúquer, que lo recorre todo de arriba abajo, presentando una longitud de 9 km.

Con la ayuda del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana se analizó la zona de estudio y se realizó una primera zonificación atendiendo al tipo de vegetación y uso del suelo (ver anejo/figura 2):

- I) Zona de cultivo, correspondiente a gran parte de la zona del término municipal.
- II) Zona de monte, correspondiente a la zona oeste del término municipal.
- III) Zona de ribera, correspondiente a la zona de los alrededores del río Xúquer.

Seguidamente, mediante el visor geológico de la página web oficial del IGME (Instituto Geológico y Mineralógico de España), se analizaron los diferentes tipos de material geológico presentes en la zona de estudio (ver anejo/figura 3) y se realizó una clasificación teniendo en cuenta el material geológico:

- 1) Arcillas marrones
- 2) Niveles de arcillas y cantos con costras discontinuas
- 3) Arenas arcillosas rojas con cantos redondeados
- 4) Calizas arenosas
- 5) Calizas arcillosas y margas gris claro
- 6) Calizas y dolomías
- 7) Arenas y cantos subangulosos
- 8) Limos arenosos de carácter fluvial
- 9) Limos arenosos de inundación

- 10) Materiales de terraza. Arenas, limos y cantos
- 11) Arenas, limos y cantos de carácter aluvial
- 12) Dolomías cristalinas
- 13) Areniscas, conglomerados y margas rojas

Por último, se hizo una última clasificación combinando los dos parámetros (uso del suelo y material geológico), englobando las zonas cuyo material geológico poseía las mismas propiedades, teniendo en cuenta la dificultad de acceso a estas y su extensión, y se determinaron los diferentes puntos de muestreo, los cuales quedan expuestos en la tabla 4:

Tabla 4: Puntos de muestreo

Muestras	Uso del suelo	Material geológico
Muestreo 1	Agrícola	ABANICO ALUVIAL. Arenas arcillosas rojas con cantos redondeados
Muestreo 2	Agrícola	PLAYA DE GLACIS. Arcillas marrones
Muestreo 3	Agrícola	LIMOS PARDOS FLUVIALES. Limos arenosos con algún canto redondeado
Muestreo 4	Agrícola	TERRAZA. Nivel de + 1-2m. Arenas, limos cantos
Muestreo 5	Forestal	Calizas arenosas
Muestreo 6	Camino de tierra	ALUVIAL. Arenas y limos
Muestreo 7	Agrícola	Calizas arcillosas y margas gris claro
Muestreo 8	Forestal	Calizas arcillosas y margas gris claro
Muestreo 9	Forestal	GLACIS DE ACUMULACIÓN. Niveles de arcillas y cantos con costras discontinuas
Muestreo 10	Agrícola	Calizas arenosas
Muestreo 11	Vegetación de ribera	TERRAZA (1-2m). Arenas, limos y cantos

3.2. Trabajo de campo

En los diferentes puntos anteriormente mencionados, se realizaron ensayos de campo consistentes en el ensayo de infiltración de agua por el método del doble anillo; las muestras de suelo se tomaron del *topsoil* y en profundidad mediante el uso de una barrena de tipo helicoidal.

El ensayo de infiltración de agua por el método del doble anillo (anillos de Munz), se realiza para determinar la conductividad hidráulica de un suelo saturado. Este ensayo consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para, a continuación, medir la variación del nivel de agua en el cilindro interior (Ibáñez *et al.*, 2010).

Para la realización de este ensayo se requiere el siguiente material:

- Dos anillos de metal, uno de mayor diámetro, exterior, y uno de menor diámetro, interior
- Fuente de agua
- Martillo o maza
- Cinta métrica conectada a bolla
- Cronómetro

La metodología del ensayo del doble anillo consiste en clavar los dos anillos, anteriormente mencionados, en el suelo, a una profundidad aproximada de 10-15 cm, los cuales, se clavarán en el suelo mediante presión, aplicada por el golpeo con martillo o maza. Seguidamente, se llenarán los dos anillos con agua, a una altura de lámina de agua determinada y mediante la cinta métrica junto con una bolla se medirán, a intervalos de tiempo constante, los milímetros de agua que se han infiltrado en el suelo.

La extracción de suelo se realizará con una barrena, la cual, se utilizará 3 veces en cada muestreo, para así extraer un perfil de suelo de 60 cm de profundidad, ya que mediante cada extracción con la barrera se extraerán 20 cm. Finalmente, se separarán las tres muestras de suelo extraídas y se conservarán para poder ser analizadas posteriormente en laboratorio.

3.3. Puntos de muestreo

Los diferentes muestreos donde se han realizado los ensayos se exponen a continuación:

Punto 1:

Fecha de la realización del muestreo: 08/06/2021

Parcela cultivada con kakis, que son regados mediante riego por goteo

Coordenadas UTM; X: 711.332,26, Y: 4.334.210,92

Altura (sobre el nivel del mar): 39,82 m

Pendiente del terreno: 0%

Material geológico: Arenas arcillosas rojas con cantos redondeados



Figura 3: Punto de muestreo 1

Parcela cultivada con kakis adultos abancalados y regados mediante riego por goteo. La pendiente de la parcela es nula, la pedregosidad superficial es baja y las calles de la parcela están cubiertas por residuos agrícolas de pequeño tamaño.

Punto 2:

Fecha de la realización del muestreo: 09/06/2021

Parcela cultivada con cítricos, regados mediante riego por goteo.

Coordenadas UTM; X: 712.438,26, Y: 4.332.564

Altura (sobre el nivel del mar): 27,33 m

Pendiente del terreno: 0%

Material geológico: Arcillas marrones



Figura 4: Punto de muestreo 2

Parcela cultivada con cítricos (Navelinos) adultos, abancalados y regados mediante riego por goteo. La parcela presenta una pendiente nula y una pedregosidad superficial baja.

Punto 3:

Fecha de la realización del muestreo: 11/06/2021

Parcela cultivada con cítricos, regados mediante riego a manta.

Coordenadas UTM; X: 713.667,82 m, Y: 4.330.922,31 m

Altura (sobre el nivel del mar): 25,86 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Limos arenosos con algún canto redondeado



Figura 5: Punto de muestreo 3

Parcela cultivada con cítricos adultos (Clementinos), ligeramente abancalados y regados mediante riego a manta. El agua de riego llega a la parcela a través de unas canalizaciones situadas en un extremo de la parcela. La pendiente de la parcela es nula y la pedregosidad superficial es baja.

Punto 4

Fecha de la realización del muestreo: 14/06/2021

Parcela ubicada cerca del río Xúquer, cultivada con kakis, regados mediante riego a manta.

Coordenadas UTM; X: 714.147,23 m, Y: 4,330,627,99

Altura (sobre el nivel del mar): 24,16 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Materiales de terraza: Arenas y limos cantos.



Figura 6: Punto de muestreo 4

Parcela cultivada con kakis adultos abancalados, regados mediante riego a manta. La pendiente de la parcela es nula, la pedregosidad superficial es muy baja y las calles están cubiertas de residuos agrícolas de pequeño tamaño.

Punto 5

Fecha de la realización del muestreo: 15/06/2021

Zona forestal que presenta la típica vegetación esclerófila mediterránea (Romero, hierba oliva, aliaga, esparto, pino común, lentisco, etc.)

Coordenadas UTM; X: 710.235,67 m, Y: 4.331.766,19m

Altura (sobre el nivel del mar): 164,81 m

Pendiente del terreno: 2 %

Material geológico: Calizas arenosas



Figura 7: Punto de muestreo 5

Zona forestal que presenta vegetación esclerófila típicamente mediterránea (Lentisco, romero, esparto, aliaga, etc.) La zona presenta una pendiente ligera y una pedregosidad superficial media. Destaca por la presencia de mulching de carácter irregular, formado por hojas secas y ramas pequeñas.

Punto 6

Fecha de la realización del muestreo: 16/06/2021

Zona de vegetación de ribera a escasos metros del río Xúquer.

Coordenadas UTM; X: 716.196,15 m, Y: 4.332.285,84 m

Altura (sobre el nivel del mar): 21,44 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Materiales de carácter aluvial, arenas y limos.



Figura 8: Punto de muestreo 6

Muestreo realizado en zona erial. El muestreo está ubicado a escasos metros del río Xúquer. La vegetación que presenta esta zona está formada por vegetación de ribera (Caña de río, chopo, etc.). Toda la zona donde se ha realizado el ensayo está cubierta de restos de caña, que han sido cortados y picados para facilitar el acceso a la parcela agrícola.

Punto 7

Fecha de la realización del muestreo: 21/06/2021

Parcela cultivada con cítricos muy jóvenes (plantones), regados mediante riego a manta.

Coordenadas UTM; X: 713.843,87 m, Y: 4.333.416,95 m

Altura (sobre el nivel del mar): 29,70 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Calizas arcillosas y margas gris claro



Figura 9: Punto del muestreo 7

Parcela agrícola cultivada con plantones de cítricos abancalados (Navelinos) regados por riego a manta mediante una red de canalizaciones situadas en un extremo de la parcela. La parcela ha sido trabajada recientemente para preparar el terreno para la plantación. La pedregosidad es baja y la pendiente nula.

Punto 8

Fecha de la realización del muestreo: 22/06/2021

Parque natural forestal situado a las afueras de Alberic. Presenta la típica vegetación esclerófila mediterránea (Romero, garrofero, pino común, lentisco, cerrillo etc).

Coordenadas UTM; X: 713.829,06 m, Y: 4.333.130,87

Altura (sobre el nivel del mar): 36,59 m

Pendiente del terreno: 3 %

Material geológico: Calizas arcillosas y margas gris claro



Figura 10: Punto de muestreo 8

Zona forestal formada por vegetación esclerófila (Lentisco, olivo, pino común, coscoja, etc.) La zona presenta una pendiente variable, siendo ligera en la zona donde se ha realizado el ensayo. Presencia de roca madre visible en pequeñas zonas del muestreo. Existencia de mulching formado por hojas secas, ramas pequeñas y frutos inmaduros secos.

Punto 9

Fecha de la realización del muestreo: 24/06/2021

Zona forestal que presenta la típica vegetación esclerófila mediterránea (Romero, aliaga, esparto, pino común, lentisco, etc.)

Coordenadas UTM; X: 711.690,12 m, Y: 4.331.799,37 m

Altura (sobre el nivel del mar): 49,8 m

Pendiente del terreno: 5,5 %

Material geológico: Niveles de arcillas y cantos con costras discontinuas.



Figura 11: Punto de muestreo 9

Zona forestal que presenta una vegetación esclerófila de monte bajo (romero, aliaga, coscoja, etc.) y vegetación de monte alto, como el pino común. La pendiente de la zona es ligera-moderada (10-15%) y la pedregosidad superficial es media-alta. Presencia de mulching formado por hojas secas, ramas pequeñas y gramíneas de bajo tamaño secas.

Punto 10

Fecha de la realización del muestreo: 25/06/2021

Parcela cultivada con cítricos, regados mediante riego a goteo.

Coordenadas UTM; X: 711.594,76 m, Y: 4.332.991,30 m

Altura (sobre el nivel del mar): 39,57 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Calizas arenosas



Figura 12: Punto de muestreo 10

Parcela cultivada con cítricos adultos regados mediante riego a manta. La disposición del cultivo se ha realizado en terrazas. La pendiente es nula y la pedregosidad superficial es alta, por la presencia de una cantera a pocos metros del muestreo que le aporta piedras a la parcela cuando se dan lluvias por arrastre de los flujos de agua. La parcela está cubierta por mulching regular formado por restos agrícolas (hojas y ramas pequeñas).

Punto 11

Fecha de la realización del muestreo: 19/07/2021

Campo abandonado que presenta vegetación natural, muy cercano al río Xúquer

Coordenadas UTM; X: 716.420,97 m, Y: 4.332.162,84 m

Altura (sobre el nivel del mar): 21,53 m

Pendiente del terreno: 0 %

Material geológico: Materiales de terraza; arenas, limos y cantos.



Figura 13: Punto del muestreo 11

Parcela, muy cercana al río Xúquer, cultivada con especies hortícolas, siguiendo el modo de cultivo de barbecho. Actualmente no hay nada cultivado, encontrándose hierba adventicia en la parcela. La pendiente y la pedregosidad son nulas. La parcela está cubierta por una capa espesa de mulching formada por las hierbas adventicias segadas y secas, que se han segado para mantener la parcela en condiciones por si se quiere volver a cultivar.

3.4. Trabajo de laboratorio

Después de recoger todas las muestras de suelo en campo, se llevaron a laboratorio para determinar los siguientes parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo:

Estructura

La estructura se refiere a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos pedogenéticos. (Ibañez *et al.*, 2010)

Después de recoger las muestras en campo, se llevaron al invernadero donde se dejaron secar al aire durante un día y seguidamente se determinó el tipo de estructura, el grado de cohesión de los agregados y su tamaño, que son los tres parámetros que definen la estructura del suelo. Para la determinación del **tipo** de estructura y del **grado de cohesión** de los agregados se disgregaron ligeramente y mediante la metodología que recoge la *Guía para la descripción de los suelos de la FAO* (FAO, 2009), se obtuvieron estos dos parámetros.

Para la determinación de la **clase**, que se refiere al tamaño medio de los agregados, se utilizó un pie de rey (figura 14).



Figura 14: Metodología de medida del tamaño de los agregados

Porcentaje de elementos gruesos

Para la determinación del porcentaje de elementos gruesos (piedras) presentes en cada una de las muestras de suelo, se pesó mediante una balanza cada una de las muestras y posteriormente se procedió a tamizar las muestras de suelo mediante una tamizadora, con el fin de separar las partículas de suelo de los elementos gruesos presentes en cada muestra, y finalmente se pesaron los elementos gruesos correspondientes a cada una de las muestras. (Soil Survey Staff, 2014)

Finalmente, las muestras tamizadas fueron llevadas a laboratorio para realizar las analíticas correspondientes.

pH

El pH es un parámetro que indica la acidez o alcalinidad de los suelos. El pH es una de las propiedades más importantes del suelo, ya que, este parámetro afecta a la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. (CIA, 2013).

Para la determinación del pH de cada una de las muestras de suelo, se procede inicialmente pesando 10 gramos de suelo seco y molido y se deposita en una probeta y se añade a esta, 25 ml de agua destilada. Seguidamente se colocan las probetas en un agitador y se dejan agitando durante 10 minutos. Al finalizar los 10 minutos, se dejan reposar durante 30 minutos y se procede a medir el pH de cada muestra con un pHímetro. (CIA, 2013).

Materia orgánica

Se puede definir la materia orgánica del suelo como todos los materiales orgánicos que se encuentren en el suelo independientemente de su origen o estado de descomposición (Baldock y Skjemstad, 1999).

La materia orgánica es el componente principal que determina la calidad y productividad del suelo y cumple diversas funciones en el suelo, así como: Almacenamiento y de nutrientes para las plantas, actúa como medio de soporte para las plantas, estabiliza y mantiene las partículas del suelo en forma de agregados, es la principal fuente de carbono y energía para los microorganismos del suelo que reciclan los nutrientes. (Docampo, 2012).

La determinación de la materia orgánica contenida en el suelo se realiza mediante ignición. Se somete la muestra de suelo a una temperatura de 105 °C y se pesa y posteriormente se somete a 375 °C y se vuelve a pesar. El porcentaje de materia orgánica contenida en la muestra de suelo se calcula por diferencia de peso entre la muestra a 150 °C y a 375 °C (Soil Survey Staff, 2014).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la conductividad eléctrica del agua extraída de la pasta de saturación del suelo. Este parámetro se mide en ds/m. (Soil Survey Staff, 2014)

Se ha medido la conductividad eléctrica 1:5 por volumen, que se mide preparando una dilución 1:5, diluyendo 1 parte de suelo en 5 partes de agua destilada y midiendo la conductividad eléctrica del sobrenadante mediante un conductímetro. (Soil Survey Staff, 2014)

Estabilidad de los micro agregados

Los agregados del suelo protegen dentro de su estructura a la materia orgánica contra el ataque de los organismos del suelo, por ende, para preservar un nivel alto de materia orgánica en el suelo, la presencia de agregados en el suelo debe ser elevada. (USDA, 1999)

Para la medición de la estabilidad de los micro agregados, se depositaron 4 gramos de cada muestra de suelo en un tamiz de 0,25 mm depositando debajo de estos unas cazoletas con 100 ml de agua destilada. Los tamices se movieron de arriba a abajo durante 3 minutos saturándolos así con agua destilada. Seguidamente, se sometió la muestra de suelo que quedaba en el tamiz a una saturación con una disolución de hexametáfosfato de sodio y agua destilada durante 5 minutos para romper los enlaces más fuertemente unidos. Finalmente, las muestras de suelo depositadas tanto en las cazoletas con agua destilada como en las que contenían la disolución de hexametáfosfato de sodio fueron llevadas a estufa para proceder a su secado y finalmente se pesaron y se aplicó la siguiente fórmula para determinar la estabilidad de los micro agregados. (USDA, 1999)

Textura

La textura del suelo se define como la proporción de partículas del suelo (en porcentaje de peso) menores a 2 mm de diámetro, clasificándose como arenas, limos o arcillas según su tamaño (Gisbert *et al.*, 2010)

Según la FAO, las partículas del suelo se clasifican de la siguiente forma (figura 15):

Arena: 2 mm - 0,05 mm
Limo: 0,05 mm – 0,002 mm
Arcilla: < 0,002 mm

Figura 15: Clasificación del tamaño de las partículas del suelo (FAO, 2021)

El porcentaje en peso de las partículas de cada una de las muestras se ha obtenido mediante el método de Bouyoucos. Esta metodología consiste en remojar las muestras con una disolución de agua destilada y hexametáfosfato de sodio, posteriormente se bate la muestra húmeda en la batidora durante 5 minutos y se deposita en una probeta donde se medirá su densidad mediante un densímetro durante intervalos de tiempo definidos (Molera y Llitjós, 1995). Finalmente, mediante un diagrama semilogarítmico se determinará el porcentaje en peso de las arenas, limos y arcillas y posteriormente se determinará la clase textural de cada muestra de suelo mediante un diagrama textural (Porta *et al.*, 2003).

3.5. Metodología para la determinación de la condición hidrológica

Para la determinación de la condición hidrológica se han utilizado tres metodologías diferentes, que finalmente se compararan para obtener la condición hidrológica definitiva en cada uno de los puntos de muestreo:

1) La primera consiste en una metodología de análisis y valoración de los diferentes parámetros que intervienen en la obtención de la condición hidrológica, según el estado en el que presenten en cada uno de los puntos de muestreo.

2) La segunda consisten en la utilización de un nomograma (figura 16), el cual indica la condición hidrológica del punto de muestreo, según el estado de diferentes parámetros (espesor de la pinocha u hojarasca, espesor del humus y compacidad del suelo). Cabe destacar que esta metodología solo se puede utilizar en los puntos de muestreo que posean una cubierta vegetal (Zonas con vegetación natural y zonas agrícolas, las cuales, presenten una cubierta vegetal formada por residuos agrícolas).

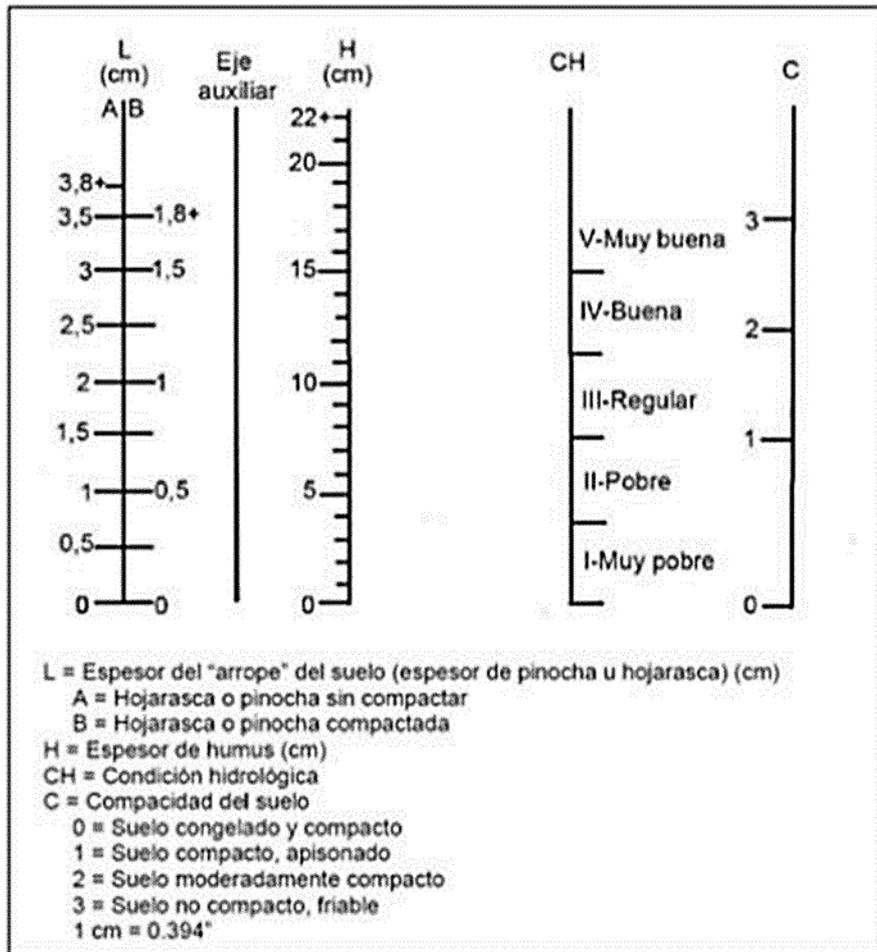


Figura 16: Nomograma utilizada para la obtención de la condición hidrológica

3) Por último, esta metodología consiste en la determinación de la condición hidrológica solamente en las zonas forestales, mediante la clasificación de esta mediante la tabla de número de curva anteriormente expuesta. Dicha clasificación queda expuesta a continuación:

- **Pobre:** La hojarasca, los árboles pequeños y la maleza han sido destruidos por el pastoreo intenso o las quemadas regulares.
- **Normal:** El bosque ha sido pastoreado, pero no quemado, y algo de hojarasca forestal cubre el suelo.
- **Buena:** Los bosques están protegidos del pastoreo, y la hojarasca y el matorral cubren adecuadamente el suelo.

Finalmente, se tendrá en cuenta la tasa de infiltración obtenida en cada uno de los puntos de muestreo, ya que, esta servirá para concluir que condición hidrológica finalmente se establecerá en cada uno de los puntos de muestreo.

3.5.1. Metodología de análisis y valoración

En este apartado se va a establecer la clasificación de cada uno de los parámetros según su estado en cada uno de los puntos de muestreo:

Porcentaje de elementos gruesos

Para la clasificación de los elementos gruesos por volumen, se ha utilizado la tabla 5.

Tabla 5: Porcentaje de elementos gruesos por volumen

Abundancia de los fragmentos rocosos y artefactos, por volumen		
		%
N	Ninguno	0
V	Muy pocos	0-2
F	Pocos	2-5
C	Común	5-15
M	Muchos	15-40
A	Abundante	40-80
D	Dominante	> 80
S	Línea rocosa	cualquier contenido, pero concentrado a distinta profundidad del horizonte

Porcentaje de materia orgánica en el suelo

Para la determinación del porcentaje de materia orgánica en el suelo, se ha utilizado la tabla 6, que representa el nivel de materia orgánica en el suelo en relación con la textura de este.

Tabla 6: Clasificación del porcentaje de materia orgánica según la textura (Andrades y Martínez, 2014)

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
< 0,7	< 1,0	< 1,2	Muy Bajo
0,7 - 1,2	1,0 - 1,5	1,2 - 1,7	Bajo
1,2 - 1,7	1,5 - 2,0	1,7 - 2,2	Normal
1,7 - 2,2	2,0 - 2,5	2,2 - 3,0	Alto
> 2,2	> 2,5	> 3,0	Muy Alto

Porcentaje de residuos en el suelo

El porcentaje de residuos en el suelo se ha clasificado de la siguiente manera:

- **Muchos:** El suelo está casi totalmente recubierto de residuos.
- **Bastantes:** El suelo presenta una buena cantidad de residuos en superficie.
- **Pocos:** Hay poca cantidad de residuos en la superficie del suelo, cubriendo una pequeña extensión de este.
- **Ninguno:** No existen residuos.

Estabilidad de los agregados

Para la determinación de la estabilidad de los agregados del suelo se ha utilizado la tabla expuesta a continuación (tabla 7), la cual ha sido realizada basándose en los resultados obtenidos en diferentes artículos científicos consultados.

Tabla 7: Clasificación de la estabilidad de los agregados según su textura

Textura	EA (%)	Clasificación
Arcillosa	> 90	Alta
	70 - 90	Regular
	< 70	Baja
Franca	> 60	Alta
	40 - 60	Regular
	< 40	Baja
Arenosa	> 20	Alta
	10 - 20	Regular
	< 10	Baja

Densidad de la cubierta vegetal

Para la determinación de la densidad de la cubierta vegetal, se ha utilizado el visor del Institut Cartogràfic de la Generalitat Valenciana, y mediante la tabla 8 se ha realizado la clasificación de este parámetro.

Tabla 8: Clasificación del porcentaje de densidad vegetal (Muñoz *et al.*, 2014)

Rangos de cobertura	Densidad vegetal (%)
1 Extremadamente baja	< 10
2 Baja	10-25
3 Moderadamente baja	26-50
4 Moderadamente alta	51-75
5 Alta	76-90
6 Extremadamente alta	> 90

Tasa de infiltración

La tasa de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Se suele expresar en mm/h (Ibáñez *et al.*, 2010). Esta se hace constante cuando el suelo está saturado, es decir, cuando la cantidad de agua infiltrada en el suelo es igual o muy similar en todos los intervalos de tiempo iguales entre sí, correspondiéndose en ese momento con la conductividad hidráulica del suelo en cuestión.

Para la clasificación de la tasa de infiltración obtenida en cada uno de los ensayos realizados se ha utilizado la tabla 9.

Tabla 9: Clasificación de la permeabilidad del suelo (Porta *et al.*, 2003)

Permeabilidad (mm/h)

1. Rápida	125 - 250
2. Rápida a moderada	62 - 125
3. Moderada	20 - 62
4. Lenta a moderada	5 - 2
5. Lenta	1,2 - 5
6. Muy lenta	< 1,2

Los suelos arenosos destacan por su rápida permeabilidad, ya que, presentan una granulometría más gruesa que los arcillosos, lo que permite que el agua se infiltre con mayor facilidad, mientras que los arcillosos presentan una permeabilidad lenta debido a que presentan una granulometría mucho más pequeña que los suelos arenosos, dificultando la infiltración de agua en el suelo.

Cabe destacar que la velocidad de infiltración no depende solamente de la textura del suelo, sino que también intervienen diversos factores, tales como, la estructura del suelo, la pendiente, la compactación del terreno, la cubierta vegetal, etc. (Porta *et al.*, 2003).

4. Resultados y discusión

En este apartado se van a exponer y valorar los resultados obtenidos tras analizar en laboratorio los parámetros anteriormente mencionados.

Estructura

Se han analizado los tres parámetros que definen la estructura, mencionados anteriormente y los resultados se exponen a continuación:

1) Tipo de estructura

En la tabla 10 se observa que la estructura predominante es la estructura subangular puesto que el 81,8% de las muestras presentan dicha característica. Esta se caracteriza por la presencia de poliedros de caras planas y redondeadas, con carencia de ángulos agudos. Este tipo de estructura es típica de horizontes A muy pobres en materia orgánica y de la parte superior de los horizontes B (Moreno *et al.*, 2010), siendo las estructuras angular y granular las presentes en los puntos 7 y 8 respectivamente.

Tabla 10: Estructura de los agregados del suelo de cada punto de muestreo

Puntos de muestreo	Uso del suelo	Estructura
Punto 1	Agrícola	Subangular
Punto 2	Agrícola	Subangular
Punto 3	Agrícola	Subangular
Punto 4	Agrícola	Subangular
Punto 5	Forestal	Subangular
Punto 6	Zona erial	Subangular
Punto 7	Agrícola	Angular
Punto 8	Forestal	Granular
Punto 9	Forestal	Subangular
Punto 10	Agrícola	Subangular
Punto 11	Vegetación de ribera	Subangular

2) Grado de estructura

Tabla 11: Grado de cohesión de los agregados del suelo de cada muestreo

Puntos de muestreo	Uso del suelo	Grado de estructura
Punto 1	Agrícola	Moderada
Punto 2	Agrícola	Fuerte
Punto 3	Agrícola	Moderada
Punto 4	Agrícola	Moderada
Punto 5	Forestal	Moderada
Punto 6	Zona erial	Moderada
Punto 7	Agrícola	Fuerte
Punto 8	Forestal	Fuerte
Punto 9	Forestal	Moderada
Punto 10	Agrícola	Moderada
Punto 11	Vegetación de ribera	Fuerte

En cuanto al grado de cohesión de los agregados, el predominante es el grado moderado, que está caracterizado por agregados bien formados y diferenciados de duración moderada (Moreno *et al.*, 2010). Exactamente el 63,6% de las muestras analizadas presentaban este grado, siendo el 36,4% restantes fuertes.

3) Clase de tamaño de los agregados

Para la determinación del tamaño de los agregados, se ha utilizado la tabla 12, que realiza una clasificación del tamaño medio de los agregados según la estructura que posean.

Tabla 12: Clasificación del tamaño medio de los agregados (FAO, 2009)

		Granular/laminar	Prismática/columnar/ forma de cuña	Blocosa/terrones/ desmenuzable/grumos
		(mm)	(mm)	(mm)
VF	Muy fino/delgado	< 1	< 10	< 5
FI	Fino/delgado	1-2	10-20	5-10
ME	Medio	2-5	20-50	10-20
CO	Grueso/espeso	5-10	50-100	20-50
VC	Muy grueso/espeso	> 10	100-500	> 50
EC	Extremadamente grueso	-	> 500	-

Tabla 13: Tamaño medio de los agregados del suelo de cada muestreo

Puntos de muestreo	Tamaño medio de los agregados (mm)	Uso del suelo	Clase de tamaño
Punto 1	27,28	Agrícola	Gruesa
Punto 2	32,88	Agrícola	Gruesa
Punto 3	33,70	Agrícola	Gruesa
Punto 4	27,73	Agrícola	Gruesa
Punto 5	46,71	Forestal	Gruesa
Punto 6	68,91	Zona erial	Muy gruesa
Punto 7	27,18	Agrícola	Gruesa
Punto 8	19,60	Forestal	Muy gruesa
Punto 9	34,33	Forestal	Gruesa
Punto 10	29,63	Agrícola	Gruesa
Punto 11	33,56	Vegetación de ribera	Gruesa

Por lo que respecta al tamaño de los agregados, se puede observar que éstos son predominantemente gruesos (siendo el 81,81 % de todas las muestras gruesas).

Materia orgánica

Como era previsible, el contenido en materia orgánica en los suelos que presentan vegetación natural es mayor que en los suelos agrícolas (tabla 14). Esto es debido a la abundante vegetación que presentan las zonas con vegetación natural, presentando un promedio del 3,47 %, respecto a un 2,54 % que presentan los suelos agrícolas. Por tanto, las zonas de vegetación presentan 0.93 unidades porcentuales o lo que es lo mismo 9.3 g de materia orgánica menos por kilo de suelo. Todo ello puede observarse en la tabla 14, donde el valor mínimo de materia orgánica es de 1,64% y el máximo de 6,39%

El porcentaje de materia orgánica presente en los suelos con vegetación natural es mayor que en los suelos agrícolas debido a las labores agrícolas previas a la plantación, que provocan la eliminación de la vegetación presente de forma natural. También, mediante estos trabajos se remueve el suelo para prepararlo para la plantación, exponiendo la materia orgánica presente en este al exterior, provocando su oxidación, y, por ende, su desaparición. Finalmente, mediante las labores agrícolas posteriores a la plantación, como la aplicación de herbicidas para eliminar o evitar la aparición de la vegetación adventicia, se reduce aún mas el porcentaje de materia orgánica que se puede incorporar al suelo.

Tabla 14: Porcentaje de materia orgánica de cada muestra

Muestras	Uso del suelo	Fracción orgánica (%)
Punto 1 muestra 1	Agrícola	2,09
Punto 1 muestra 2	Agrícola	1,95
Punto 1 muestra 3	Agrícola	1,64
Punto 2 muestra 1	Agrícola	2,54
Punto 2 muestra 2	Agrícola	2,88
Punto 2 muestra 3	Agrícola	2,95
Punto 3 muestra 1	Agrícola	2,83
Punto 3 muestra 2	Agrícola	2,53
Punto 3 muestra 3	Agrícola	2,45
Punto 4 muestra 1	Agrícola	2,95
Punto 4 muestra 2	Agrícola	3,23
Punto 4 muestra 3	Agrícola	2,23
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	3,75
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	2,93
Punto 5 muestra 2	Forestal	3,34
Punto 5 muestra 3	Forestal	3,52
Punto 6 muestra 1	Zona erial	3,39
Punto 6 muestra 2	Zona erial	2,89
Punto 6 muestra 3	Zona erial	2,63
Punto 7 muestra 1	Agrícola	2,34
Punto 7 muestra 2	Agrícola	2,01
Punto 7 muestra 3	Agrícola	1,77
Punto 8 muestra 1	Forestal	2,42
Punto 8 muestra 2	Forestal	3,06
Punto 8 muestra 3	Forestal	1,93
Punto 9 muestra 1	Forestal	3,03
Punto 9 muestra 2	Forestal	2,64
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	2,39
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	2,69
Punto 10 muestra 1	Agrícola	2,74
Punto 10 muestra 2	Agrícola	3,13
Punto 10 muestra 3	Agrícola	3,47
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	6,39
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	6,20
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	5,83

pH

El promedio del pH de todas las muestras analizadas es de 8,3, por lo que, los suelos del término municipal de Alberic se clasifican como suelos básicos. (tabla 15)

El valor del pH de todas las muestras analizadas oscila entre un valor de 7,6 y 8,7. Estos valores corresponden a suelos entre moderadamente básicos, básicos y ligeramente alcalinos, cuya característica principal es la presencia de carbonato de calcio en el suelo. Los suelos que

presentan un pH entre 7,5 y 8,5 son característicos de zonas semiáridas y áridas, cuyo nivel de CaCO_3 provoca alteraciones tales como, la disminución de la disponibilidad de micronutrientes y metales pesados, como el Plomo y Boro y la deficiencia de Cobre, Cobalto, Hierro, Zinc, etc., que afecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pudiendo provocar una disminución notable del rendimiento del cultivo. Los suelos con un pH entre 8,5 y 9 pueden presentar estos valores de pH altos debido a la presencia de MgCO_3 , y presentan mayores problemas de clorosis férrica, debido al HCO_3^- . (Porta *et al.*, 2003).

Tabla 15: pH de cada muestra

Muestras	Uso del suelo	pH
Punto 1 muestra 1	Agrícola	7,6
Punto 1 muestra 2	Agrícola	7,6
Punto 1 muestra 3	Agrícola	7,6
Punto 2 muestra 1	Agrícola	7,7
Punto 2 muestra 2	Agrícola	8
Punto 2 muestra 3	Agrícola	8
Punto 3 muestra 1	Agrícola	7,9
Punto 3 muestra 2	Agrícola	8,2
Punto 3 muestra 3	Agrícola	8,1
Punto 4 muestra 1	Agrícola	8,3
Punto 4 muestra 2	Agrícola	8,4
Punto 4 muestra 3	Agrícola	8,5
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	8,3
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	8,3
Punto 5 muestra 2	Forestal	8,2
Punto 5 muestra 3	Forestal	8,2
Punto 6 muestra 1	Zona erial	8,1
Punto 6 muestra 2	Zona erial	8,3
Punto 6 muestra 3	Zona erial	8,5
Punto 7 muestra 1	Agrícola	8,5
Punto 7 muestra 2	Agrícola	8,5
Punto 7 muestra 3	Agrícola	8,5
Punto 8 muestra 1	Forestal	8,7
Punto 8 muestra 2	Forestal	8,6
Punto 8 muestra 3	Forestal	8,7
Punto 9 muestra 1	Forestal	8,6
Punto 9 muestra 2	Forestal	8,6
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	8,5
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	8,6
Punto 10 muestra 1	Agrícola	8,5
Punto 10 muestra 2	Agrícola	8,5
Punto 10 muestra 3	Agrícola	8,5
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	8,5
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	8,4
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	8,5

Conductividad eléctrica 1/5

El valor promedio de la conductividad eléctrica es de 0,16 dS/m (tabla 17) por lo que los suelos pueden considerarse como no salinos. En ese sentido el valor máximo registrado es de 0,23 y el mínimo de 0,11 dS/m, por lo que el 100% de los suelos se clasifican como tal.

Tabla 16: Intensidad de la salinidad en el suelo (Saña *et al.*, 1996)

CE 1/5 (dS/m)	Interpretación
<0,35	No salinos
0,35 < x < 0,65	Ligeramente salinos
0,65 < x < 1,15	Salinos
> 1,15	Muy Salinos

Tabla 17: Conductividad eléctrica de cada muestra

Muestras	Uso del suelo	CE (dS/m)
Punto 1 muestra 1	Agrícola	0,1419
Punto 1 muestra 2	Agrícola	0,1278
Punto 1 muestra 3	Agrícola	0,1266
Punto 2 muestra 1	Agrícola	0,1405
Punto 2 muestra 2	Agrícola	0,1538
Punto 2 muestra 3	Agrícola	0,1704
Punto 3 muestra 1	Agrícola	0,1821
Punto 3 muestra 2	Agrícola	0,1887
Punto 3 muestra 3	Agrícola	0,2087
Punto 4 muestra 1	Agrícola	0,1639
Punto 4 muestra 2	Agrícola	0,1461
Punto 4 muestra 3	Agrícola	0,1499
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	0,1699
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	0,1814
Punto 5 muestra 2	Forestal	0,1753
Punto 5 muestra 3	Forestal	0,1600
Punto 6 muestra 1	Zona erial	0,1592
Punto 6 muestra 2	Zona erial	0,1491
Punto 6 muestra 3	Zona erial	0,1233
Punto 7 muestra 1	Agrícola	0,1610
Punto 7 muestra 2	Agrícola	0,1565
Punto 7 muestra 3	Agrícola	0,1484
Punto 8 muestra 1	Forestal	0,1310
Punto 8 muestra 2	Forestal	0,1239
Punto 8 muestra 3	Forestal	0,1151
Punto 9 muestra 1	Forestal	0,1325
Punto 9 muestra 2	Forestal	0,1770
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	0,1378
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	0,1321
Punto 10 muestra 1	Agrícola	0,1488
Punto 10 muestra 2	Agrícola	0,1486

Punto 10 muestra 3	Agrícola	0,1561
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	0,2344
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	0,2281
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	0,1863

Porcentaje de elementos gruesos

El porcentaje de elementos gruesos en los suelos agrícolas (promedio de 1,07 %) es inferior al promedio del porcentaje de elementos gruesos de los suelos con vegetación natural, con un 2,59 % (tabla 18). Esto es debido a que, en los terrenos destinados al cultivo, previamente a la plantación, se realizan distintas labores agrícolas cuyo objetivo es la preparación del terreno para la implantación del cultivo, que consisten en la retirada de elementos gruesos del terreno del suelo, pudiendo estos dificultar la realización de otras labores agrícolas.

Cabe destacar que el punto de muestreo 10, posee un porcentaje de elementos gruesos muy superior al resto. Este suceso es debido a la gran proximidad de una cantera al muestreo. Cuando se produce un episodio de lluvias, el agua arrastra los elementos gruesos procedentes de la cantera y los transporta aguas abajo hasta los campos colindantes y en estos se sedimentan, por lo que queda justificada la presencia de un alto porcentaje de elementos gruesos en este muestreo y, por ende, no ha sido incluido en el promedio obtenido para la determinación del porcentaje de elementos gruesos.

Tabla 18: Porcentaje de elementos gruesos de cada muestra

Muestras	Usos del suelo	Profundidad (cm)	Elementos gruesos (%)
Punto 1 muestra 1	Agrícola	0 - 20	0,00
Punto 1 muestra 2	Agrícola	20 - 40	0,53
Punto 1 muestra 3	Agrícola	40 - 60	0,49
Punto 2 muestra 1	Agrícola	0 - 20	0,25
Punto 2 muestra 2	Agrícola	20 - 40	1,03
Punto 2 muestra 3	Agrícola	40 - 60	0,91
Punto 3 muestra 1	Agrícola	0 - 20	0,16
Punto 3 muestra 2	Agrícola	20 - 40	0,00
Punto 3 muestra 3	Agrícola	40 - 60	0,00
Punto 4 muestra 1	Agrícola	0 - 20	0,52
Punto 4 muestra 2	Agrícola	20 - 40	0,00
Punto 4 muestra 3	Agrícola	40 - 60	0,00
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	0 - 8	0,00
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	8 - 20	0,00
Punto 5 muestra 2	Forestal	20 - 40	0,00
Punto 5 muestra 3	Forestal	40 - 60	0,00
Punto 6 muestra 1	Zona erial	0 - 7	2,90
Punto 6 muestra 2	Zona erial	7 - 40	0,20
Punto 6 muestra 3	Zona erial	40 - 60	0,00
Punto 7 muestra 1	Agrícola	0 - 20	2,07
Punto 7 muestra 2	Agrícola	20 - 40	5,34

Punto 7 muestra 3	Agrícola	40 - 60	4,73
Punto 8 muestra 1	Forestal	0 - 20	0,00
Punto 8 muestra 2	Forestal	20 - 40	3,42
Punto 8 muestra 3	Forestal	40 - 60	1,30
Punto 9 muestra 1	Forestal	0 - 20	2,85
Punto 9 muestra 2	Forestal	20 - 40	2,63
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	40 - 51,5	10,08
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	51,5 - 60	20,56
Punto 10 muestra 1	Agrícola	0 - 20	11,84
Punto 10 muestra 2	Agrícola	20 - 40	18,57
Punto 10 muestra 3	Agrícola	40 - 60	30,06
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	0 - 20	0,00
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	40 - 60	0,00
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	60 - 80	0,00

Para la obtención del volumen de fragmentos rocosos en el suelo se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}, \text{ donde:}$$

- ρ : Densidad del suelo, cuyo valor es de 1,3 g/cm³
- m: Masa de la muestra de suelo
- v: Volumen de la muestra de suelo

Mediante esta fórmula se obtendrá el volumen de cada muestra de suelo y posteriormente el volumen de elementos gruesos en cada muestra de suelo y finalmente se hará una relación entre el volumen de suelo y el volumen de elementos gruesos para al fin obtener el porcentaje de elementos gruesos por volumen de cada muestra de suelo, el cual queda expuesto en la tabla 19:

Tabla 19: Porcentaje de elementos gruesos en volumen en cada muestra de suelo

Muestras	Uso del suelo	Peso muestra (g)	Peso EG (g)	Volumen suelo (cm ³)	Volumen EG (cm ³)	% EG por volumen
Punto 1 muestra 1	Agrícola	774,60	0,00	595,85	0,00	0,00
Punto 1 muestra 2	Agrícola	778,10	4,10	598,54	3,15	0,53
Punto 1 muestra 3	Agrícola	740,60	3,60	569,69	2,77	0,49
Punto 2 muestra 1	Agrícola	318,60	0,80	245,08	0,62	0,25
Punto 2 muestra 2	Agrícola	428,60	4,40	329,69	3,38	1,03
Punto 2 muestra 3	Agrícola	394,60	3,60	303,54	2,77	0,91
Punto 3 muestra 1	Agrícola	367,60	0,60	282,77	0,46	0,16
Punto 3 muestra 2	Agrícola	383,60	0,00	295,08	0,00	0,00
Punto 3 muestra 3	Agrícola	369,80	0,00	284,46	0,00	0,00
Punto 4 muestra 1	Agrícola	503,00	2,60	386,92	2,00	0,52
Punto 4 muestra 2	Agrícola	188,60	0,00	145,08	0,00	0,00

Punto 4 muestra 3	Agrícola	656,60	0,00	505,08	0,00	0,00
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	111,30	0,00	85,62	0,00	0,00
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	179,60	0,00	138,15	0,00	0,00
Punto 5 muestra 2	Forestal	326,10	0,00	250,85	0,00	0,00
Punto 5 muestra 3	Forestal	278,60	0,00	214,31	0,00	0,00
Punto 6 muestra 1	Zona erial	89,60	2,60	68,92	2,00	2,90
Punto 6 muestra 2	Zona erial	595,20	1,20	457,85	0,92	0,20
Punto 6 muestra 3	Zona erial	274,10	0,00	210,85	0,00	0,00
Punto 7 muestra 1	Agrícola	216,90	4,50	166,85	3,46	2,07
Punto 7 muestra 2	Agrícola	310,60	16,60	238,92	12,77	5,34
Punto 7 muestra 3	Agrícola	651,70	30,80	501,31	23,69	4,73
Punto 8 muestra 1	Forestal	215,10	0,00	165,46	0,00	0,00
Punto 8 muestra 2	Forestal	303,80	10,40	233,69	8,00	3,42
Punto 8 muestra 3	Forestal	330,10	4,30	253,92	3,31	1,30
Punto 9 muestra 1	Forestal	336,60	9,60	258,92	7,38	2,85
Punto 9 muestra 2	Forestal	471,60	12,40	362,77	9,54	2,63
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	301,50	30,40	231,92	23,38	10,08
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	283,10	58,20	217,77	44,77	20,56
Punto 10 muestra 1	Agrícola	337,80	40,00	259,85	30,77	11,84
Punto 10 muestra 2	Agrícola	294,10	54,60	226,23	42,00	18,57
Punto 10 muestra 3	Agrícola	427,80	128,60	329,08	98,92	30,06
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	298,50	0,00	229,62	0,00	0,00
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	350,60	0,00	269,69	0,00	0,00
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	439,60	0,00	338,15	0,00	0,00

Estabilidad de agregados

Como cabía esperar, la estabilidad de los agregados en los suelos con vegetación natural es más alta que la estabilidad de los agregados en los suelos agrícolas, siendo la primera el doble que la segunda. Esto se debe al mayor porcentaje de materia orgánica presente en los suelos con vegetación natural, ya que, la materia orgánica actúa como agente cementante y une a las partículas formadoras del suelo en agregados. (Docampo, 2014)

Cabe destacar que los suelos agrícolas sufren diversas alteraciones estructurales debido a las labores agrícolas realizadas para la preparación del terreno para la plantación del cultivo. Estas

labores dejan el suelo más fino y suelto, rompiendo los agregados que previamente presentaba el suelo y provocando un mayor riesgo de erosión hídrica.

Los resultados quedan expuestos en la tabla 20:

Tabla 20: Porcentaje de estabilidad de agregados de cada muestra

Muestras	Uso del suelo	EA (%)
Punto 1 muestra 1	Agrícola	2,31
Punto 1 muestra 2	Agrícola	2,20
Punto 1 muestra 3	Agrícola	1,82
Punto 2 muestra 1	Agrícola	3,06
Punto 2 muestra 2	Agrícola	7,36
Punto 2 muestra 3	Agrícola	9,65
Punto 3 muestra 1	Agrícola	2,11
Punto 3 muestra 2	Agrícola	3,52
Punto 3 muestra 3	Agrícola	5,25
Punto 4 muestra 1	Agrícola	1,56
Punto 4 muestra 2	Agrícola	0,87
Punto 4 muestra 3	Agrícola	1,17
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	5,26
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	8,22
Punto 5 muestra 2	Forestal	13,99
Punto 5 muestra 3	Forestal	14,23
Punto 6 muestra 1	Zona erial	16,53
Punto 6 muestra 2	Zona erial	3,88
Punto 6 muestra 3	Zona erial	2,39
Punto 7 muestra 1	Agrícola	2,17
Punto 7 muestra 2	Agrícola	2,72
Punto 7 muestra 3	Agrícola	2,54
Punto 8 muestra 1	Forestal	9,14
Punto 8 muestra 2	Forestal	7,74
Punto 8 muestra 3	Forestal	6,13
Punto 9 muestra 1	Forestal	6,16
Punto 9 muestra 2	Forestal	8,65
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	5,07
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	2,30
Punto 10 muestra 1	Agrícola	2,53
Punto 10 muestra 2	Agrícola	4,60
Punto 10 muestra 3	Agrícola	5,29
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	1,04
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	2,08
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	1,63

Textura

Como se puede observar en la tabla 21, en líneas generales, la textura franca es la dominante en todas las zonas, apareciendo en todos los puntos de muestreo, a excepción del muestreo 2, que presenta una textura arcillosa y el muestreo 11 que es el único que presenta la textura limosa.

Tabla 21: Clases texturales de cada muestra

Muestras	Uso del suelo	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Textura
Punto 1 muestra 1	Agrícola	23,8	22,4	53,8	Franco arcillo arenosa
Punto 1 muestra 2	Agrícola	26,1	17,9	56	Franco arcillo arenosa
Punto 1 muestra 3	Agrícola	21	24	55	Franco arcillo arenosa
Punto 2 muestra 1	Agrícola	51,1	38,9	10	Arcillosa
Punto 2 muestra 2	Agrícola	45	38,4	16,6	Arcillosa
Punto 2 muestra 3	Agrícola	46,2	38,8	15	Arcillosa
Punto 3 muestra 1	Agrícola	37,5	38,5	24	Franco arcillosa
Punto 3 muestra 2	Agrícola	38,1	36,9	25	Franco arcillosa
Punto 3 muestra 3	Agrícola	42,9	38,8	18,3	Arcillosa
Punto 4 muestra 1	Agrícola	22,4	27,6	50	Franco arcillo arenosa
Punto 4 muestra 2	Agrícola	22,5	42,5	35	Franca
Punto 4 muestra 3	Agrícola	27,5	40	32,5	Franco arcillosa
Punto 5 muestra 1 horizonte 1	Forestal	20	33,6	46,4	Franca
Punto 5 muestra 1 horizonte 2	Forestal	28,5	31	40,5	Franco arcillosa
Punto 5 muestra 2	Forestal	41	27,5	31,5	Arcillosa
Punto 5 muestra 3	Forestal	44,5	30	25,5	Arcillosa
Punto 6 muestra 1	Zona erial	23	23	54	Franco arcillo arenosa
Punto 6 muestra 2	Zona erial	24	40,2	35,8	Franca
Punto 6 muestra 3	Zona erial	24	30	46	Franca
Punto 7 muestra 1	Agrícola	18,2	30,3	51,5	Franca
Punto 7 muestra 2	Agrícola	17,2	33,9	48,9	Franca
Punto 7 muestra 3	Agrícola	16,9	22,5	60,6	Franco arenosa
Punto 8 muestra 1	Forestal	16,4	24,4	59,2	Franco arenosa
Punto 8 muestra 2	Forestal	16,9	24,1	59	Franco arenosa
Punto 8 muestra 3	Forestal	18,7	23,7	57,6	Franco arenosa
Punto 9 muestra 1	Forestal	27,3	34,6	38,1	Franco arcillosa
Punto 9 muestra 2	Forestal	33,6	30,2	36,2	Franco arcillosa
Punto 9 muestra 3 horizonte 1	Forestal	24,1	28,9	47	Franca
Punto 9 muestra 3 horizonte 2	Forestal	11,5	30,5	58	Franco arenosa
Punto 10 muestra 1	Agrícola	14	33,5	52,5	Franca
Punto 10 muestra 2	Agrícola	18	30,9	51,1	Franca
Punto 10 muestra 3	Agrícola	23	30	47	Franca
Punto 11 muestra 1	Vegetación de ribera	41,2	51,7	7,1	Arcillo limosa
Punto 11 muestra 2	Vegetación de ribera	38,1	51,9	10	Franco arcillo limosa
Punto 11 muestra 3	Vegetación de ribera	42,4	46,2	11,3	Arcillo limosa

Pendiente del terreno

Tal y como puede verse en la tabla 22, las zonas con vegetación natural presentan una pendiente más elevada que las zonas agrícolas, ya que, previo a la plantación, se practican labores de nivelación del terreno, que reducen o eliminan la pendiente del terreno en los suelos agrícolas.

Tabla 22: Pendiente en los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Uso del suelo	Pendiente (%)
Punto 1	Agrícola	0,00
Punto 2	Agrícola	0,00
Punto 3	Agrícola	0,00
Punto 4	Agrícola	0,00
Punto 5	Forestal	2,50
Punto 6	Zona erial	1,20
Punto 7	Agrícola	0,00
Punto 8	Forestal	5,45
Punto 9	Forestal	12,00
Punto 10	Agrícola	0,00
Punto 11	Vegetación de ribera	0,00

Tasa de infiltración

A continuación, en la tabla 23 se exponen las tasas de infiltración correspondientes a cada ensayo realizado:

Tabla 23: Tasa de infiltración de cada ensayo realizado

Puntos de muestreo	Uso del suelo	Tasa de infiltración (mm/h)
Punto 1	Agrícola	72
Punto 2	Agrícola	6
Punto 3	Agrícola	12
Punto 4	Agrícola	30
Punto 5	Forestal	30
Punto 6	Zona erial	78
Punto 7	Agrícola	30
Punto 8	Forestal	54
Punto 9	Forestal	276
Punto 10	Agrícola	108
Punto 11	Vegetación de ribera	204

Cabe destacar que los muestreos 9 y 11 presentan una tasa de infiltración excesivamente alta, ya que, estas tasas de infiltración de agua son propias de suelos totalmente arenosos, no ocurriendo esto en estos dos muestreos. Es posible que se haya producido un error de lectura

en los ensayos debido a las condiciones de sequedad que presentaban estos dos puntos de muestreo y al hecho de que no se pudo mantener el ensayo el tiempo deseado por la carencia de fuente de agua.

4.1. Determinación de la condición hidrológica mediante la metodología de análisis y valoración

En la tabla 24 quedan representados los valores que se han obtenido al analizar los parámetros que intervienen en la obtención de la condición hidrológica, anteriormente mencionados:

Tabla 24: Valores obtenidos de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Porcentaje de materia orgánica (%)	Estabilidad de los agregados (%)	Porcentaje de elementos gruesos (%)	Porcentaje de residuos en superficie (%)	Densidad de la cubierta vegetal (%)
Punto 1	1,89	2,11	0,34	Bastantes	60
Punto 2	2,79	6,69	0,73	Pocos	75
Punto 3	2,60	3,63	0,05	Nada	80
Punto 4	2,80	1,20	0,17	Bastantes	80
Punto 5	3,39	10,43	0,00	Muchos	95
Punto 6	2,97	7,60	1,03	Muchos	-
Punto 7	2,04	2,48	4,05	Nada	20
Punto 8	2,47	7,67	1,57	Muchos	95
Punto 9	2,69	5,55	9,03	Muchos	95
Punto 10	3,11	4,14	20,16	Bastantes	85
Punto 11	6,14	1,58	0,00	Muchos	30

Finalmente, en la tabla 25 queda expuesto el estado en el que se presentan cada uno de los parámetros según el punto de muestreo y la condición hidrológica obtenida en cada uno de ellos:

Tabla 25: Clasificación de los parámetros según su estado

Puntos de muestreo	Porcentaje de materia orgánica (%)	Estabilidad de los agregados (%)	Porcentaje de elementos gruesos (%)	Porcentaje de residuos en superficie (%)	Densidad de la cubierta vegetal (%)	Condición hidrológica
Punto 1	Normal	Baja	Muy pocos	Bastantes	Moderadamente alta	Regular
Punto 2	Alto	Baja	Muy pocos	Pocos	Moderadamente alta	Regular
Punto 3	Alto	Baja	Muy pocos	Nada	Alta	Regular
Punto 4	Muy alto	Baja	Muy pocos	Bastantes	Alta	Regular
Punto 5	Muy alto	Baja	Ninguno	Muchos	Extremadamente alta	Regular
Punto 6	Muy alto	Baja	Muy pocos	Muchos	-	Regular
Punto 7	Alto	Baja	Pocos	Nada	Baja	Pobre
Punto 8	Muy alto	Baja	Muy pocos	Muchos	Extremadamente alta	Regular
Punto 9	Muy alto	Baja	Común	Muchos	Extremadamente alta	Buena
Punto 10	Muy alto	Baja	Muchos	Bastantes	Alta	Regular
Punto 11	Muy alto	Baja	Ninguno	Muchos	Moderadamente baja	Regular

Cabe destacar, que el punto 6, no presenta cubierta vegetal, ya que, esta se ha eliminado artificialmente para facilitar la entrada a una parcela agrícola, por ende, para este punto de muestreo, este parámetro se desestimaría.

4.2. Determinación de la condición hidrológica mediante el nomograma

Para la determinación de la condición hidrológica de los suelos que presenten vegetación natural como de los suelos agrícolas que presenten una cubierta vegetal formada por residuos agrícolas,

se ha utilizada el nomograma, el cual se ha mencionado anteriormente. Los resultados quedan expuestos a continuación en la tabla 26.

Tabla 26: Condición hidrológica de los suelos con vegetación natural

Puntos de muestreo	CH
Punto 1	Pobre
Punto 4	Regular
Punto 5	Regular
Punto 6	Pobre
Punto 8	Regular
Punto 9	Regular
Punto 10	Regular
Punto 11	Buena

Finalmente se expone en la tabla 27 que recoge las condiciones hidrológicas obtenidas mediante las diferentes metodologías mencionadas anteriormente, y la condición hidrológica que se ha establecido finalmente en cada uno de los puntos de muestreo, teniendo en cuenta la tasa de infiltración obtenida en cada uno de los puntos de muestreo, que será clave para la decidir que condición hidrológica se establece definitivamente en cada uno de los puntos de muestreo.

Tabla 27: Condición hidrológica de cada punto de muestreo

Puntos de muestreo	CH (1r metodología)	CH (2n metodología)	CH (3r metodología)	CH definitiva
Punto 1	Regular	Pobre	-	Regular-buena
Punto 2	Regular	-	-	Pobre
Punto 3	Regular	-	-	Pobre-regular
Punto 4	Regular	Regular	-	Regular
Punto 5	Regular	Regular	Buena	Regular
Punto 6	Regular	Pobre	-	Regular-buena
Punto 7	Pobre	-	-	Regular
Punto 8	Regular	Regular	Normal	Buena
Punto 9	Buena	Regular	Buena	Buena
Punto 10	Regular	Regular	-	Buena
Punto 11	Regular	Buena	-	Regular

Cabe destacar, que la zona 8 es una zona lúdica, está más compactada que los otros dos puntos de muestreo, que no han sido alterados por la acción humana, debido al tránsito de personas, por lo que esta condición podría asemejarse a la condición de compactación provocada por el rebaño. Es por ello, que la condición hidrológica de este punto de muestreo mediante la 3r metodología es "normal".

4.3 Determinación del grupo hidrológico

En este apartado se va a determinar el grupo hidrológico de cada uno de los muestreos. A continuación, queda expuesta la tabla 28, con los muestreos y su grupo hidrológico correspondiente:

Tabla 28: Grupo hidrológico de cada punto de muestreo

Puntos de muestreo	Textura	Grupo hidrológico
Punto 1	Franco arcillo arenosa	B-C
Punto 2	Arcillosa	C-D
Punto 3	Franco arcillosa	C
Punto 4	Franco arcillo arenosa	B-C
Punto 5	Franco arcillosa	C
Punto 6	Franca	B-C
Punto 7	Franca	B-C
Punto 8	Franco arenosa	B
Punto 9	Franco arcillo arenosa	B-C
Punto 10	Franco / franco arenosa	B
Punto 11	Franco arcillo limosa	B-C

4.5 Determinación del número de curva

Finalmente, se va a determinar el número de curva de cada muestreo, el cual queda expuesto en la tabla 29, teniendo en cuenta los cuatro parámetros, que intervienen en la obtención del número de curva, anteriormente mencionados. Para la determinación del número de curva se ha utilizado la tabla del número de curva expuesta en el apartado 1.4.

Tabla 29: Tabla del número de curva adaptada

Puntos de muestreo	Uso del suelo y laboreo	Condición hidrológica	Grupo hidrológico	Número de curva
Punto 1	Cultivos alineados (C+CR)	Regular-buena	B-C	78
Punto 2	Cultivos alineados (C)	Pobre	C-D	84
Punto 3	Cultivos alineados (C)	Pobre-regular	C	83
Punto 4	Cultivos alineados (C+CR)	Regular	B-C	79
Punto 5	Forestal	Regular	C	73
Punto 6	Matorral - matorral maleza, mezcla de hierba	Regular-buena	B-C	60
Punto 7	Cultivos alineados (C)	Regular	B-C	80
Punto 8	Forestal	Buena	B	55
Punto 9	Forestal	Buena	B-C	63
Punto 10	Cultivos alineados (C + T + CR)	Buena	B	70
Punto 11	Barbecho (CR)	Regular	B-C	87

5. Conclusiones

Como conclusión general hay que señalar que sí se ha podido adaptar de forma adecuada el valor del número de curva a las condiciones de los suelos mediterráneos del término municipal de Alberic; para ello ha sido necesario asignar el valor de la condición hidrológica mediante la determinación y valoración de algunos de los parámetros edáficos que intervienen en la generación de escorrentía, y, por ende, en la condición hidrológica de los suelos. En este proceso ha sido determinante el poder comparar la condición hidrológica obtenida mediante el estudio de los diferentes parámetros con la tasa de infiltración medida en campo mediante el ensayo del doble anillo, ya que, ésta determina la condición hidrológica del suelo directamente en campo, por lo que su valor sirve de verificación de la metodología utilizada para obtener la condición hidrológica.

En general, los suelos pertenecientes al término municipal de Alberic son suelos francos, (a excepción del punto 2, cuya clase textural es arcillosa, y del punto 11, que es el único que presenta una textura limosa. Los suelos de la zona de estudio presentan una baja estabilidad de agregados y bajo porcentaje de elementos gruesos, un alto porcentaje en materia orgánica, un pH básico y una conductividad eléctrica muy baja. Cabe destacar, que el muestreo 10 presenta una pedregosidad mucho más alta que el resto de los puntos de muestreo, debido a su cercanía a una cantera, que sin embargo no llega a influir en el resto del territorio. Tanto la estabilidad de agregados, como el porcentaje de elementos gruesos son bajos en casi todos los muestreos, no habiendo sido determinante por lo tanto para la obtención de la condición hidrológica, ya que no muestran discrepancias entre los diferentes muestreos y no permiten valorarlos de una manera más clara.

Por último, mediante la tasa de infiltración se ha podido observar que los ensayos 9 y 11 presentan datos anómalos, debido a que, en función de su textura, deberían presentar una tasa de infiltración más baja. Este suceso puede deberse a un error en la realización del ensayo debido a las condiciones de extrema sequedad del suelo que presentaban estas zonas en el momento de realización de los ensayos (a principios del verano).

Finalmente, hay que añadir, que la adaptación del número de curva en este trabajo se ha realizado solamente en el término municipal de Alberic, cuyos suelos poseen unas características determinadas, pero la realización del trabajo ha permitido constatar que sería posible repetir la misma metodología en otras zonas de estudio, con el fin de obtener su correspondiente número de curva.

6. Bibliografía

Amaya Silva, ED. (2017). Manual de técnicas de análisis del suelo. Colombia

Andrades, M y Martínez, M.E., 2014. Fertilidad de suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja. 34 pp.

Andrades, M., Moliner, A., y Masaguer, A., 2015. Prácticas de Edafología. Métodos didácticos para análisis de suelos. Universidad de la Rioja. 78 pp.

Bernal-Fundora, A., y Hernández-Jiménez, A. (2017, 8 mayo). Influencia de diferentes sistemas de uso del suelo sobre su estructura. Cultivos Tropicales, 38(4).

Centro de Descargas del CNIG <<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>> [Consulta: 6 de junio de 2021]

climagri (2014). COBERTURA VEGETAL.

<<http://climagri.eu/index.php/es/cobertura-vegetal>> [Consulta: 15 de agosto de 2018]

Chapter 2: Estimating Runoff and Peak Discharges. (2007). [Libro electrónico]. En Engineering Field Manual (pp. 105–109).

Determinación de pH en suelos. (2013). Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. <<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/LSF/20130520/Info%20pH.pdf>>

Disposiciones generales de la Convención de las Naciones Unidas de la lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. (1997). Boletín Oficial del Estado, 36, Art. 1, de 11 de febrero de 1997, 2888.

-Docampo, R. 2014. La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), ISSN 1688-9258, págs 81-88

FAO, Land and water division (2009). Guía para la descripción de perfiles de suelo.

FAO (2021). 9. PERMEABILIDAD DEL SUELO.

<http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm> [Consulta: 27 de junio de 2021]

Gisbert Blanquer, JM.; Ibáñez Asensio, S.; Moreno Ramón H. (2010) LA TEXTURA DE UN SUELO (Colección Riunet-UPV).

Ibáñez Asensio, S.; Moreno Ramón H.; Gisbert Blanquer, JM. (2010). CARACTERÍSTICAS DEL INFITRÓMETRO DE DOBLE ANILLO (ANILLOS DE MUNZ). (Colección Riunet-UPV).

Ibáñez Asensio, S.; Moreno Ramón H.; Gisbert Blanquer, JM. (2011). Valores del nº de curva (cálculo de la escorrentía) (Colección Riunet-UPV).

Instituto Geológico y Minero de España. <<http://www.igme.es/>> [Consulta: 2 de junio de 2021]

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <<https://www.mapa.gob.es/es/>> [Consulta: 5 de junio de 2021]

Molera, J., & Llitjós, A. (1995). ESTUDIO DE CUATRO ADAPTACIONES ESCOLARES DE MÉTODOS DE OBSERVACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3(1), 35–39.

Moreno Ramón H.; Gisbert Blanquer, JM.; Ibáñez Asensio, S. (2010). LA ESTRUCTURA DE UN SUELO. (Colección Riunet-UPV).

Muñoz Marcillo, J. L., Morante Carriel, J., & Miranda Ullón, P. (2015). EROSIÓN POTENCIAL POR RECONVERSIÓN PRODUCTIVA EN SUBCUENCA LLAY-LLAY, CHILE. APLICACIÓN DE UNIDADES DE RESPUESTA A LA EROSIÓN. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 35–47. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.100>

Novillo, C. (2019). *Qué es la degradación del suelo*. Ecología verde. <<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-degradacion-del-suelo-2075.html>>

Omuto, C.T., Vargas, R.R, Viatkin, K., Yigini, Y., El Morabak., A.M y Mohamed, N. (2021). *Mapeo de suelos afectados por la salinidad – Manual técnico*. Roma, FAO. 125 pp

Porta, J.; López-Acevedo, M. y Roquero, C.; Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3.ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 960 pp. Madrid, 2003.

RTVE (2018). Más del 75% de la superficie terrestre del planeta está degradada. <<https://www.rtve.es/noticias/20180622/mas-del-75-superficie-terrestre-del-planeta-esta-degradada/1754260.shtml>>

Silva, S., Alcalá, M., Negra, I., García, D., y Garduño, V.H. (2018) Estabilidad de agregados en suelos agrícolas.

Soil Survey Staff. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service

Ulloa Guitián, M., Abreu, C.A y Paz González, A. (2001). Disponibilidad de macro- y micronutrientes en un suelo de cultivo de *Mabegondo* (A Coruña). Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, ISSN: 0213-4497, Vol. 26, 2021, págs 243-254

USDA, Instituto de calidad de suelos (1999). *Guía para la evaluación y calidad del suelo*.

Universidad de la Coruña. Facultad de Ciencias, Paz, A., & Vidal, E. (2004). *EROSIÓN Y ESCORRENTÍA*.