

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.GENERALIDADES

1.2. SUELO

Para poder definir con exactitud el significado de suelo, es necesario entender que al transcurrir el tiempo este concepto se fue modificando según el estudio y criterio de los diferentes investigadores.

Para la Taxonomía de suelos (Staff, 2010), el suelo se define como "La colección de cuerpos naturales que se encuentran sobre la superficie terrestre, en algunos sitios modificados o incluso originados por la actividad humana a partir de materiales terrosos, que contienen materia viva y que sustentan o son capaces de sustentar plantas al aire libre. Su límite superior es el aire o láminas de agua de poco espesor. Hacia sus márgenes gradan hacia aguas profundas o hacia cuerpos desnudos de roca o hielo. Su límite inferior respecto al material no suelo subyacente es quizá el más difícil de definir. De esta manera el concepto de suelo incluye los horizontes cercanos a la superficie que se diferencian del material rocoso subyacente por haber sido afectados u originados por la interacción a través del tiempo, del clima, de los organismos vivos, del material parental y del relieve. En las zonas que presentan suelos muy superficiales este termina cuando se encuentra con la roca dura, de tal forma que el límite inferior del suelo estará determinado por la profundidad a la cual llegan las raíces, o en aquella profundidad de suelo en la que la actividad biológica termina. No obstante, cuando se trata de definir unidades de mapeo en estudios detallados, deben tenerse en cuenta todas las capas inferiores que ejerzan una influencia significativa en el movimiento y contenido de agua y aire en la zona radicular".

Según el criterio del Scalone, el mismo considera que el suelo, “Es el conjunto de cuerpos naturales que cubre la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas, cuyas características y propiedades son el resultado de un conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos, como consecuencia de la acción del clima y los agentes biológicos sobre un material madre acondicionado por el relieve y el drenaje en un periodo de tiempo”.

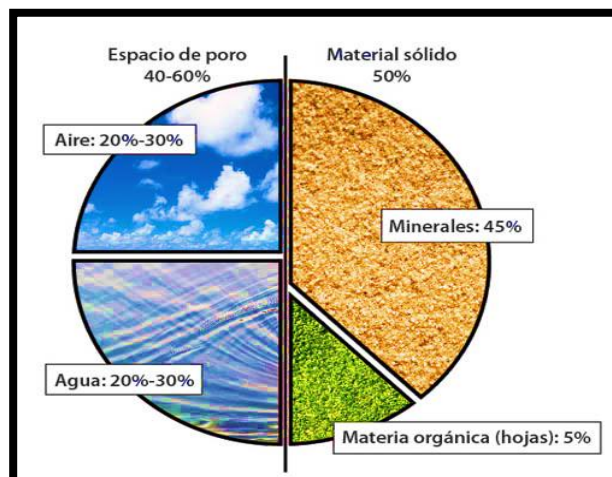
Por lo que podemos decir que el suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan.

1.1.1. Componentes del suelo

El suelo tiene cuatro componentes:

- Materia mineral
- Materia orgánica
- Agua
- Aire

Figura 1. Proporción de los componentes del suelo



**Fuente: Prado 2016
(Blog Geografía)**

La **materia mineral** es el componente más abundante del suelo. Está formada por partículas que varían de tamaño desde pequeñas piedras hasta partículas de arcilla que no se pueden ver siquiera con un microscopio común. La materia mineral que forma el suelo se agrupa según su tamaño en tres fracciones

La materia **orgánica** es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. El producto de tal transformación es una mezcla compleja de sustancias coloidales y amorfas de color negro o marrón oscuro denominado genéricamente humus (Brady, 1984). La materia orgánica es muy importante para la fertilidad de los suelos ya que desde ella los microorganismos que viven en el suelo, liberan nutrientes para las plantas.

Entre los sólidos del suelo (minerales y materia orgánica) se ubican los poros que son ocupados por agua y aire, de manera variable. En general los poros más grandes están llenos de **aire**, necesario para que respiren las raíces y pequeños animales que viven en el suelo. Los poros pequeños son los que almacenan agua. El agua es importante pues tiene sustancias minerales necesarias para la nutrición de las plantas

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

1.2.1. Textura

La textura del suelo es la proporción de cada elemento en el suelo, representada por el porcentaje de arena (Ar), arcilla (Ac), y limo (L), esta depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación de suelo.

Para que un suelo se forme intervienen los factores físicos de formación y los factores biológicos de formación.

- **Factores físicos de formación del suelo**

- **Clima**

Es el más importante condicionando la formación del suelo debido principalmente a la temperatura y humedad. A mayor temperatura y humedad mayor es la meteorización y la actividad de los seres vivos. Ambos influyen en la formación del suelo al alterar la roca madre. En climas húmedos y cálidos la meteorización química es muy intensa dando suelos profundos, pero en climas fríos y secos la meteorización es tan escasa que tarda mucho tiempo en formarse el suelo, que además suele ser poco profundo; además los climas húmedos y cálidos también provocan una gran densidad de seres vivos que favorecen también la meteorización. El clima es tan importante que dos suelos que parten de rocas muy distintas pero con el mismo clima, con el tiempo producen el mismo tipo de suelo

- **Roca madre**

La roca madre aporta al suelo la mayor parte de sus componentes minerales (fertilidad del suelo) e influye en las primeras etapas de la formación del suelo, sobre todo por su mayor o menor resistencia a la meteorización. Si la roca se altera con facilidad, se forman suelos profundos en relativamente poco tiempo; por el contrario, si la roca es muy resistente a la meteorización, se originan suelos de poco espesor y sin horizonte B.

- **Topografía**

Afecta a la formación del suelo debido a la pendiente y a la orientación geográfica. En zonas llanas se forman suelos profundos (menos erosión, más meteorización y mayor infiltración de agua), mientras que en zonas de pendiente el suelo es escaso, tanto por la mayor erosión del suelo como por la menor infiltración de agua (ya que el agua produce mayor meteorización directamente e indirectamente al permitir una mayor cantidad de seres vivos).

– Tiempo

Un suelo bien formado puede tardar unos 10.000 años en formarse. Suelos muy profundos (selvas tropicales) han tardado más de un millón de años en formarse. La degradación del suelo por los humanos es de muy poco tiempo comparada con lo que tarda en formarse, por lo que el suelo se considera un recurso renovable. Los suelos inmaduros o jóvenes son aquellos que no han tenido tiempo para desarrollarse totalmente; en cambio, son maduros aquellos suelos que están en equilibrio con el medio (clima). El tiempo que tarda en formarse un suelo maduro varía desde cientos de años en un clima cálido y húmedo a miles de años en climas fríos y secos.

- **Factores biológicos de formación del suelo**

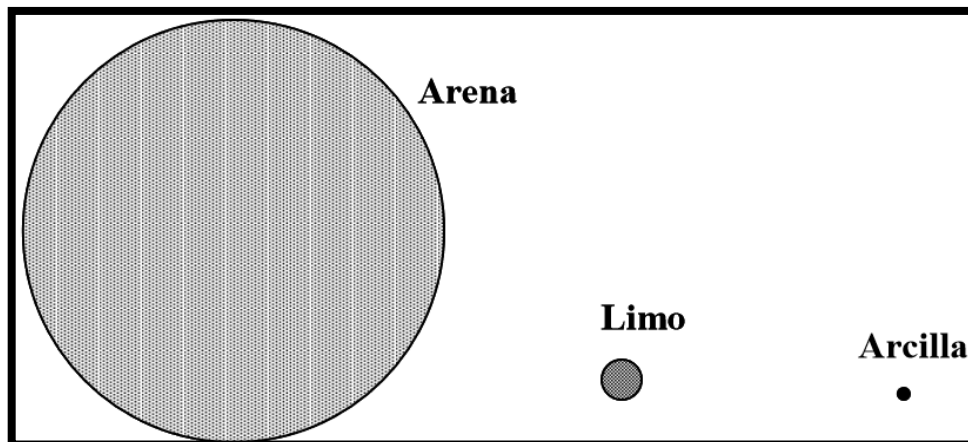
Los vegetales son los que aportan mayor cantidad de materia orgánica al suelo, además de contribuir a la meteorización física por el crecimiento de las raíces y a la química por carbonatación (el CO₂ expulsado por las raíces junto con el H₂O del suelo degradan las calizas). Las plantas en general contribuyen a mantener la fertilidad del suelo haciendo ascender los iones (Ca²⁺, Mg²⁺, K+...) de los estratos inferiores del suelo (al tomarlos por las raíces) a los tallos y hojas, abandonándolos después en la superficie al descomponerse. Las bacterias y hongos son los agentes formadores del humus y descomponen la materia orgánica en inorgánica para el crecimiento de las plantas.

Una vez formado el suelo se puede realizar una clasificación de las partículas del suelo según el tamaño que poseen cada una de estas.

Las partículas del suelo se clasifican según su tamaño:

Arena	de 2 a 0.05 mm
Limo	de 0.05 a 0.002 mm
Arcilla	menor a 0.002 mm

Figura 2. Tamaño medio comparado de la partícula de arena, limo y arcilla

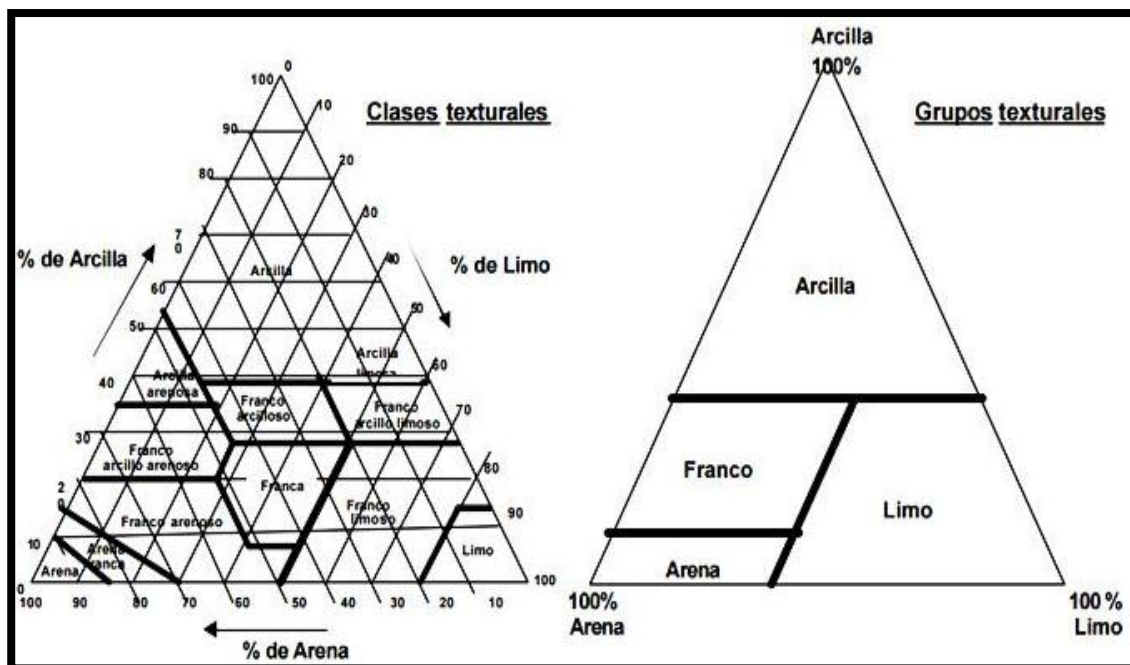


Fuente: U.S.D.A 2009

Se consideran fragmentos gruesos del suelo, y se clasifican según su tamaño, Se pueden distinguir tres tipos:

Roca	>20 cm
Piedra	2 – 20 cm
Grava	0,2 – 2 cm

Figura 3. Clasificación de Clases y Grupos Texturales



Fuente: FAO; 2001

1.2.2. Estructura

La estructura del suelo es la forma de agregación natural de las partículas del suelo, para formar unidades de mayor tamaño con carácter más persistente.

Estas unidades se denominan agregados. Su formación se debe a la presencia de cargas eléctricas en la superficie de las arcillas, lo que da como resultado unas interacciones físico-químicas con los demás componentes del suelo.

Según el **grado** de desarrollo de los agregados, la estructura puede ser:

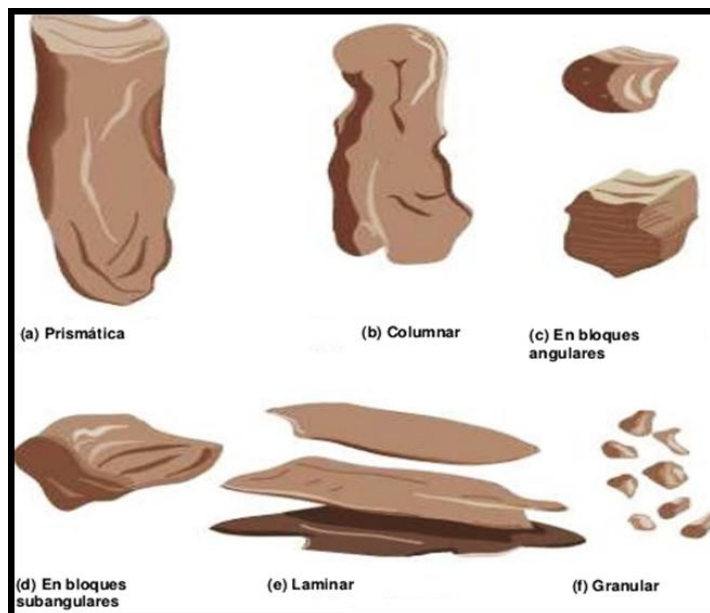
- Fuerte: agregados duraderos, con separación bien definida cuando el suelo se seca.
- Moderada: agregados relativamente bien formados y diferenciados, de duración media.

- Débil: agregados poco diferenciados, que sólo se distinguen cuando el suelo está húmedo.
- Sin estructura: agregados que no se distinguen por falta de aglomeración, como ocurre en los suelos

Según la **tipo** de los agregados:

- Laminar. Los agregados tienen forma aplanada, con predominio de la dimensión horizontal. Las raíces y el aire penetran con dificultad.
- En bloques. Angulares o subangulares. Los agregados tienen forma de bloque, sin predominio de ninguna dimensión.
- Prismática. Los agregados tienen forma de prisma, de mayor altura que anchura. Es típico de suelos con mucha arcilla.
- Columnar. Semejante a la estructura prismática, pero con la base redondeada. Ésta estructura es típica de suelos envejecidos.
- Granular. Los agregados son esferas imperfectas, con tamaño de 1 a 10 mm de grosor. Es la estructura más ventajosa, al permitir la circulación de agua y aire.

Figura 4. Tipos de estructura según la forma de los agregados



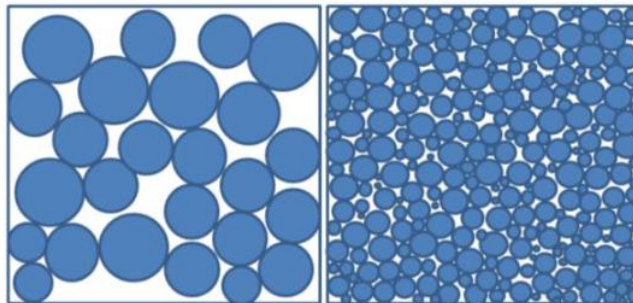
Fuente: Ediberto Hinostroza Antonio; 2015

1.2.3. Porosidad

El espacio no sólido del suelo es ocupado por el agua y el aire, compuestos determinantes en la nutrición y la respiración de las plantas.

El tamaño de las partículas y su distribución condiciona a su vez el tamaño, la distribución y la forma de los huecos del suelo, cuanto mayor sea el tamaño de las partículas mayor será el tamaño de los huecos que quedan entre ellas, pero el número de huecos será por el contrario mucho menor que si las partículas sólidas fueran menores.

Figura 5. Esquema de distribución de partículas



**Fuente: Escuela
Técnica Superior de
Ingeniería
Agronómica y del
Medio Natural 2014**

Pero no todos los huecos tienen el mismo tamaño y forma, ni se encuentran comunicados de igual manera, por lo que su funcionabilidad varía de unos suelos a otros, e incluso de una época del año a otra.

1.2.4. Color

El color del suelo, en sí no influye en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, es de suma importancia como indicador de características del suelo que pueden ser críticas para el desarrollo de las mismas.

El suelo tiene atributos que se relacionan con el color:

Grado de evolución del suelo

- Contenido de humus
- Presencia de ciertos minerales
- Presencia de sustancias extrañas
- Actividad de fauna

Componentes Cromógenos

- Materia orgánica
- Óxidos de Hierro y Manganeseo
- Carbonatos
- Sales
- Sulfatos

1.2.5. Densidad

En el suelo se consideran dos tipos de densidad: densidad aparente y densidad real

- **Densidad aparente (da):** Es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros. Para determinarla, se divide el peso de un determinado volumen de tierra secada a estufa por ese volumen de suelo, y se expresa el resultado en kg/m^3 . La densidad aparente de los suelos varía según la textura y estructura entre los 1.100 y los 1.900 kg/m^3
- **Densidad real (dr):** Es la densidad de las partículas sólidas del suelo. Se determina dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos. La densidad real de los suelos minerales más comunes varía de 2.500 a 2.700 kg/m^3 .

1.2.6. Permeabilidad

La permeabilidad se define como la facilidad con la que el agua y el aire pueden atravesar los poros del suelo, no todos los suelos tienen la misma permeabilidad; por lo que existen los suelos permeables y suelos impermeables. Son suelos impermeables aquellos en los cuales la cantidad de escurrimiento del agua es pequeña y lenta y los suelos permeables son aquellos en los cuales la cantidad de escurrimiento del agua es mayor y más rápida.

- Factores que afectan a la permeabilidad del suelo

Muchos factores afectan a la permeabilidad del suelo. En ocasiones, se trata de factores en extremo localizados, como fisuras y cárcavas, por lo que dificulta hallar valores representativos de la permeabilidad a partir de mediciones reales. Un estudio serio de los perfiles de suelo proporciona una indispensable comprobación de dichas mediciones. Las observaciones sobre la textura del suelo, su estructura, consistencia, color y manchas de color, la disposición por capas, los poros visibles y la profundidad de las capas impermeables como la roca madre y la capa de arcilla, constituyen la base para decidir si es probable que las mediciones de la permeabilidad sean representativas.

- La permeabilidad del suelo se relaciona principalmente con la textura y estructura

El tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de filtración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad.

Cuadro 1. Relación entre textura y permeabilidad

Textura del suelo	Permeabilidad
Franco arcilloso y arcilloso	Bajo
Franco limoso	Bajo a moderadamente bajo
Franco arenoso	Moderado a moderadamente rápido
Arena gruesa	Moderadamente rápida a rápida

Fuente: Vasquez, 2000

- Clases de permeabilidad del suelo

La permeabilidad del suelo suele medirse en función de la velocidad del flujo de agua a través de éste durante un período determinado. Generalmente se expresa o bien como una tasa de permeabilidad en centímetros por hora (cm/h), milímetros por hora (mm/h), o centímetros por día (cm/d), o bien como un coeficiente de permeabilidad en metros por segundo (m/s) o en centímetros por segundo (cm/s).

Figura 6. Coeficiente de permeabilidad (K) relación tipo de suelo y permeabilidad

Fuente: FAO. 2001

1.3. ESTUDIOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO

1.3.1. Método gravimétrico

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105 °C.

Se han construido numerosos tipos de equipo de muestreo, así como hornos de secado y balanzas especiales, para ser utilizados con este método.

El método gravimétrico es el más exacto para medir el contenido de humedad del suelo y resulta necesario para calibrar el equipo utilizado en los demás métodos. Sin embargo, no puede usarse para obtener un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, porque es necesario extraer muestras del suelo para su análisis en el laboratorio

1.3.2. Método de Extracción a Presión o Placas Richard

Con este método se determinará la curva característica o curva de retención de humedad se define como la relación entre el potencial matricial y el contenido de agua en un suelo. Esta relación expresa, indirectamente, la distribución de los diámetros de los poros en un suelo, ya que la retención capilar depende de su tamaño.

El agua en el suelo está retenida por fuerzas de absorción que determinan su potencial hídrico, expresado en unidades de presión.

Debido a que los poros del suelo retienen el agua impidiendo su drenaje, el potencial matricial es negativo. El rango de potenciales matriciales en el que se determina la curva característica va desde 0,33 Bares (Capacidad de campo) hasta aproximadamente 15 Bares (Punto de marchitez). La curva se determina

equilibrando una muestra de suelo saturado con una serie de potenciales matriciales conocidos, y midiendo el contenido de agua retenida en cada uno de ellos.. Se recomienda verificar que no existan escapes de aire por las tapas o alguna conexión, principalmente, cuando la presión señalada en los manómetros no se mantenga por espacio de 5 o 10 minutos.

1.4.TIPOS DE AGUA

Según Jlillo (2009), podemos definir tres tipos de agua en el suelo

a) Agua Higroscópica

Es de poco interés en hidrología porque ocupa estrechamente una delgada película alrededor de las partículas de suelo y no puede ser removida por fuerzas gravitatorias o capilares.

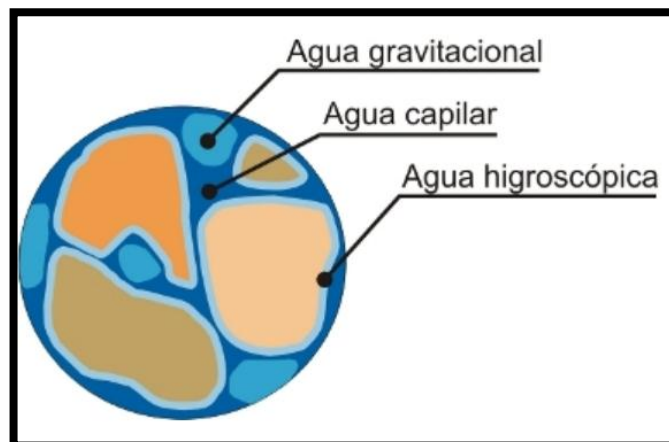
b) Agua Capilar

Ocupa los espacios de los pequeños poros del suelo. El volumen de estos espacios determina la capacidad de almacenamiento y retención del suelo.

c) Agua Gravitacional

Es el agua que temporalmente ocupa los poros más grandes, en los cuales las fuerzas gravitatorias son mayores a las capilares, esta agua no es retenida por el suelo emigrando a la zona saturada o como flujo subsuperficial.

Figura 7. Tipos de agua en el suelo



Fuente: wikispaces.com (2009)

1.5. MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO

Según el INTA, 2016

El agua del suelo está sometida a dos tipos de fuerzas de acciones opuestas. Por un lado las fuerzas de succión retienen el agua en los poros mientras que la fuerza de la gravedad tiende a desplazarla a capas cada vez más profundas. De esta manera si predominan las fuerzas de succión el agua queda retenida mientras que si la fuerza de la gravedad es más intensa el agua se mueve hacia abajo. Pero también el agua asciende en el suelo debido a la evaporación y la absorción por las raíces de las plantas. El agua se desplaza por capilaridad (efecto especialmente intenso en los climas áridos) y por diferencia de humedad (los horizontes más profundos permanecen más húmedos al estar protegidos, por su lejanía de la superficie del suelo, a las pérdidas de agua debidas a la evaporación y a la absorción de las plantas). Por otra parte el agua no sólo se mueve en sentido vertical sino que también lo hace en dirección lateral, movimiento generalizado en todos los relieves colinados y montañosos. Por tanto se puede decir que el agua en el suelo se mueve en cualquier dirección. (Dorronsoro,2016)

1.6. BALANCE HÍDRICO

Representa la valoración del agua en el suelo a través del año. Se valora, como en cualquier balance, por los aportes, pérdidas y retenciones.



Agua recibida: Precipitaciones atmosféricas, condensaciones, riegos.

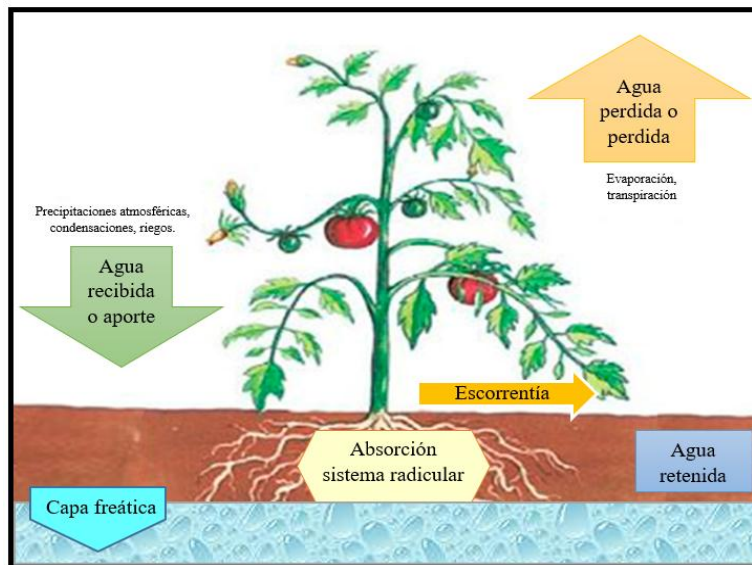
Agua perdida: Evaporación, transpiración (o sea evapotranspiración) y escorrentía (superficial, hipodérmica y profunda).

De los aportes de agua que llegan al suelo procedente de las precipitaciones atmosféricas una parte penetra y otra parte no lo hace.

El agua que penetra en el suelo, parte se evapora, otra se escurre, otra pasa a la capa freática, otra es consumida por las plantas y finalmente otra parte es retenida.

Se hace un balance anual (en una ficha o en una gráfica) partiendo de los datos climáticos mensuales de precipitación y temperatura. A partir de las temperaturas se calculan las evapotranspiraciones potenciales (cantidad de agua que se podría perder considerando las características climáticas) y reales (cantidad de agua que realmente se pierde teniendo en cuenta la que hay en el suelo en cada momento). Se calcula la reserva de agua en el suelo (agua útil por profundidad de enraizamiento en dm por la densidad aparente) para saber la cantidad de agua que puede almacenar el suelo (reserva de agua para los meses secos) y se mide como varía la reserva a lo largo del año.

Figura 8. Grafico del balance hídrico



Fuente: Propia (2018)

La capacidad de reserva de agua de un suelo es fundamental para los suelos sometidos a pocas o medias precipitaciones

1.7.HUMEDAD DEL SUELO

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno.

Su medición exacta se realiza gravimétricamente, pesando una muestra de tierra antes y después del secado. Esta es de gran importancia debido a que el agua constituye un factor determinante en la conservación, fertilidad y productividad del mismo, así como para la germinación, crecimiento y desarrollo para todo organismo de origen vegetal que puede desarrollarse.

1.8.PARÁMETROS DE HUMEDAD

a) Saturación

Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire

b) Capacidad de campo

Es el grado de humedad de un suelo luego que ha perdido su agua gravífica, corresponde al agua higroscópica y al agua capilar.

c) Agua útil

También llamada agua disponible, se define como el agua utilizable por la planta. Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez (permanente).

d) Punto de marchitez

Es el grado de humedad del suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que las de retención del agua por el terreno (fuerzas capilares de los poros más pequeños). Cuando la planta no puede absorber toda la demanda de agua se alcanza el punto de marchitez temporal, cuando ya no

puede absorber agua del suelo alcanza el punto de marchitez permanente. (IMFIA 2009)

1.9. FORMAS Y ESTILOS DE AGUA

Según el concepto de IMFIA (2009)

a) Agua de escurrimiento difuso o escorrentía

Llamada superficial o "hipodérmica" cuando circula sobre los horizontes superiores, paralelamente a la superficie, esta forma de agua es la causante del empobrecimiento, por arrastre lateral de las partículas más finas, nutrientes y materia orgánica.

b) Agua de gravitación

También llamada agua gravitacional, se infiltra por la fuerza de la gravedad y circula por los poros gruesos (superiores a 10 micrómetros), en general se mueve verticalmente, aunque a veces lo hace oblicuamente si existe una pendiente y cuando la permeabilidad del suelo disminuye en los horizontes profundos. El agua de gravitación se divide en dos partes:

- Agua de gravitación de flujo rápido, que circula por los poros más gruesos (superiores a 50 micrómetros) durante las primeras horas después de las lluvias.
- Agua de gravitación de flujo lento, que descendiendo lentamente durante varios días por los poros de diámetro comprendidos entre 50 y 10 micrómetros; toda el agua de gravitación alimenta el drenaje profundo si el suelo es permeable.

En suelos donde la pendiente es nula o casi nula y la permeabilidad de los horizontes profundos decrece hasta el punto de no permitir la evacuación del agua de gravitación, todos los poros del suelo están ocupados por el agua, parte de la cual es libre y puede, en algunos casos circular lateralmente a velocidad muy lenta: se forma entonces una capa de agua superficial que solo subsiste durante los periodos

lluviosos; en periodos secos se agota por evaporación y por drenaje profundo muy lento: se trata de una capa de "agua suspendida" temporalmente.

c) Agua retenida

Es el agua que se estanca en el suelo durante la infiltración de las lluvias y/o riegos, que ocupa los poros medios y finos (inferiores a 10 micrómetros): las fuerzas capilares de absorción son suficientemente elevadas para oponerse a la fuerza de la gravedad. El agua retenida se subdivide en dos partes: el agua capilar absorbible por las raíces, ocupa los poros medios, donde forma "meniscos" entre las partículas sólidas y el agua ligada o higroscópica (llamada también agua de absorción) que forma una película muy fina en la superficie de las partículas del suelo y que está retenida tan enérgicamente que no es absorbible por las raíces.

1.10. CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

La Curva de Retención de Humedad (CRH) de un suelo, muestra el cambio que tiene el contenido de agua con relación a la succión del suelo. Muestra la variación, a partir del punto de saturación hasta el agua higroscópica, con la succión o el Contenido en Agua.

La CRH del suelo, forman parte de la caracterización del suelo, la cual, es única para cada suelo, la CRH describen cómo se va a mover y comportar el agua en el suelo. De la caracterización se determinan parámetros físicos muy importantes como pueden ser el Punto de Saturación, Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente, Agua útil

Conocer la CRH tiene un gran número de aplicaciones como ser la planificación y manejo del riego, uso eficiente del agua del riego, determinación del agua disponible capacidad de campo y punto de marchitez permanente, cuantificación del estrés hídrico, identificar variedades con el rendimiento más estable en todo el abanico de disponibilidad de agua entre otros, por los cual es importante realizar una

caracterización del suelo siempre que se esté trabajando con él, o dónde tenga un papel importante.

1.11. RIEGO

En términos generales, éste consiste en la aplicación artificial del agua al terreno para que las plantas (cultivos) puedan satisfacer la demanda de humedad necesaria para su desarrollo. Tiene los siguientes objetivos: proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen; proporcionar nutrientes en disolución; asegurar las cosechas contra sequías de corta duración; refrigerar el suelo y la atmósfera para mejorar el medio ambiente de la planta; disolver las sales contenidas en el suelo y reducir el contenido de sales de un suelo existiendo un adecuado drenaje (Cisneros, 2003).

De acuerdo a Tarjuelo (2005), el objetivo del riego es suministrar a los cultivos y pasturas, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación que necesitan para su crecimiento óptimo y cubrir las necesidades de lavado de sales, en caso de que se requiera, de forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío.

La técnica más extendida para realizar un adecuado manejo del agua en la agricultura bajo riego es la programación de riego, la cual identifica el momento y la cantidad de agua que se ha de aportar al cultivo en cada riego y cuyo manejo se puede realizar en base a diferentes criterios agronómicos (maximizar la producción total de la explotación agrícola, lograr el máximo beneficio económico, etc.). La aplicación de esta técnica requiere de un conocimiento amplio de los factores que condicionan los distintos procesos implicados.

Factores que Afectan en el Riego Superficial

- Suelo

La finalidad del riego es crear un régimen de humedad óptima para el suelo en el desarrollo adecuado de los cultivos agrícolas.

Propiedades físicas de los suelos, según Vásquez (2004), las propiedades físicas de los suelos que determinan el comportamiento de riego son:

- Textura
 - Estructura
 - Densidad Aparente
 - Densidad Real
 - Porosidad
-
- Agua

El costo para poder adquirir este elemento, obliga al productor a que optimice su uso y distribución lo que condicionara las horas de riego para cada cultivo. Se debe tener en cuenta la calidad del agua de riego con el fin de cuidar los suelos y cultivos, en especial en las especies susceptibles al contenido alto de acidez o basicidad de las aguas.

- Planta

El riego repone el déficit de humedad del suelo, y de las plantas para que puedan satisfacer sus requerimientos, el riego está determinado por las características del cultivo como ser la especie cultivada, la variedad, basados en su profundidad radicular y capacidad de expulsar el agua mediante la transpiración resumida en el coeficiente del cultivo por especie.

- Clima

Los factores componentes del clima son determinantes para el crecimiento vegetal y los rendimientos de los cultivos; afectan en el gasto de agua por la absorción radicular debido a la actividad fisiológica y evapotranspiración. F. Choque (2013)

- Pendiente

Aunque una parcela tiene una determinada pendiente, es importante que este sea uniforme, para diseñar un método de riego que permita reponer el agua uniformemente a toda la extensión de la parcela. Grassi (1982) citado por Coela (2010)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Centro Experimental Chocloca, depende de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.1.1. Ubicación

Su ubicación geográfica se encuentra en la comunidad del mismo nombre, perteneciente a la provincia Avilés al municipio Uriondo, concretamente en los paralelos 21⁰ 45' de latitud sur 64⁰ 44' de longitud oeste, a una altura de 1.800 m.s.n.m., tiene una superficie de 28,8 hectáreas y se encuentra a una distancia de 45 kilómetros al sur de la ciudad de Tarija.

2.1.2. Clima

La zona se caracteriza por un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la Cordillera Oriental (Valle Central de Tarija, Valle de la Concepción, Padcaya, San Lorenzo), con temperaturas medias anuales entre 13 y 18°C, el territorio es surcado por vientos fríos del sur que producen descensos bruscos de temperatura. Estos vientos son conocidos como "surazos". SENAMI (2010)

2.1.3. Geomorfología

De acuerdo al mapa geomorfológico del Proyecto Cuenca del río Camacho (1998 citado por Cuenca 2005), en el CECH, se puede diferenciar las siguientes zonas o unidades geomorfológicas:

Zona de río.- Comprende el lecho del río formado por barra de cauce y el lecho menor del río Camacho sujeto a la dinámica aluvial del citado río.

Zona aluvial.- Comprende una serie de terrazas aluviales altas, medias y bajas conformando una llanura aluvial formada por un proceso de sedimentación por la dinámica fluvial de las aguas del río Camacho.

Zona fluvio-lacustre.- Comprende la zona colinosa o inclinada del CECH, que forma parte de la antigua llanura fluvio-lacustre originada por un proceso de sedimentación en un ambiente de lago

2.1.4. Distribución espacial de los suelos del CECH.

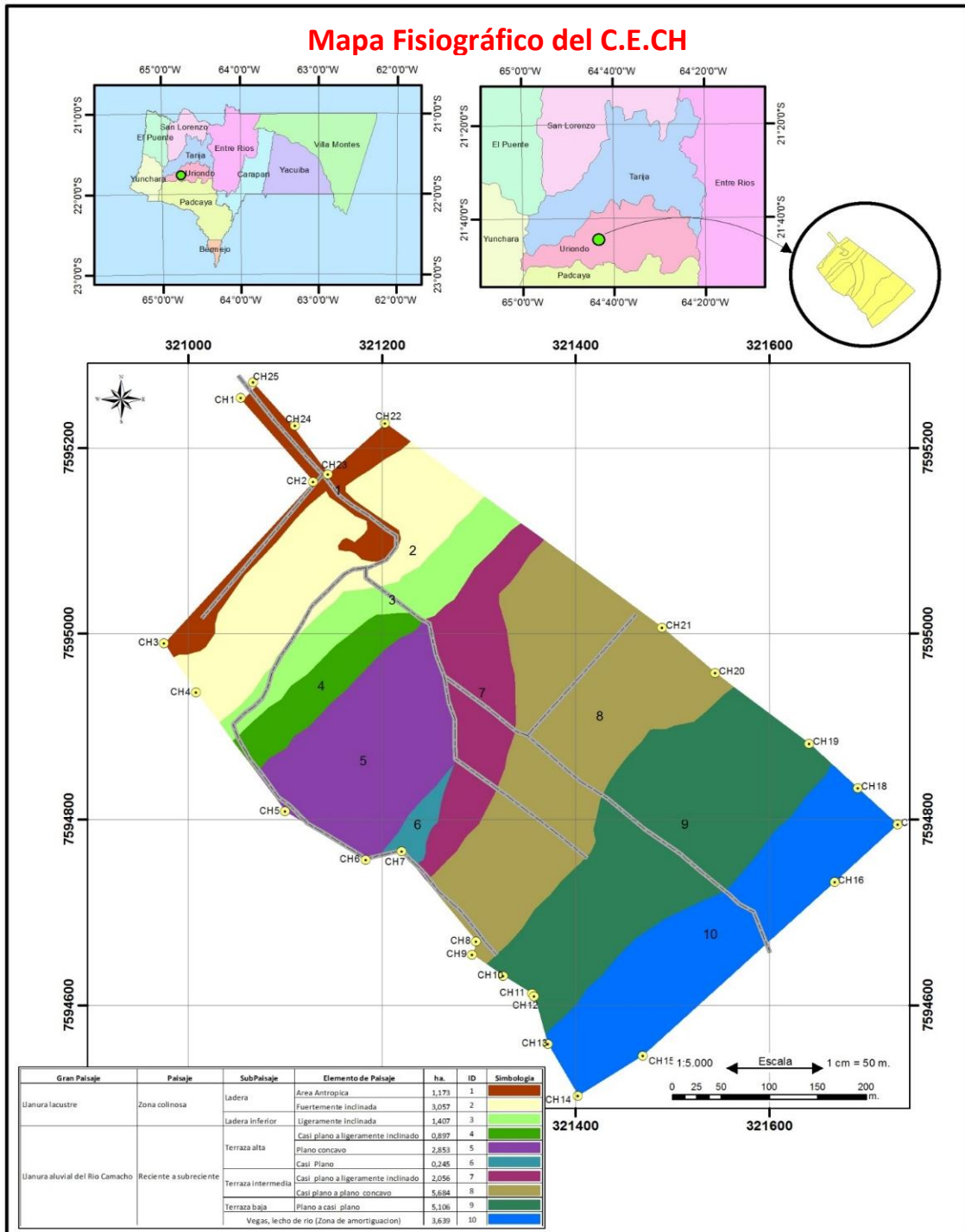
De acuerdo con Segovia (2016) que cita a Cuenca (2005) fisiográficamente el C.E.CH. está dividido de la siguiente manera:

Cuadro 2. División del Paisaje Fisiográfico del CECH.

Gran Paisaje	Paisaje	Sub-Paisaje	Elemento De Paisaje	ID	Nueva Codificación
Llanura fluvio-lacustre	Zona colinosa	Ladera	Área antrópica	1	-
			Fuertemente inclinada	2	H
		Ladera inferior	Ligeramente inclinada	3	G
Llanura aluvial del río Camacho	Resiente a subreciente	Terraza alta	Casi plano	4	F
			Plano cóncavo	5	E
			Casi plano	6	D
		Terraza intermedia	Ligeramente inclinado	7	C
			Plano cóncavo	8	B
		Terraza baja	Casi plano	9	A
		Lecho de río	Zona aluvial de amortiguación	10	-

Fuente: Cuenca 2005 – Departamento de Suelos y Riego

Figura 9. Mapa Fisiográfico del C.E.CH.



Fuente: Cuenca 2005 – Departamento de Suelos y Riego

2.1.4.1. Descripción de paisaje fisiográfico a nivel de gran paisaje

❖ Llanura Fluvio-Lacustre Residual

Gran paisaje originado por un proceso de sedimentación fluvio-lacustre en un ambiente de lago en el cuaternario y posteriormente modelado por un proceso de erosión hídrica por las aguas del río Camacho, dando lugar a una pequeña colina residual de la antigua llanura fluvio-lacustre en el sector Noroeste del CECH, identificando la presencia de capas de horizontes sedimentarios.

❖ Llanura Aluvial del Río Camacho

Comprende una serie de Terrazas aluviales altas, media y bajas y el lecho del río; conformando una llanura aluvial formada por un proceso de sedimentación producto de la dinámica de las aguas de río Camacho.

2.1.4.2. Descripción de paisaje fisiográfico a nivel de paisaje

❖ Zona Colinosa

Este paisaje ha sido modelado por los procesos de erosión hídrica; se basa en criterios de posición topográfica y procesos de sedimentación

❖ Llanura aluvial Subreciente

Paisaje fisiográfico modelado por arenas, limos, arcillas y gravas depositadas por la dinámica fluvial del río Camacho y la quebrada El Huayco, formando una sucesión de terrazas aluviales y el plano inundable o lecho de río, caracterizan la mayor superficie del CECH.

2.1.4.3. Descripción de paisaje fisiográfico a nivel de sub paisaje

❖ Ladera

Ubicada en la pendiente o ladera media de la zona colinosa comprende una superficie de 4.84ha. Formada sobre depósitos de origen fluvio-lacustre, constituida por limo, arcilla arena y grava conformando el relieve más inclinado del área de estudio, moderadamente escarpado.

❖ Ladera inferior

Ubicada por debajo de la ladera, paralela al canal de riego comprende 1.62ha, formada sobre depósitos de origen lacustre, constituida por limo, arcilla arena y grava sedimentados en ambiente de lago, con relieve ligeramente inclinado con erosión laminar de grado ligero, uso actual dividido entre un establo y cultivos perennes frutales.

❖ Terraza alta

Ubicada al pie de la ladera de la zona colinosa del CECH, comprende 4.61 ha, formada sobre depósitos de origen fluvial depositados por la dinámica del río Camacho y la quebrada El Huayco. Sin evidencias de erosión; actualmente dedicado a cultivos anuales.

❖ Terraza intermedia.

Se extiende en una superficie de 8.58 ha, formada sobre depósitos de origen fluvial, depositados por la dinámica de las aguas del río Camacho y la quebrada El Huayco. Relieve plano a casi plano, sin evidencias visibles de erosión. Actualmente dedicada a cultivos anuales y cultivos perennes (alfalfa y vid).

❖ **Terraza Baja**

Abarca 5.73 ha formada sobre depósitos de origen fluvial, presenta relieve plano a casi plano dedicada a cultivos anuales y perennes.

❖ **Vegas o Lecho de Río (Zona aluvial de amortiguación)**

Se extiende en una superficie de 3.46ha es un misceláneo aluvial, formado sobre depósitos de origen fluvial como ser arenas, grava fina y grava gruesa, con predominio de piedra, generalmente presenta muy poco suelo. Presenta inundaciones frecuentes; La vegetación dominante está compuesta por arbustos y matorrales; chilca (*Bacharis* sp), sauces (*Salix* babilónica y *S. humboldtiana*), álamo (*Papulus* alba y *P. nigra*), Churqui (*Acacia* caven) y tusca (*Acacia* aramo). Actualmente esta zona se mantiene como una zona de amortiguación contra las inundaciones con presencia de vegetación de protección y es también dedicada a la apicultura.

2.1.5. Hidrología

Hidrográficamente el CECH se ubica en el sector de afluentes directos a la cuenca del río Camacho, ubicado al margen izquierdo del mismo y al margen izquierdo de la subcuenca de la quebrada El Huayco.

2.1.6. Vegetación

En el C.E.CH. la vegetación natural a sido sustituida en su mayoría por cultivos agrícolas y zonas antrópicas dejando solo un pequeño porcentaje de vegetación nativa. En la actualidad en la zona de influencia del C.E.CH. la vegetación nativa corresponde a una vegetación compuesta por: matorrales xerofíticos secundarios, las especies características son churqui (*Acacia* caven), tusca (*Acacia* aramo); algunas especies arbóreas residuales del bosque original distribuidas de manera dispersa en los linderos de la propiedad como el algarrobo blanco (*Prosopis* alba), algarrobo negro (*Prosopis* nigra), chañar (*Geoffroea* decorticans), sauce criollo (*Salix* humboldtiana), tipa (*Tipuana* tipu) y molle (*Schinus* molle). En áreas afectadas por

erosion severa, se presentan matorrales dispersos formados por taquillo (Prosopis alpataco) y algunos cardones o cactáceas (ZONISIG, 2000; citado por Cuenca, 2005)

2.1.7. Fauna

De manera genérica en el valle de Tarija, existe la siguiente fauna:

Las corzuelas, el tejón, el zorro, gatos de monte, la mulita, el chanco del monte, liebres silvestres Pavas de monte, el loro hablador, el picaflor y variedad de aves. Reptiles y anfibios. Variedad de víboras, sapos y lagartijas.

2.1.8. Medio socioeconómico

- Demografía

Según datos del INE, para el Censo 2012, Uriondo contaba con 15.501 habitantes, actualmente el municipio alberga aproximadamente a 15.589 personas, de las cuales 49,2% es hombre y 50,8%, mujer, según proyecciones a 2017. Para el 2020, este municipio contará con alrededor de 15.595 habitantes.

- Producción agropecuaria

En el municipio de Uriondo se destina una superficie de 6.302,6 hectáreas para la agricultura, 11.779,7 hectáreas para la ganadería y 88,0 hectáreas son de uso forestal, de éstas 62,7 hectáreas son bosques o montes y 25,3 hectáreas cuentan con plantaciones forestales maderables, de acuerdo con información del Censo Agropecuario 2013.

En cuanto a la explotación agrícola de verano, la uva tiene una producción de 186.109,8 quintales, la papa con 83.833,5 quintales y la cebolla, con una producción de 39.626,9 quintales.

- Aves de granja, principal actividad ganadera

La crianza de aves de granja es la principal actividad ganadera de Uriondo, cuyo número asciende a 101.783 aves, le siguen las aves de corral con 28.335 unidades y los ovinos con 20.390 cabezas

2.2.MATERIALES

2.2.1. Materiales de Campo

- Pala
- Pala de pequeña
- Pico
- Bolsas plásticas
- Balde
- Ficha de identificación
- Flexómetro
- Panillas
- GPS

2.2.2. Materiales de Laboratorio

❖ Preparado de muestras

- Embudo de un diámetro de 5 cm
- Pesa de 1 kilo
- Pincel
- Cuchara
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Papel filtro
- Bandeja de aluminio
- Piseta con agua destilada
- Tamiz de 2 milímetros

❖ Método de extracción a presión

- Compresor de aire de 1 a 20 kg/cm² con regulador de presión
- Olla presión 1600 – 5 Bares
- Olla de presión de 1500 – 15 Bares
- Membrana de presión
- Platos de cerámica
- Anillos de plástico de 1 cm de alto y 5 cm de diámetro
- Soportes de metal para las placas de cerámica
- Mangueras para la absorción del agua de las placas

❖ Método gravimétrico

- Horno secador
- Bandeja de aluminio
- Espátula de plástico
- Balanza con aproximación de 0.01 gr

❖ Análisis de textura

- Agitador
- Vaso agitador
- Probeta con graduación de 1000 ml
- Piseta
- Pipeta
- Vasos de precipitado con graduación de 250 ml
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Hidrómetro de Bouyoucos
- Termómetro de mercurio
- Hexametáfosfato de sodio

2.2.3. Materiales de Gabinete

- Materiales de escritorio
- Computadora
- Impresora

- Software EXCEL

2.3.METODOLOGÍA

2.3.1. Metodología para la Extracción de las Muestras en Campo

Para la realización del presente trabajo, se tienen programadas las siguientes actividades de campo:

- 1.** Localización de los sitios representativos en cada unidad de suelo delimitado, según el mapa fisiográfico. Cuenca (2005)
- 2.** Se tomaron las coordenadas correspondientes con GPS de cada sitio muestreado, para la elaboración de los mapas respectivos.
- 3.** De manera previa se realizó la limpieza de toda la superficie del sitio a muestrear hasta eliminar la capa de materia orgánica, dejando la zona apta para el muestreo.
- 4.** Para la extracción de las muestras se tomó en cuenta las siguientes profundidades
 - a)** De 0 – 20 cm.
 - b)** De 20 cm – 40 cm
- 5.** Para la profundidad de 0 - 20 cm se extrajo muestras compuestas, y para la profundidad de 20 – 40 cm se extrajo muestras simples de cada unidad de suelo, de acuerdo al manual de “Muestreo de Suelos U.A.J.M.S”.
- 6.** Cada muestra se debe depositar en una bolsa plástica de 24cm X 30cm la cual debe tener las etiquetas correspondientes.
- 7.** Por último, se realizó el traslado de todas las muestras al laboratorio de Suelos dependiente de la Universidad Juan Misael Saracho, para su correspondiente análisis.

2.3.2. Procesamiento de las muestras en laboratorio

Para un correcto procesamiento de las diferentes muestras empleadas en el presente trabajo, se tomaron los siguientes métodos

a) Método de Extracción a Presión o Placas Richard

- Saturación de las placas de cerámica porosa
 1. Conectar los 4 platos en el extractor de presión
 2. Colocar los soportes de repisa para apoyar las cuatro placas
 3. Conectar las mangueras del flujo de salida en un ángulo recto en cada placa
 4. Verter aproximadamente 1.500 – 2.000 mililitros de agua destilada en cada placa hasta humedecer por completo.
 5. Colocar la tapa de sello del equipo.
 6. Ajustar los pernos de forma paralela, hasta asegurarse que este sellado.
 7. Cerrar el regulador grueso (A la Izquierda)
 8. Cerrar la válvula del regulador grueso (A la Derecha)
 9. Verificar que la llave N⁰ 1 esté cerrada
 10. Cerrar el regulador fino (A la Izquierda)
 11. Abrir la válvula del regulador grueso (A la Izquierda)
 12. Abrir el regulador grueso (A la Derecha)
 13. Con el regulador grueso hacer que la aguja del manómetro suba hasta 1.5 bares.
 14. Ajustar el tornillo del regulador grueso.
 15. Cerrar la válvula del regulador grueso.
 16. Abrir la válvula de descarga o escape de manera lenta.
 17. La aguja del manómetro baje a cero
 18. Cerrar la válvula de descarga o escape.
 19. Abrir la válvula del regulador fino (A la Izquierda)
 20. Abrir el regulador fino (A la Derecha)
 21. Con el regulador fino poner la aguja del manómetro en 0.5 bares.

22. Abrir la llave N⁰2.
23. Dejar que saturen las placas por el lapso de 8 horas.
24. Transcurrido el tiempo despresurizar el equipo
25. Cerrar la válvula del regulador fino (A la Derecha)
26. Cerrar el regulador fino (A la Izquierda)
27. Cerrar la llave N⁰1
28. Abrir lentamente la válvula de descarga o escape.
29. La aguja se debe colocar en cero
30. Retirar los pernos que aseguran la olla.
31. Retirar la tapa.
32. Retirar las placas ya saturadas.
33. Retirar el agua en que queda en la parte inferior.
34. Secar el interior del equipo.

- Saturación de las muestras de suelo

1. Colocar un círculo de papel filtro (infiltración rápida) de un diámetro de 25 cm.
2. Colocar un círculo de papel filtro (infiltración media) de un diámetro de 5 cm. debajo de cada anillo.
3. Distribuir los anillos en toda la superficie de la placa en un mismo sentido.
4. Colocar el embudo en el anillo y vaciar aproximadamente 25 gr. de sustrato previamente tamizado (tamiz de 2 milímetros)
5. Con la ayuda de la pesa compactar el suelo.
6. Con el pincel limpiar los bordes (repetir para cada anillo)
7. Verter agua destilada en la superficie de la placa con ayuda de una piseta, hasta que el suelo absorba el agua necesaria.
8. Dejar saturar las muestras por 4 horas.
9. Después del lapso de tiempo retirar el agua excedente.

- Extracción a presión
 1. Colocar los soportes de repisa para apoyar las cuatro placas
 2. Colocar la placa con muestra ya saturada.
 3. Conectar las mangueras del flujo de salida en un ángulo recto en cada placa
 4. Colocar la tapa de sello del equipo.
 5. Ajustar los pernos de forma paralela, hasta asegurarse que este sellado.
 6. Cerrar el regulador grueso (A la Izquierda)
 7. Cerrar la válvula del regulador grueso (A la Derecha)
 8. Verificar que la llave N0 1 esté cerrada
 9. Cerrar el regulador fino (A la Izquierda)
 10. Abrir la válvula del regulador grueso (A la Izquierda)
 11. Abrir el regulador grueso (A la Derecha)
 12. Con el regulador grueso hacer que la aguja del manómetro suba hasta de 0.5 – 1 bar más de la presión que se desea trabajar.
 13. Ajustar el tornillo del regulador grueso.
 14. Cerrar la válvula del regulador grueso.
 15. Abrir la válvula de descarga o escape de manera lenta.
 16. La aguja del manómetro baje a cero
 17. Cerrar la válvula de descarga o escape.
 18. Abrir la válvula del regulador fino (A la Izquierda)
 19. Abrir el regulador fino (A la Derecha)
 20. Con el regulador fino poner la aguja del manómetro en la presión que se desea trabajar.
 21. Abrir la llave N⁰2.
 22. Dejar que el equipo extraiga el agua de las muestras hasta que deje de salir agua.
 23. Transcurrido el tiempo despresurizar el equipo
 24. Cerrar la válvula del regulador fino (A la Derecha)
 25. Cerrar el regulador fino (A la Izquierda)

26. Cerrar la llave N^o1
27. Abrir lentamente la válvula de descarga o escape.
28. La aguja se debe colocar en cero
29. Retirar los pernos que aseguran la olla.
30. Retirar la tapa.
31. Retirar las placas.
32. Retirar el agua en que queda en la parte inferior.
33. Secar el interior del equipo.

Se utilizaron distintas presiones de extracción de humedad:

- 0,33 Bares
- 3 Bares
- 5 Bares
- 7 Bares
- 9 Bares
- 11 Bares
- 13 Bares
- 15 bares

b) Método Gravimétrico para determinar el contenido de Humedad

Una vez concluido el método de extracción a presión con el usos de las placas Richard antes citado, se ejecutaron las siguientes actividades:

1. Pesar el plato de aluminio vacío.
2. Con la ayuda de la espátula levantar el anillo con el papel filtro, voltear la muestra en el plato de aluminio.
3. Retirar el papel filtro.
4. Retirar el anillo con cuidado preservando la muestra intacta.
5. Pesar la muestra húmeda.
6. Anotar los pesos en la planilla.

7. Colocar los platitos de aluminio en la bandeja para que entre al horno.
8. Colocar las muestras en el horno secador, programado a 105 °C por 24 horas con la finalidad de que las muestras pierdan su contenido de humedad
9. Retiro de las muestras del horno secador
10. Pesaje de las muestras
11. Tabulación de datos y aplicación de cálculos.

c) Método del Hidrómetro de Bouyoucos

1. Pesar el vaso de precipitado.
2. Pesar 50 gr. de muestra de los sustratos según la codificación y la profundidad de extracción.
3. Colocar la muestra pesada en el vaso de agitación con agua hasta las 2/3 de su volumen
4. Con ayuda de la pipeta medir 10 ml de hexametáfosfato de sodio y verterlo en el vaso de agitación que contiene la muestra.
5. Agitar la muestra durante 10 minutos.
6. Una vez agitada la muestra, la suspensión se traslada a una probeta con graduación de 1000 ml, luego con la ayuda de la piseta se completa todo el volumen de la probeta hasta los 1000ml.
7. Se agita vigorosamente la suspensión, tan pronto se suspenda la agitación y se coloca la probeta sobre la mesa se contabiliza 40 seg.
8. Introducir el hidrómetro de Bouyoucos
9. Realizar la primera lectura al finalizar los 40 seg.
10. Introducir el termómetro, realizar la lectura al cabo de 2min.
11. Se deja la suspensión en reposo y después de 2 horas del tiempo 0, se toma nuevamente la lectura del hidrómetro de Bouyoucos y la temperatura.

2.3.3. Procesamiento de datos

1) Obtención del porcentaje de humedad en las muestras

- La fórmula para determinar la capacidad de campo es la siguiente:

$$\% \text{ CC} = \frac{(\text{Peso del suelo humedo} - \text{Peso del suelo seco})}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

- La fórmula para determinar la Punto de marchitez es la siguiente:

$$\% \text{ PMP} = \frac{\text{Peso del suelo humedo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

- La fórmula para determinar el agua útil es la siguientes:

$$\text{Agua util} = \text{Capacidad de campo} - \text{Punto de marchitez permanente}$$

2) Obtención de las curvas de retención de humedad

- La elaboración de las curvas de retención de humedad para cada unidad de suelo, tomando como variables los diferentes niveles de presión los cuales se situarán en el eje “X”, el contenido de humedad que se situara en el eje “Y”. Se realizaron dos curvas por cada suelo muestreado ya que se extrajeron muestras a dos profundidades distintas.
- Se tomó en cuenta el mejor ajuste, en función del coeficiente de determinación de Pearson “R”

3) Obtención de las clases texturales de las muestras

Con el fin de complementar los datos para así obtener resultados más fiables y exactos se realizó un análisis de la textura del suelo muestreados.

Cuadro 3. Tabla para la corrección del hidrómetro de Bouyoucos en función de la temperatura

TEMPERATURA ° C	FACTOR DE CORRECCION	TEMPERATURA ° C	FACTOR DE CORRECCION
10	-3.0	20	0.0
11	-2.7	21	0.3
12	-2.4	22	0.6
13	-2.1	23	0.9
14	-1.8	24	1.2
15	-1.5	25	1.5
16	-1.2	26	1.8
17	-0.9	27	2.1
18	-0.6	28	2.4
19	-0.3	29	2.7

Para poder obtener datos adecuados es necesario realizar las respectivas correcciones ya que no se trabaja en un rango de temperatura que sea ideal (20 °C) si la temperatura es menor a 20 °C se resta, si la temperatura es mayor a 20 °C se suman los valores respectivos que señala la tabla.

- La fórmula para determinar porcentaje de arena es la siguiente:

$$\% \text{ ARENA} = \frac{100 - (\text{Lec. Hidrometro a los 40" corregida} \times 100)}{50 \text{ gramos de muestra tomada}}$$

- La fórmula para determinar porcentaje de arcilla es la siguiente:

$$\% \text{ ARCILLA} = \frac{(\text{Lec. Hidrometro a los 2 horas corregida} \times 100)}{50 \text{ gramos de muestra tomada}}$$

- La fórmula para determinar porcentaje de limo es la siguiente:

$$\% \text{ LIMO} = 100 - (\% \text{ ARENA} + \% \text{ ARCILLA})$$

4) Determinación de la Evapotranspiración (ET)

Para determinar la ET es necesario obtener los datos de la evapotranspiración real (información proporcionada por el SENAMI) y tener los coeficientes del cultivo los cuales son valores ya instituidos a nivel mundial.

Se emplea la siguiente formula:

$$ET = \text{Evapotranspiración real (ETr)} * \text{Coeficiente del cultivo (KC)}$$

Esta fórmula se aplica para cada cultivo en su diferentes etapas de crecimiento y para cada mes del año.

5) Determinación de la perdida al 65% de la lámina aprovechable por efecto de la evapotranspiración

Para determinar los días necesarios para la reposición de la La en mm. Se debe seguir la siguiente secuencia

- Convertir el agua útil de porcentaje a mm como se puede apreciar en el **Anexo 14**.
- Dividir el valor de la La por ET según el mes, cultivo y etapa en la que se encuentra el cultivo (inicial, desarrollo, media y maduración)

CAPÍTULO III

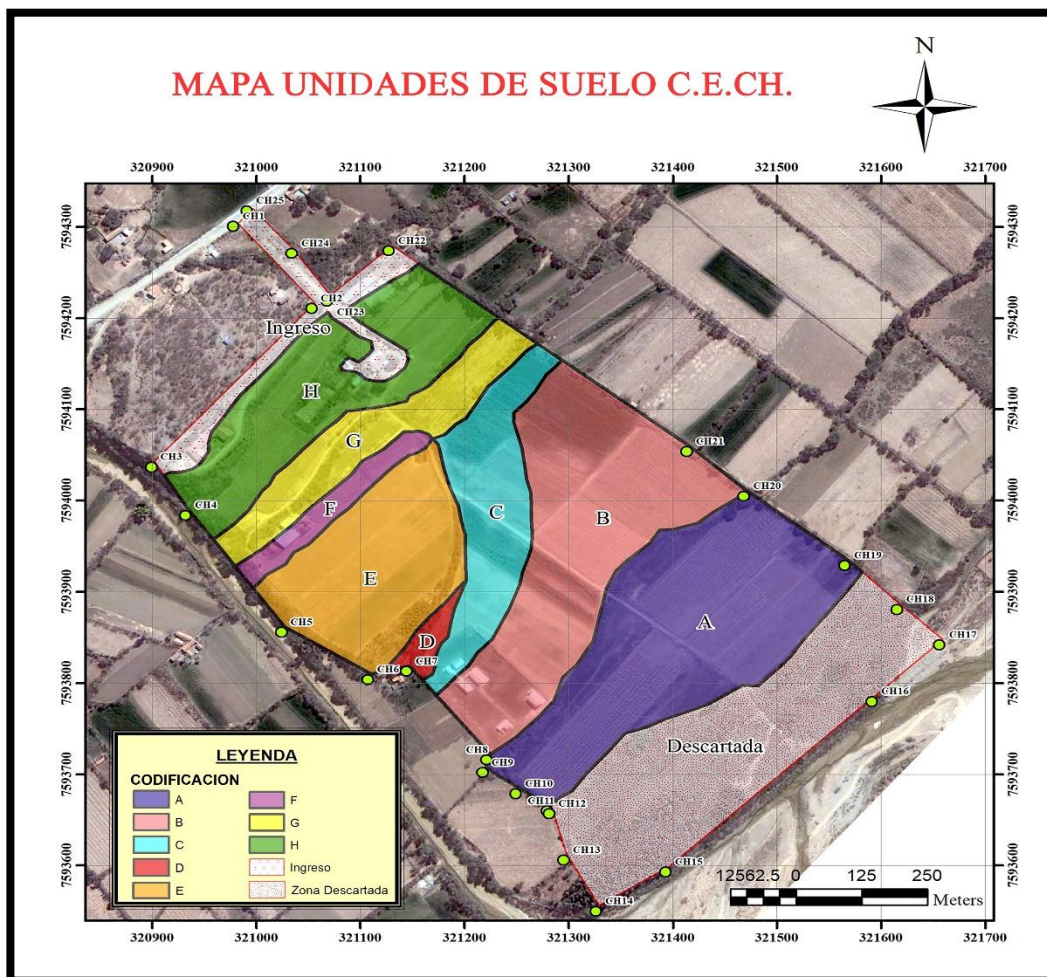
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

3.1.1. CODIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La nueva codificación se realizó en base al mapa fisiográfico previamente elaborado por Cuenca (2005) - Departamento de suelos y riego, se utilizó los mismos polígonos ya establecidos solamente se asignó una nueva codificación para facilitar la recolección de muestras en las diferentes unidades de suelo y sus respectivos ensayos.

Figura 10. Mapa de las unidades de suelo



3.1.2. EXTRACCIÓN A PRESIÓN POR EL MÉTODO DE PLACAS RICHARD

El método de extracción a presión en las placas Richard, consiste en llevar a la muestra a un potencial de agua específico, al aplicar una presión determinada permite que el exceso de agua fluya a través de una placa cerámica porosa hacia el exterior de la olla. Cuando la muestra llega al equilibrio, su potencial hídrico será equivalente a la presión aplicada.

Para el presente trabajo se establecieron 8 rangos de presión tomando en cuenta que sean lo más homogéneos posibles para así poder formar una curva estable y adecuada para que pueda facilitar la interpretación y análisis.

Cuadro 4. Cuadro resumen de porcentajes de humedad a la profundidad de extracción de 0 – 20 cm. por unidad de suelo

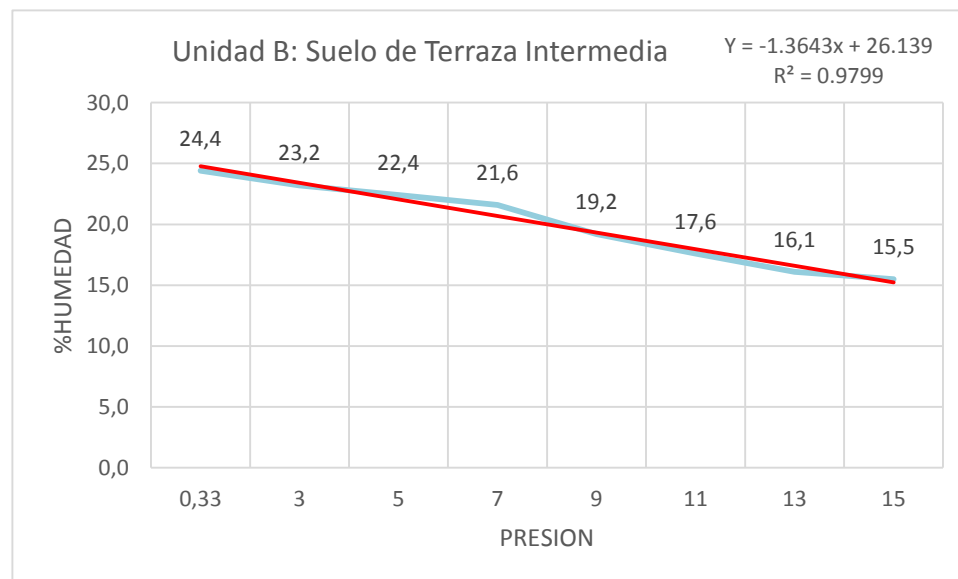
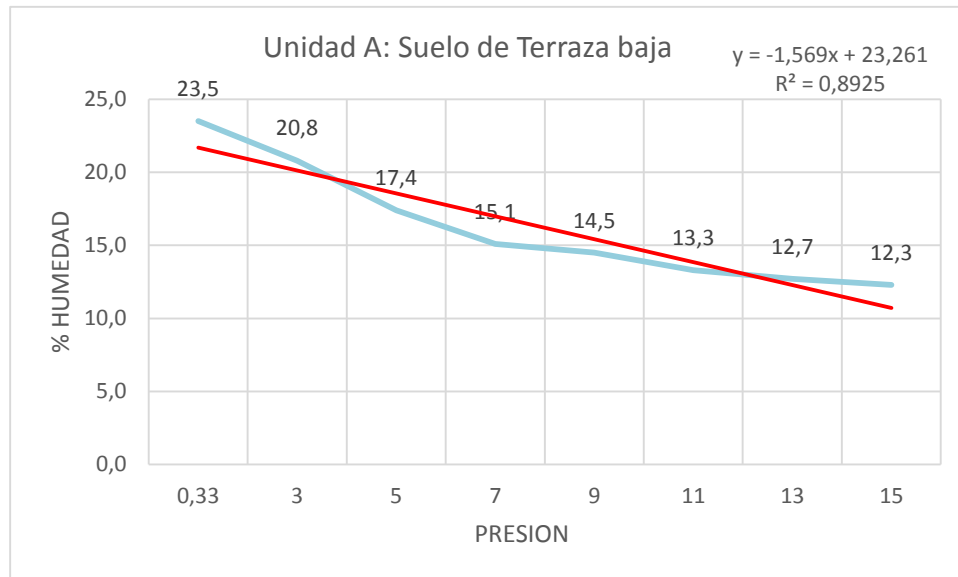
Unidad de suelo	0,33 bares	3 bares	5 bares	7 bares	9 bares	11 bares	13 bares	15 bares
	%H	%H	%H	%H	%H	%H	%H	%H
A	23.5	20.8	17.4	15.1	14.5	13.3	12.7	12.3
B	24.4	23.2	22.4	21.6	19.2	17.6	16.1	15.5
C	25.9	24.2	23.0	22.1	21.3	19.4	18.1	17.3
D	17.2	15.3	14.5	13.3	12.3	11.9	9.9	8.0
E	29.5	23.6	22.0	18.8	17.4	15.7	13.6	12.1
F	26.8	21.1	18.1	17.6	16.3	15.5	14.7	13.4
G	26.0	22.9	19.1	17.0	16.1	14.6	13.4	11.6
H	17.9	15.3	12.5	11.6	9.4	8.8	7.8	6.6

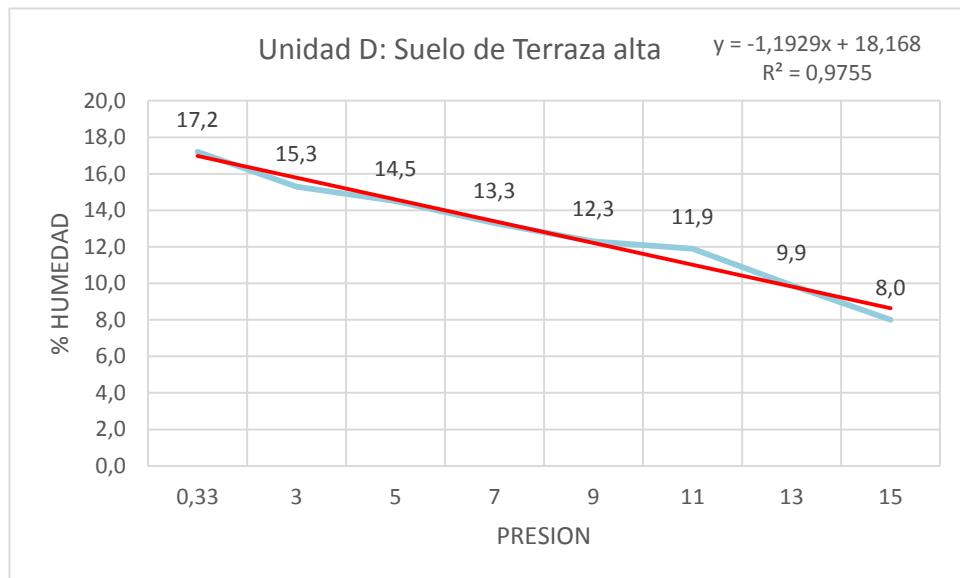
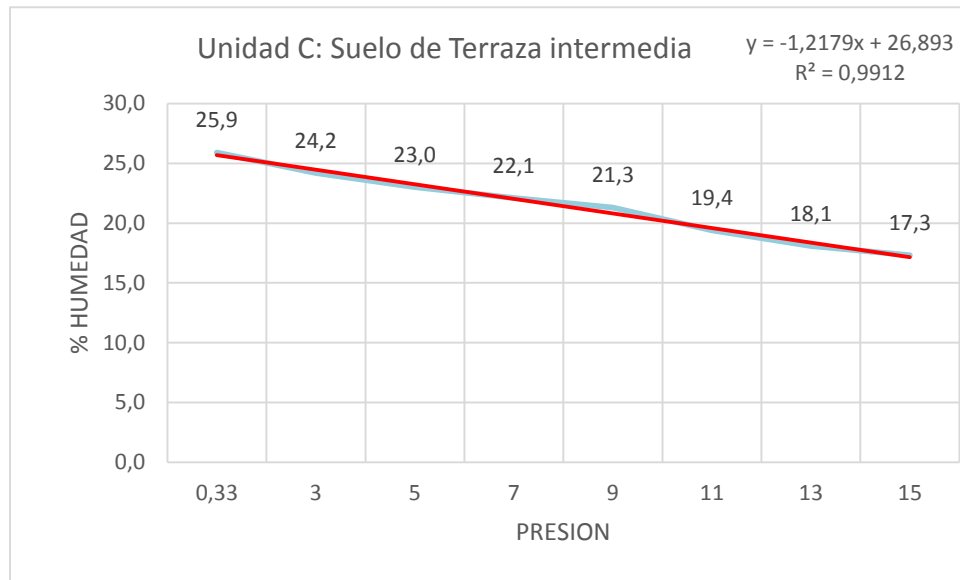
Cuadro 5. Cuadro resumen de porcentajes de humedad a la profundidad de extracción de 20 - 40 cm. por unidad de suelo

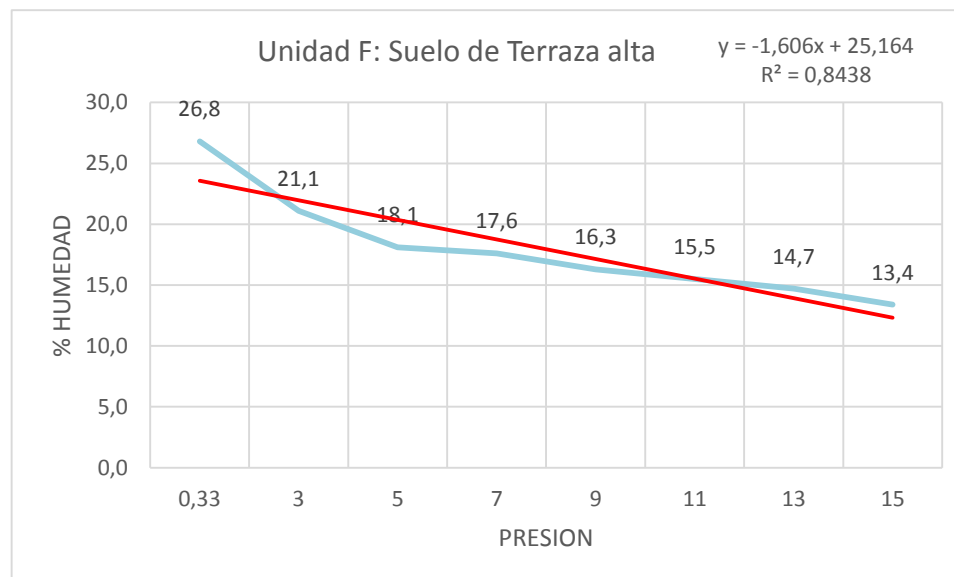
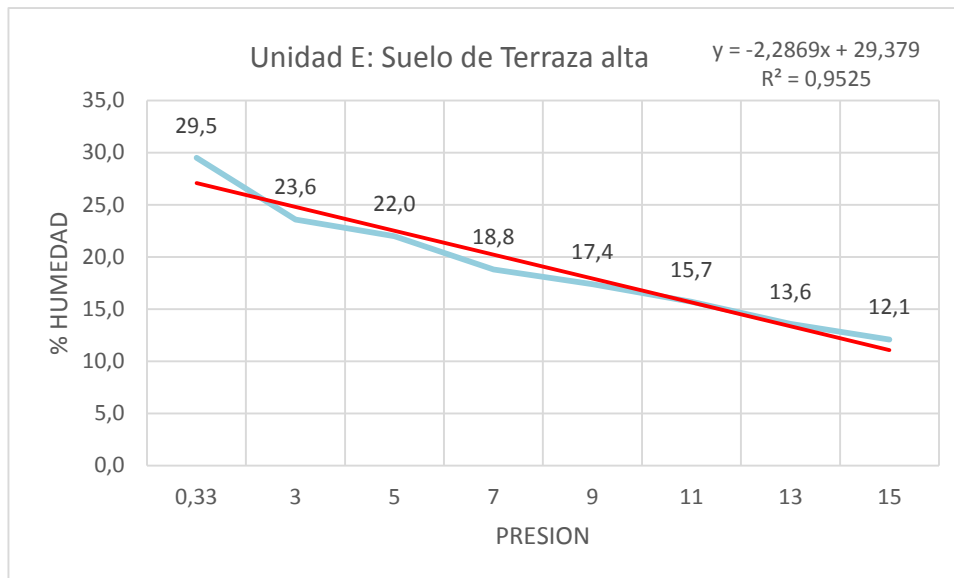
Unidad de suelo	0,33 bares	3 bares	5 bares	7 bares	9 bares	11 bares	13 bares	15 bares
	%H	%H	%H	%H	%H	%H	%H	%H
A	24.4	18.0	15.7	14.3	12.5	10.8	9.1	8.4
B	26.1	24.5	22.7	21.2	20.7	19.4	18.2	17.0
C	22.8	20.3	18.8	18.0	17.3	15.0	13.2	11.7
D	26.9	24.1	21.8	20.4	18.3	17.3	16.8	15.3
E	27.0	24.0	22.1	21.6	20.9	19.8	16.4	17.4
F	23.0	20.8	19.3	18.6	15.7	13.2	12.5	11.0
G	27.0	23.7	22.9	20.1	19.1	19.0	18.4	17.3
H	26.3	23.7	19.3	17.6	16.0	15.2	14.2	13.9

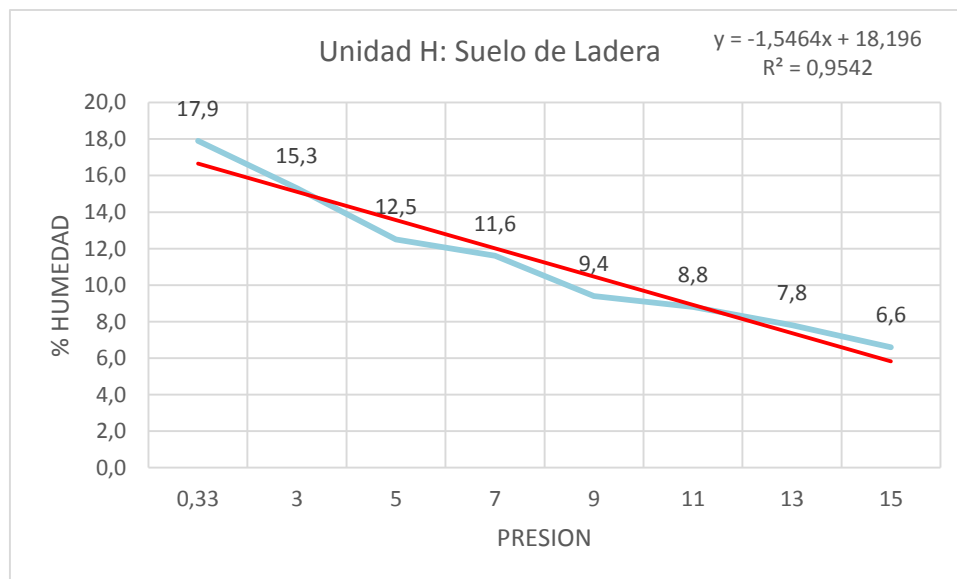
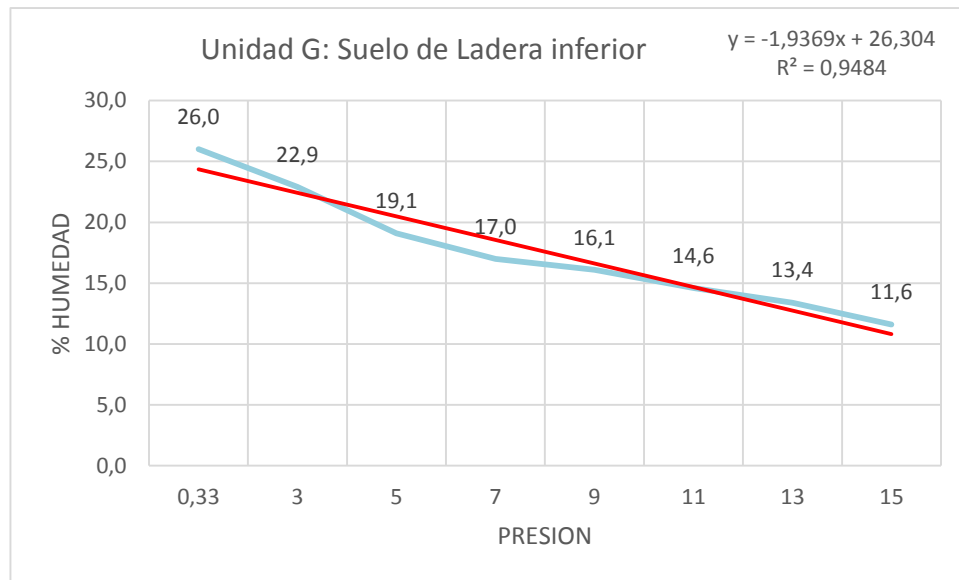
Con los datos determinados de manera sistemática se procedió a realizar las curvas de retención de humedad clasificándolas por la profundidad de extracción y la codificación realizada para los suelos muestreados.

Gráfica 1. Curvas de Retención de Humedad para una profundidad de extracción de 0 - 20 cm. por unidad de suelo

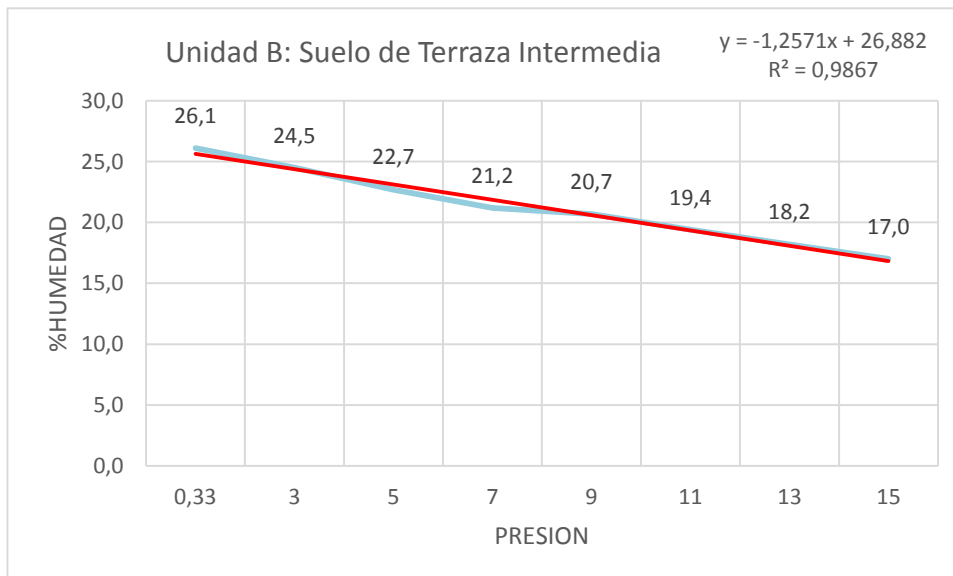
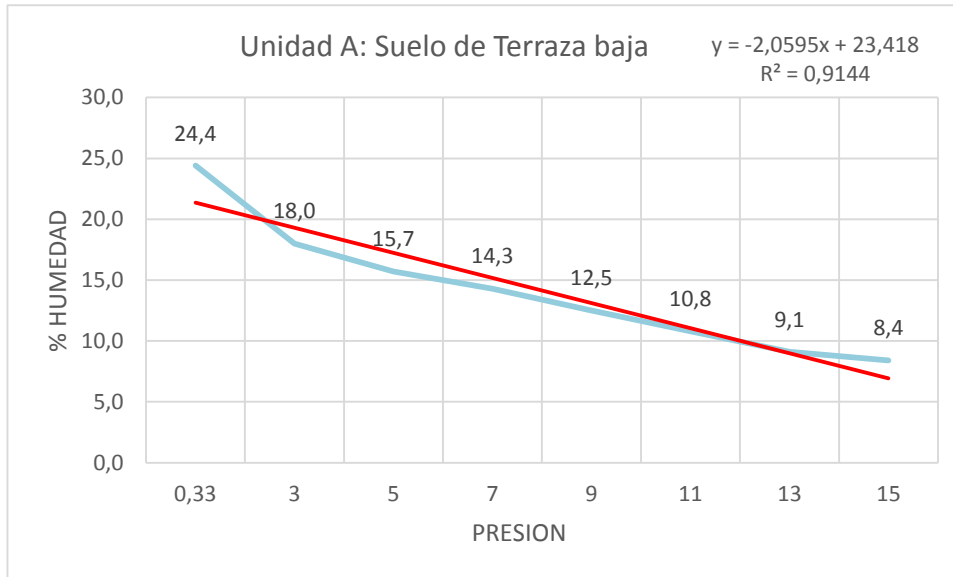


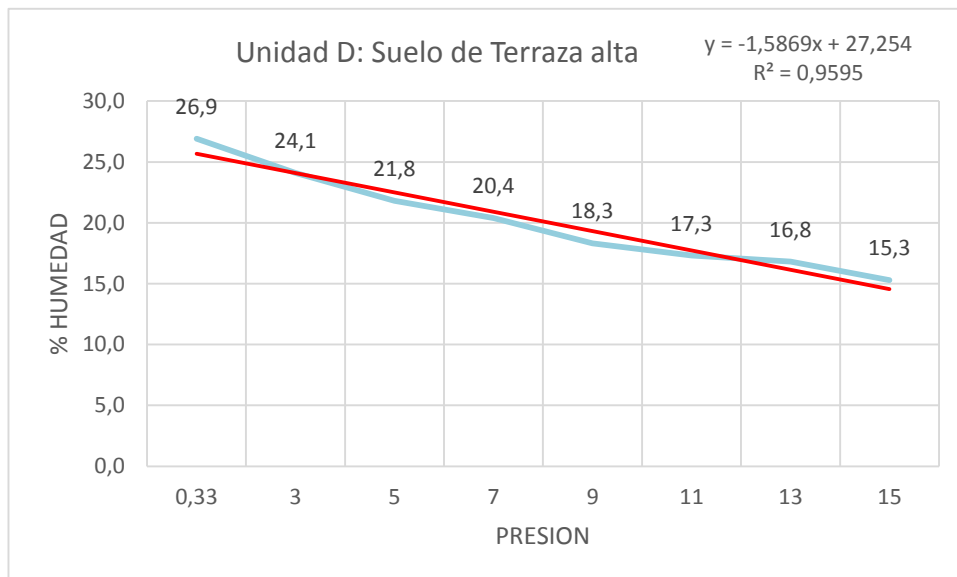
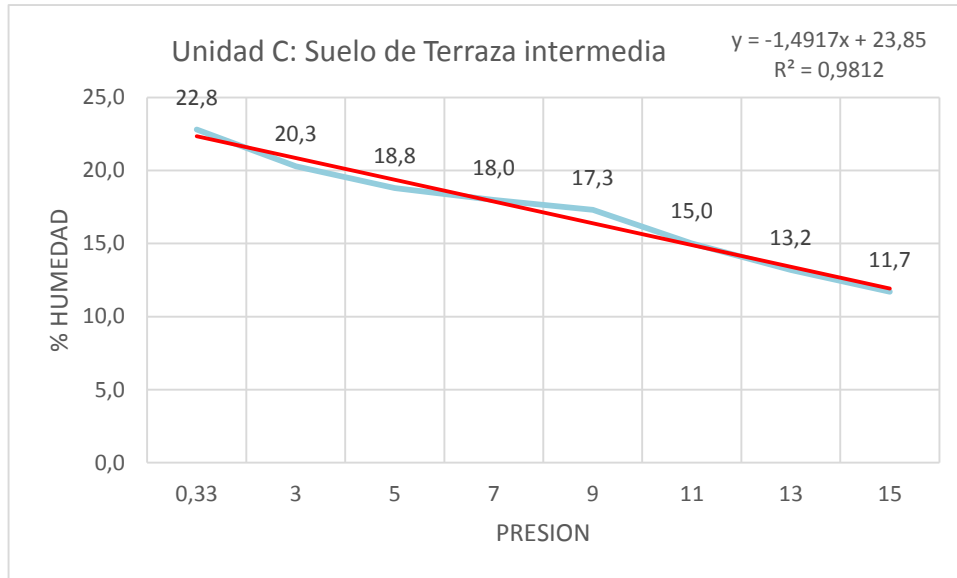


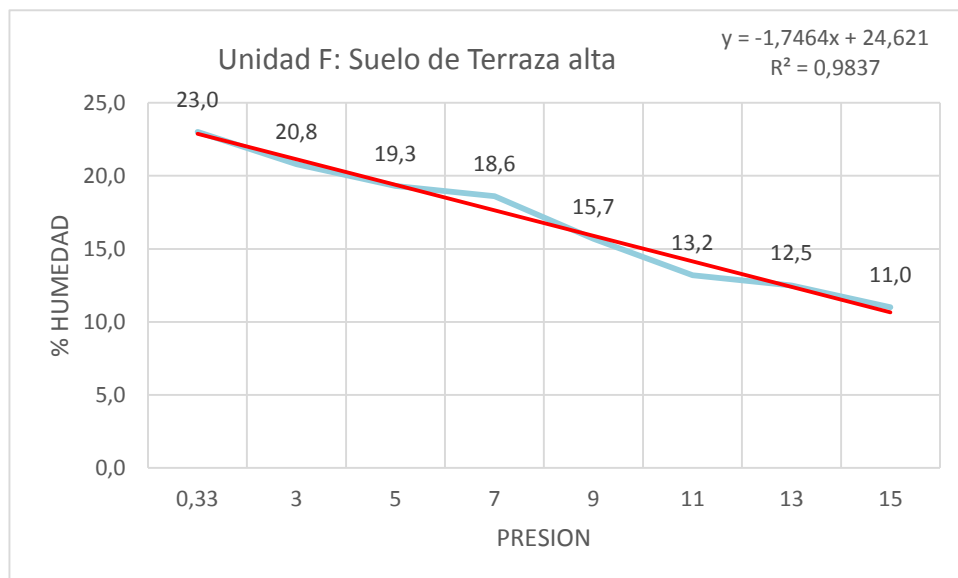
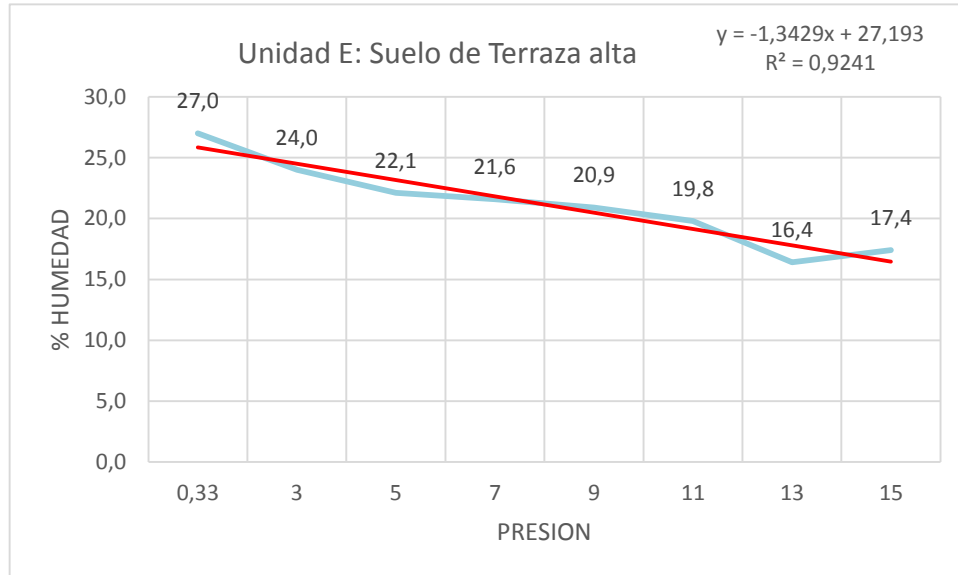


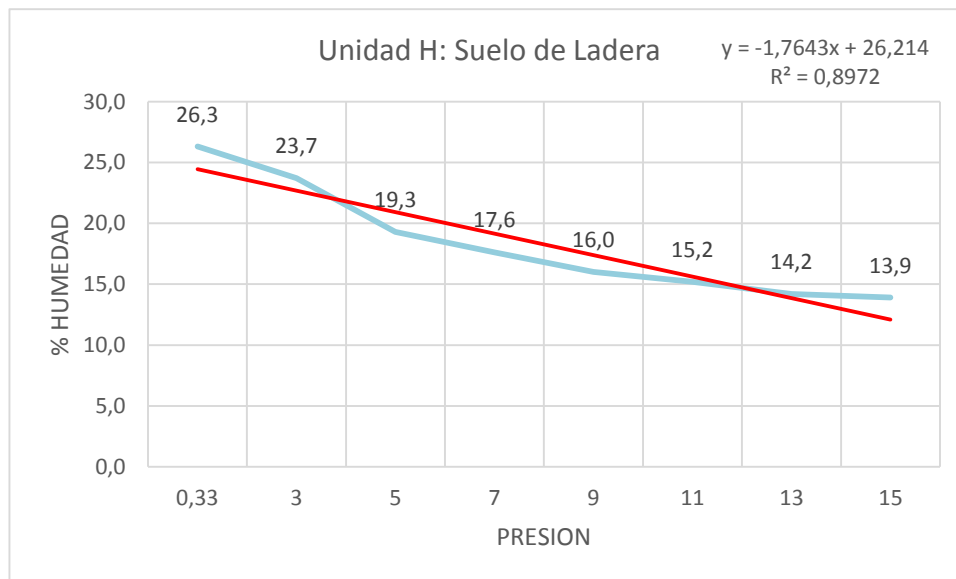
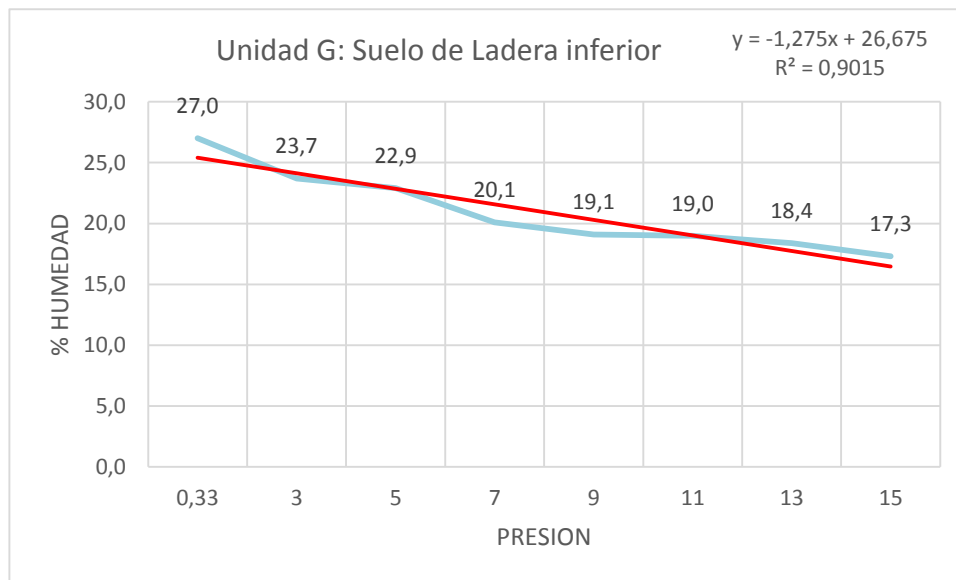


Gráfica 2. Curvas de Retención de Humedad para una profundidad de extracción de 20 - 40 cm. por unidad de suelo









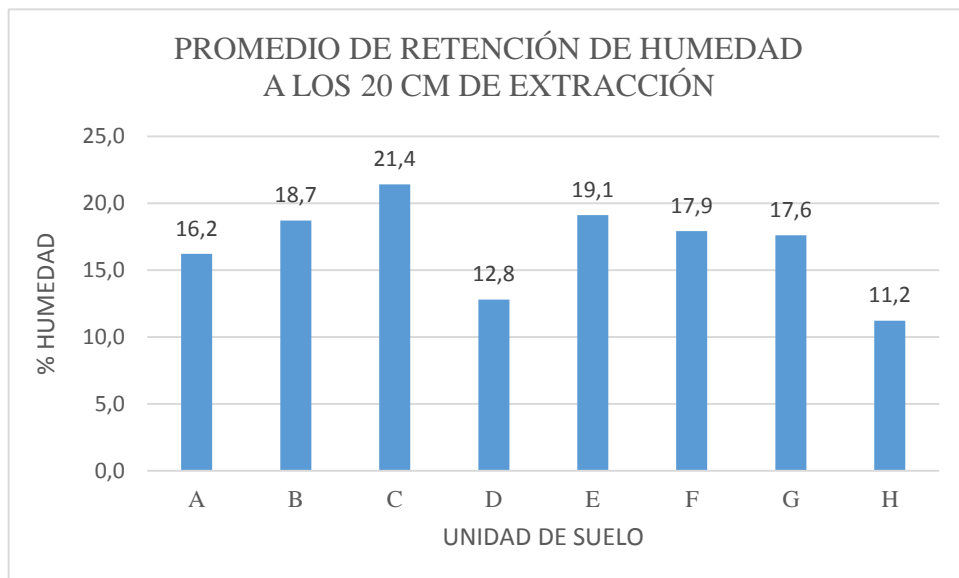
3.1.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

La capacidad de retención de la humedad en los suelos del C.E.CH. presentan una variabilidad notable, esto es debido a los siguientes factores:

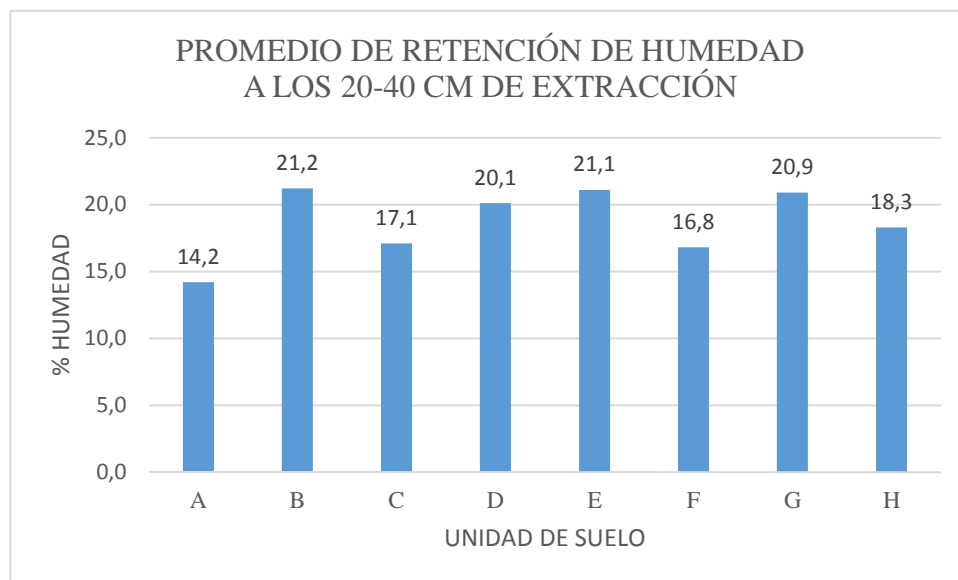
- Pendiente
- Textura del suelo
- Eficiencia del sistema de riego

Con los datos obtenidos se determinó que a la profundidad de 20 cm los suelos con la codificación **C** y **E** en promedio pueden retener más humedad que en el resto de los suelos por que poseen un mayor porcentaje de limo a diferencia de las demás unidades de suelo, como se puede observar en la gráfica N° 3.

Gráfica 3. Promedio de la retención de humedad los suelos del C.E.CH. a una profundidad de extracción de 0 - 20 cm por unidad de suelo



Gráfica 4. Promedio de la retención de humedad los suelos del C.E.CH. a una profundidad de extracción de 20 – 40 cm por unidad de suelo



Para la profundidad de 20 - 40 cm los suelos con la codificación **B y E** en promedio pueden retener más humedad que en el resto de los suelos ya que estas unidades de suelo poseen mayor porcentaje de arcilla y limo con respecto a las otras unidades de suelo como se puede observar en la gráfica N⁰⁴.

3.1.3. ANÁLISIS DE TEXTURA PARA LOS SUELOS MUESTREADOS

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO).

Una vez determinada la clase textural a la que pertenece cada suelo muestreado del C.E.CH. permitirá darle un rango para determinar del Intervalo de Humedad Disponible y así poder calcular la disponibilidad de agua que tienen los diferentes cultivos que existen en cada zona muestreada.

Cuadro 6. Tabla de clase textural para las muestras con la profundidad de extracción de 0 – 20 cm por unidad de suelo

Unidad de suelo	ARENA	ARCILLA	LIMO	CLASE TEXTURAL
	%	%	%	
A	32.4	31.6	36	Franco Arcilloso
B	29.8	28.2	42	Franco Arcilloso
C	29.8	18.2	52	Franco Limoso
D	55.8	24.2	20	Franco Arcillo Arenoso
E	34.4	21.6	44	Franco
F	40.4	27.6	32	Franco
G	40.4	25.6	34	Franco
H	52.4	17.6	30	Franco Arenoso

Cuadro 7. Tabla de datos de lectura del Hidrómetro de Bouyoucos, temperatura y tiempo para la profundidad de 20 - 40 cm por unidad de suelo

Unidad de suelo	ARENA	ARCILLA	LIMO	CLASE TEXTURAL
	%	%	%	
A	39.2	21.4	39.4	Franco
B	19.2	37.4	43.4	Franco Arcilloso Limoso
C	35.2	27.4	37.4	Franco
D	29.2	33.4	37.4	Franco Arcilloso
E	23.6	34.4	42	Franco Arcilloso
F	37.6	20.4	42	Franco
G	33.6	34.4	32	Franco Arcilloso
H	37.6	28.4	34	Franco Arcilloso

3.1.4. PÉRDIDA DE AGUA POR EFECTO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

La pérdida de agua que ocurre en los cultivos se da a causa de la evapotranspiración, la cual se puede definir como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Por lo cual es necesario determinar dos variables:

- Evapotranspiración de real (ETr.):

Que se puede definir como la pérdida de la humedad que se produce realmente en las condiciones existentes en la zona de estudio.

- Coeficiente de cultivo (Kc):

El coeficiente de cultivo depende fundamentalmente de las características propias de cada cultivo, por tanto, son específicos para cada uno de ellos y dependen de su estado de desarrollo y de sus etapas fenológicas, por ello, son variables a lo largo del tiempo. Se calculó la evapotranspiración para cada cultivo en cada unidad de suelo existente en el C.E.CH. para determinar la pérdida de humedad que se produce diariamente y así determinar la necesidad de riego para reponer la La. Los valores usados para el KC de pueden apreciar en la siguiente tabla.

Cuadro 8. Tabla del KC para los cultivos que se encuentran en el C.E.CH. por unidad de suelo

Unidad de Suelo	Cultivo	Etapas de Crecimiento de los Cultivos			
		KC INICIAL	KC DESARROLLO	KC MEDIA	KC MADURACIÓN
N-S					
A	Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
	Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
	Cebolla	0.45	0.70	1.05	0.80
B	Alfalfa	0.40	0.81	0.95	0.82
	Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
C	Alfalfa	0.40	0.81	0.95	0.82
D	-	-	-	-	-
E	Vid	0.45	0.60	0.70	0.50
	Alfalfa	0.40	0.81	0.95	0.82
F	Nogal	0.45	0.95	1.10	0.50
G	Papa	0.45	0.75	1.05	0.85
H	Durazno	0.40	0.75	0.90	0.65
	Vid	0.45	0.60	0.70	0.50

Cuadro 9. Evapotranspiración (ET) en la fase inicial del cultivo por unidad de suelo

Unidad de Suelo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	
													mm/día
N-S	KC	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	Eto	
	Cultivo	4.1	3.9	3.4	2.8	2.4	2.2	2.3	2.9	3.4	4	4.1	4.3
A	INICIAL	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	
		mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
B	Maiz	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
	Papa	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
C	Cebolla	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
	Alfalfa	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
D	Maiz	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
	Alfalfa	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vid	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
F	Alfalfa	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
	Nogal	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
G	Papa	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
	Durazno	0.40	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
H	Vid	0.45	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94

Cuadro 10. Evapotranspiración (ET) en la fase de desarrollo del cultivo por unidad de suelo

Unidad de Suelo	KC	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
N-S	DESARROLLO	mm/día	mm/día											
			mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
A	0.80	Maíz	3.28	3.12	2.72	2.24	1.92	1.76	1.84	2.32	2.72	3.20	3.28	3.44
	0.75	Papa	3.08	2.93	2.55	2.10	1.80	1.65	1.73	2.18	2.55	3.00	3.08	3.23
	0.70	Cebolla	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
B	0.81	Alfalfa	3.32	3.16	2.75	2.27	1.94	1.78	1.86	2.35	2.75	3.24	3.32	3.48
	0.80	Maíz	3.28	3.12	2.72	2.24	1.92	1.76	1.84	2.32	2.72	3.20	3.28	3.44
C	0.81	Alfalfa	3.32	3.16	2.75	2.27	1.94	1.78	1.86	2.35	2.75	3.24	3.32	3.48
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	0.60	Vid	2.46	2.34	2.04	1.68	1.44	1.32	1.38	1.74	2.04	2.40	2.46	2.58
	0.81	Alfalfa	3.32	3.16	2.75	2.27	1.94	1.78	1.86	2.35	2.75	3.24	3.32	3.48
F	0.95	Nogal	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09
G	0.75	Papa	3.08	2.93	2.55	2.10	1.80	1.65	1.73	2.18	2.55	3.00	3.08	3.23
H	0.75	Durazno	3.08	2.93	2.55	2.10	1.80	1.65	1.73	2.18	2.55	3.00	3.08	3.23
	0.60	Vid	2.46	2.34	2.04	1.68	1.44	1.32	1.38	1.74	2.04	2.40	2.46	2.58

Cuadro 11. Evapotranspiración (ET) en la fase media del cultivo por unidad de suelo

Unidad de Suelo	KC	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	
N-S	MEDIA		mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
			A	1.15	Maiz	4.72	4.49	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60
	1.15	Papa	4.72	4.49	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95	
	1.05	Cebolla	4.31	4.10	3.57	2.94	2.52	2.31	2.42	3.05	3.57	4.20	4.31	4.52	
B	0.95	Alfalfa	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09	
	1.15	Maiz	4.72	4.49	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95	
C	0.95	Alfalfa	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09	
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E	0.70	Vid	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01	
	0.95	Alfalfa	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09	
F	1.10	Nogal	4.51	4.29	3.74	3.08	2.64	2.42	2.53	3.19	3.74	4.40	4.51	4.73	
G	1.05	Papa	4.31	4.10	3.57	2.94	2.52	2.31	2.42	3.05	3.57	4.20	4.31	4.52	
	0.90	Durazno	3.69	3.51	3.06	2.52	2.16	1.98	2.07	2.61	3.06	3.60	3.69	3.87	
H	0.70	Vid	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01	

Cuadro 12. Evapotranspiración (ET) en la fase maduración del cultivo por unidad de suelo

Unidad de Suelo	KC	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	
N-S	MADURACION		mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
			A	0.70	Maiz	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80
	0.85	Papa	3.49	3.32	2.89	2.38	2.04	1.87	1.96	2.47	2.89	3.40	3.49	3.66	
	0.80	Cebolla	3.28	3.12	2.72	2.24	1.92	1.76	1.84	2.32	2.72	3.20	3.28	3.44	
B	0.82	Alfalfa	3.36	3.20	2.79	2.30	1.97	1.80	1.89	2.38	2.79	3.28	3.36	3.53	
	0.70	Maiz	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01	
C	0.82	Alfalfa	3.36	3.20	2.79	2.30	1.97	1.80	1.89	2.38	2.79	3.28	3.36	3.53	
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E	0.50	Vid	2.05	1.95	1.70	1.40	1.20	1.10	1.15	1.45	1.70	2.00	2.05	2.15	
	0.82	Alfalfa	3.36	3.20	2.79	2.30	1.97	1.80	1.89	2.38	2.79	3.28	3.36	3.53	
F	0.50	Nogal	2.05	1.95	1.70	1.40	1.20	1.10	1.15	1.45	1.70	2.00	2.05	2.15	
G	0.85	Papa	3.49	3.32	2.89	2.38	2.04	1.87	1.96	2.47	2.89	3.40	3.49	3.66	
	0.65	Durazno	2.67	2.54	2.21	1.82	1.56	1.43	1.50	1.89	2.21	2.60	2.67	2.80	
H	0.50	Vid	2.05	1.95	1.70	1.40	1.20	1.10	1.15	1.45	1.70	2.00	2.05	2.15	

3.1.5. CAPACIDAD DE CAMPO, AGUA ÚTIL Y PUNTO DE MARCHITEZ

La **capacidad de campo** se puede definir como el porcentaje de humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación, el **agua útil** es la lámina de agua aprovechable por los cultivos, está expresada como porcentaje del agua útil máxima posible para cada tipo de suelo y el **punto de marchitez permanente** es el porcentaje de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica.

Para los suelos del C.E.CH. se obtuvieron los siguientes valores:

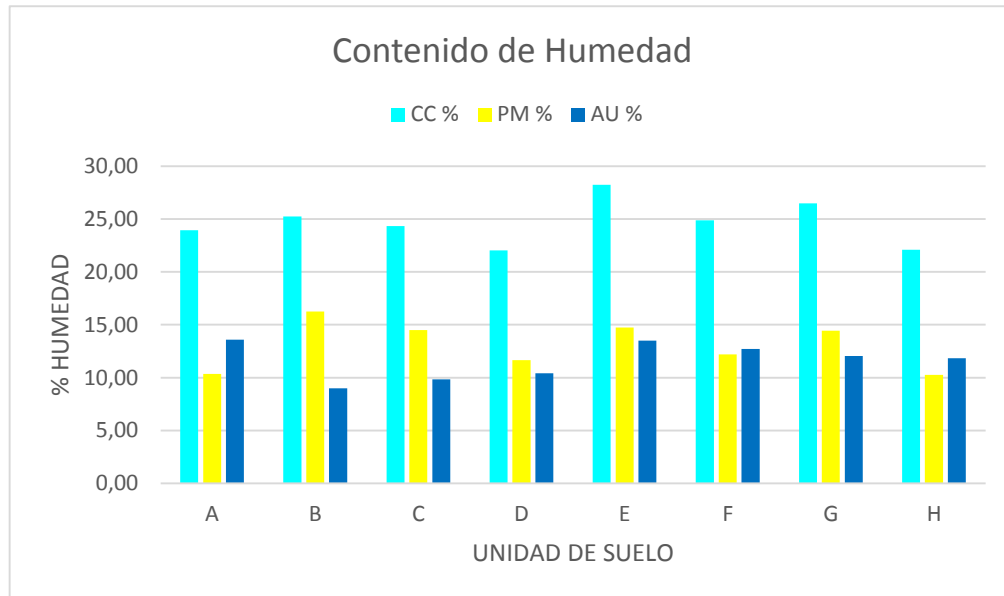
Cuadro 13. Tabla de capacidad de campo, agua útil y punto de marchitez por unidad de suelo

Unidad de Suelo	CC	PM	AU
N-S	%	%	%
A	23.95	10.35	13.6
B	25.25	16.25	9.0
C	24.35	14.50	9.9
D	22.05	11.65	10.4
E	28.25	14.75	13.5
F	24.90	12.20	12.7
G	26.50	14.45	12.1
H	22.10	10.25	11.9

Las unidades de suelo “D” y “H” son las que poseen valores más bajos con respecto a las otras unidades en cuanto al nivel de saturación, esto se debe a que en estas dos unidades es más elevado el porcentaje de arena con relación a los demás agregados así también que la poca capacidad de saturación esta relacionada a sus respectivas pendientes la unidad “D” es una terraza alta (casi plano) y la unidad “H” se encuentra

en una ladera (fuertemente inclinado) por lo cual el escurrimiento por gravedad es dominante.

Gráfica 5. Cuadro estadístico de la capacidad de campo, agua útil y punto de marchitez por unidad de suelo



3.1.6. Necesidad de riego

Se puede definir a la necesidad de riego como la cantidad de agua que se debe aportar aplicando una cierta cantidad de agua para que el suelo pueda reponer el agua perdida mediante la evapotranspiración, la cual depende de los siguientes factores:

- Densidad aparente del suelo
- Evapotranspiración
- Cantidad de agua útil que retiene el suelo

Estos factores son característicos de cada tipo de suelo y tipo de cultivo, teniendo estos datos se puede calcular los días que el suelo puede estar sin riego antes que sea

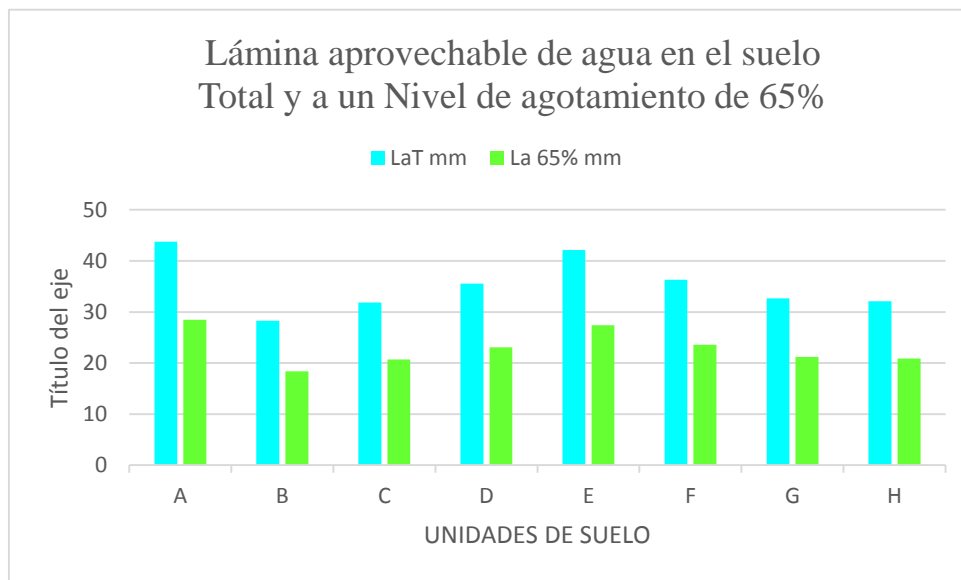
necesario aplicar un riego para que en la planta no entre en un estado de estrés hídrico y pierda la capacidad de producción.

En la programación de riego es importante determinar la cantidad de agua que se puede perder por efecto de la evapotranspiración de la planta y es necesario no dejar agotar la totalidad del agua útil o lamina aprovechable que puede retener el suelo ya que si se llega a este punto de agotamiento las plantas que se encuentran en el suelo pueden llegar al estrés hídrico y la rentabilidad de la producción merma significativamente, por lo que se recomienda trabajar con una perdida hasta el 65% si los cultivos no son de gran rentabilidad económica y con un porcentaje del 50% si los cultivos son altamente rentables.

Cuadro 14. Tabla de lámina aprovechable de agua total (LaT) y lamina aprovechable de agua con un agotamiento al 65% (La) por unidad de suelo

Unidades de Suelo	LaT	La 65%
N-S	mm	mm
A	43.79	28.46
B	28.26	18.37
C	31.87	20.72
D	35.56	23.11
E	42.12	27.38
F	36.32	23.61
G	32.67	21.24
H	32.13	20.88

Gráfica 6. Cuadro estadístico de la lámina aprovechable total (LaT) y la lámina aprovechable de agua (La) a un nivel de agotamiento de 65% por unidad de suelo



Teniendo conocimiento de la lámina de aprovechamiento que tiene cada suelo muestreado se puede estimar el tiempo necesario para que esta lamina se agote por la por efecto de la evapotranspiración del cultivo, y así poder sentar un precedente para que posteriormente se pueda realizar un cronograma de riego adecuado para cada tipo de cultivo como se puede apreciar en los cuadros N⁰ 14 – 15 – 16 - 17

Cuadro 15. Pérdida del 65% en la lámina aprovechable por efecto de la evapotranspiración del cultivo por unidad de suelo para la etapa inicial del cultivo

Unidad de Suelo	Cultivo	DA	AU	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
				mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
N-S	MAIZ	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72		
	PAPA	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94		
	CEBOLLA	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94		
	La														
A	Cultivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
	MAIZ	17									18	17	17		
	PAPA		16	19	23	26			22	19	16	15			
	CEBOLLA		15	16	19	23	26	29							
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA															
N-S	ALFALFA	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72		
	MAIZ	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72		
	La														
	Cultivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
B	ALFALFA	18.37	11	12	14	16	19	21	20	16	14	11	11		
	MAIZ	18.37	11								11	11	11		
	La														
	Cultivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA															
N-S	ALFALFA	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72		
	MAIZ	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72		
	La														
	Cultivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
C	ALFALFA	20.72	13	13	15	19	22	24	23	18	15	13	12		
	MAIZ	20.72	13	13	15	19	22	24	23	18	15	13	12		
	La														
	Cultivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA															

Unidad de Suelo		DA	AU	Agua Retenida	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											
N-S	Cultivo	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
D	-	1.71	10.40	23.11												

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											
N-S	Cultivo	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
E	Cultivo	1.56	13.50	27.38	17	18	20	24	29	31	30	24	20	17	17	16
	VID	1.56	13.50	27.38	15	16	18	22	25	28	26	21	18	15	15	14
	ALFALFA	1.56	13.50	27.38	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											
N-S	Cultivo	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
F	Cultivo	1.43	12.70	23.61	13	13	15	19					15	13	13	12
	NOGAL	1.43	12.70	23.61	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
	La	1.43	12.70	23.61	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											
N-S	Cultivo	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
G	Cultivo	1.35	12.05	21.24		12	12	14	17			21	16	14	12	
	PAPA	1.35	12.05	21.24	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94
	La	1.35	12.05	21.24	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											
N-S	Cultivo	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H	Cultivo	1.35	11.85	20.88	11	12	14	17	19	21	20	16	14	12	11	11
	DURAZNO	1.35	11.85	20.88	13	13	15	19	22	24	23	18	15	13	13	12
	VID	1.35	11.85	20.88	1.64	1.56	1.36	1.12	0.96	0.88	0.92	1.16	1.36	1.60	1.64	1.72
	La	1.35	11.85	20.88	1.85	1.76	1.53	1.26	1.08	0.99	1.04	1.31	1.53	1.80	1.85	1.94

Unidad de Suelo		EVAPOTRANSPIRACION (ET)														
		mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia			
N-S	Cultivo	DA	AU	La	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA									mm/dia		
	N-S	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
D	-	1.71	10.40	23.11												

Unidad de Suelo		EVAPOTRANSPIRACION (ET)														
		mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia			
N-S	Cultivo	DA	AU	La	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA									mm/dia		
	N-S	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
E	VID	1.56	13.50	27.38	2.46	2.34	2.04	1.68	1.44	1.32	1.38	1.74	2.04	2.40	2.46	2.58
	ALFALFA	1.56	13.50	27.38	3.32	3.16	2.75	2.27	1.94	1.78	1.86	2.35	2.75	3.24	3.32	3.48

Unidad de Suelo		EVAPOTRANSPIRACION (ET)														
		mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia			
N-S	Cultivo	DA	AU	La	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA									mm/dia		
	N-S	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
F	NOGAL	1.43	12.70	23.61	2.46	2.34	2.04	1.68	1.44	1.32	1.38	1.74	2.04	2.40	2.46	2.58
	NOGAL	1.43	12.70	23.61	10	10	12	14	16	18	17	14	12	10	10	9

Unidad de Suelo		EVAPOTRANSPIRACION (ET)														
		mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia			
N-S	Cultivo	DA	AU	La	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA									mm/dia		
	N-S	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
G	PAPA	1.35	12.05	21.24	3.08	2.93	2.55	2.10	1.80	1.65	1.73	2.18	2.55	3.00	3.08	3.23
	PAPA	1.35	12.05	21.24	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Unidad de Suelo		EVAPOTRANSPIRACION (ET)														
		mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia			
N-S	Cultivo	DA	AU	La	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA									mm/dia		
	N-S	gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H	DURAZNO	1.35	11.85	20.88	3.08	2.93	2.55	2.10	1.80	1.65	1.73	2.18	2.55	3.00	3.08	3.23
	VID	1.35	11.85	20.88	2.46	2.34	2.04	1.68	1.44	1.32	1.38	1.74	2.04	2.40	2.46	2.58

Cuadro 17. Pérdida del 65% en la lámina aprovechable por efecto de la evapotranspiración del cultivo por unidad de suelo para la etapa media del cultivo

Unidad de Suelo	Cultivo	DA gr/cc	AU	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A	La			4.72	4.49	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95
	mm		%	6									6	6	6
	MAIZ	1.61	13.60	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		
	PAPA	1.61	13.60	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		
B	La			4.31	4.10	3.57	2.94	2.52	2.31	2.42	3.05	3.57	4.20	4.31	4.52
	mm		%	6	6	7	9	10	9	7	6	6	6	6	6
	MAIZ	1.61	13.60	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		
	PAPA	1.61	13.60	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		
C	La			3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09
	mm		%	5	5	6	7	8	9	8	7	6	5	5	4
	ALFALFA	1.57	9.00	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		
	MAIZ	1.57	9.00	3.91	3.22	2.76	2.53	2.65	3.34	3.91	4.60	4.72	4.95		

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
N-S	%	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
D	10.40	1.71		La	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
				mm	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09
				23.11	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
N-S	%	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
E	13.50	1.56		La	4.51	4.29	3.74	3.08	2.64	2.42	2.53	3.19	3.74	4.40	4.51	4.73
	13.50	1.56		mm	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
				27.38	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09
				27.38	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
N-S	%	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
F	12.70	1.43		La	4.31	4.10	3.57	2.94	2.52	2.31	2.42	3.05	3.57	4.20	4.31	4.52
				mm	4.51	4.29	3.74	3.08	2.64	2.42	2.53	3.19	3.74	4.40	4.51	4.73
				23.61	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
					DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											

Unidad de Suelo		DA	AU	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
N-S	%	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
G	12.05	1.35		La	4.31	4.10	3.57	2.94	2.52	2.31	2.42	3.05	3.57	4.20	4.31	4.52
				mm	4.51	4.29	3.74	3.08	2.64	2.42	2.53	3.19	3.74	4.40	4.51	4.73
				21.24	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
					DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											

Codigo de Suelo		DA	AU	Cultivo	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
N-S	%	gr/cc	%		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H	11.85	1.35		La	3.69	3.51	3.06	2.52	2.16	1.98	2.07	2.61	3.06	3.60	3.69	3.87
	11.85	1.35		mm	2.87	2.73	2.38	1.96	1.68	1.54	1.61	2.03	2.38	2.80	2.87	3.01
				20.88	3.90	3.71	3.23	2.66	2.28	2.09	2.19	2.76	3.23	3.80	3.90	4.09
				20.88	DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA											

Unidad de Suelo		Cultivo	DA	AU	La	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
						mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia
N-S			gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
D	-		1.71	10.40	23.11												
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA																	

Unidad de Suelo		Cultivo	DA	AU	La	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
						mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	
N-S			gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
E			1.56	13.50	27.38												
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA																	

Unidad de Suelo		Cultivo	DA	AU	La	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
						mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	
N-S			gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
F			1.43	12.70	23.61												
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA																	

Unidad de Suelo		Cultivo	DA	AU	La	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
						mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	
N-S			gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
G			1.35	12.05	21.24												
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA																	

Unidad de Suelo		Cultivo	DA	AU	La	EVAPOTRANSPIRACION (ET)											
						mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	mm/dia	
N-S			gr/cc	%	mm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H			1.35	11.85	20.88												
DÍAS NECESARIOS PARA LA REPOSICIÓN DE AGUA																	

3.2. DISCUSIÓN

En nuestro medio no se ha realizado un trabajo similar, ya que la mayor parte de estudios se enfocan en determinar solamente la Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez.

El equipo de extracción a presión placas Richard permite crear un medio adecuadamente controlado ya que la presión con la que se lo regula es exacta y estable lo cual nos permite someter a las muestras a diferentes niveles de presión para así formar las curvas de retención de humedad para poder cuantificar la pérdida gradual de humedad que tiene cada suelo.

Al propiciar un medio adecuado con una presión estable, el suelo pierde exactamente la cantidad de agua que corresponde a la presión ejercida lo que nos proporciona datos confiables y fidedignos.

Se puede observar la eficiencia del equipo y la fidelidad de los datos al comparar el coeficiente de determinación obtenidos en cada curva de retención de humedad para cada unidad de suelo que se pueden apreciar en los cuadros N^o 19 y 20 y los resultados obtenidos se los contrasto con los valores establecidos en la tabla de interpretación del coeficiente de Person como se puede apreciar en el cuadro N^o 18

Cuadro 19. Valores del coeficiente de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Cuadro 20. Valores obtenidos para las unidades de suelo del C.E.CH. con una profundidad de extracción de 0 – 20 cm por unidad de suelo

UNIDAD DE SUELO	R
SUELO A	0.9447
SUELO B	0.9899
SUELO C	0.9956
SUELO D	0.9877
SUELO E	0.9760
SUELO F	0.9186
SUELO G	0.9739
SUELO H	0.9768

Cuadro 21. Valores obtenidos para las unidades de suelo del C.E.CH. con una profundidad de extracción de 20 – 40 cm por unidad de suelo

UNIDAD DE SUELO	R
SUELO A	0.9562
SUELO B	0.9933
SUELO C	0.9906
SUELO D	0.9795
SUELO E	0.9613
SUELO F	0.9918
SUELO G	0.9495
SUELO H	0.9472

Los datos obtenidos en la regresión lineal en promedio se encuentran en la categoría de positiva alta a positiva muy alta según el cuadro de interpretación de Pearson lo nos demuestra que la relación entre el porcentaje de humedad y la presión establecida para cada unidad de suelo son adecuados y poseen un alto grado de dependencia entre sí, lo que nos permite afirmar la exactitud y veracidad de los datos obtenidos en laboratorio.

La retención de humedad en la unidad de suelo “D” tiene valores bajos, aunque posee una pendiente mínima el déficit de retención de humedad está dado por el tipo de textura, la unidad posee un mayor porcentaje de arena con respecto a los demás agregados; la retención de humedad en la unidad de suelo “H” es la más bajas debido a dos factores relevantes está unida posee una pendiente pronunciada la cual facilita el escurrimiento y pérdida del agua y posee una textura con mayor porcentaje de arena respecto a los demás agregados en ambas unidades se aplica el sistema de riego

por superficie el cual presenta una eficiencia muy baja y esto contribuye a la poca retención de humedad que se presenta en estas dos unidades de suelo del C.E.CH

La retención de humedad que se presenta en las demás unidades de suelo es mayor esto se debe principalmente al tipo de textura, la cual va en un rango de franca a franco arcilloso con un porcentaje de porosidad con un rango de 47 – 49 % como se puede apreciar en el Cuadro N^o21; también estas unidades poseen pendiente relativamente bajas a moderadas. Los valores obtenidos se pueden apreciar en los Anexos 15 y 16

Cuadro 22. Valores típicos de porosidad

TEXTURA	POROSIDAD
	%
ARENOSA	38
FRANCA	47
FRANCO ARSILLOSO	49
ARSILLOSO	53

Fuente: www.fertiyeso.cl

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Se generaron las respectivas curvas de retención de humedad para cada unidad de suelo tomando como líneas divisorias de unidad a unidad el mapa fisiográfico del C.E.CH. en las cuales se puede apreciar de manera gráfica la pérdida de humedad desde la capacidad de campo hasta el punto de marchitez así también se puede estimar el agua útil por diferencia de la capacidad de campo y el punto de marchitez que poseen los suelos de las zonas muestreadas

Se pudo determinar que las unidades de suelo “B”, “E” y “G” tienen mayor capacidad de absorber agua esto se debe a que las zonas poseen una textura mayormente franca con valores de 30% de arena, 30% de Arcilla y 40% de limo en promedio de las 3 unidades lo que permite que los suelos tengan valores elevados para capacidad de campo con respecto a las demás unidades

Las unidades de suelo “A”, “F” y “H” poseen una pérdida considerable de agua esto se puede atribuir a dos factores determinantes la textura y el grado de compactación. En la unidad “A”, y “F” la pérdida de humedad se debe al alto grado de compactación que se ha podido determinar en cada unidad (Segovia 2016), en el caso de la unidad “H” la pérdida de agua se debe principalmente a su textura que es franco arenoso con un contenido de 52.4% de arena, 17.6% de arcilla y 30% de limo para la profundidad de 0 – 20 cm y con una textura franco arcilloso con un contenido de 37.6% arena, 28.4% arcilla y 34% de limo en la unidad la arena es el agregado predominante por lo cual no permite que el suelo pueda retener mucha humedad.

La unidad “D” actualmente se encuentra abandonada no se realiza ningún tipo de riego ni cultivo.

Para obtener una producción adecuada es necesario tener en cuenta que cada cultivo tiene sus necesidades de agua propias y específicas por lo que es necesario establecer un cronograma de riego para optimizar el recurso hídrico y así poder abastecer con la cantidad necesaria de agua a cada cultivo, logrando que la planta pueda desarrollarse adecuadamente y así aumente su tasa de producción.

Para cada unidad de suelo del C.E.CH. se determinó la cantidad de días en los que se debe volver a aplicar un riego ya que el déficit de agua del suelo es igual al nivel de agotamiento permisible a 65%, lo que permite que la planta no llegue nunca al agotamiento total ya que el suelo siempre tendrá la cantidad mínima de agua y luego se volverá a saturar de agua y así se repetirá el ciclo hasta la cosecha.

El desarrollo de la planta tiene cuatro fases de crecimiento inicial, media, desarrollo y maduración por lo cual se realizó un cronograma específico para cada una de estas fases ya que la necesidad de agua varía de acuerdo al crecimiento de la planta, el cronograma abarca el lapso de tiempo 12 meses.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la elaboración de un calendario de riego utilizando los datos obtenidos de la lámina aprovechable para cada cultivo, caso contrario de no elaborarse el calendario se puede realizar el riego tomando en cuenta los días de agotamiento de la lámina aprovechable de agua que tienen los suelos dependiendo de los cultivos por efecto de la evapotranspiración y así poder realizar una programación del riego para optimizar el agua disponible que tiene el C.E.CH. Cabe especificar que los datos obtenidos solo son aplicables si el cultivo y unidad de suelo son los mismos que se tomaron en cuenta para realizar los cálculos ya que si hay diferencia en el cultivo o en la zona los valores se deberán volver a calcular y así generar nuevos datos, esto se debe a que las condiciones no serán las mismas.

Si se determina que el cultivo de la zona es de alto valor económico es recomendable que la lámina aprovechable de agua solo descienda hasta un 50% y no así hasta el 65% criterio aplicado para el uso de un sistema de riego por superficie, si se

implementa un sistema de riego por goteo o tecnificado se recomienda que el valor no descienda de un 3% hasta un 5%, para asegurar que el cultivo no sufra en ningún momento la falta de agua para su desarrollo y esto pueda influir significativamente en la productividad,.

Se recomienda realizar trabajos de investigación para determinar el contenido de materia orgánica que existe en cada unidad de suelo del C.E.CH. para poder incrementar la tasa de producción.

Se recomienda no dejar abandonada la unidad “D” la cual está casi cubierta en la totalidad por maleza y el suelo no recibe ningún tipo de riego lo que afectara a futuro si se habilita esta unidad para nuevos cultivos.

Se recomienda tomar acciones inmediatas para poder disminuir la compactación de los suelos, la cual está afectando la capacidad de retención de agua en las unidades “A”, y “F” principalmente, pero en general los valores que posee las unidades no son óptimos para una producción rentable.

Se recomienda realizar acciones para frenar la degradación física que existe en cada unidad por acción y efecto del riego por superficie, también se ve conveniente realizar un trabajo de investigación para determinar la magnitud de la degradación que posee el C.E.CH.

Se recomienda cambiar de sistema de riego ya que el actual sistema que se usa en el C.E.CH. es el sistema de riego por superficie, el cual es el menos efectivo para la producción sustentable y amigable con el medio ambiente ya que se desperdicia recursos hídricos y se degrada el suelo.