

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1 Generalidades de hidrogel (retenedores de agua)

Los polímeros son una serie de productos orgánicos o sintéticos de elevado peso molecular, formados por unión mediante enlaces químicos de unidades elementales llamados monómeros. **(Cárdenas 2013).**

Un retenedor de agua se define como un copolímero reticular de acrilamida y acrilato de potasio, no soluble en agua. Dependiendo de la marca o tipo los retenedores de agua tienen la capacidad de absorber en promedio 350 veces su peso. Estos, se convierten en un gel que mantienen su efectividad en el suelo por largos periodos de tiempos (entre cuatro y siete años), además permiten un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasas lluvias, mejoran la retención de humedad en suelos arenosos o en sustratos, solo por mencionar algunas de sus cualidades. **(Cárdenas 2013).**

Es un aditivo (acondicionador) para la tierra, desarrollado para retener el agua para las plantas. Es biodegradable, súper absorbente, no tóxico; recomendado para uso en viveros, reforestación y cultivos comerciales. **(Cárdenas 2013).**

El hidrogel es un retenedor de agua que, cuando se incorpora en un suelo o un sustrato, absorbe y retiene grandes cantidades de agua y nutrientes si estos son solubles. A diferencia de la mayoría de los productos a los que se hidratan, el hidrogel tiene la propiedad de absorber el agua y nutrientes, que permite que la planta disponga de estos a voluntad, en función de los ciclos de absorción-liberación **(Tornado,2012) citado por Gómez (2014).**

Ramos et al (2009) citado por Gómez (2014) mencionan que el hidrogel se utiliza para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y para espaciar las frecuencias de riego. El hidrogel no tiene efectos sobre las características físicas del agua ni sobre la porosidad total del suelo, pero sí sobre la retención de agua (aumentándola) y la capacidad de aireación (disminuyéndola). Absorben agua durante

el riego y la liberan a medida que el suelo se seca alrededor del polímero, constituyendo una reserva hídrica que permite aprovechar mejor el agua de lluvia y disminuir las frecuencias de riego.

1.1.1 Composición del hidrogel

Cerdeira et al (2000) **citado por Gómez (2014)**, señalan que el hidrogel es un polímero que está compuesto por sustancias en estado coloidal con apariencia sólida como la albúmina, coagulada por el calor o el colágeno gelificado por enfriamiento.

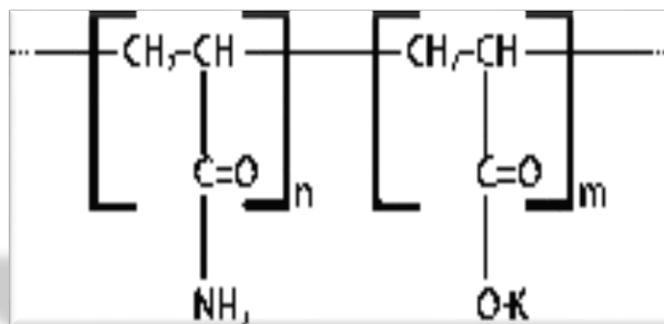
Escobar et al (2002) **citado por Gómez (2014)**, menciona que la hidrofilia de estos geles es debido a grupos como:

-OH, -COOH, -CONH₂, y -SO₃H.

Wichterle O., (1960) **citado por (Gómez 2014)**. Menciona que los hidrogeles son materiales poliméricos que se hinchan con el agua y mantienen una estructura tridimensional distinta.

Tornado (2012), **citado por Gómez (2014)**. Menciona que el Hidrogel está compuesto por una gama de polímeros aniónicos de poliacrilamida súper absorbentes. Son copolímeros reticulados de acrilato de potasio y acrilamida, que son insolubles en agua.

FIGURA N°1 Diagrama de copolimerización del hidrogel



Sánchez et al (2012) **citado por Gómez (2014)**. Mencionan que el hidrogel con características estructurales y de viscoelasticidad, son adecuados como sistemas para aplicaciones tanto biomédicas como no biomédicas. En una realización particular, el agente reticulante es una amina de fórmula general:



Fórmula general

1.1.2. El hidrogel en la producción agrícola

Se ha llegado a concluir que el hidrogel aumenta la producción agrícola, reduce las pérdidas del cultivo, conserva el agua, reduce los costos laborales y beneficia a los agricultores, silvicultores, operadores del invernadero, los conservacionistas y otras personas interesadas en el cultivo de plantas. El Hidrogel también ha demostrado su eficacia en la agricultura a gran escala, especialmente en el momento de la germinación y el desarrollo de la red de raíces, debido a una buena aireación del suelo. **(Díaz 2018)**

1.1.3. Estudios de hidrogel en la producción agrícola

Gutiérrez (2012) en un estudio al comparar los rendimientos promedio en la producción de fresas en hidroponía contra los rendimientos por hectárea en áreas de cultivo a cielo abierto, surge diferencias notables. Utilizando el hidrogel para producir una hectárea de fresa se necesitan 40 metros cúbicos de agua, mientras que hacerlo bajo un esquema a cielo abierto requeriría 100 metros cúbicos, Para cultivar bajo un esquema hidropónico se requiere una inversión aproximada de 270 pesos por metro cuadrado.

En el Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California se realizó un estudio del efecto que tiene el hidrogel con *Capsicum annuum L.* este estudio consistió en la utilización de riego por goteo en invernadero. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cinco repeticiones. Los parámetros evaluados fueron: frutos por planta, peso, rendimiento, tamaño (longitud y

diámetro) del fruto, volumen de agua aplicada, eficiencia en el uso de agua (EUA) y contenido de clorofila. Con el polímero se obtuvo un rendimiento de 1.5 kg m⁻², 24.9 frutos m⁻², peso por fruto de 59.2 g, longitud de 16.2 cm, diámetro de 3.9 cm y EUA de 5 kg m⁻³; mientras que el testigo obtuvo un rendimiento de 1.7 kg m⁻², 26.7 frutos m⁻², peso por fruto de 62.1 g, longitud de 16.3 cm, diámetro de 4 cm y EUA de 4.9 kg m⁻³. Con el polímero se tuvo un incremento del 1.5% en contenido de humedad en el suelo, que representó una reducción del 12%, por lo que el uso del polímero hidrófilo puede ser una práctica importante para productores que deseen aplicar riegos menos frecuentes, además de reducir el tiempo de riego. **(Romero, Rodríguez, Prieto, Meza, Razo y Hernández 2016)**

La aplicación del hidrogel a una dosis de 12 kg/ha en el cultivo de tomate, incrementó el rendimiento total y la calidad de fruto un 20% respecto al testigo (25% y 14% en el primer y segundo cortes, respectivamente). Además de incrementar el rendimiento, Terra-Sorb acortó el número de días de maduración del fruto y redujo los requerimientos de agua de riego ahorra agua de riego y minimiza la lixiviación de fertilizantes. En este ensayo con la aplicación del hidrogel incrementó el rendimiento de tomate hasta 9 ton/ha (Terra-sorb 1989). **(Romero, Rodríguez, Prieto, Meza, Razo y Hernández 2016)**

Dorraji et al. (2010) concluyeron en su trabajo que al aplicar 225 kg ha⁻¹ de hidrogel en plantas de *Zea mays*, no solo se mitigaba los efectos del estrés hídrico, ya que afectaba positivamente al incremento de biomasa y optimizaba el uso del agua en el cultivo en dos tipos de suelo diferente (franco arenoso y limoso) [39]. Este estudio destaca porque corrobora lo propuesto por Shi et al. (2010), ya que en este ensayo también se reportó que el hidrogel ayuda a mitigar el estrés salino, por lo que sería un valioso aditamento para asegurar el éxito de los programas de riego llevado a cabo en zonas áridas y semiáridas. **(Romero, Rodríguez, Prieto, Meza, Razo y Hernández 2016)**

En un estudio realizado con *Agrostis stolonifera* Agaba et al. (2011).reportaron que el aplicar 0.4% de hidrogel en un suelo arenoso incrementa hasta cuatro veces más

la biomasa de las plantas respecto a plantas en suelo sin hidrogel, mejorando las propiedades hidráulicas del suelo, lo que permite que el agua sea retenida durante un mayor tiempo y por tanto esté disponible para las plantas durante un mayor tiempo.

En las instalaciones de una de las estaciones de investigación de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Teherán, Iran, Yazdani et al. (2007) realizaron un estudio en el que se reporta que al aplicar 225 kg ha⁻¹ de hidrogel y con riegos cada seis días en plantas de *Glycine max* L. se incrementa la producción de semilla en hasta una tonelada más con respecto a al grupo testigo, por lo que confirma la idea propuesta por Nazarli *et al.* (2007) de que usar el hidrogel permitiría disminuir la frecuencia de riego en los cultivo y mejorando el uso del agua.

En el estudio realizado por Nazarli *et al.*, (2007), se incrementó la producción de semillas de *Helianthus annuus* en hasta tres veces más respecto al testigo tanto en situación de riego tradicional como en condiciones de estrés hídrico al aplicar 2.25 y 3 g/kg de suelo, este estudio sienta las bases para desarrollar nuevas dinámicas de riego que permitan economizar en el agua, y así contribuir a las políticas de ahorro del vital líquido que se están estableciendo en todo el mundo, además de ayudar a mejorar la agricultura de zonas áridas y semiáridas. **(Romero, Rodríguez, Prieto, Meza, Razo y Hernández 2016)**

1.1.4 Características principales de retenedores de agua

La hidratación de la red polimérica de los geles que se lleva a cabo por la absorción y retención de agua, se obtienen los denominados hidrogeles. Cuando el hidrogel pierde toda el agua en su estructura (forma no hidratada) se le denomina xerogel **(Pinzón et al., 2002), citado por Cárdenas (2013).**

Los fertilizantes aplicados usando los hidrogeles como matriz dosificadora, se reducen a menudo su capacidad de almacenar agua. Las soluciones fertilizantes que contiene potasio y amonio (cationes monovalentes) reducen la habilidad de absorción agua en los hidrogeles de poli (acrilamida) hasta en un 75 por ciento y la presencia de

elementos como calcio, magnesio, hierro (cationes divalentes) reducen su habilidad de absorción en un 90 por ciento (**Peterson, 2001**), citado por **Cárdenas 2013**.

Trujillo (2003), citado por **Alhuay (2013)** expresa que los retenedores de agua tiene las siguientes características:

- Son una opción de alta tecnología, bajo costo y amigables con el ambiente ante la escasez creciente de la disponibilidad de recursos hídricos. Este producto salió al mercado hace aproximadamente 10 años en los países como Alemania, Francia y Estados Unidos donde se desarrolló la tecnología.
- Es un polímero súper absorbente de gran calidad que debido a su capacidad de hidratación de sus grupos carboxílicos, incrementa la capacidad del suelo para mantener la humedad y proporcionarla fácilmente a las plantas cuando éstas la necesitan.
- Actúa como un verdadero almacén de agua en la zona radicular de las plantas, proporcionando un crecimiento más rápido y sano de las plantas y a la vez reduciendo los costes de riego.
- El agua absorbida queda a disposición de las raíces de la planta y éstas pueden crecer alrededor y utilizando la reserva de agua cuando lo necesiten.
- Los suelos arcillosos retienen una gran parte del agua, pero menos de la mitad de ésta es disponible para las raíces, con estos productos más del 95 por ciento del agua retenida por el hidrogel está disponible para las raíces.

1.2. Propiedades Importantes de los Hidrogeles Para Aplicaciones Agrícolas

En general, las propiedades de un hidrogel se encuentran basadas en su estructura molecular, y en el método de síntesis mediante el cual fue obtenido. De igual manera, existe una serie de propiedades muy importantes derivadas de la situación de hinchamiento del hidrogel. (**González 2007**)

1.2.1. Contenido de Agua en el Equilibrio

Los sistemas basados en hidrogeles son muy populares debido a la estructura única que poseen, la cual les permite un gran hinchamiento en presencia de agua, logrando

conservar su forma original. El contenido de agua en el equilibrio de un hidrogel depende principalmente de la naturaleza del monómero o monómeros hidrófilos que lo forman, tipo y densidad de entrecruzamiento, entre otros factores tales como, temperatura, fuerza iónica y pH del medio de hidratación.

El comportamiento de hinchamiento es una parte integral del comportamiento físico de los hidrogeles. Desde su preparación, deben estar en contacto con el agua para obtener la estructura solvatada final, el hidrogel obtenido puede someterse a un proceso de hinchamiento en agua; o ser primeramente secado y luego someterse al proceso de hinchamiento en agua.

Los distintos estados físicos en que se encuentran las moléculas de agua dentro de la red polimérica son un aspecto importante para comprender los procesos de difusión de solutos a través de un hidrogel. En hidrogeles el agua se presenta en diferentes estados físicos como consecuencia de las distintas formas de interacción que se pueden presentar entre el agua y las cadenas poliméricas. El primero consiste en un estado de agua fuertemente asociada a la matriz polimérica mediante enlaces de hidrógeno y un segundo estado de agua con un alto grado de movilidad y que no se ve afectada por el entorno polimérico, ésta se conoce como agua libre. La proporción entre estos tipos de agua es atribuida principalmente al contenido de entrecruzante del polímero.

El agua enlazada juega un papel importante en diferentes procesos biológicos, contribuyendo a la estabilización conformacional de las proteínas e influyendo en la actividad enzimática y procesos de liberación controlada. Hasta hace poco, se consideraba que el agua enlazada se encontraba sólo formando parte de interacciones mediante puentes de hidrógeno con grupos polares del polímero. Sin embargo, mediante el empleo de técnicas calorimétricas y espectroscópicas, recientemente se ha demostrado que ésta también puede estar formando parte de "nanocavidades" con una movilidad muy diferente a la del agua libre. De acuerdo con lo anterior, el agua enlazada por puentes de hidrógeno es sólo uno de los estados físicos del agua en los retículos poliméricos. El agua libre ocupa los espacios entre las cadenas poliméricas y

su proporción es uno de los factores que determina la difusión de solutos a través de estos materiales. **(González 2007)**

1.2.2. Estabilidad Dimensional

Tanto el hinchamiento lineal como el hinchamiento en volumen dependen de la cantidad de agua absorbida, por lo tanto, cualquier fenómeno que dé lugar a cambios en el contenido de agua absorbida dará lugar a cambios dimensionales. Tomando en consideración que el contenido de agua absorbida depende de la estructura del material, la composición del hidrogel tendrá un importante efecto sobre la estabilidad del mismo. Entre los factores ambientales que pueden provocar cambios dimensionales en los hidrogeles se encuentran la temperatura, pH, fuerza iónica, campos electromagnéticos, entre otros. Los cambios dimensionales atribuidos al cambio de temperatura se basan en la formación y disociación de puentes de hidrógeno entre las cadenas poliméricas a baja y alta temperatura, respectivamente. La disociación de los puentes de hidrógeno favorece el hinchamiento del material. Por otra parte, el cambio del pH de la solución de hinchamiento provoca cambios dimensionales en los hidrogeles debido a la ionización de los grupos funcionales de las cadenas poliméricas, de esta manera se provoca la repulsión o atracción de las cadenas poliméricas favoreciendo el hinchamiento o compresión de los hidrogeles. **(González 2007)**

1.2.3 Permeabilidad al Oxígeno

La velocidad de transporte de compuestos de bajo peso molecular a través de hidrogeles es un parámetro importante para muchas aplicaciones. En el caso de los hidrogeles, se mide la permeabilidad al oxígeno disuelto en agua en lugar de la permeabilidad al oxígeno gaseoso. Uno de los principales requerimientos en la aplicación de lentes de contacto es que el oxígeno llegue a la córnea. En los hidrogeles la permeabilidad al oxígeno se encuentra regida por el contenido de agua en el equilibrio. En hidrogeles con un contenido de agua menor o igual al 30 %, la permeabilidad al oxígeno se basa en la estructura polimérica que condiciona la proporción de agua unida y de agua libre. En cambio en hidrogeles con contenido de

agua mayor al 30 %, la permeabilidad al oxígeno se encuentra en proporción logarítmica al contenido de agua del hidrogel.

Originalmente los hidrogeles en agricultura se utilizaron para zonas desérticas y degradadas. Con el tiempo se han utilizado en siembras forestales, agricultura, paisajismo, horticultura, floricultura, frutales, etc. El uso del producto en la forma adecuada reduce los requerimientos de riego entre un 40 y un 60 %. Cabe mencionar que la importancia del agua con relación a la agricultura se encuentra en que todos los procesos fisiológicos de las plantas involucran este compuesto. El agua constituye el 90% del peso celular de las plantas y es también un reactivo en el proceso de la fotosíntesis. Otro aspecto importante es que el agua es esencial para mantener la presión de turgencia, siendo esto fundamental en el proceso de crecimiento de las plantas. Es necesario aclarar que la absorción es indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En el proceso de absorción, el agua penetra desde la solución del suelo hacia el interior de las células radicales en las raíces por medio de procesos osmóticos, ya que las células radicales tienen una menor concentración de agua que el suelo. La velocidad de absorción de agua está determinada por dos factores: la eficacia del sistema radical y el ambiente.

En primer lugar, el sistema radical consta de la raíz que a su vez está compuesta por la epidermis, el tejido fundamental y el cilindro vascular. Las células de la epidermis de una planta tienen como función absorber agua y nutrientes. De ellas parten largas proyecciones tubulares llamadas pelos radicales que aumentan la superficie de la raíz permitiendo una mayor y más eficiente absorción de agua por parte de la planta. El agua absorbida por estos pelos atraviesa el córtex y penetra el cilindro vascular que la conduce hacia el tallo. **(González 2007)**

Otro de los factores significativos es el ambiental. La relación es directa de la misma manera que la vida de la planta depende enteramente de las raíces, las raíces dependen del suelo, ya que de éste obtienen el agua y los nutrientes. Con respecto al ambiente en el que se desarrolla la planta, factores como la temperatura del suelo, la aireación y la cantidad de agua disponible y accesible son elementales. En lo que

respecta a la cantidad de agua suministrada al suelo, el déficit de ésta y por consiguiente el estrés de la planta afecta su fisiología vegetal (Pineda et al., 2003).

Por tal motivo, el uso de los hidrogeles gracias a sus características de absorción y liberación controlada, los han podido aplicar para resolver diferentes problemas en el área de la agricultura. Sin embargo, la intensificación de los cultivos como por ejemplo los realizados en arenados bajo invernadero o de alta rotación al aire libre, han venido a obligar el desarrollo de productos más eficaces para este segmento de actividad. En este caso se trata del producto con la tecnología medioambiental. **(González 2007)**

1.3. Influencia del hidrogel en las propiedades físicas del suelo.

1.3.1 Porosidad

La porosidad del suelo es el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo, distinguiéndose en el suelo otras características las cuales son: la porosidad, distribución o porcentaje de diferentes rangos de diámetros de poros y la relación promedio entre la longitud real y la distancia entre los extremos de los poros **(Gavande, 1979; Luthin, 1979), citado por Estrada 2013.**

Wallece et al., (1986), citado por Estrada (2013) señalaron que el hidrogel favorece a la estabilidad coloidal, permitiendo esta al suelo tener mayor capacidad de distribución del agua, así como una mayor penetración y retención de mayor volumen de agua en la estructura de los suelos incluso de los arenosos, la actividad dependerá directamente de ciertas condiciones del suelo tales como: contenido de arcilla, materia orgánica, sales solubles, pH entre otras.

1.3.2 Aireación

El efecto de la aireación del suelo en el crecimiento de las plantas, generalmente comprende el efecto sobre los constituyentes del suelo y efectos directos en las condiciones fisiológicas de las plantas. La adición sobre los mejoradores físicos del suelo como los hidrogeles, tienen efectos benéficos sobre los constituyentes del suelo **(Wallace y Colette, 1984), citado por Estrada (2013).**

La aireación es producida por un espacio poroso vacío que existe entre los gránulos del gel después de que estos son hidratados, sin embargo esta propiedad puede ser afectada así como el contenido de humedad retenida, debido a la degradación del gel por la constante hidratación-deshidratación del medio que lo contiene (Wallace, 1988; Taylor y Helfacre, 1986); la aireación está relacionada directamente con las propiedades físicas del suelo siendo inversamente proporcional al contenido de humedad de este y directamente proporcional al volumen (**Bugbee y Frink, 1986**), **citado por Estrada (2013)**.

1.3.3. Infiltración

La infiltración es otra de las propiedades que se ve beneficiada con la incorporación de geles en el suelo, esto debido a la estabilidad coloidal, permitiendo esto al suelo tener una capacidad mayor de distribución del agua, así como una mayor penetración y retención de mayores volúmenes de la misma (Mitchell, 1986); el incremento en la velocidad de infiltración se debe a que existe un incremento en el espacio poroso total y dicha infiltración es proporcional al cuadrado del diámetro de los poros del suelo (**Wallace et al., 1986**), **citado por Estrada (2013)**.

Sin embargo a ciertas dosis de hidrogel se reduce la velocidad de infiltración debido a que el gel retiene una mayor cantidad de agua, lo cual provoca una lentitud en el flujo vertical de la misma produciendo esto una mayor saturación del medio y en consecuencia una menor aireación.

1.3.4. Influencia del hidrogel en la retención de humedad del suelo.

Lishtvan et al., (1986), citado por Estrada (2013). Reportaron que el incremento en el contenido de humedad influye en la periodicidad del riego, alargando los intervalos de riego, además de que no afecta la actividad biológica del suelo. (Wallace, et al., 1982), reportaron que el hidrogel interviene directamente en la nutrición de las plantas puesto que existe un mejor intercambio iónico suelo-planta.

Evans et al., (1990), citado por Estrada (2013), señalaron que los polímeros pueden absorber grandes porciones de agua destilada (tanto como 1000 veces su

peso) pero las aplicaciones en campo muestran que la hidratación excede raramente 400-500 veces su peso debido al nivel de salinidad en la mayoría de las fuentes de agua. Como la concentración de los iones se incrementa la cantidad de hidratación del polímero disminuye.

1.4 Ventajas del Uso de los Hidrogeles en la Agricultura

Son muchas las ventajas del uso de los hidrogeles en la agricultura como pueden ser retención y disponibilidad de agua, infiltración, aireación, floculación, permeabilidad, reducción de la compactación, número y tamaño de agregaciones, tensión del suelo por el agua disponible, prácticas de manejo de agua, contenido bacteriano y de micro flora del suelo, beneficios para la planta, incrementa en un 25% la capacidad germinativa de la semilla, mayor desarrollo vegetativo del cultivo, reducción de mermas en granos y semillas, abastecimiento de los nutrientes, nitrificación del suelo, reducción de clorosis por falta de hierro, reducción del uso de pesticidas (herbicidas y fungicidas), absorbe fertilizantes solubles y los libera paulatinamente, absorción osmótica de nutrientes y de agua por las plantas, incremento del rendimiento en la cosecha (de 25 a 40%, dependiendo del tipo de cultivo), (<http://demexcorp.com/bidrogel.html>).

El desarrollo científico de los últimos años ha permitido incorporar tecnología de punta en el campo para superar la dependencia de las condiciones climáticas, con el objeto de obtener una buena cosecha y reducir los costos de producción. Las estadísticas señalan que en la actualidad el 80 por ciento del agua de la nación es utilizada con fines de riego agrícola; sin embargo, apenas se aprovecha la mitad de estos recursos y lo demás se desperdicia en su flujo natural hacia los mantos freáticos o la evaporación. Un hidrogel agrícola con base en polímeros acrílicos compatibles con agua para uso en el campo, es una gelatina capaz de retener agua a razón de 300 veces su peso, lo que le permite contener fertilizantes y nutrientes para la planta: "se entierra junto con las semillas y las provee constantemente de los elementos necesarios para lograr su buen desarrollo", con el método tradicional de siembra, la mayoría de los nutrientes y abonos que acompañan a la planta se filtran directamente

al subsuelo y lo contaminan; a causa de esta pérdida, hay que agregar grandes cantidades de insumos, lo que eleva el costo de producción. Con el uso del hidrogel, al evitar estos gastos, éste se torna autofinanciable y su vida útil puede ser muy amplia si se le aplica el mantenimiento adecuado.

Después de un año sólo hay que reponer un 20 por ciento más del hidrogel; si las condiciones climáticas no fueron extremas, en la siguiente temporada puede que no sea necesario agregar nada. Las pruebas de campo han demostrado que al utilizar la gelatina las cosechas aumentan hasta en un 30 por ciento en relación con el método tradicional y con mayor calidad. La efectividad del hidrogel se da en la reforestación, en la que normalmente el 80 por ciento de los árboles que son plantados se secan, pero al utilizar el hidrogel, los porcentajes se invierten y sólo se dan pérdidas en un 20 por ciento. Primeras investigaciones sobre estos productos se llevaron a cabo en Israel, donde ya es posible sembrar en el desierto gracias a este sistema (**González 2007**)

1.4.1 Retención del Agua en el Suelo por la Acción de los Hidrogeles

Los hidrogeles poseen la propiedad de captar agua en cantidades considerables aumentando así su volumen, sin disolverse y manteniendo su forma blanda y elástica; siendo capaces posteriormente de cederla; sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los polímeros que absorben agua son iguales, aunque su aspecto sea muy parecido. Su estructura química, la estructura física de su red y la densidad de ésta pueden variar mucho y afectar a la capacidad de absorción y liberación de agua.

Debido a la propiedad de absorción y liberación de agua, estos materiales pueden mejorar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. En esta figura se representa la retención del agua en el suelo por la acción de los hidrogeles y de esta forma se consigue aprovechar mejor el agua de la lluvia, la que ya no se pierde tan fácilmente por filtración o por evaporación, haciendo al suelo más productivo.

Los hidrogeles se usan para recuperar terrenos de cultivos que han sido abandonados o son poco fértiles porque se han empleado de forma muy extensiva. También se suelen mezclar con abonos, ya que proporcionan una reserva de agua para las primeras fases más difíciles de adaptación en la reforestación. Por otro lado, al poderse incorporar fertilizantes en la estructura del hidrogel, el cual puede liberarlos gradualmente que los productos químicos aplicados al cultivo se pierdan por lixiviación o lavado y por lo tanto se genere un ahorro en su uso, así como una reducción en la contaminación ambiental. (**González 2007**)

Sayed y colaboradores (1991), citado por González (2007) estudiaron, el efecto del hidrogel de poliacrilamidas en varios cultivos hortícolas, en condiciones de sustratos salinos, los cuales presentaron aumento de peso en materia seca de las plantas, en área foliar, savia, color de clorofila, clorofila de carotenoides; actividad fotosintética, total de aminoácidos, prolina y proteína total, comparado con los resultados del cultivo en arena. Los mismos autores afirman que el polímero es altamente eficiente para ser usado como acondicionador del suelo principalmente en la horticultura, ya que en él aumenta la tolerancia de las plantas y las condiciones de los sustratos arenosos y salinos.

Azevedo (2000), citado por González (2007) estudió la eficacia del hidrogel de poliacrilamidas en el abastecimiento de agua para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), Aplicando el hidrogel en la parte inferior de la planta de café con el propósito de evaluar su eficiencia. Las pruebas se realizaron en un invernadero en el cual las plantas del semillero presentaron mejoras significativas en la altura de las plantas, materia seca de la parte aérea y materia seca de la planta, pudiendo así mismo afirmar que la presencia del hidrogel en la capa inferior permite ampliar los intervalos de irrigación, sin el compromiso del crecimiento de la planta por el déficit del agua; además, entre menor sea el abastecimiento de agua, mayor será la importancia del hidrogel.

Al tener la propiedad de absorción de agua, el uso del hidrogel en la agricultura es muy benéfico, debido a que al ser utilizado en la forma correcta, el hidrogel retiene el

agua por mucho más tiempo en el suelo, proporcionando de esta manera a las plantas la humedad que estas requieran para su desarrollo; de esta manera liberan a la planta del estrés hídrico que pueda tener en periodos de sequía y evitando pérdidas económicas para el agricultor. El producto también mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación.

En cultivos masivos se obtienen muy buenos resultados, ya que en el proceso de floración, etapa en la que la planta necesita mayor humedad para generar mayor rendimiento del cultivo (envainamiento, macollamiento, etc.), con el uso del hidrogel en período de escasez de lluvias se alivia a la planta del estrés hídrico. Consecuentemente, la calidad de los cultivos de semillas, granos, tubérculos y hortalizas se ven beneficiados.

1.4.2 Disminución de la Lixiviación Nutritiva

La adición de hidrogeles en la tierra optimiza la disponibilidad del agua, reduce las pérdidas por infiltración, lixiviación de nutrientes, mejora la aireación y el drenaje de la tierra, acelerando el desarrollo del sistema a radicular y la parte aérea de las planta como se representa en la. En esta figura se ejemplifica el comportamiento de la planta al aplicar hidrogel, mientras que en ausencia del mismo, los nutrientes tienden a lixivarse. (**González 2007**)

Fry y Butler 1989, han reportado que el uso de hidrogeles de poliacrilamidas aumenta la cantidad de humedad disponible en la zona de la raíz, permitiendo el manejo de intervalos más largos entre las irrigaciones. Debe ser precisado que los polímeros no reducen la cantidad de agua usada por las plantas. La capacidad del agua depende de la textura del suelo, del tipo de tamaño del hidrogel y de la partícula (polvo o los gránulos), de la salinidad de la solución del suelo y de la presencia de iones. Las poliacrilamidas reticuladas absorben hasta 400 veces su peso en agua y liberan un 95% del agua que 20 conservan dentro del gránulo a las plantas crecientes. Sin embargo, la capacidad de retención del agua cae notoriamente en los sitios en donde la fuente del agua de la irrigación contiene altos niveles de sales disueltas o en

presencia de las sales del fertilizante (Wang y Gregg 1999). La cantidad de agua retenida por el hidrogel también es afectada de manera contraria por los productos químicos o los iones (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+}) presentes en el agua. Johnson (1984) sugirieron que estos cationes bivalentes desarrollan fuertes interacciones con los hidrogeles y pueden desplazar las moléculas de agua atrapadas dentro del polímero, aun cuando los cationes monovalentes (Na) pueden también substituir las moléculas de agua.

El uso del hidrogel conduce a la eficacia creciente del uso del agua puesto que se captura el agua que se lixivia más allá de la zona de la raíz. Durante días calurosos, los pelos absorbentes del sistema radicular se secan y la planta entra en estrés; entonces la mayor parte del agua que se encuentra cerca del sistema de la raíz provoca que la planta entre en tensión. A medida que aumenta la cantidad de humedad disponible, los hidrogeles ayudan a reducir la tensión del agua en las plantas dando por resultado el funcionamiento del crecimiento de la planta (**González 2007**).

Los hidrogeles de poliacrilamidas pueden reducir la lixiviación del fertilizante como son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK). Esto parece ocurrir con la interacción del fertilizante con el polímero. Los fertilizantes de NPK aplicados directamente en los geles reticulados de poliacrilamida, están recibiendo cada vez más atención a nivel de la investigación. La poliacrilamida reticulada también se está considerando como portador potencial para los insecticidas, los fungicidas y los herbicidas.

Mikkelsen y colaboradores (1993) citado por **González (2007)**, desarrollaron estudios para determinar si la adición de polímeros gelificadores, hidrofílicos a las soluciones del fertilizante de nitrógeno podía reducir la pérdida por lixiviación y aumentar el crecimiento de las plantas. En un estudio a nivel laboratorio se evaluó una solución de nitrato de amonio, urea líquido nitrogenado (UAN, el 32% N) mezclados con un hidrogel de poliacrilamidas en tres concentraciones. El hidrogel se aplicó en un suelo arenoso y se sometió a la lixiviación durante seis semanas. Las pérdidas por lixiviación de nitrógeno se redujeron en un 45% durante las primeras cuatro semanas debido a la presencia del hidrogel. En estudios a nivel de campo en el cultivo de gramíneas, aplicando el hidrogel adicionado con fertilizantes la lixiviación

de nitrógeno, observando que ésta se redujo en un 26%, 16% y 7% para las primeras cuatro semanas. Cuando se aplicó UAN junto con el hidrogel, la acumulación de nitrógeno aumentó en un 40%. La pérdida por lixiviación de nitrógeno se logró reducir temporalmente y hubo recuperación en la planta con el uso de hidrogeles de poliacrilamida.

1.4.3 Aprovechamiento de los Nutrientes

El agua no es un factor limitante en la matriz del suelo al agregar hidrogeles, pero con la adición del hidrogel, la disponibilidad de nutriente puede convertirse en el factor limitante para el crecimiento vegetal (Wallace y Abouzamzam, 1986; Wallace y Wallace, 1990). Los polímeros hidrofílicos, sin embargo, tienen la capacidad de incrementar el crecimiento vegetal cuando los nutrientes se incorporan en la matriz del hidrogel. McGrady y Cotter (1987) agregaron fósforo al hidrogel y observaron un aumento en el crecimiento de la planta de chile pimiento (*Capsicum annuum*). Finch-Savage y Cox (1982) agregaron el fosfato de sodio al hidrogel y observaron un aumento significativo en el crecimiento de la planta de lechuga y cebolla. El tamaño del bulbo adulto del *Allium* sp. (Cebolla) no desarrolló pero el promedio de *Lactuca sativa* (lechuga) sí incrementó. El incremento fue por la accesibilidad de los nutrientes disponibles en el agua.

Taylor y colaboradores, (1986) citado por González (2007), muestreó el lixiviado del suelo al incorporar el hidrogel y encontró que tenía conductividad eléctrica baja, indicando que el hidrogel conservó la mayor parte de los fertilizantes y las sales adheridos a la matriz del suelo del árbol *Ligustrum lucidum* (trueno), establecido por mucho tiempo sin irrigación, cuando los hidrogeles fueron agregados, los niveles de nitrógeno y de potasio aumentaron considerablemente en el tejido de la planta, sin embargo fueron deficientes en calcio, magnesio y hierro (cationes bivalentes). Bajo ciertas circunstancias, la adición de los hidrogeles proporciona poca influencia en el funcionamiento de la planta, especialmente cuando tienen cantidades altas de sales y fertilizantes que están presentes.

1.4.4 Mejora en la Disponibilidad del Agua a las Plantas

Cuando las plantas necesitan agua y nutrientes, los absorberán sin dificultad de las reservas almacenadas en los hidrogeles. Cuando nuevamente se riegue o llueva, los hidrogeles se volverán a cargar de agua evitando su pérdida por filtración y/o evaporación. De esta forma se pondrá nuevamente a disposición de las plantas una gran reserva de agua y nutrientes. Este proceso se repetirá durante muchos años hasta que el hidrogel pierda sus propiedades fisicomecánicas y mientras esto ocurre proporciona los siguientes beneficios: (<http://demexcorp.com/hidrogel.html>).

- ✓ La aplicación de hidrogeles mejora la disponibilidad del agua a las plantas presentando los siguientes beneficios.
- ✓ Un mejor y más rápido desarrollo radicular de la planta debido a una mayor porosidad, aeración, esponjamiento.
- ✓ Autorregulación del consumo de agua por las plantas mismas gracias al sistema de retención de agua de los polímeros hidroabsorbentes, evitando el estrés hídrico que sufrirían ante una falta de riego o una prolongada sequía.
- ✓ Un mejor y más profundo arraigo de las raíces.
- ✓ Una mayor absorción de los nutrientes por la mayor masa radicular, lo cual producirá plantas más vigorosas y que soportarán mejor las inclemencias del tiempo y las enfermedades.
- ✓ La planta tiene una fuente de agua prácticamente a su disposición gracias a la gran capacidad de filtración que tienen los polímeros hidrófilos al absorber el agua.
- ✓ Mejor crecimiento de las raíces, foliación y formación de biomasa por los estimuladores de crecimiento.

Los hidrogeles actúan almacenando el agua alrededor de las raíces asegurando que estas tengan la humedad suficiente, evitando así que las raíces se sequen. De la misma manera aumenta el crecimiento de las plantas transplantadas, al disminuir el "estrés hídrico" que sufren en este procedimiento, aumenta la supervivencia de las plantas al permitirles sobrevivir a los períodos de "estrés" producidos por sequía o trasplantes. Se utiliza en raíces de plantas y árboles para ser transportados

disminuyendo el riesgo de "estrés", permiten el crecimiento en los meses secos y cálidos del año.

1.4.5 Ventajas en el Riego con el Uso de los Hidrogeles

Cuando los cultivos poseen las condiciones óptimas de humedad, aireación, temperatura, etc., su rendimiento es más elevado. Con el uso del hidrogel se pueden reducir los ciclos de riego de un cultivo debido a que la fluctuación de humedad en la zona radicular de los cultivos es más lenta, ya que se genera un stock de agua disponible para el cultivo. Con respecto a la aireación y retención de agua, más de 90% de la humedad absorbida por los cristales del gel se encuentra disponible para la planta. En mezclas con sustrato no hay otro componente que retenga esta cantidad de agua y lo proporcione lentamente a la planta. A consecuencia de la expansión y contracción de los cristales de hidrogel, se logra separar las partículas del suelo, abriendo y descompactando el sustrato, permitiendo la aireación que necesita el suelo para poder tener los nutrientes necesarios para la planta para lograr un uso de agua más eficaz (**González 2007**).

Los suelos arcillosos, por ejemplo, retienen una gran parte del agua, pero menos de la mitad de ésta está disponible para las raíces. Con el hidrogel más del 90% del agua retenida está disponible para las raíces, el hidrogel es súper absorbente y funciona en cualquier tipo de suelo. En diversos estudios se ha demostrado que se puede cultivar directamente en el hidrogel sin usar tierra o sustrato.

Nissen y Hoffmann (1998), citado por González (2007) estudiaron el efecto de cuatro diferentes manejos hídricos sobre la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* D.), para ello se utilizó un acondicionador del suelo (hidrogel de poliacrilamidas) en dos dosis (100 y 50g hidrogel/m²), comparado con un tratamiento con riego por goteo y un testigo con el fin de medir parámetros de productividad. Los mayores rendimientos se obtuvieron con hidrogel aplicado al suelo y con riego. Los tratamientos con hidrogel no tuvieron diferencias significativas entre sí (2.968 y 2.538 kg/ha para 100 y 50 g hidrogel/m², respectivamente), pero sí con el testigo, el cual produjo sólo 1.094 kg/ha. El factor que marcó la diferencia entre los

rendimientos obtenidos con riego y los que llevaban hidrogel fue el número de cosechas realizadas, las cuales fueron 17 usando riego, 11 con hidrogeles y sólo 9 cosechas en el testigo sin riego. De igual manera se observó que las plantas tratadas con el hidrogel presentaron los frutos más grandes comparados con los otros tratamientos.

1.4.6 Uso Eficiente de Fertilizantes

El hidrogel al absorber el agua que contiene fertilizantes, libera estos fertilizantes paulatinamente con el suelo, lo mismo sucede con otros componentes solubles en agua, esta propiedad del hidrogel puede resultar en grandes ahorros de costos para el agricultor, siendo esta opción más económica que otros sistemas tradicionales de liberación lenta de fertilizantes ya que éste queda encapsulado en el hidrogel y los suministra a la planta en forma periódica.

Mikkelsen y colaboradores (1995), citado por González (2007), analizaron el efecto de la aplicación del hidrogel de la poliacrilamida en la recuperación de la planta con los fertilizantes comúnmente usados como el manganeso en la soya (*Glycine max* L. Merr). Se usaron cuatro fuentes del manganeso MnO, MnSO₄ 4H₂O, MnCl₂ y MnEDTA junto con el hidrogel, la acumulación del manganeso de la hoja aumentó en promedio el 89%. La acumulación del manganeso en la planta fue mayor, así como abundantes raíces en comparación con el tratamiento que no se le proporcionó hidrogel. En conclusión el uso de polímeros hidrofílicos ayudan a la recuperación en las plantas y pueden disminuir el uso del magnesio o hacer las aplicaciones menos frecuentes.

1.4.7 Aumento en la Capacidad de Intercambio Catiónico

En ausencia de hidrogel, el suelo se seca rápidamente, impidiendo el proceso de germinación. El líquido en el cual el hidrogel se hincha suele tener, a menudo, sales disueltas. Su naturaleza y cantidad depende de la composición del estrato, el grado de salinidad, el tipo de agua o incluso de los fertilizantes que se hayan utilizado.

Generalmente los componentes mayoritarios suelen ser cationes alcalinos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) y aniones como Cl^{-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} . Hay que tener en cuenta que los electrolitos disueltos ejercen una gran influencia en el grado de hinchamiento del hidrogel. Esto hace necesario emplear una cantidad mayor de hidrogel, lo que implica una disminución del rendimiento económico del proceso.

Los hidrogeles absorben por proceso físico agua y la almacenan de forma que las raíces de las plantas la puedan absorber a través de los pelos radicales, en condiciones de sequía los hidrogeles ayudan a disminuir el proceso de secado de la raíz y permiten que las plantas sobrevivan en condiciones áridas o semiáridas. Los hidrogeles aumentan el crecimiento lateral de las raíces pero tienen un efecto neutro en el comportamiento de las raíces individuales. Algunos hidroretentores son capaces de actuar como proveedores de nutrientes, disminuir el ajuste de fosfatos y la lixiviación de los nutrientes como el potasio, magnesio y nitratos.

Bres y Weston (1993) citado por González (2007) aplicaron 0.88 g de nitrato de amonio con diferentes tipos de hidrogeles con base de poli(acrilamida). Las dosis fueron de 1.0, 2.0 y 3.0 kgm³ de hidrogeles en un plantío de tomate, mostraron que la retención de agua aumentó en forma lineal con el uso del gel. Un total de 67% de nitrógeno aplicado en forma de amonio estaba retenido por el hidrogel y para el nitrógeno en forma de nitrato, la retención fue de 4% del total aplicado, independientemente del tipo de polímero usado. Esta diferencia puede estar relacionada con el potencial de carga negativa o la capacidad de intercambio catiónico del polímero.

Tittonell y colaboradores (1999) citado por González (2007) evaluaron la capacidad de los hidrogeles en la producción de plantíos de pimiento. Un hidrogel a base de un copolímero de propenamida-propeonato se adicionó a sustratos preparados con y sin materiales compostados y a un sustrato comercial. Se caracterizó el comportamiento del mismo a través de la tasa de crecimiento y características cualitativas de los plantíos. La adición del hidrogel al sustrato permitió mejorar la precocidad, uniformidad y tamaño de plantines de pimiento, especialmente en las

mezclas carentes de compostados. En dichos tratamientos, la tasa de crecimiento aumentó principalmente como consecuencia de un mejor desarrollo foliar, ya que la tasa de asimilación no fue afectada significativamente en todos los casos. La relación vástago/raíz no fue afectada favorablemente por la adición del hidrogel y dependió más del tipo de sustrato empleado. Mediante la adición del polímero los parámetros de calidad del plantío mejoran, ya sea por una mayor retención hídrica, por una mayor capacidad de intercambio iónico, o por ambas razones.

Mayor grado de automatización en las labores de vivero

- Menor demanda de mano de obra.
- Mayores rendimientos operacionales.
- Menor costo de producción de plantones.
- Menor consumo de sustrato.
- Mejores condiciones de higiene para los plantones.
- Menor costo para el transporte de plantones.
- Menor demanda de obra en operaciones de plantación.

1.5 Efectos del Hidrogel

La aplicación de hidrogeles en el suelo trae como consecuencia los siguientes efectos que se describen a continuación:

1.5.1 Efectos del Hidrogel sobre la Transpiración de la Planta

La transpiración de las plantas puede ser afectada por el uso de los hidrogeles, ya que estos aumentan potencialmente la disponibilidad del agua; Specht y Harvey-Jones (2000) observaron un incremento en el consumo del agua y en la actividad de estomas en *Flindersia brayleana* (Arce de Queensland), *Dysoxylum muelleri* (Caoba de Miva), *F. australis* (*Flindersia australis*), *Eucalyptus grandis* (eucalipto rosado), y *Grevillea robusta* (Roble australiano o pino de oro) cuando el hidrogel fue incorporado dentro del medio. *Flindersia brayleana* y *Dysoxylum muelleri* mostraron un incremento en la biomasa de la planta asociado con el aumento de la transpiración y la absorción de dióxido de carbono, mientras que *F. australis* y *Grevillea robusta*

(especies tolerantes a la sequía) no aumentaron significativamente. En este estudio se observó también que en plantas tolerantes a sequía el porcentaje de transpiración aumentó cuando los hidrogeles fueron adheridos al medio, pero en el crecimiento de las plantas la diferencia fue mínima comparada con el medio exento de hidrogeles. Ingram y Yeager (1987) encontraron en *Ligustrum japonicum* (trueno del Japón) un aumento en el consumo del agua, pero el peso seco de la planta disminuyó.

Los hidrogeles reducen los efectos de las sales en la matriz del suelo, aunque limitan la capacidad de carga en el agua. La salinidad en los suelos afecta el crecimiento vegetal por la inhibición osmótica del agua, el desequilibrio de los nutrientes es causado por la gran cantidad de sales y los efectos tóxicos por las altas concentraciones en el suelo. **(Bautista 2018)**.

El contenido excesivo de sales, puede impedir el crecimiento y causar deformidad en las hojas hasta ocasionar la muerte en ciertas plantas, especialmente en cultivos hortícolas. La incorporación de los hidrogeles dentro de un medio donde el contenido de sales era alto, incremento la vitalidad de la planta.

Sayed y colaboradores (1991), citado por **Bautista (2018)** Mencionan que el tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pepino (*Cucumis sativus*) no sobrevivieron a concentraciones de 8,000 ppm de sal y en suelo arenoso y la lechuga (*Lactuca sativa*) no sobrevivió a más de 4,000 ppm de sal. Sin embargo, cuando el hidrogel fue incorporado a este suelo, las tres especies sobrevivieron a concentraciones de 32,000 ppm de sal, siendo mejores que en sustratos de arena que no contienen sal. Los hidrogeles pueden también reducir las fluctuaciones de temperatura en el suelo, u Boatright *et al.*, (1997) observaron que al agregarle hidrogeles al suelo la temperatura de éste fue menor. Roule (1992) indicó que el uso de los hidrogeles puede mantener una temperatura estable para las raíces en épocas calurosas del verano.

1.5.2 Efectos de la Presencia de Micorrizas al Incorporar Hidrogel en las Plantas

La asociación de micorrizas en las raíces de las plantas ha reportado que pueden reducir índices de transpiración en las plantas. Las micorrizas son hongos simbióticos

asociados con las raíces de las plantas que ayudan a la absorción de los nutrientes en las mismas. En este estudio realizado *Rosa multiflora* (rosal trepador) con reducción de riego en contenedores se observó que el aumento de la transpiración incrementó con la incorporación de los hidrogeles, pero el porcentaje de transpiración disminuyó cuando las micorrizas (*Glomus mosseae*, y *G. fasciculatum*) fueron incorporados con los hidrogeles. El uso de los hidrogeles puede ser benéfico para aumentar la inoculación de las raíces con micorrizas una vez que se disminuye el pH a 5.5 y 6.0 **(Bautista 2018)**.

En otro caso, se encontró que el uso de un hidrogel a bajo pH era un buen portador para la inoculación de micorrizas en sistemas aeropónicos, pero no ayudó a la germinación de las esporas de micorrizas.

1.5.3 Efecto de los Hidrogeles en el Semillero, Trasplante y Establecimiento de las Plantas.

Los Hidrogeles han sido utilizados en el campo, para el establecimiento y la producción de cultivos anuales y perennes. Las plantas instaladas en medios con hidrogeles han tenido diversas respuestas. Por ejemplo, las plantas que requieren más humedad son las más beneficiadas al adicionar los hidrogeles, pero pueden ocurrir respuestas negativas al ser utilizados en ambientes que son naturalmente húmedos. Las plantas pueden requerir diferentes cantidades de hidrogel dependiendo del estado fisiológico de la planta.

El hidrogel puede mejorar el crecimiento y el establecimiento de las plantas del semillero aumentando su capacidad de retención del agua de los suelos y regulando los abastecimientos de agua disponibles de las plantas, particularmente bajo ambientes áridos. (Akhter, 2004) estudió los efectos del hidrogel en tres especies de plantas: cebada (*Hordeum vulgare L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y garbanzo (*Cicer arietinum L.*). La absorción del agua por el hidrogel es rápida (sólo inhibida por el aumento en la salinidad del agua). La adición de 0.1, 0.2 y 0.3% de hidrogel aumentó la retención de la humedad en la capacidad del campo lineal ($r = 0.988$). La germinación de la semilla de trigo y de cebada no cambió pero, el crecimiento de la

planta en almácigo de ambas especies fue mejorado mediante la aplicación del hidrogel. La germinación de la semilla del garbanzo fue más alta en un 0.2%.

Los hidrogeles se han utilizado en almácigos y para el trasplante en regiones áridas de África y Australia para un mejor acondicionamiento. En estudios realizados encontraron que las especies de árbol menos tolerantes a la sequía tenían una respuesta mucho más favorable con la incorporación de hidrogeles. *Flindersia brayleana* y *Dysoxylum muelleri* aumentaron sus pesos secos totales cuando los hidrogeles fueron incorporados en el sustrato, mientras que las especies tolerantes a la sequía como: *Flindersia australis* y *Grevillea robusta* no mostraron ningún efecto significativo en el peso seco total (Specht y Harvey-Jones, 2000). En Sudán plantaron eucalipto (*Eucalipto microtheca*) incorporando hidrogeles de poli(acrilamidas) (PAM) y polivinilalcohol (PVA) en suelos arenoso (Callaghan *et al.*, 1989). Al inicio, los ensayos se establecieron en ausencia de la irrigación, comparado la supervivencia que existió entre los que se les aplicó riego y los que se les incorporo hidrogeles, con lo cual demostraron que al aplicar hidrogel el índice de supervivencia fue mejorado al doble comparado con los de riego. En cantidades reducidas de riego, el porcentaje de supervivencia fue de 1.4 a 1.6 veces mejor con aplicación de hidrogel. Al aplicar el riego se redujo el estrés en el trasplante. Pero cuando se les quito el riego únicamente por seis días todas las plantas del almácigo murieron, mientras las que fueron tratadas con hidrogel el índice de supervivencia fue de 57% a 71% (**Bautista 2018**).

En estudios efectuados con *Pinus halepensis* se observó el aumento de la sobrevivencia en un 0.4% en los suelos que se les aplico hidrogel comparados con los que no fueron tratados con hidrogel. El hidrogel también prolongó la disponibilidad de agua para el uso de la planta cuando la irrigación fue suspendida. Las plantas tratadas con hidrogel comenzaron a morir hasta el día 19, mientras que a las plantas que no se les adhirió el hidrogel murieron después del día 5 cuando el riego fue suspendido (**Bautista 2018**).

En almácigos de *Pinuspenea*, las plantas sobrevivieron de 1.4 a 2.0 veces más con el uso de los hidrogeles comparados con tratamientos sin hidrogeles en la producción de

campo (Save *et al.*, 1995). El *Pinus halepensis* también había aumentado el crecimiento de las raíces adventicias junto con masa total de la planta cuando el hidrogel fue agregado a los medios (Huttermann *et al.*, 1999), observaron que el follaje de las plantas del *Photinia x fraseri* respondieron en un incremento de materia seca a la incorporación de hidrogeles en los medios.

Los hidrogeles generalmente tienen efecto en el establecimiento de la planta, con grandes beneficios para las plantas que requieren humedad en condiciones secas. *Festuca arundinacea* fue beneficiada al aplicar hidrogel al suelo donde iba a ser establecida. El suelo requirió cantidades grandes de hidrogel (mayor al 1 % del volumen del suelo) para alcanzar una respuesta benéfica del *F. arundinacea* en medios de invernadero, los autores concluyeron que se necesitan cantidades mayores para obtener los mismos resultados al aire libre que en invernadero.

La incorporación de hidrogeles dentro de medios de arena para tomate (*Lycopersicon esculentum*), lechuga (*Lactuca sativa*), rábano (*Raphanus sativa*), y trigo (*Triticum aestivum*) incrementaron su peso seco y tardaron más en marchitarse al suspenderles el riego, en tanto que. *Pyracantha coccinea* (espino de fuego) y *Rhododendron sp.* (Azalea) sobrevivieron por más tiempo e incrementaron el peso seco cuando el hidrogel fue aplicado al medio. (Bautista 2018)

1.5.4 Habilidad del Hidrogel para Modificar las Características del Suelo

Los hidrogeles pueden modificar las propiedades del suelo, puesto que ellos absorben a menudo, muchas veces su peso en agua, especialmente en suelos secos donde las cantidades de agua son escasas. La potencialidad de los hidrogeles influye en la velocidad de infiltración, la densidad, la estructura del suelo, la compactación, la textura del suelo y la velocidad de evaporación, los cambios a las características del suelo pueden ser permanentes o temporales, dependiendo de las situaciones en las cuales se utilizan los hidrogeles.

1.5.5 Efectos residuales de hidrogel

Jasso y Plascencia (1992) citado por (Cárdenas 2013), señalan que los retenedores al ser aplicados al suelo no se consideran contaminantes del ambiente, debido a las siguientes características:

- Poseen un pH neutro.
- No es tóxico, ni contamina el suelo, agua u organismos.
- En su descomposición no hay residuos tóxicos.
- No es volátil y es biodegradable.

1.6 Tipos de hidrogel para plantas

1.6.1 Poli Acrilato de sodio:

El Poli Acrilato de Sodio (PAS) son los polvos que usan los pañales de los bebés y tienen una gran capacidad de absorción de agua. Utilizados en muchos casos para agricultura, tiene algunas retenciones por la liberación del ion sodio.

1.6.2 Poli Acrilato de potasio:

El Poli Acrilato de Potasio (PAP), es el material al que nos referimos aquí cuando hablamos de hidrogel, ya que es un material para su uso en plantas. Es llamado en ocasiones también acrilato de potasio o lluvia sólida.

1.6.3 Poli Acrilamida:

La Polo Acrilamida (PA) es un polímero absorbente y además es un floculante de líquidos. Es algo menos absorbente que los poliacrilatos pero es utilizado también en ocasiones en agricultura.

<https://hidrogelplantas.com>.

1.7 Marcas de hidrogel

1.7.1 Hidrogel Aquaforest:

Es un retenedor de agua que cuando se incorpora en la tierra o al sustrato, absorbe y retiene grandes cantidades de agua y nutrientes si estos son solubles. A diferencia de otros productos que se hidratan Aquaforest tiene la propiedad de liberar el agua y los nutrientes que se absorbieron, esto permite que las plantas tengan agua y nutrientes

disponibles de acuerdo a su necesidad, en función de los ciclos de absorción-liberación.

Hidrogel aquaforest al contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 veces su peso es decir hasta 200 litros de agua por cada kilo dependiendo de la pureza de esta. Cuando en la tierra se empieza a perder agua y humedad, hidrogel aquaforest comienza a liberar agua de acuerdo a las necesidades de la raíz, manteniéndola siempre hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego.

El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos, viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso del agua hasta en más del 50%. Agregando hidrogel Aquaforest al sustrato o tierra se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas.

Beneficios del hidrogel aquaforest

- ✓ Evita la pérdida de la cosecha por falta de agua.
- ✓ Se puede utilizar como único sustrato para el crecimiento de las plantas.
- ✓ Absorbe fertilizantes solubles y los libera lentamente.
- ✓ Incrementa el rendimiento en las cosechas.
- ✓ Reduce la frecuencia de riego.
- ✓ Reduce la tensión de las plantas por falta de agua.
- ✓ Vida útil de los polímeros es de hasta 5 años.
- ✓ Ahorro de agua.
- ✓ Mayor resistencia al estrés hídrico.
- ✓ Ahorro de abono.
- ✓ Disminución de pérdidas por escorrentía y evaporación.
- ✓ Mejor aireación.
- ✓ Mejor calidad en las plantas.
- ✓ Incremento de la tasa de supervivencia.

- ✓ Germinación acelerada.
- ✓ Mejor y más rápido desarrollo radicular de la planta.

<https://m.facebook.com>posts>.

1.7.2 Hidrogel ZEBA®

Es un acondicionador de suelo súper absorbente, biodegradable, que no representa ninguna peligrosidad para los seres vivos y para el medio ambiente. Es un producto que se hidrata rápidamente en presencia de agua y por lo tanto se debe evitar la presencia de esta antes de su uso. Al entrar en contacto con el agua forma una estructura tipo gel.

Es un polímero de almidón súper absorbente, acondicionador de suelos único y patentado que ayuda a mejorar la calidad y rendimiento en todo tipo de cultivos, proveyendo la humedad y nutrientes necesarios para el crecimiento exitoso del cultivo, utilizando menos agua e incrementando la eficiencia y productividad del mismo. Esta nueva tecnología es basada en almidón de maíz, la cual genera un “Hidrogel” que retiene y libera agua una y otra vez, similar a una esponja debajo del suelo. Cada pequeño granulo retiene 400 veces su peso en agua, dejándola casi toda disponible para la planta en las cantidades correctas en respuesta a la demanda de la planta. **ZEBA®**, absorbe el agua naturalmente dentro de su estructura de polímero y va liberando esta agua en el suelo, al igual que los fertilizantes, los nutrientes y los productos químicos, de la misma manera como lo hace con el agua, creando un microambiente mejorado en la zona radicular de la planta, incrementando la eficiencia del suelo para captar los nutrientes, dando como resultado mejor establecimiento de la planta, reduce los síntomas de estrés del cultivo con resultados de alta calidad.

Aplicar **ZEBA®**, de preferencia en pre-siembra o post-emergencia del cultivo. Debe ser incorporado en el suelo en la preparación del terreno de siembra o el trasplante. **ZEBA®**, no debe usarse en aplicación sobre superficie sin una adecuada incorporación, dado que es importante que el producto llegue al perfil radicular de la

planta. Se puede aplicar en cualquier tipo de suelo y sustrato. Se puede mezclar con fertilizantes. Donde existan rangos de aplicación se aconseja las dosis altas en suelos ligeros y de características arenosas. **ZEBA®**, se biodegrada sin ningún daño en el suelo y se puede volver a aplicar cada vez que un nuevo cultivo es sembrado.

1.7.3 Hidrogel Stockosorb:

El hidrogel STOCKOSORB se utiliza para incrementar la retención de agua y nutrientes en suelos, actúa como reservorio de agua que libera según las necesidades de las plantas, lo que permite mejorar el desarrollo vegetal y la producción. Al entrar en contacto con el agua STOCKOSORB se hincha rápidamente creando un hidrogel que absorbe y conserva grandes cantidades de agua disponible para las plantas. Asimismo debido a su capacidad para absorber nutrientes, las pérdidas por lixiviación se ven reducidas. Posteriormente, cuando el suelo se va secando, tanto el agua como los nutrientes solubles en agua se liberan a la planta de manera uniforme, STOCKOSORB es especialmente útil en cultivos de frutales.

Ventajas

- ✓ Debido a su capacidad para retener agua y nutrientes, reduce la frecuencia de riego hasta en un 50 % y la necesidad de fertilizantes.
- ✓ Aumenta el contenido de agua disponible y reduce la lixiviación de fertilizantes.
- ✓ No pierde la capacidad de absorción-liberación de agua tras la sequía. Tras 50 ciclos de humedad-sequía la capacidad de rehidratación de este retenedor es superior al 80%.
- ✓ En nuevas plantaciones, mejora la supervivencia de los árboles tras el trasplante.
- ✓ Ayuda a reducir la compactación del suelo, generando un incremento en la tasa de infiltración del agua. Este aumento de la tasa de infiltración provoca una menor escorrentía de agua por lo que se reduce la erosión.
- ✓ Ambientalmente seguro y biodegradable.

Propiedades

- ✓ La capacidad de absorción de STOCKOSORB está determinada por la calidad del agua y el tipo de suelo (con agua destilada se alcanza la máxima tasa de absorción de hasta 250 veces su peso). En suelo varía en torno a 70-120 veces su peso.
- ✓ La tasa de degradabilidad anual de STOCKOSORB varía entre 12 y 18%, según el clima, el tipo de cultivo, la calidad del agua de riego, el tipo de fertilización y la actividad biológica del suelo.
- ✓ STOCKOSORB mantiene su capacidad de absorber y liberar continuamente durante varios años. STOCKOSORB mantiene durante un periodo de 2 a 3 años aproximadamente el 75-60% de su capacidad de rehidratación.

Instrucciones de utilización y dosificación

El hidrogel retenedor de agua Stockosorb se puede aplicar de dos formas: el producto en seco en forma de granulado, o bien el producto prehidratado.

Aplicación superficial en seco:

- Difusión solo o combinado con sustrato/semillas en la superficie del suelo.
- Incorporar al suelo hasta la zona radicular.
- Riego intensivo para activar STOCKOSORB.
- Continuar el tratamiento del suelo después de que la superficie esté lo suficientemente seca.

Aplicación en hilera en seco:

- Aplicar directamente en la hilera de plantación durante la preparación del terreno.
- Se puede aplicar solo o con abono y semillas.
- Riego intensivo para activar Stockosorb.

Aplicación en césped (hidrogel seco o hidratado):

- Introducir el producto, solo o mezclado con material orgánico, en el suelo, a una profundidad de 15/20 cm.

- Si se aplica en seco, a continuación regar intensamente.

Aplicación del hidrogel prehidratado:

- Dispersar de los gránulos en agua en una proporción de 1/80 (1 parte de retenedor por cada 80 partes de agua).
- Agitar o remover para evitar la generación de grumos.
- Una vez empiece el proceso de hinchado, esperar 30 minutos para la completa hidratación del producto.
- Mezclar con fertilizantes o cualquier otro material orgánico.
- Aplicar en dosis de 2-4 litros de hidrogel hidratado por cada 10 metros lineales. O lo que es lo mismo, 100-150 kg de producto por hectárea.

CUADRO N° 1 VIVERISMO, TRASPLANTE Y ARBOLADO

Árboles y arbustos	1-2 kg / m³ de sustrato (aplicación de hidrogel en seco)
En árboles ya plantados	Aplicación del hidrogel hidratado, mediante inyección en suelo (ayudarse de un inyector) 4 inyecciones con 2,5 litros de producto hidratado por cada m ²
Palmeras	80-400 g / ejemplar
Trasplantes	2-4 kg / m ³ de sustrato (aplicación de hidrogel en seco) 150-250 ml de hidrogel por litro de sustrato (aplicación de hidrogel hidratado)
AGRICULTURA	
Frutos rojos y bayas	40-80 gramos / arbusto

(excepto fresas)	
Otros frutos, Olivo	80-400 g / árbol
Tomate y otros vegetales	30-50 kg / ha
Patata	40-60 kg / ha
Maíz	30-50 kg / ha
Girasol	45-75 kg / ha
Trasplante de vegetales	1,25-3 g / plantón
FABRICACIÓN DE SUSTRATOS	
Sustratos y mezclas de maceta	1-3 kg / m ³
CÉSPED	
Alta escasez hídrica	70-100 g / m ² (aplicación en seco) 4 litros / m ² (aplicación de hidrogel hidratado)

1.7.4 Hidrogel Water Saber:

Información técnica

Nombre: Poliacrilamida.

Sinónimos: Polímero Supe absorbente, HIDROGEL WATER SAVER, Hostapur, Nextbar

Descripción: Corresponde a un homopolímero reticulado del ácido de acrílico parcialmente neutralizado. La neutralización se lleva a cabo con solución de hidróxido de sodio. En su forma seca el HIDROGEL WATER SAVER es un polvo granular de estructura cristalina.

En combinación con el agua el HIDROGEL WATER SAVER se hincha proporcionando una estructura tipo gel. La retención del agua es facilitada por los grupos carboxílicos negativos del polímero y de su hidratación con las moléculas de agua. Debido al entrecruzamiento entre sus moléculas, el HIDROGEL WATER SAVER es esencialmente insoluble en agua. Sin embargo, la polimerización incompleta da lugar a que una fracción de las moléculas de agua se introduzcan dentro de la red cristalina produciendo su hinchamiento y por consiguiente, su aspecto de gel.

Presentación Comercial: sacos de 20 Kg. de doble capa de papel kraft y recubrimiento interno de polietileno.

Vida Útil: El HIDROGEL WATER SAVER Polymer tiene una vida útil de 3 años, siempre y cuando se lleven a cabo buenas prácticas de manejo y almacenamiento.

Se recomienda para su almacenamiento el uso de lugares frescos, secos y ventilados. No almacenar a la intemperie. Por ser un material higroscópico, los sacos deben permanecer cerrados después de su uso. No lo exponga a la luz directa del sol

Forma De Consumo Y Consumidores Potenciales: el HIDROGEL WATER SAVER es utilizado en la industria del cuidado personal en la elaboración de pañales, toallas sanitarias y geles refrigerantes; en el sector agrícola se usa para ayudar a la recuperación de suelos en zonas áridas o semiáridas; en el sector alimenticio es usado en el transporte de alimentos perecederos con el fin de ayudar a conservar la cadena de frío.

Instrucciones Especiales De Manejo: Es un producto que se hincha rápidamente en presencia de agua y que por lo tanto se debe evitar la presencia de esta antes de su uso. Al entrar en contacto con el agua forma una estructura tipo gel. Por su carácter higroscópico debe tenerse mucho cuidado en el almacenamiento.

Características Organolépticas:

Aspecto: sólido granular.

Color: blanco.

Olor: inodoro.

Sabor: insaboro.

Características Físico-químicas:

Capacidad de absorción agua, g/g: 200 – 300.

Humedad, %: 8 máximos.

PH: 5.6-7.6.

Densidad, g/cc: 0.67-0.77.

Toxicología: no tóxico.

El hidrogel water saver es compatible con colorantes o pigmentos orgánicos aniónicos o no iónicos.

Beneficios

- ✓ Optimización la retención de agua y nutrientes de suelos y sustratos.
- ✓ Permite disminuir la frecuencia y cantidad de riego.
- ✓ Disminuye los costos de riego y fertilización.
- ✓ Evita la pérdida de nutrientes por lavado.
- ✓ Desarrolla eficientemente el sistema radicular.
- ✓ Da uniformidad a semilleros, viveros y cultivos establecidos.
- ✓ Permite el desarrollo de las plantas incluso en condiciones difíciles de suelo y clima.
- ✓ Es 100% Biodegradable.

fosep.com.co/?portfolio=portafolio3-2

1.7.5 Hidrogel con aditivos PROJAR

Hidrogel con aditivos para el aumento de la capacidad de retención de agua y mejora de las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo. Es muy eficaz para combatir la desertificación mediante la mejora de la capacidad de los suelos para retener agua y nutrientes, lo que se traduce en una mejora del arraigo, supervivencia y un desarrollo equilibrado de las plantas incluso en situaciones de sequía. El hidrogel con aditivos de Projar está indicado para el aumento de la capacidad de retención de agua y mejora de las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo o el sustrato. Está compuesto por una mezcla de polímeros de retención de agua (poliacrilamida) con fertilizante NPK 5-3-4 de liberación controlada en 3-4 meses.

Un hidrogel con aditivos que mejora la capacidad del medio de cultivo para retener agua y nutrientes, lo que se traduce en un mejor enraizamiento y un desarrollo equilibrado de la planta, incluso en situaciones de escasez hídrica. Este hidrorretenedor, además, está aditivado con un abono inteligente de liberación controlada para un periodo de 3 a 4 meses. Se trata de un fertilizante que libera los nutrientes a medida que la temperatura aumenta y la reserva nutricional disminuye.

Ventajas del hidrogel con aditivos PROJAR

- ✓ Mejora la textura y estructura del suelo o el sustrato.
- ✓ Mejora la actividad microbiana del suelo.
- ✓ Mejora el desarrollo radicular, lo que se traduce en mejor desarrollo de la parte vegetativa y mayor resistencia de la planta.
- ✓ Optimiza los recursos hídricos. Disminuye la dosis y frecuencia de riego hasta un 70%.
- ✓ Facilita un desarrollo equilibrado de la planta, aún en periodos de estrés hídrico.
- ✓ Permite reducir dosis de fertilizantes, evitando que se pierdan por lixiviación.
- ✓ Permite que las plantas puedan sobrevivir y desarrollarse en suelos o medios de cultivo degradados y con déficit hídrico.

Aplicaciones

- ✓ En agricultura, especialmente útil en cultivos frutales.

- ✓ En producción de plantas, horticultura.
- ✓ En el mantenimiento de campos deportivos: golf, fútbol, etc.
- ✓ En jardinería urbana y doméstica.
- ✓ En reforestación y revegetación de áreas degradadas.
- ✓ En agricultura, se utiliza el hidrorretenedor aditivado para mantener mejores condiciones en el suelo que permitirán un buen desarrollo vegetal y homogeneidad de la producción.
- ✓ En viverismo, en instalaciones con tecnología limitada o limitaciones de uso de agua, es un producto muy demandado. Además, la combinación de hidrorretenedor aditivado permite mantener la planta en condiciones óptimas durante más tiempo una vez ha salido del vivero: en el transporte, en el punto de venta.
- ✓ En general, un hidrorretenedor o hidrogel es útil para reducir la frecuencia e intensidad de riego o para asegurar que, en caso de incidentes, las plantas sobrevivan.

(<https://www.projar.es/.../retenedores-de-agua/hidrogel-con-aditivos-projar>)

1.7.6 Hidrogel Acua-gel®:

Los cristales Acua-gel® son un Hidrogel que absorbe agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas. El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. Agregando Los cristales™ al sustrato, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas.

Propiedades de los Cristales Acua-gel®:

- ✓ Absorbe agua cientos de veces su peso.
- ✓ Puede usarse como único sustrato para el crecimiento de las raíces.
- ✓ Reduce la presión por impactos, por ejemplo de jugadores en el césped (heridas).
- ✓ Reduce el uso de pesticidas (herbicidas, fungicidas).

- ✓ Absorbe fertilizantes solubles y los libera paulatinamente.
- ✓ Mejora el drenaje.

Cristales Acua-gel® Mejora las Características del Suelo

- ✓ Retención y disponibilidad de agua.
- ✓ Infiltración.
- ✓ Aireación.
- ✓ Friabilidad.
- ✓ Floculación.
- ✓ Permeabilidad.
- ✓ Reducción de la compactación.
- ✓ Número y tamaño de agregaciones.
- ✓ Tensión del suelo por el agua disponible.
- ✓ Prácticas de manejo de agua.

Cristales Acua-gel® Mejora las Condiciones para las Plantas

- ✓ Abastecimiento de los nutrientes.
- ✓ Nitrificación del suelo.
- ✓ Reducción de clorosis por falta de hierro.
- ✓ Reducción de los costos de producción.
- ✓ Contenido bacteriano y de microflora del suelo.
- ✓ Absorción osmótica de nutrientes y de agua por las plantas.
- ✓ Reducción del estrés durante el trasplante.
- ✓ Incremento del rendimiento.
- ✓ Aumento de sobrevivencia.
- ✓ Aumento de la vida en anaquel.

(<https://hidrogel.com.mx>)

1.8 Capacidad de retención de agua del hidrogel

Se dice que un kilo de hidrogel puede contener entre "330 y 440" litros de agua.

Tornado (2012), citado por Amanda Araceli Gómez Pérez (2014), menciona que

el hidrogel al entrar en contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 litros de agua por cada kilo (dependiendo la pureza de esta). Cuando en la tierra se empieza a perder humedad, el hidrogel comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz, manteniéndola siempre hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego. Los polímeros de hidrogel son capaces de absorber el equivalente a 100% de su peso de agua. Cuando los hidrogeles se modifican con nanotubos de carbono presentan mayor capacidad de absorción de agua comparados con los hidrogeles a los que no se les incorporó nanotubos de carbono este obtuvo un peso equivalente de hasta un 300% de su peso seco. El hidrogel sin nanotubos de carbono pierden agua de manera proporcional al tiempo de secado, en cambio, los hidrogeles modificados con nanotubos de carbono pierden agua de acuerdo a una función cuadrática del tiempo de secado. El hidrogel tiene aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. **(Amanda Araceli Gómez Pérez 2014)**

1.8.1 Utilización de hidrogel como retenedores de agua

Según **Sandoval (1998) citado por Edwin Cárdenas Alhuay (2013)**, un polímero para ser utilizado como retenedores de agua debe reunir las siguientes características:

- Estabilidad: presentar resistencia a la degradación química y biológica.
- Capacidad de almacenamiento: habilidad de almacenar agua y ponerla a disposición de la planta.
- Durabilidad: su efectividad debe ser por varios años (4 a 5 años).

1.8.2 Formas de aplicación de hidrogel

Sandoval (1998) citado por Edwin Cárdenas Alhuay (2013). Menciona las distintas formas de aplicación de retenedores de agua conocidos como hidrogel:

- Como un recubrimiento para la semilla en la germinación.
- Añadiéndolo al medio de cultivo en forma seca, expandido o hidratado.

- Distribuido seco sobre la superficie antes de plantar o sembrar.
- Como gel para el trasplante de raíces, tubérculos y semillas.
- En la plantación de árboles en las cuales los periodos de riego o lluvia sean prolongados.
- En sustratos para viveros antes de sembrar las plántulas.

Existen diferentes formas de aplicación de hidrogel en relación con los siguientes parámetros: diámetro de planta, número de hojas, peso de la planta completa, peso de la parte aérea y peso radicular. Concluyendo que en todos estos parámetros, el hidrogel produce resultados significativamente mayores cuando se aplica al suelo y en forma conjunta a la raíz-suelo.

1.8.3 Protección y almacenamiento

Para la protección y almacenamiento **Sandoval (1998) citado por Edwin Cárdenas Alhuay (2013)**. Recomienda:

- El uso de guantes durante su manejo.
- No se requiere de instalaciones especiales, es recomendable utilizar lugares secos y protegidos de los rayos solares para su almacenamiento.
- Aseo con agua y jabón después del contacto con el producto.

1.9 CULTIVO DE LA MANZANA (*Malus domestica* Borkh.)

El manzano es una planta caducifolia, que se cultiva en zonas con inviernos fríos, en la actualidad se han ampliado a áreas de clima templado o tropical. El desarrollo de nuevas variedades con menor requerimiento de frío como resultado de la investigación genética y el desarrollo de nuevas tecnologías han permitido cultivar esta fruta en zonas con invierno templado y en áreas tropicales. En las zonas tropicales se pueden obtener dos cosechas por año; la brotación y floración se consigue a través de la defoliación. (**Choque; Chavarría 2012**)

En la actualidad la superficie total estimada de manzana en Bolivia es de 495,0 hectáreas, la cual es muy reducida comparada a otros países ya que ni siquiera aparece en las estadísticas de la FAO. El volumen anual de manzana alcanza a 3145,2

toneladas, producción que no cubre ni el 20% del consumo local. El reducido volumen de producción se puede explicar por los bajos rendimientos por unidad de superficie.

Los principales departamentos que cultivan y producen manzana son Chuquisaca y Santa Cruz, seguido de Cochabamba, Potosí y La Paz. . (**Choque; Chavarría Panoso 2012**).

1.9.1 Origen

Se desconoce la genealogía exacta del manzano, aunque se cree que procede del cruzamiento y selección de varias especies de manzanos silvestres europeos y asiáticos. Se presume que lo más probable es que proceda de la especie *Malus sieversii* Ledeb cuyo origen se sitúa hace 15.000 o 20.000 años en el centro de Asia. Más precisamente en el sur de Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán y Xinjiang (provincia de China) (Gittins, 2013). Se dice que la manzana fue introducida en América tras la colonización. Ecuador fue uno de los países que cultivó el manzano a raíz de la colonia y hasta la época de los 90, constituyó el cultivo frutal más destacado para la región central (**Soria, 1992 y Pérez et al., 2001**).

1.9.2 Clasificación taxonómica del manzano (*Malus domestica* Borkh.)

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Sub división: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Sub clase: Dicotyledoneae.

Grado Evolutivo: Archichlamydeae.

Grupo de Ordenes: Corolinos.

Orden: Rosales.

Familia: Rosaceae.

Sub familia: Pomoideae.

Nombre científico: *Malus domestica* Borkh.

Nombre común: Manzano.

Fuente: Herbario Universitario T.B., 2021.

1.9.3 Descripción morfológica

El manzano pertenece a la familia de las Rosáceas, género *Malus*, especie *Malus x domestica* Borkh. Es un árbol caducifolio que alcanza una altura entre 1,5 y 7 m (dependiendo del portainjerto) y un ancho de base de 1 a 4,5 m.

La copa del árbol es globosa y el tronco bastante recto, con la corteza escamosa cubierta de lenticelas, presenta un sistema radicular extendido y relativamente profundo. (Chillo 2019)

➤ Yemas

Las yemas se forman en la axila de las hojas, extremo y base de los brotes, pueden ser de flor o de madera; las primeras son gruesas y globosas, originan flores y las de madera o vegetativas, más pequeñas, son cónicas, puntiagudas y dan lugar a los brotes.

➤ Las hojas

Las hojas salen en los brotes; son ovaladas, elípticas, lanceoladas, oblongas, lobuladas o aserradas de color verde claro en el envés y cubierto de pelos.

Estructura interna de la hoja

Las hojas intervienen en numerosos procesos fisiológicos de la planta (fotosíntesis, respiración, transpiración, etc.) (Taiz y Zeiger, 2002). Además, tienen la capacidad de asimilar elementos nutritivos, fitorreguladores y fitosanitarios (Coque *et al.*, 2012).

Generalmente la mayoría de las hojas presentan en su estructura una organización de tejidos similar, el limbo está constituido por un parénquima interno (mesófilo) recubierto por la epidermis.

El haz presenta debajo de la epidermis un parénquima en empalizada, con gran capacidad fotosintética. El envés contiene un parénquima esponjoso y las estomas que asoman por la epidermis inferior. Las estomas se encuentran principalmente en el envés en una relación de cinco a uno o menor. En la estructura interna también se localizan los haces conductores que forman las nervaduras, los cuales están constituidos por una vena central con la xilema en la parte superior y el floema en la inferior. Finalmente, en la epidermis se encuentra la cutícula, formada por una capa de cutina cuya función es de aislamiento y protección. (Chillo 2019).

Funciones de las hojas

Las funciones más importantes de las hojas son:

Fotosíntesis. Es el proceso físico-químico que realizan las plantas para la producción de glucosa a partir de energía solar, el agua y el dióxido de carbono; este proceso es fundamental para la supervivencia y crecimiento vegetal.

El mesófilo de las hojas es el tejido más activo de las plantas, las células mesofílicas tienen muchos cloroplastos, los mismos que contienen pigmentos verdes especializados para absorber la luz (las clorofilas). (Johnson Patricio Chillo 2019)

Respiración. Proceso mediante el cual se produce una serie de reacciones enzimáticas en las cuales se utiliza el oxígeno y se libera el dióxido de carbono, se transfiere la energía de la molécula de glucosa y otras moléculas a la del ATP (Adenosín trifosfato) y otras formas de energía útil.

Transpiración. Es el sistema termorregulador de la planta, consiste en la liberación de agua generalmente por las estomas de las hojas cuando existe temperatura excesiva. Cuando la temperatura llega a un cierto punto y para evitar perder agua en exceso, la planta cierra sus estomas, reduciéndose los niveles de fotosíntesis.

Las flores

La flor es de color blanco a rosa o carmín, se organizan en inflorescencias y es hermafrodita (Tamaro 1987). Según Luby, (2003) citado por Cárdenas y Fischer (2013), el hipanto y el gineceo permanecen fusionados para formar un ovario ínfero el cual se desarrolla en un fruto carnoso. **(Chillo 2019)**

➤ **Fruto**

El fruto es un pomo, carnoso de forma más o menos redondeada, su zona central está dividida en cinco partes, una por carpelo. En esta zona central, se encuentran las semillas.

➤ **Floración del manzano**

Los hábitos de floración del manzano están determinados por dos tipos de brotes, vegetativos y mixtos. Una vez concluida la inducción floral (evolución de una yema vegetativa a floral), se empiezan a formar todos los órganos de la flor, proceso conocido como diferenciación floral.

La duración del periodo de floración depende de la variedad y las condiciones ambientales. Cuando concluye la floración comienzan a caer las flores no fecundadas y se produce el cuajado de frutos. Los factores principales que afectan el desarrollo floral son: edad del árbol, posición del árbol, temperatura, hidratos de carbono, nitrógeno y otros elementos nutritivos, reguladores de crecimiento y el frío invernal. **(Chillo 2019).**

Haciendo referencia al frío invernal, según Webster (2005) citado por Ashebir *et al.* (2010), la falta de acumulación de horas de frío, es uno de los principales problemas en las áreas tropicales y subtropicales en donde se cultiva el manzano. Los inviernos cálidos dan lugar a una latencia prolongada que conduce a una floración pobre y, en consecuencia, bajos rendimientos.

➤ **Reposo vegetativo**

Yuri y Lepe en su publicación del 2007, nos indica que el manzano, al ser una especie caducifolia, necesita de este reposo invernal para adaptarse a las temperaturas invernales extremas sincronizando su ciclo anual de desarrollo con el ambiente

prevaleciente. Este es un mecanismo de sobrevivencia frente a las temperaturas favorables y desfavorables, provocando la detención del crecimiento visible en los meristemos de la parte aérea (Yuri & Lepe, 2007, citado por Vigil 2018).

En la parte terminal de los brotes se presenta senescencia y suspensión de la iniciación foliar formación de estructuras protectoras de los meristemos almacenamiento de reservas en las yemas de “maduración”, desarrollo de la tolerancia a la desecación y resistencia al frío.

El manzano pierde sus hojas en otoño e invierno, quedando en reposo hasta que la primavera empieza, la cual se conoce como dormancia, en este reposo vegetativo el nitrógeno, fósforo y potasio se mueven hacia el tronco, raíz y raicillas para ser almacenadas. Para que este reposo sea exitoso se requiere por lo menos 1000 horas de frío con bajas temperaturas invernales, cuando esto no se da, se ayuda con agoste artificial como reducir el riego después de la cosecha. El frío cumple una función de inhibidor que paraliza el desarrollo de yemas vegetativas y fruteras. Este reposo es muy importante para el proceso de diferenciación. Se puede aplicar defoliantes químicos para asegurar la dormancia, como Cianamida hidrogenada (Dormex) con aceite agrícola. La falta de acumulación de frío ocasionará en la planta retraso en la brotación, especialmente en los órganos vegetativos, excesivo crecimiento vegetativo, retraso en la entrada en producción del árbol, retraso y prolongación del período de floración, problemas en la aparición de dardos (temprano) y de las ramillas anuales (más tarde), frutos pequeños y de baja calidad, maduración irregular, entre otras consecuencias (Vigil 2018).

CUADRO N° 2 Requerimiento de Horas Frío para algunas variedades

Variedad	HORAS FRÍO
Pink Lady	-
Granny Smith	600-800
Braeburn	740
Grupo Fuji	600 – 800

Grupo Delicious	600 – 800
Grupo ANA	250 – 300
Grupo GALA	600 – 800

Fuente: Dormancia / Receso, Centro de Pomáceas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Chile. Yuri & Lepe. 2007, citado por Alicia Vigil Cannon 2018).

Rodríguez y Ruesta, nos indican que, en los valles interandinos la temperatura invernal es muy variada, ya que en la noche suele llegar hasta menos 10°C, pero durante el día suele ser superior a los 18°C, haciendo que la ganancia obtenida durante la noche se pierda durante el día. Para las variedades de ciclo vegetativo corto (de 2 a 5 meses, dos cosechas al año), este descanso se aplica después de la segunda cosecha. Para las variedades de ciclo vegetativo largo (de 7 a 8 meses), el reposo vegetativo se programa según la fecha de riego de desagoste (**Rodríguez & Ruesta, 2005**).

➤ **Brotamiento y floración**

Los brotes son nuevos crecimientos en la planta que puede dar lugar a un tallo, yema, hoja o flor, esto dependerá de las condiciones del medio ambiente. Inicia cuando la temperatura se acerca a 10°C, siendo su óptimo entre 15 y 21°C. Los factores para que se de esta fase son la temperatura atmosférica y el riego, jugando un papel importante sobre las enzimas, y sobre las sustancias de reserva del árbol. Dura hasta que las hojas alcancen el desarrollo adecuado para satisfacer la asimilación y transformación de los alimentos. Las temperaturas bajas, o altas con baja humedad atmosférica influyen negativamente en los órganos florales. (**Vigil 2018**).

Estado fenológico del frutal

En frutales la fenología del árbol se repite de forma anual, el primer estadio es dormancia, luego desarrollo vegetativo, formación de yemas, floración, fructificación y cosecha; este ciclo continuará así hasta terminar su ciclo de vida productivo que

puede ser de 15 a 20 años, según el manejo. Para este ciclo anual las yemas son el principal indicador del estado de la planta. (**Vigil 2018**).

La fenología es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros. Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre.

Hay dos conceptos básicos para entender la fenología, son:

Fase: La aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase.

Etapas: Una etapa fenológica está delimitada por dos fases sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, como meteorológicos. El comienzo y fin de fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas.

Las yemas son las estructuras encargadas del crecimiento del tallo que producen hojas, ramificaciones y flores. El ápice está protegido por hojas modificadas con aspecto escamoso. Generalmente estas escamas son oscuras y coriáceas, impiden la desecación de los tejidos embrionales durante el invierno, cuando la circulación de la savia es más lenta.

Según la Doctora Gonzales, las yemas se pueden dividir en tres funciones:

- Vegetativa: cuando sólo contiene elementos vegetativos.
- Reproductora: cuando contiene flores embrionarias.
- Mixta: si contiene hojas embrionarias y flores.

(**Vigil 2018**).

Variedades

Generalmente el cultivo de manzano es conocido por su alto requerimiento de horas frío ($\leq 7,22$ °C). Sin embargo, existen cultivares de alto, mediano y bajo requerimiento de frío, cuyas oscilaciones de requerimientos van desde las 200 a las

1400 horas de frío (Samson, 1991). En la actualidad y gracias al mejoramiento genético, se dispone de cultivares con bajos requerimientos de frío con frutos de buena calidad. **(Chillo 2019)**.

- **Variedad Anna**

Conocida también como “Ana de Israel” o “Israelita”, es un híbrido producido en Israel, del cruce de Red Delicious y la variedad Hashabi roja. Es la variedad más importante en la actualidad porque se puede cultivar en zonas tropicales o en zonas de altura. Su tipo de polinización es auto estéril (no puede ser fecundada por su propio polen) y necesita la ayuda de insectos polinizadores para su producción o la polinización manual, cuando se da el caso que produce un fruto con su mismo polen este tiende a ser pequeño y deforme. Ana requiere la utilización de polinizadores para la producción como son los cultivares ‘EinShemer’ y ‘Dorsett Golden’, con los cuales producen gran cantidad de frutos y de buen tamaño.

Esta variedad tiene bajos requerimientos de frío entre 200 y 300 de unidades (7°C) para fructificar y luego ser cosechadas los frutos. Las manzanas son generalmente de floración tardía, necesitan bastante sol, suelos bien drenados y una fertilidad moderada. Susceptible a la polilla de la manzana, al moteado, oidium y las tuzas. Se cosecha al 3er año. Se adaptan a los diferentes tipos de poda con mucha facilidad. Esta variedad injertada sobre membrillo es poco vigorosa, por ello se coloca de puente a “San Antonio” o “Peromanzano”. Se suelen realizar dos cosechas al año ya que presenta varias floraciones anuales y dependiendo de la polinización que esta reciba. **(Chillo 2019)**

La piel de este fruto presenta un color rojo brillante con fondo amarillo verdoso, es de forma alargada, troncocónica, con cinco lóbulos o protuberancia bien marcados, a veces de forma algo irregular. La pulpa es de color blanquecina o amarillenta, es muy jugosa, de consistencia blanda, más pastosa, y de textura granulada. Con un sabor dulce un poco ácido, aromática y agradable al paladar, con tendencia a volverse harinosa en almacenamiento. Son manzanas que se utilizan principalmente para comer en crudo. **(Chillo 2019)**

En su centro de origen, alcanza como máximo 10 m. de altura y tiene una copa globosa. Tronco derecho que normalmente alcanza de 2 a 2,5 m. de altura, con corteza cubierta de lenticelas, lisa, adherida, de color ceniciento verdoso sobre los ramos y escamosa y gris pardo sobre las partes viejas del árbol. Tiene una vida de unos 60-80 años. Las ramas se insertan en ángulo abierto sobre el tallo, de color verde oscuro, a veces tendiendo a negruzco o violáceo. Los brotes jóvenes terminan con frecuencia en una espina. Su raíz es superficial y menos ramificada que en el peral. Sus hojas son ovales, cortamente acuminadas, aserradas, con dientes obtusos, blandas, con el haz verde claro y tomentosas, de doble longitud que el pecíolo, con 4-8 nervios alternados y bien desarrollados. Sus flores son de tamaño grandes, casi sentadas o cortamente pedunculadas, que se abren unos días antes que las hojas. Son hermafroditas, de color rosa pálido, a veces blanco y número de 3-6 unidas en corimbo. La floración que presenta tiene lugar en primavera, sin embargo, en condiciones de zona sur del Perú se ha presentado una floración escalonada que en ocasiones permitiría una doble producción al año. Su fruto se clasifica como un pomo globoso, con pedúnculo corto y numerosas semillas de color pardo brillante. **(Chillo 2019)**

- **Variedad Gala.**

Son las variedades más cultivadas en el mundo, su origen es neozelandés resultante del cruce de Kidd 's Orange con Golden Delicious, siendo su cultivo recomendable en zonas con regadío. Se encuentran situadas dentro del grupo de las bicolors. La nueva generación de variedades, conocidas como 'bicolors,' en cuya creación e imposición en el mundo les cabe un rol protagónico a Nueva Zelanda, Australia y Japón. **(Choque; Chavarría 2012)**

Árbol: De crecimiento vigoroso y erecto, brotes largo y vigoroso, manifestando una fuerte dominancia apical.

Producción: Variedad de entrada intermedia en producción (2-3 años) dependiendo del desarrollo y vigor de la planta. Productividad o rendimiento medio (potencial de 25-35 ton/ ha en Bolivia para huertos con manejo adecuado).

Susceptibilidades y tolerancias: Hojas y brotes medianamente sensibles al oídio, venturia y arañuela. Fruta con mediana susceptibilidad a venturia con mayor incidencia en zonas húmedas o nubladas.

Requerimiento de frío: Variedad con requerimiento medio de frío en invierno (500-800 horas frío de temperatura menores a 7,2 °C).

Brotación y floración: La brotación y floración se produce desde fines de septiembre hasta la segunda semana de octubre, dependiendo de las temperaturas de la zona de cultivo (zonas calientes brotan antes que en zonas frías).

Cosecha: Es una variedad de maduración intermedia fluctuando entre mediados de enero y febrero. En zonas con temperaturas bajas o regulares, la cosecha puede ocurrir hasta mediados de marzo.

Fruta: De tamaño pequeña a media, de color rojo jaspeado (45-70% de cubrimiento), de fondo crema, forma achatada, crocante y con buen contenido de azúcar. Para obtener un tamaño o peso comercial de la fruta es necesario el raleo de frutos el cual se realiza entre 5-10 días después de plena flor.

Como la mayoría de las variedades de manzana, requiere de polinizantes, la más utilizada en nuestro medio es la FUJI entre 11 y 20%, para facilitar la polinización, cuajado, producción y calidad de la fruta. Aunque puede producir con pocas semillas, la calidad de la fruta es mayor a medida que tiene mayor cantidad de semilla. **(Choque; Chavarría 2012).**

1.9.4 Requerimientos edafoclimaticos del cultivo de manzana

1.9.4.1 Clima

El manzano requiere temperaturas frías en el invierno, y en primavera – verano temperaturas gradualmente altas, para que pueda pasar por todas las fases vegetativas. Cuando el cultivo está en dormancia requiere hasta 10°C; a medida que va aumentando la temperatura inicia el brotamiento. La acumulación de calor sobre los 10°C marca el ciclo de crecimiento del cultivo, según las variedades. Otros factores son la latitud, altitud, viento y luz solar, tienen efecto sobre el comportamiento de la

planta, pero en menor medida. Las manzanas entre los 900 y 2500 msnm, producen frutos en mayor cantidad y calidad. (**Vigil 2018**).

1.9.4.2 Suelo

Cuando el manzano no está sobre portainjerto requiere de suelos profundos (1,20 a 1,50m), pero si esta sobre membrillero, no necesita tanta profundidad. El pH ideal en suelo es de 6,5 a 7,5, franco arenoso, con subsuelo permeable de buena fertilidad. Si la conductividad eléctrica está en 2,5 mmhs/cm a 25°C en la raíz, el rendimiento disminuye en 10%. Antes de instalar el cultivo en suelos con problemas de sales se recomienda hacer lavados del suelo, hacer enmiendas químicas con yeso agrícola, suelo con buen drenaje y un plan de fertilización (**Vigil 2018**).

1.9.4.3 Riego

El manzano está considerado como un frutal que es tolerante a la sequía, pero que necesita recibir riegos de apoyo, también están las variedades que son tardías que son sensibles a la sequía, que precisan de un riego obligatorio. Para cada caso las necesidades de agua son, para las variedades tolerantes 500-600 mm anuales, y para las variedades no tolerantes 750 mm anuales.

Pueden usarse aquí la mayoría de los sistemas de riego: goteo, micro aspersion, mini aspersion, gravitacional; siempre que se mantenga permanentemente en capacidad de campo la zona explorada por las raíces, tanto de la planta madre como de los nuevos acodos. (**Vigil 2018**).

1.9.5 Propagación asexual de la manzana

La propagación asexual o vegetativa reproduce clones, lo cual implica la división auténtica de las plantas madres. Las plantas propagadas vegetativamente reproducen por medio de la réplica del ADN toda la información genética de la planta progenitora. En consecuencia, las características específicas de una determinada planta son perpetuadas en la propagación de un clon. El proceso de reproducción asexual tiene una importancia especial en el cultivo de los frutales, porque la composición genética (genotipo) de la mayoría de los cultivares de frutales es

generalmente heterocigota y las características que distinguen a estos tipos se pierden de inmediato al propagarlos por semilla. (**Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011**).

El material que se viene propagando asexualmente para uso del manzano es el “Marubakaido” conocido como Maruba, que gradualmente se están convirtiendo en los principales portainjertos para el manzano en Bolivia. Esto por las características que presentan: buena adaptación a las condiciones de suelos de nuestros valles, buen vigor, rápida entrada en producción, y principalmente, por la facilidad de enraizamiento bajo invernadero en buena parte de los meses del año, lo cual los hace muy atractivos y a los cuales enfocaremos la atención, refiriéndonos a la técnica utilizada que es el estaquillado.

➤ **Estaca o esqueje**

Se llama estaca a un trozo de tallo o raíz de una planta madre, a partir de la cual se inicia una nueva planta cuando se coloca en condiciones favorables para su desarrollo. Dentro de esta forma de multiplicar existen varias técnicas que son utilizadas según la especie: estaquillas herbáceas, estaquillas de plantas perenniformes, estacas de madera dura y esquejes de raíz. Es un procedimiento muy empleado para la propagación de especies frutales y ornamentales.

➤ **Estacas de tallo**

Son las más usadas en fruticultura para la propagación de plantines, enraízan mejor que otros órganos porque tienen mayor cantidad de tejido sin diferenciar, facilitando la formación de primordios radiculares. La presencia de hojas en las estacas o esquejes acelera la tasa de formación de raíces y el número de raíces es proporcional al área foliar. Estas a su vez pueden clasificarse de acuerdo a la edad en estacas de madera dura o leñosa, semidura o semileñosa y blanda o herbácea. (**Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011**).

Tipos de estacas:

➤ **Estacas de madera dura o leñosa**

Constituye el método de propagación más fácil y menos costoso, son las más simples de preparar, son poco perecederas y no requieren equipo especial durante el enraizado. Se preparan durante la estación de reposo, después de la caída de hoja y antes de la brotación de yemas, con madera del crecimiento de la estación anterior. El material debe obtenerse de plantas madres sanas y vigorosas, que hayan crecido a plena luz. Para el caso de “Maruba”, este método funciona bien, siendo su desventaja que se lo obtiene en una sola época al año.

➤ **Estacas de madera semidura o semileñosa**

Se recogen en el verano, justo después de haber transcurrido un periodo de crecimiento, con madera parcialmente madura, esta es madera del año. Se las recoge con una longitud de 10 a 15 cm, dejando hojas en su extremo apical (Fig. 34). Es necesario plantarlas inmediatamente para evitar su deshidratación bajo nebulización y con uso de auxinas.

➤ **Estacas de madera blanda o herbácea**

Las estacas se extraen en primavera de los extremos de las ramas nuevas que crecen a plena luz y de desarrollo mediano. La longitud varía de 10 a 15 cm, dejando un par de medias hojas en la porción terminal. A pesar que el enraizamiento es más rápido y fácil, se requiere más atención y debe ser necesariamente bajo nebulización. Los brotes muy tiernos no son deseables porque tienen una tendencia mayor a deshidratarse antes que ocurra el enraizamiento. (Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011).

1.9.6 Ventajas de la propagación por estacas

La propagación por estacas presenta ventajas como:

- Facilidad en el procedimiento, se puede propagar abundante material utilizando un espacio limitado, partiendo de pocas plantas madres.
- Cada planta producida por este método es genéticamente idéntica a la planta de la cual procede.

- Se obtiene mayor uniformidad del huerto por reproducir los caracteres genéticos de la variedad copa injertada sobre este porta injerto.
- Tiene bajo costo de operación (económico), es rápido y simple.

1.10. VIVERO

Es el lugar destinado a la propagación de plantas a partir de semilla o un tejido vegetal (sexual y asexual), donde se efectúan todas las labores necesarias para germinarlas o enraizarlas, desarrollarlas, injertarlas y cuidarlas hasta el momento en que los plantines estén listos para su establecimiento definitivo en campo.

1.10.1 Establecimiento del vivero

Para el establecimiento partimos del supuesto que la persona que desarrolla esta actividad cuenta con un plantel de porta injertos (huerto madre) y un huerto de variedades copa para poder extraer el material vegetal, clonarlos y posteriormente realizar el injertado. Caso contrario, las inversiones realizadas de los invernaderos no podrían ser utilizadas. . (Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011).

1.10.2 Selección del lugar

El área para el establecimiento del vivero debe reunir las siguientes condiciones:

- Estar cerca de fuentes de agua de buena calidad y en cantidad suficiente.
- Ser de fácil acceso para facilitar la comercialización y el aprovisionamiento de materiales e insumos.
- Contar con buena aireación e iluminación solar.
- Estar protegido de heladas, vientos fuertes y daños físicos que podrían sufrir por animales o personas ajenas.

En caso de producir plantines de calidad certificada, éstas deben estar alejadas al menos 100 m de huertos comerciales. (Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011).

1.10.3. Invernadero de enraizamiento o polipropagador

Es una estructura cubierta con material plástico el cual debe poseer condiciones óptimas de temperatura y humedad para garantizar un buen enraizamiento de las estaquillas en el sustrato empleado.

1.10.4. Vivero de aclimatación y desarrollo

Consiste en un área cubierta con malla semisombra del 50%, la cual le asegura cierta protección a los plantines principalmente de los rayos del sol y de los vientos. Este es el espacio donde los plantines permanecerán por el mayor lapso de tiempo. La superficie del vivero se calcula de acuerdo al número de plantas que se desea producir sumando los espacios destinados a los pasillos. **(Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E. y E. Maita 2011).**

1.10.5. Riego en vivero

La disponibilidad de agua es uno de los temas más críticos para la producción de plantas en vivero, se debe contar con una fuente de agua en cantidad permanente y que no sea salada, muy sucia o contaminada. El volumen necesario de agua para producir plantones en vivero es por cada 1000 plantones se necesitan entre 350 - 500 litros de agua por semana, según la época del año y la media sombra que se use **(Cárdenas 2013).**

1.10.6. El agua en la planta

El agua es el componente mayoritario de la planta (aproximadamente un 80 – 90 por ciento del peso fresco en plantas herbáceas y más del 50 por ciento de las plantas leñosas) afecta, directa o indirectamente, a la mayoría de los procesos fisiológicos **(Azcón y Talón, 2008)**. La proporción del agua en que se encuentra en cada etapa del desarrollo de la planta es variable, así como también en cada órgano.

El agua es el responsable del mantenimiento de la turgencia de las células y por lo tanto de toda la planta; es el medio de transporte de las sustancias nutritivas, desde las raíces a las hojas y de éstas a los órganos de utilización y reserva; además es el medio en el que se realiza la fecundación y participa en la diseminación de algunas esporas, frutos y semillas. **(Cárdenas 2013).**

1.11. SUSTRATOS

El sustrato es un medio sólido inerte, que tiene una doble función: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva, es la base del cultivo semi-hidropónico en América Latina. Los materiales que se han experimentado para uso de laboratorio y para cultivos comerciales son muchos y no siempre han respondido positivamente desde el doble punto de vista técnico y económico. **(Morocho 2018)**

En la experiencia señala que como mejores sustratos son aquellos que permiten la presencia del 15 al 35 % de aire y del 20 al 60 % de agua en relación con el volumen total, por lo tanto los sustratos deben presentar las siguientes características:

- Debe retener humedad.
- Debe permitir buena aireación.
- Debe tener buena estabilidad física.
- Debe ser inerte químicamente.
- Debe ser inerte biológicamente.
- Debe tener buen drenaje.
- Debe tener capilaridad.
- Debe ser liviano.
- debe ser de bajo costo.
- Debe estar disponible. **(Morocho 2018)**

1.11.1. Tipos de Sustratos

Martínez, (1995.) asegura que los sustratos se pueden utilizar solos o mezclados, para el cultivo, para semilleros y enraizamiento de esquejes. Por ejemplo, los sustratos para enraizamiento de plantas deben tener buena aireación y retención de agua.

El sustrato empleado para el enraizamiento puede ser de muchos tipos, pero este debe cumplir tres funciones: mantener a la estaca en su lugar durante el periodo de enraizamiento, proporcionar la humedad necesaria y permitir la penetración de aire,

además debe estar libre de patógenos que puedan afectar el éxito en la formación de raíces. **(Laura 2014)**

➤ **Arena:**

Una de las ventajas que puede destacarse es su poder amortiguador, tanto en el riego como en la nutrición (Martínez, 1995). Puede adquirirse en comercios o colectarse. Es preferible usar arenas de ríos para evitarla salinidad de las arenas de mar. Solo aporta aireación. Tiene buena durabilidad. **(Laura 2014)**

La mayoría de granos de arena son inertes; ni liberan ni retienen nutrientes y están faltos de cohesión entre sí además el agua retenida por cualquier partícula de arena es fácilmente por las raíces.

➤ **Limo:**

Mayor permeabilidad, se secan lentamente y no es pegajoso (Martínez, 1995). En algunas zonas fáciles de recolectar de origen vegetal, suele contener altos niveles de carbono, por lo que aporta propiedades físicas al sustrato (Hartmann y Kester, 1999 citado por Soto 2004). La mayor parte son inertes como las arenas, pero algunas, al incluir feldespatos¹⁸ presentan propiedades de las arcillas (capacidad de amortiguación, porcentaje de saturación de bases). **(Laura 2014)**

➤ **La materia orgánica:**

La materia orgánica es la porción del suelo que incluye restos de animales y plantas en varios estados de descomposición. En los bosques, proviene de las hojas caídas, troncos de árboles muertos, flores, frutos, semillas y de raíces de árboles. En las tierras de cultivo, los residuos de las cosechas se incorporan al suelo aspecto muy importante para mantener los niveles de materia orgánica. En este sentido se puede afirmar que los componentes orgánicos del suelo proceden de:

- La acumulación de restos y residuos de plantas y animales:
- La degradación o descomposición de moléculas orgánicas complejas a compuestos orgánicos más sencillos que, si tienen lugar con intervención de los microorganismos, se denomina biodegradación.

- La reorganización de algunos productos de la degradación, con síntesis microbiana de nuevos componentes orgánicos.

Composición de la materia orgánica

La materia orgánica del suelo procede mayoritariamente de los restos de los tejidos vegetales y en segundo lugar de los residuos animales. Por medio de los procesos fotosintéticos, el carbono procedente del CO₂ del aire pasa a los componentes orgánicos de las plantas. Los tejidos vegetales vivos están constituidos en promedio por un 75% de agua y un 25% de materia seca, formada a su vez por un 10% de componentes minerales, siendo el resto componentes orgánicos.

La materia orgánica está compuesta de varios complejos que contienen carbono. Los átomos de carbono, al contrario que otros elementos, forman largas cadenas de forma natural. Estas proporcionan un almacén al que se adhieren otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, para constituir la amplia serie de compuestos orgánicos necesarios para la vida.

1.11.2. Propiedades de un sustrato para el desarrollo de plantas

Los sustratos mantienen sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En la actualidad los sustratos representan un componente en la diversidad de materiales que pueden utilizarse como sustratos agrícolas, por lo que se debe considerar los requerimientos de las plantas que se ajusten en lo posible a las características ideales de un sustrato y del efecto del medio ambiente.

La existencia de diferencias significativas en los sustratos sobre el proceso germinativo de las especies, reafirma la necesidad de emplear sustratos como tierra de monte, para lograr un óptimo en la propagación de las especies en vivero.

La calidad de las plantas depende fundamentalmente del tipo de sustrato que se utilice para cultivarlas y de sus características físico-químicas que influirá en el desarrollo y funcionamiento de las raíces que están directamente ligados a las condiciones de aireación y contenido de agua.

1.11.3. Preparación de los sustratos

Es recomendable preparar una mezcla de tierra sana del lugar, limo y tierra vegetal. Se debe desmenuzar bien el sustrato, mezclarlo y pasarlo a través de una zaranda para tamizarlo, eliminando todo material no deseable y grueso. De esta manera se ofrece a las plantas un sustrato suelto, rico en materia orgánica y buena capacidad de retención de humedad. Si el sustrato es algo pesado, por la tierra del lugar, éste debe ser probado en otras proporciones, aumentando la lama (limo) y tierra vegetal.

1.12. Tratamientos fitohormonas

No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. **Martínez, (1995)**, citado por **Laura (2014)**, señala que estas sustancias son capaces de promover tanto la diferenciación de primordios radiculares en el interior del tallo, como su posterior alargamiento hasta convertirse en raíces visibles.

Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas. La función de las auxinas en la promoción del enraizamiento tiene que ver con la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación, además de las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. **Flores, (2010)**, citado por **Laura (2014)**, expresa que la respuesta de enraizamiento al tratamiento hormonal, va a en función del tipo de hormona, su concentración y el método de aplicación.

1.12.1. Proceso de enraizamiento

El enraizamiento de segmentos defoliados ocurre fácilmente, ya que el propio ciclo fenológico hace coincidir la producción de hormonas de crecimiento con el periodo de enraizamiento y crecimiento de yemas del segmento.

Los mismos autores, señalan que las raíces adventicias son de dos tipos: raíces preformadas y raíces de lesiones. Las primeras se desarrollan naturalmente en los tallos o ramas cuando todavía están adheridas a la planta madre pero que no

emergen sino hasta después de que se corta la porción de tallo. Las raíces de lesiones se desarrollan solo después de que se ha hecho el esqueje, una respuesta al efecto de lesión al preparar la misma. Cuando se hace un esqueje, las células vivientes que están en las superficies cortadas son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. **(Laura 2014)**

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Localización y ubicación del trabajo

El presente trabajo se realizó en el Centro Experimental de Chocloca ubicado en el municipio de Uriondo de la provincia de Avilés del departamento de Tarija, perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, dependiente de la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

El C.E.CH. Cuenta con una superficie de 25,8 ha, se ubica a 36 kilómetros al sur de la ciudad de Tarija. En el margen izquierdo y parte baja se encuentra el río Camacho y sub cuenca la quebrada el Huayco.

Geográficamente se encuentra situada en los paralelos:

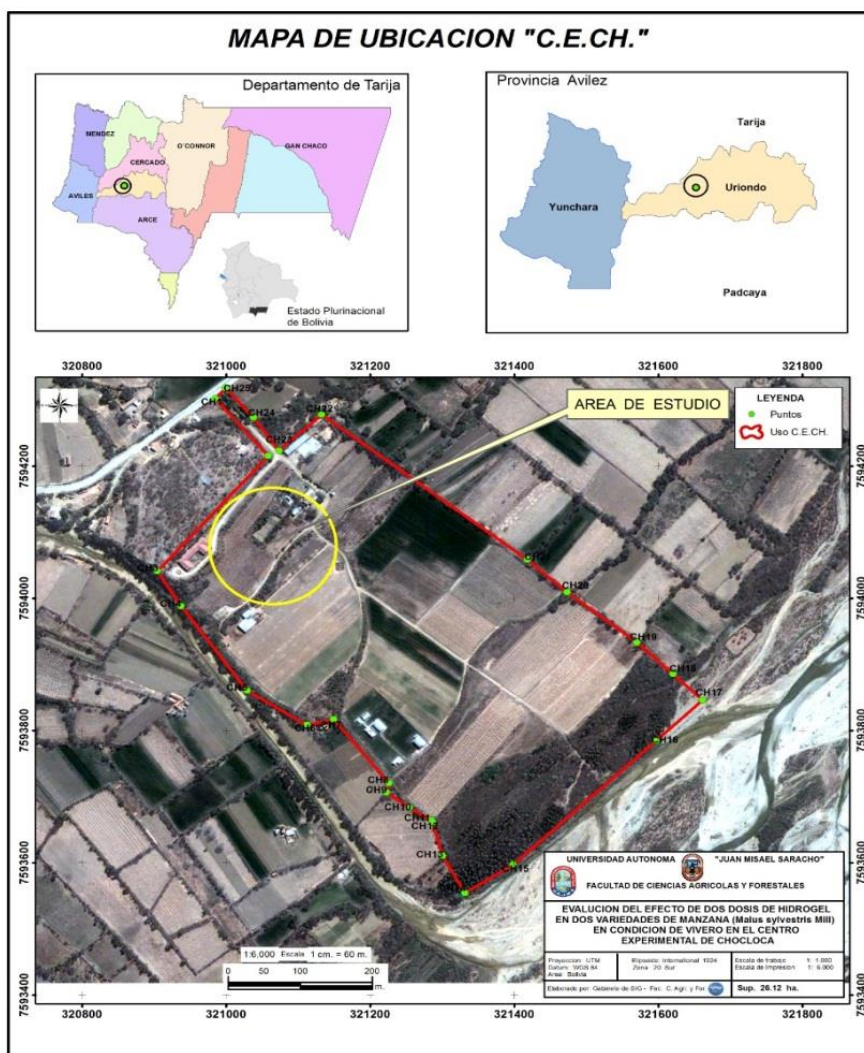
Latitud S de 21° 44' 53"

Longitud W de 64° 43' 46"

Altura de 1795 m.s.n.m.

2.1.2. Mapa Satelital del CECH.

Mapa N° 1 MAPA DE UBICACIÓN DEL “CECH”



FUENTE: GABINETE DE SIG (Sistemas de Información Geográfica).

2.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

2.2.1. Clima

De acuerdo al resumen climatológico del **SENAMHI 2017 (Servicio Nacional de meteorología e hidrología Tarija-Bolivia)**, comprendido del periodo 1989-2017 de la provincia Avilés se puede identificar un comportamiento de temperatura medias máximas anual de 26,5 °C.

Temperaturas medias mínimas anuales de 9,5 °C, con precipitaciones anuales promedio de 582,95mm, con un rango de 47-84 días de lluvia al año identificando los meses de mayo, junio, julio y agosto como los meses donde existe sequía. También se presentó una humedad relativa anual promedio de 60%, a la vez se pudo establecer que se presentan heladas de 25-35 días distribuidas durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, esto en los últimos 20 años. (SENAMHI 2017)

2.2.2. Vegetación

La vegetación en el CECH o área de influencia es escasa debido a la erosión, chaqueo y a la utilización de tierras para el cultivo de la vid, sin embargo, existen especies arbóreas y arbustivas las cuales se indican en el siguiente cuadro. (Yurquia, 2012).

Cuadro N° 3 Especies más comunes en la zona de Chocloca.

N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA
El churqui	<i>(Acacia caben)</i>	Fabaceae
Algarrobo blanco	<i>(Prosopis alba)</i>	Leguminoseae
Algarrobo negro	<i>(Prosopis nigra)</i>	leguminoseae
Molle	<i>(Schinus molle l.)</i>	Anacardiceae
Pino	<i>(Pinus sylvestris L.)</i>	pinaceae
Tipa	<i>(Tipuana tipu B.)</i>	Fabaceae
Chañar	<i>(Geoffroea decorticans)</i>	Fabaceae
Sauce criollo	<i>(Salix humboldtiana)</i>	Salicaceae

Yurquia 2012

Cuadro N° 4 Plantas herbáceas.

N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA
Kara llanta	<i>(Nicotiana glauca G)</i>	Solanaceae
Comadritas	<i>(Zimmia peruviana L.)</i>	Asteraceae
Hediondilla	<i>(Cestrum parqui L.)</i>	Solanaceae
Saitilla	<i>(Bidens pilosa L.)</i>	Asteraceae
Pichana	<i>(Schkurhia pinnata)</i>	Compasitaceae
Yuyo	<i>(Gonphena celesoideas)</i>	Amaranceae
Verdolaga	<i>(Portulaca oleracea L.)</i>	Portulaceae
Espinillo	<i>(Xathium spinosum L.)</i>	Asteraceae

Yurquia 2012.

Cuadro N°5 Principales cultivos.

N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA
Maíz	<i>Zea mays L.</i>	Gramineae
Cebolla	<i>Allium cepa L.</i>	Liliaceae
Papa	<i>Solanum tuberosum L.</i>	Solanaceae
arveja	<i>Pisunsativum L.</i>	Leguminoceae
Haba	<i>Vicia faba L.</i>	curcubitaceae

Vid	<i>Vitis vinífera</i> L.	Vitaceae
Duraznero	<i>Prunus pérsica</i> L.	Rosaceae.
Manzana	<i>(Malus domestica)</i>	Pomaceae

Elaboración propia

Ganadería.

Entre los más importantes se tiene.

- Ganado bovino.
- Ganado ovino.
- Ganado porcino.

2.2.3. Geología

Según la carta geológica de Bolivia Hoja 6628 Padcaya (**GEOBOL-SGAB, 1991 citado en Cuenca 2015**). El territorio del CECH, corresponde al sistema geológico del cuaternario, representado en la cuenca, por los siguientes depósitos:

❖ Depósitos aluviales (Qa)

Formado por materiales sueltos principalmente cantos, gravas y arenas que forman el plano inundable o lecho del río Camacho y Quebrada El Huayco.

❖ Depósitos Fluviales (Qcf)

Formados 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, caracterizan la mayor superficie del CECH.

❖ Depósitos Fluvio – Lacustre (Qfl)

Localizados en el sector Oeste del CECH, constituidos por limo, arcilla, arenas y grava sedimentados en un ambiente de lago, conformando el relieve más inclinado

del CECH, que forma parte de los depósitos fluvio-lacustres del Valle Central de Tarija. **(Daniel A. Segovia 2016)**

2.2.4. 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:

❖ G1. 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.

❖ G2. 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.

❖ G3. 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. **(Daniel A. Segovia 2016)**

2.2.5. Suelos.

Según afirma **Cuenca Ronal (2005)**, los suelos de esta zona son casi en su totalidad de origen aluvial y fluvio-lacustre, los primeros son generalmente profundos de texturas media finas. En cambio, los suelos de la zona colinosa de origen Fluvio – lacustre tiene profundidad variable de texturas finas a medias, gravosas y muy susceptibles a procesos de erosión hídrica.

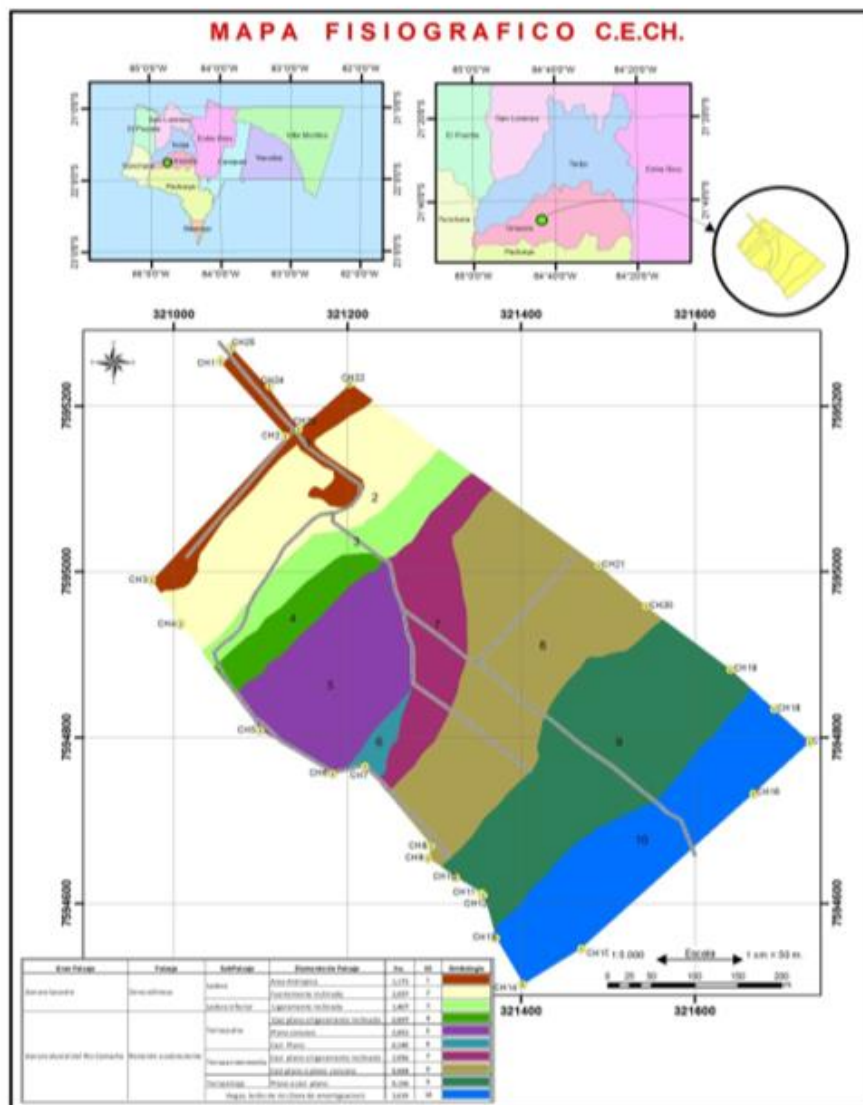
2.2.5.1. Distribución Espacial de los suelos del CECH.

De acuerdo con **Cuenca (2005)**, fisiográficamente el C.E.CH. Está dividido de la siguiente manera:

Cuadro N°6 Distribución espacial de los suelos en C.E.CH.

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	ELEMENTO DE PAISAJE
Llanura lacustre	Zona colinosa	ladera	1 Área protegida
			2 Fuertemente inclinado
		Ladera inferior	3 Ligeramente inclinada
Llanura aluvial del río Camacho	Reciente a subreciente	Terraza alta	4 Casi plano
			5 Plano cóncavo
			6 Casi plano
		Terraza intermedia	7 Ligeramente inclinado
			8 Plano cóncavo
		Terraza baja	9 Casi plano
		Lecho del río	10 Zona aluvial de amortiguación

Mapa N°2 Mapa Fisiográfico del Centro Experimental de Chocloca C.E.CH.



FUENTE (CUENCA 2005)

2.2.6. Uso del suelo

Uso agropecuario extensivo:

Ubicación. Parte de las unidades de tierra asignadas a esta subcategoría corresponden a las comunidades de Sella Cercado, Sella Méndez, Saladillo, Rancho Sud, Carachimayo, Coimata, **CHOCLOCA**, Calama y Corana en el Valle Central de Tarija, mientras en los valles subandinos se pueden mencionar a Candado Chico,

Emborozú, San Telmo, Guandacay, La Mamora, Río Negro, Las Sidras, Iñiguazu, Gutiérrez, Cañaveral y Puerto Margarita. En total estas unidades suman 302 km², equivalente a 0,8% de la superficie total departamental.

FIGURA N° 2 MAPA DE USO DE SUELO



Los paisajes dominantes son terrazas aluviales y piedemontes entre alturas de 500 y 1.700 msnm en el Subandino, mientras en la Cordillera Oriental ocupan parte de la llanura fluvio-lacustre, piedemontes y terrazas entre alturas de 1.770 y 3.200 msnm. Son tierras con pendientes entre 2 y 15%, que en la Cordillera Oriental tienen una pedregosidad superficial variable entre 5 y más de 40%, mientras en el Subandino son libres de piedras o afloramientos rocosos. En ambas zonas, los suelos generalmente son profundos, sin o con pocos fragmentos gruesos en el perfil y con disponibilidad de nutrientes moderada a baja. En sitios puntuales se presentan valores moderados de salinidad y/o sodicidad.

El clima es subhúmedo a semiárido en el Valle Central con un periodo de disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de plantas que varía entre 4 y 7 meses. El periodo libre de heladas es de 5 a 7 meses. En los valles subandinos el clima varía de semiárido en el norte a húmedo en el sur. El periodo de disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de las plantas varía de 3 a 4 meses en la unidad del sector norte, hasta 6 a 8 meses para las unidades en el sur. Generalmente

presentan únicamente heladas en los meses de junio, julio y agosto. **(Plan de uso del suelo 2002)**

En muchas unidades existen pequeñas superficies que cuentan con regadío, generalmente sistemas rudimentarios, donde la producción de cultivos anuales como el maíz, es la más importante. Además, en los valles del Subandino incluidos en esta subcategoría se cuenta con la presencia de recursos hídricos de agua superficial muy importantes que actualmente no están siendo aprovechados para el regadío en su verdadero potencial. En el Valle Central de Tarija la vegetación consiste de matorrales xeromórficos y pastizales, en los valles del Subandino de pastizales y arbustales de sucesión secundaria.

Los caminos generalmente son deficientes en los valles subandinos y regulares en el Valle Central de Tarija, por lo que se presentan problemas para el traslado de productos particularmente en la época de lluvias. La distancia a los mercados donde se comercializan los productos de estas unidades es grande en el Subandino y media en el Valle Central; la densidad de población varía de baja a alta.

La disponibilidad por productor de tierras agrícolas y de tierras en general, es respectivamente de 2,5 y 4,9 ha. en la Cordillera Oriental y 2,6 y 12,7 ha. en el Subandino. El 74% de los entrevistados cuenta con títulos de propiedad. Existe una significativa migración temporal: el 47% de las familias entrevistadas tiene al menos un miembro trabajando temporalmente fuera de la unidad familiar de producción. En la producción agrícola, el manejo de la tierra es muy variable y el empleo de capital es medio, mientras que en la producción frutícola y pecuaria varían ambos indicadores de bajo a medio, existiendo una gran diversidad en la producción frutícola en el conjunto del área considerada. **(Plan de uso del suelo 2002)**

La producción actual de maíz y porcinos es significativa en esta unidad de zonificación. La infraestructura comunal disponible en materia de servicios básicos, producción, riego, comunicación y recreación es media, y la provisión de servicios para las actividades productivas y de conservación de la tierra por parte de organizaciones locales es muy incipiente.

En general, las características biofísicas y socioeconómicas de estas unidades de tierra permiten sólo la producción agropecuaria extensiva.

Cuadro N° 7: Tipos de intervención de los suelos

Reglas de intervención. N°	Tipo de intervención	Autoridad competente	Autorización
1	Desmante	Superintendencia Forestal	No corresponde
2	Uso Agropecuario	Superintendencia Agraria	Bajo condiciones
3	Aprovechamiento del bosque a) Madera b) Productos no maderables	Superintendencia Forestal	No corresponde No corresponde
4	Inmovilización para áreas de protección	MDSP (SERNAP)	No corresponde
5	Protección contra la degradación de suelos y vegetación	Prefectura; Gobiernos municipales; Superintendencia Agraria	Si
6	Protección de áreas-fuente de agua.	Prefectura; Gobiernos municipales	No corresponde
7	Aprovechamiento de la fauna silvestre	MDSP; Prefectura; Gobiernos municipales	Bajo condiciones
8	Construcción de caminos y otras intervenciones de infraestructura física	Autoridad competente según la intervención	Bajo condiciones

N°5.- Sujeto al cumplimiento de las normas que emite la autoridad competente en esta área.

N°6.- En esta unidad no existen áreas que deben ser protegidas para este propósito.

Nº7.- Según las disposiciones legales vigentes, asegurando la protección de especies en peligro de extinción en el ámbito regional.

Nº8.- Previa evaluación del impacto ambiental, en especial los caminos de exploración petrolera que afectarán estas tierras.

➤ **Reglas de uso.**

En estas tierras se debe aplicar la actividad agropecuaria extensiva. La ganadería con caprinos debe restringirse, si no adopta nuevos sistemas de manejo que la hagan sostenible.

➤ **Recomendaciones de manejo de los recursos naturales renovables.**

Para la llanura fluvio-lacustre del Valle Central de Tarija, se recomienda un uso agropecuario extensivo con vacunos y ovinos. Por las restricciones climáticas se recomienda que las variedades de cultivos anuales sean variedades con periodo de crecimiento corto. Debido a la gran susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos y la inestabilidad geomorfológica de este paisaje se deben incorporar técnicas destinadas a la recuperación de la cobertura vegetal y al manejo del agua de escorrentía, particularmente en las áreas vecinas a los badlands. Además, se recomienda estudiar la factibilidad de manejar ganado lechero bajo un régimen semi-estabulado con la provisión de forraje, proveniente de pasturas sembradas en las áreas vecinas que cuentan actualmente con riego y se debe evitar el sobrepastoreo tomando en cuenta el estudio del Dr. Egues Castedo para hacer valer la carga animal de acuerdo a la precipitación fluvial.

En los valles subandinos se recomienda el uso agropecuario con vacunos, con la implementación de nuevos sistemas de regadío y el mejoramiento de los existentes como opción para incrementar la productividad y asegurar las cosechas de productos agrícolas y la producción de forrajes. El desarrollo de la fruticultura del subtrópico con especies como los cítricos y la palta es un importante sector productivo a desarrollar.

Para la llanura fluvio - lacustre del Valle Central de Tarija y Valles Sub Andinos se recomienda realizar programas para la recuperación de campos naturales de pastoreo (CANAPAS) y desarrollar programas de infraestructura ganadera.

➤ **Recomendaciones socioeconómicas.**

Para mejorar la sostenibilidad del uso de la tierra y los rendimientos agropecuarios se deben elevar los niveles actuales de manejo y empleo de capital en la producción. Es importante fomentar la provisión de diversos servicios a la producción agrícola y frutícola y la conservación de la tierra por parte de las organizaciones locales con apoyo de los respectivos Gobiernos Municipales, en particular los relacionados con la comercialización, adquisición de insumos, asistencia técnica y otros. Se recomienda investigar los mercados potenciales para frutos subtropicales que se pueden cultivar en el Subandino, entre los que se pueden mencionar los cítricos, papaya y palta.

Es importante estudiar la incorporación de líneas de créditos blandos destinados a mejorar el manejo del ganado, como por ejemplo para la implementación de alambradas, que permitiría además mejorar el manejo de la vegetación natural, y de esta manera ayudar a revertir la tendencia a la degradación acelerada de los recursos naturales renovables. Para mejorar la ganadería de la región es importante el desarrollo de programas de asistencia técnica en temas de sanidad y nutrición animal. Por ejemplo, se deben fortalecer los programas de eliminación de enfermedades endémicas como la fiebre aftosa y otras. **(Plan de uso del suelo 2002)**

2.2.1. Actividad económica

En la zona del “CECH” la actividad económica de mayor predominancia es la actividad lechera, ganado porcino para carne, en amplia dedicación a la actividad forrajera para (silo) para negocio y consumo del ganado. Actividades agrícolas, luego están los carosos y algunas hortalizas y cultivos tradicionales para el auto consumo. **(Cuenca 2015).**

La comunidad en general está dedicada a la producción agrícola y pecuaria, sus actividades económicas y productivas con la búsqueda de alimentos e ingresos económicos que garanticen los bienes y servicios necesarios de las familias.

Hay cultivos con gran potencial como el maíz, papa que bien manejados pueden mejorar los índices económicos de los productores. La producción de frutas es muy significativa en la comunidad, ya que tiene buen precio y excelente mercado.

La vid es un cultivo prometedor, con potencial para la producción a nivel industrial sobre todo en la provincia Avilés, dada la presencia de recursos hidrológicos que facilitan el cultivo bajo riego.

La producción pecuaria es muy importante en la vida comunitaria de los productores sin embargo requiere organizarla y darle seguimiento para mejorar cada año el beneficio de las familias.

2.2.7. Características del riego en la zona (CECH)

El fundo (CECH) donde se realizó el trabajo de investigación, presenta un sistema de riego por gravedad que consta de un canal de riego revestido de concreto, con una capacidad de un caudal mínimo de 140 litros/seg y un caudal máximo de 180 litros /seg, de agua proveniente por gravedad. **(Roger armella 2019)**

2.2.8. Hidrografía

Hidrográficamente el CECH se ubica en el sector de afluentes directos a la cuenca del Río Camacho, ubicado en el margen izquierdo del mismo y al margen izquierdo de la subcuenca de la quebrada el Huayco, las mismas son parte de la cuenca del río Guadalquivir en el Valle Central de Tarija. **(Daniel A. Segovia 2016)**

FIGURA N°3 Mapa de hidrografía del río Camacho



Imagen de la cuenca del Río Camacho



2.2.9. Vías de comunicación.

El acceso al C.E.CH. Por el camino carretero Tarija- Chaguaya que es totalmente pavimentada que hace fácil al acceso a la zona. Con acceso a telefonía móvil a los servicios de internet redes sociales etc. Con antenas de las empresas ENTEL, TIGO.

(Daniel A. Segovia 2016)

2.3. MATERIALES

2.3.1. Material Vegetal

- Estacas de Manzano (*Malus domestica* Borkh) de la variedad Gala
- Estacas de Manzano (*Malus domestica* Borkh) de la variedad Ana

2.3.2. Herramientas y Materiales de campo

- Etiquetas.
- Marcadores.
- Tijeras.
- Planilla de registro.
- Cámara fotográfica.
- Carretillas.
- Bolsa de plástico (Polietileno).
- Palas.
- Madera.
- Regla.
- Wincha.
- Clavos.
- Manguera.
- Baldes.
- Chinchas.
- Jarra plástica (1l).
- Platos desechables.
- Hilo de bolsas.

- Azadón.
- Botellas plásticas.
- Libreta.
- Martillo.
- Cemento.

2.3.3. Material de laboratorio

- Mandil.
- Guantes.
- Barbijo.
- Balanza de precisión.
- Frasco de vidrio.
- Cuchara plástica.
- Bolsitas herméticas.

2.3.4. Insumo

Hidrogel Aquaforest (polímeros hidrofílicos): Copolímero reticular de acrilamida y acrilato de potasio, utilizado para absorber grandes cantidades de agua y nutrientes. AQUAFOREST tiene la propiedad de absorber hasta 500 veces su peso en agua, algunos beneficios que presenta son:

- ✓ Reduce los costos de operación y mantenimiento por riego en un 50%.
- ✓ Optimiza la fertilización al reducir la percolación de nutrientes en un 30%.
- ✓ Polímero irreversible y biodegradable con 4 años de vida útil.
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos durante varios años.
- ✓ Limita las pérdidas de agua y nutrientes debido a que liberan la eficiencia del fertilizante lentamente.
- ✓ Mejora el crecimiento de la planta de agua y nutrientes están disponibles continuamente en la zona de raíces para una absorción óptima por las plantas.
- ✓ No tóxico.

Hormona de enraizamiento (Nafusaku): es un regulador de crecimiento de las plantas estimula y acelera la emisión de raíz en gajos y estacas leñosas, es compatible

con la mayoría de los plaguicidas, fertilizantes y fitorreguladores de uso común, no se debe mezclar con sustancias alcalinas ni con azufre, las mezclas deben ser usadas inmediatamente.

Composición:

Alfa naftalen acetato de sodio	16 gramos
Inertes c.s.p	100 gramos

2.3.5. Material de escritorio

- Computadora.
- Calculadora.
- Bolígrafos.
- Hojas de papel boom.
- Lapiceras.

2.3.6. Registro fotográfico

Se tomó fotos desde el inicio hasta el final del trabajo

- El Armado del polipropagador.
- Preparación del sustrato para el llenado del polipropagador.
- Recolección del material vegetal a utilizar (estacas de dos variedades de Manzana.)
- Colocado de las estacas al medio de enraizamiento.
- Preparación del sustrato para la llenada de las bolsas.
- Trasplante de las estacas en bolsas de polietileno.
- Aplicación del hidrogel en el sustrato de las bolsas.
- Riegos.
- Evaluaciones correspondientes.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el siguiente trabajo de investigación se utilizó el Diseño “bloques al azar” con arreglo factorial (2 x 3) 6 tratamientos con 3 repeticiones haciendo un total de 18

unidades experimentales. Cada unidad experimental contó con 20 estacas, de los cuales se evaluó 6 estacas por unidad experimental.

FACTORES EN ESTUDIO

-Factor 1 hidrogel:

D₁ = 2,5 gr/bolsa

D₂ = 5 gr/bolsa

D₃ = 0 gramos (Riego normal)

-Factor 2 Material Vegetativo (Estacas de Manzana), Las estacas tuvieron un tamaño de 20 - 25 cm las cuales previamente fueron sumergidas en enraizador Nafusaku de manera que garantice el prendimiento de las mismas.

E₁= Estacas de Manzano (*Malus domestica* Borkh) de la variedad Gala

E₂= Estacas de Manzano (*Malus domestica* Borkh) de la variedad Ana

CUADRO N° 8: Descripción de tratamientos

F1 Dosis de hidrogel	Factor 2 (Estacas de Manzano)	Tratamientos
D₁ = 2,5 gr	E₁ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Gala	T₁ = D ₁ E ₁
	E₂ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Ana	T₂ = D ₁ E ₂
D₂ = 5 gr	E₁ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Gala	T₃ = D ₂ E ₁
	E₂ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Ana	T₄ = D ₂ E ₂
D₃ = 0 gr	E₁ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Gala	T₅ = D ₃ E ₁
	E₂ = Estacas de Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) de la variedad Red Ana	T₆ = D ₃ E ₂

DISEÑO DE CAMPO

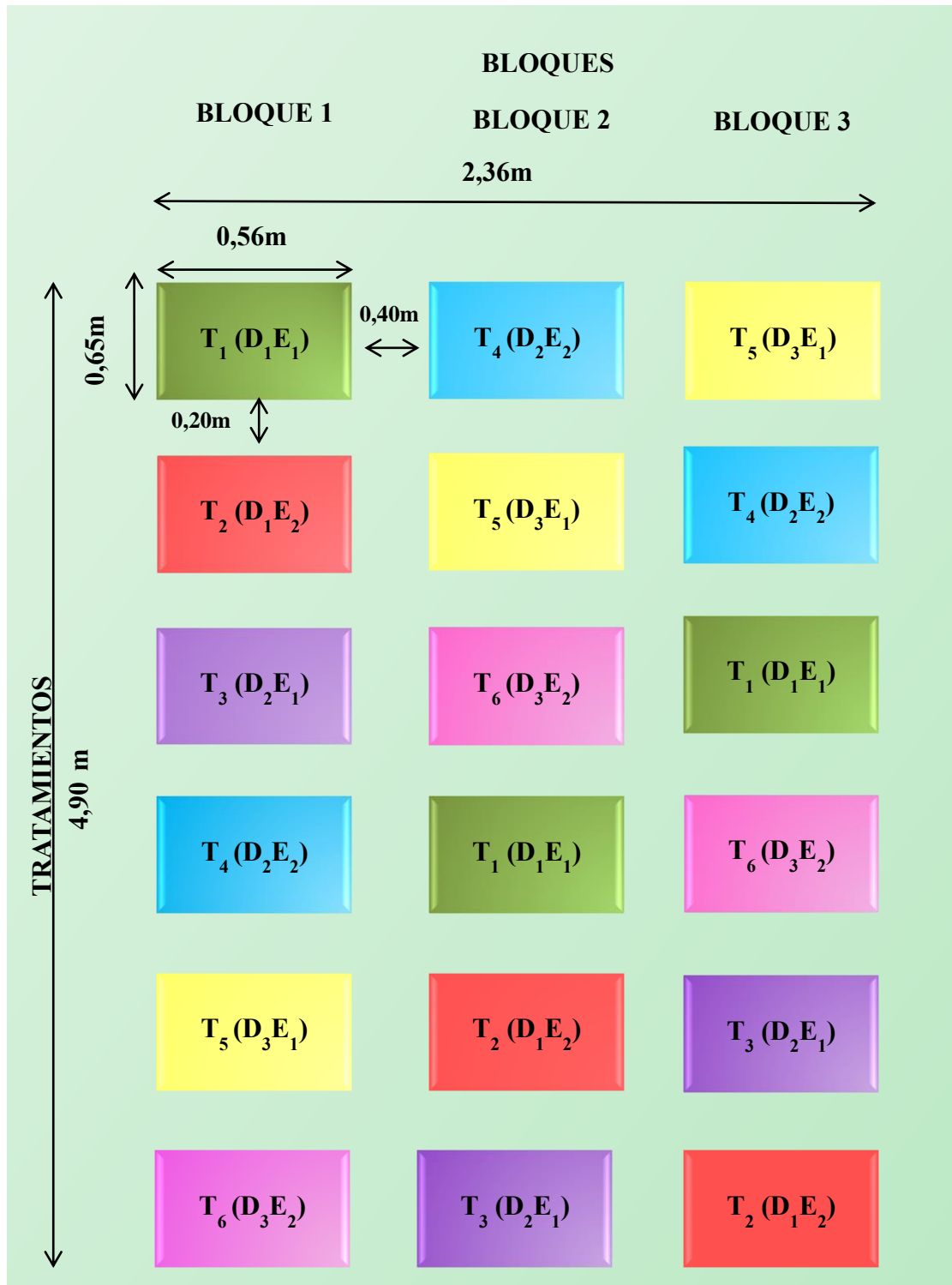
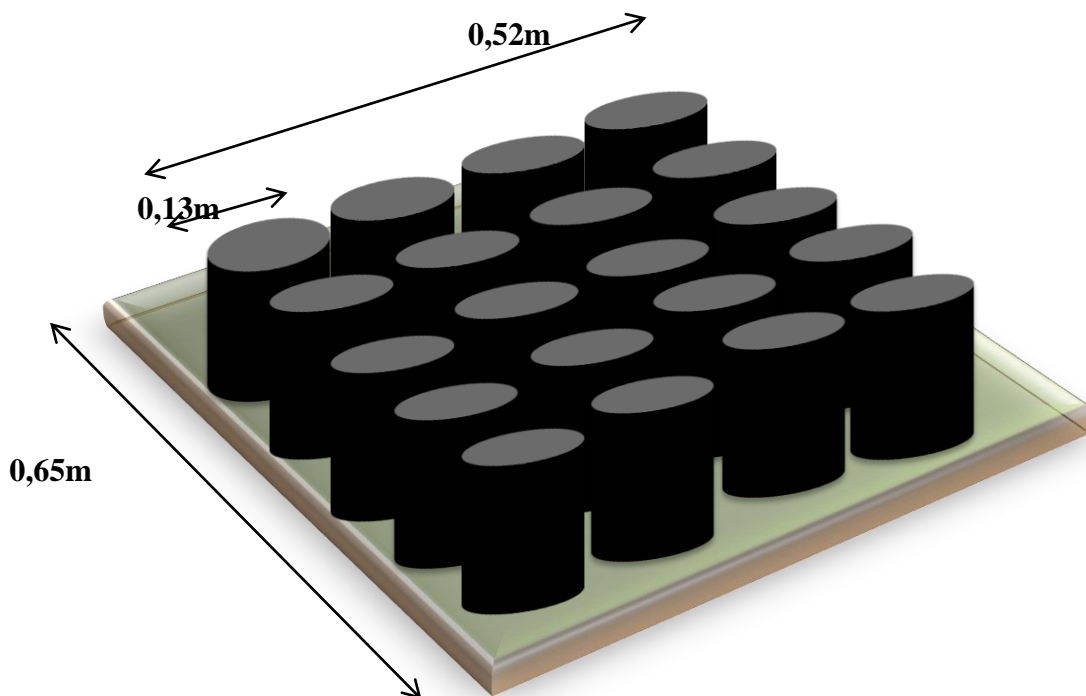


FIGURA N° 4: Detalle de cada unidad experimental



2.4.2. Características del diseño

- Número de tratamientos: 6
- Número de repeticiones: 3
- El total de las unidades experimentales: 18
- Número de estacas por tratamiento: 20
- Número de estacas a evaluar: 6
- Número de estacas totales: 360

Distancia de bloque a bloque = 0,40 m

Distancia de tratamiento a tratamiento = 0,20m

Largo del tratamiento = 0,65m

Ancho de tratamiento = 0,52m

Largo de la parcela = 4,90m

Ancho de la parcela = 2,36m

2.5. PROCEDIMIENTO

Trabajo de campo

➤ Arreglo del polipropagador

En la estación del centro experimental de Chocloca se cuenta con un polipropagador, el cual debe poseer las condiciones óptimas de temperatura y humedad para poder garantizar un buen enraizamiento de las estaquillas en el sustrato empleado, el polipropagador consta de una estructura de madera cubierto por una lámina de agro film con dimensiones establecidas, se tuvo que hacer un arreglo y se utilizó los siguientes materiales:

- Flexómetro
- Cubierta de nylon de agro film
- Clavos
- Scoch
- Martillo
- chinchas
- Arena
- Limo

➤ Preparación del sustrato para el polipropagador

Para la preparación del sustrato se utilizó arena fina y limo el cual se lo fue a traer con carretillas y palas, donde se trajeron 5 carretillas de arena y dos de limo después se lo zarandeo para eliminar todo material no deseado, así mismo se lo mezcló y se fue poniendo en el polipropagador.

➤ Recolección del material vegetativo

Se seleccionó Estacas de madera dura o leñosa que constituye el método de propagación más fácil y menos costoso, son las más simples de preparar, son poco perecederas y no requieren equipo especial durante el enraizado. Se preparan durante la estación de reposo, después de la caída de hoja y antes de la brotación de yemas. El

material debe obtenerse de plantas madres sanas y vigorosas, que hayan crecido a plena luz. Para el caso de “Maruba”, este método funciona bien.

Las estacas se obtuvieron el 27 de julio de la zona de Pinos Norte del propietario Don Ruperto Yufra que cuenta con plantaciones de manzano de las variedades Gala y Anna injertadas con maruba, se fue cortando las estacas a la medida de 20 - 25 cm de largo y 0,50-1cm de ancho las cuales se los puso en baldes con agua para que estas no se deshidraten, y se lo fue cambiando de agua cada día para que no se pudran hasta el día de la plantación en el polipropagador.

➤ **Aplicación del enraizador**

Para la aplicación del enraizador nafusaku (alfa naftalen acetato de sodio) se utilizó una dosis de 5 gramos para 5 litros de agua, disolviéndolo primeramente el Nafusaku en pequeña cantidad de agua y revolviéndolo hasta obtener una pasta cremosa, posteriormente se le agrego el agua restante a la cantidad indicada para luego repartirlos en cada uno de los baldes con las estacas de las variedades de manzano, luego se sumergió a un tercio del tamaño de las estacas dejándolo reposar por 12 horas.

➤ **Instalación de las estacas en el poli propagador**

Una vez pasado el tiempo se procedió a retirar las estacas de los baldes con la preparación del enraizador nafusaku y se estableció en el polipropagador previamente preparado con el sustrato, plantando por separado cada variedad ya que aún no se utilizó el hidrogel para lo cual el diseño se lo realizará una vez trasplantadas en las bolsas, se las planto a una profundidad de 10 cm. a la mitad del tamaño de las estacas y a una distancia de 7x7cm entre estacas y 20 cm entre las variedades.

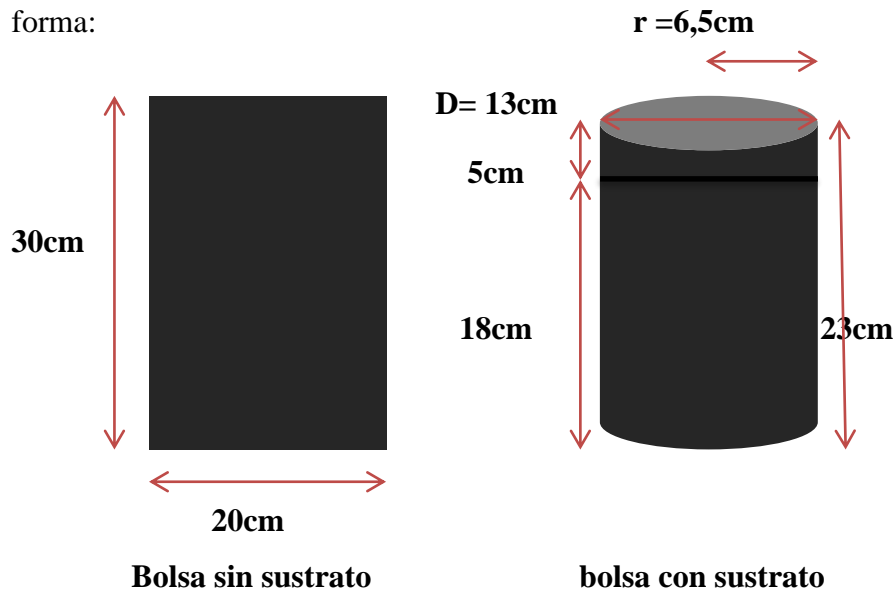
➤ **Riego en el polipropagador**

El riego se realizó con una regadera manual cada 5 6 días dependiendo de las condiciones climáticas.

➤ **Cálculo para determinar la cantidad a utilizar el hidrogel**

La cantidad de hidrogel utilizado depende del volumen del sustrato en la bolsa de polietileno que se utilizó y de las recomendaciones de uno de las marcas de hidrogel que se indicó en la bibliografía ya que indica que 1 kg - 2 kg de hidrogel es igual a 1 m³ de sustrato.

El cálculo del volumen de sustrato a empleado en la bolsa se lo hizo de la siguiente forma:



$$V = \pi \times r^2 \times h$$

$$V = 3,1416 \times (6,5\text{cm})^2 \times 18\text{cm}$$

$$V = 2389,18\text{cm}^3/\text{bolsa}$$

$$X = \frac{2389,18\text{cm}^3/\text{bolsa}}{1.000.000 \text{ cm}^3/\text{m}^3}$$

$$1.000.000 \text{ cm}^3/\text{m}^3$$

$$X = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ bolsa} \longrightarrow 0,0024 \text{ m}^3$$

$$20 \text{ bolsas} \longrightarrow X$$

$$X = 0,05 \text{ m}^3/20 \text{ BOLSAS}$$

$$1 \text{ kg} \longrightarrow 1 \text{ m}^3$$

$$X \longrightarrow 0,05 \text{ m}^3$$

$$X = 0,05 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}}$$

$$X = \frac{50 \text{ gr}}{20 \text{ bolsas}}$$

$$X = 2,5 \text{ gr /bolsa}$$

$$X = 2,5 \text{ gr} \times 120 \text{ bolsas} = 300 \text{ gr /120 bolsas}$$

-Nuestra primera dosis es de **2,5** gramos por bolsa cada tratamiento cuenta con 20 plantas es por eso que se hizo el cálculo para 20 bolsas, en total se utilizaran 120 bolsas/plantas para aplicar esta primera dosis y se tendrá un total de 300 gramos de hidrogel a utilizar.

-Nuestra segunda dosis que utilizaremos será de 5 gramos, es decir:

$$5 \text{ gr} \times 120 \text{ bolsas} = 600 \text{ gramos/ 120 bolsas}$$

También se contó con 120 plantas para aplicar esta dosis y se tendrá un total de 600 gramos de hidrogel a utilizar.

-Nuestra tercera dosis será nuestro testigo, también contó con 120 bolsas/plantas las cuales no se aplicó el hidrogel.

Nuestras dosis a utilizar serán:

D₁: 2,5 gr/bolsa

D₂: 5 gr/bolsa

D₃: 0 testigo Riego normal

➤ **Peso del hidrogel**

Para poder obtener las dosis de hidrogel indicadas se pesó en una balanza del laboratorio de fitopatología, para pesar el hidrogel se lo puso en un frasco de vidrio y

posteriormente cada peso obtenido se lo fue poniendo en bolsas herméticas pequeñas y se los separo cada dosis correspondiente de 2,5 gramos y 5 gramos. Esto se tendrá listo para luego aplicarlo en cada bolsa/estaca. La aplicación de las dosis correspondientes de hidrogel se lo realizará en seco a una distancia de 7 cm de profundidad del sustrato en cada bolsa.

➤ **Preparación del sustrato para el llenado de las bolsas para vivero**

Para la preparación del sustrato para las bolsas se utilizó arena, limo y tierra vegetal (pino) en una proporción de 4:4:4. La arena se lo trajo de un establecimiento donde los trabajadores recolectan para hacer los trabajos en el invernadero, el limo se fue a traer de la sequía y la materia orgánica se lo obtuvo de pinos todo se lo llevó en una camioneta para posteriormente ponerlo en el vivero y tenerlo listo.

Para el trasplante, primeramente, se lo fue cerniendo, luego se procedió a mezclar para tener una mezcla homogénea y buena retención de humedad. Una vez mezclado se procedió a llenar las bolsas (30x20) con ayuda de botellas plásticas, también se colocó el hidrogel a los 7 cm y se llenó las bolsas dejando unos 5 cm para poder llegar.

➤ **Trasplante**

Se armó el diseño y se lo regó bien para así trasplantar las estacas también se lo hizo huecos a las bolsas para poner las estacas y así no se lastimen al momento de trasplantarlas. Una vez teniendo listo el sustrato se fue a sacar las estacas del polipropagador en los baldes y se procedió a ponerlas a las bolsas de acuerdo al diseño establecido.

➤ **Deshierbe**

Se realizó el desmalezado de algunas malas hierbas que estaban emergiendo tanto en el polipropagador como en el vivero.

Variables a evaluar

➤ **Volumen de Agua de Riego Aplicado**

Para evaluar esta variable se determinó primeramente el requerimiento del cultivo de la manzana, ya que según el resultado que se tenía en el requerimiento del agua utilizada es de 0,80 litros lo cual se pretende optimizar el agua con el uso del hidrogel, de esta manera se utilizó una jarra con medidas y se procedió a tocar el sustrato para observar empíricamente si el sustrato estaba a capacidad de campo seguía o seca y recién poder regar a un volumen en cada uno de los tratamientos.

➤ **Frecuencia de Riego**

Para evaluar la frecuencia de riego con la aplicación del hidrogel, se procedió a contar los días transcurridos en cada riego que se fue dando en cada uno de los tratamientos.

➤ **Numero de Callos Formados en las Estacas**

Para medir esta variable se procedió a sacar dos estacas de cada tratamiento y ver si contaban con callos.

➤ **Porcentaje de prendimiento de las Estacas a los 60 días**

Se consideraron las estacas vivas por tratamiento teniendo un porcentaje de prendimiento a los 60 días de instalado del experimento, este análisis se lo realizó en base al desarrollo de brotes en las estacas.

➤ **Porcentaje de prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días**

De la misma manera se evaluó, el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 120 días de instalado el experimento, considera ya la planta establecida, este análisis se lo realizó en base al desarrollo de brotes en las estacas.

➤ **Número de estacas con Brotes**

Para esta variable se tomaron en cuenta y se contaron en forma manual el número de estacas con brotes de 6 muestras de estacas que emitieron sus primeros brotes.

➤ **Número de Brotes por estaca**

Para esta variable se tomó en cuenta, el número de brotes existentes por estacas, y se los fue contando de manera manual de 6 muestras de estacas de cada tratamiento.

➤ **Longitud del Brote a los 90 Días**

Para medir esta variable de respuesta, primero se tomó 10 muestras al azar en cada tratamiento de las estacas, luego se promedió para tener un solo dato, y se mide desde la primera aparición de hojas a través de las yemas; o sea desde la vaina o yema axilar hasta el ápice de la hoja con una regla graduada en centímetros.

➤ **Número de hojas por brote**

Para medir esta variable de respuesta, se procedió a contar el número de hojas de cada brote principal presente en las diferentes estacas de las dos variedades de manzana en cada tratamiento.

➤ **Tiempo de Enraizamiento**

Es la capacidad de la estaca de presentar las primeras raíces, este parámetro se mide en días, para la medición del tiempo de enraizamiento se evaluó cuánto tiempo tardaba las muestras de cada unidad experimental en enraizar, para poder evaluar esta variable se tomaron muestras en diferentes días hasta los 45 días. Se midió mediante observación sacando las estacas del sustrato, colocando en agua para poder observar la emergencia de las raíces.

➤ **Longitud de la Raíz**

La evaluación del crecimiento de raíz se realizó al final de la evaluación 120 días, después de la instalación del experimento, se utilizó una regla graduada en centímetros, procediéndose a extraer 6 muestras (plantines), de las bolsas de polietileno por tratamiento, cuidando de no dañar las raíces y raicillas, midiendo desde el cuello hasta el ápice radicular de la plantita.

➤ **Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días**

Se midió al final de la evaluación a los 120 días se tomó 6 muestras al azar de cada tratamiento y se mide desde la primera aparición de hojas a través de las yemas; o sea desde la vaina o yema axilar hasta el ápice de la hoja con una regla graduada en centímetros.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Cuantitativo

Los resultados expresados en el presente experimento, corresponde al comportamiento de dos variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) de la variedad Gala y de la variedad Ana, en respuesta a la aplicación de dos dosis de Hidrogel, de manera que se busca asegurar su prendimiento y producción en vivero, con el ahorro de agua.

Según **Rivera Fernández Rubén y Mesías Gallo Freddy, (2016)**, en su trabajo de investigación “Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento en tres tipos de suelos”, indican que el hidrogel PAP (Poli Acrilato de Potasio), absorbe por cada gramo alrededor de 103 ml de agua, dicha absorción va en aumento en función del tiempo llegado a un punto de inflexión a los 60 min, posterior a este tiempo el aumento no es significativo, en el caso del presente estudio se procedió al cálculo del requerimiento de agua de riego de la manzana, en la fase inicial, llegándose a establecer los siguiente:

Cuadro N° 9 Determinación del requerimiento de Agua para la reproducción de la Manzana

MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL	AREA
DIAS	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	365	CUL.(ha)
3a	ET (mm/día)	2,20	2,71	3,37	3,91	3,94	4,17	4,18	3,57	3,14	2,74	2,27	2,16	38,34
3b	ET (mm/mes)	68,09	84,14	101,03	121,10	118,08	129,31	129,51	99,90	97,25	82,06	70,43	64,69	1165,59
4a	Prec. (mm)	1,31	4,69	13,92	52,66	83,74	115,58	136,40	106,68	108,49	28,78	4,30	1,21	657,75
4b	Prec. Efec. (mm) $P_e = (P_m - 15) * 0,75$				28,25	51,55	75,43	91,05	68,76	70,12	10,34			395,49
Manzana	Kc		0,50	0,75	0,95	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,70			
	ETR = ETP * Kc		42,07	75,77	115,04	118,08	129,31	123,03	89,91	82,66	57,44			833,33
	Req. Riego (mm) (RR = ETR - P _e)		42,07	75,77	86,80	66,53	53,88	31,98	21,16	12,54	47,11			437,84
	Area de cultivo (ha)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
	Req. Neto (m ³)		420,72	757,69	867,97	665,31	538,80	319,84	211,57	125,43	471,05			4.378,39
	Req. Riego (mm)		42,07	75,77	86,80	66,53	53,88	31,98	21,16	12,54	47,11			437,84
A	Caudal Neto (l/seg)		0,16	0,29	0,32	0,26	0,20	0,12	0,09	0,05	0,18			
B	Caudal (l/seg/ha)		0,16	0,29	0,32	0,26	0,20	0,12	0,09	0,05	0,18			1,67
DEMANDA														
15a	Efic. Captación	0,95												
15b	Efic. Conducción Principal	0,80												
15c	Efic. Conducción Parcelaria	0,90	EFICIENCIA											
15d	Efic. Aplicación	0,90	0,89											
	Demanda Riego (mm)		47,41	85,37	97,80	74,96	60,71	36,04	23,84	14,13	53,08			493,34
C=A*E _f	DEMANDA TOTAL (l/seg)		0,18	0,33	0,37	0,29	0,23	0,13	0,10	0,05	0,20			1,88
D=B*E _f	CAUDAL UNITARIO (l/seg/ha.)		0,18	0,33	0,37	0,29	0,23	0,13	0,10	0,05	0,20			1,88
	Req. Riego para la maceta (Lts)		0,56	0,78	0,82	0,78	0,72	0,43	0,28	0,17	0,63			
	Lamina Neta Ln= (CC-PMP)/100 * DA * CR * PR		16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2			
	Requerimiento de Riego		42,07	75,77	115,04	118,08	129,31	123,03	89,91	82,66	57,44			
	Frecuencia de riego		3	5	7	7	8	8	6	5	4			

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI

Del cuadro se deduce que el requerimiento máximo por maceta, es de 0.82 litros equivalente a 800 ml/maceta. Como se menciona en el anterior capítulo el cálculo de hidrogel se lo realizó según las recomendaciones de uno de las marcas de hidrogel que indica que 1 kg - 2 kg de hidrogel es igual a 1 m³ de sustrato, de esta manera se determinó las dosis que son D₁: 2,5 gr/bolsa, D₂: 5 gr/bolsa y D₃: 0 gr con riego normal.

De igual forma en el cuadro se aprecia que la frecuencia de riego varía de 3 a 8 días de riego a riego, lo cual se pretende alargar con el uso de hidrogel, de forma que los 257.5 ml y los 515 ml de agua almacenada por el PAP (Poli Acrilato de Potasio), con la dosis de 2.5 gr. y 5 gr., estén disponibles para la planta en un mayor tiempo aumentando a si los días de frecuencia de riego.

Para la evaluación de los resultados se empleó el análisis de varianza para cada uno de las variables de estudio, programadas los cuales lo presentamos a continuación.

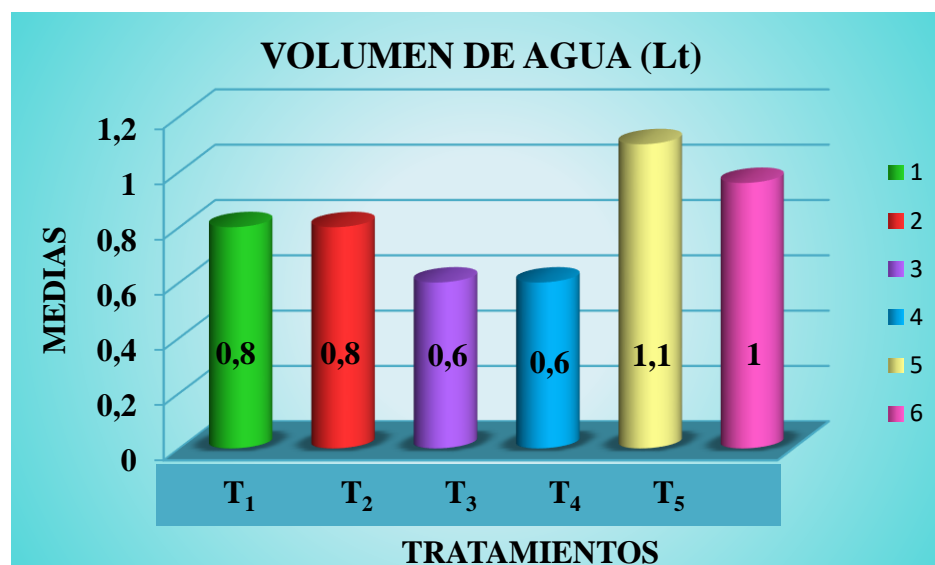
3.1.1. Volumen de Agua de Riego Aplicado

Como lo mencionamos anteriormente es una de las variables que nos lleva a cumplir con el objetivo dos del presente estudio el de determinar el volumen de agua con el uso del hidrogel y por ende el uso eficiente del agua en el riego de los plantines.

CUADRO N° 10 Volumen de Agua de Riego Aplicado

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	0,8	0,8	0,8	2,4	0,8
D1E2	0,8	0,8	0,8	2,4	0,8
D2E1	0,6	0,6	0,6	1,8	0,6
D2E2	0,6	0,6	0,6	1,8	0,6
D3E1	1,2	1,01	1,15	3,36	1,1
D3E2	0,88	0,9	1,1	2,88	0,96
TOTAL	4,88	4,71	5,05	14,64	4,88

GRÁFICA N°1 Volumen de Agua de Riego Aplicado



De acuerdo a la gráfica N°1 se puede observar que en el tratamiento T5 (con dosis 0 que es el testigo en la variedad Gala) obtuvo un mayor promedio de 1,1 litro en

cuanto al volumen de agua aplicado en los riego, seguido se tiene al tratamiento T6 (Con dosis 0 que es el testigo en la variedad Ana), con un promedio de 1 litro de agua aplicado, posteriormente se tiene a los tratamiento T4 (con dosis de 5gramos en la variedad Ana) y T3(con dosis de 5 gramos en la variedad gala) obtuvieron un mismo promedio de 0,8 litros de agua aplicada, seguido se tiene al tratamiento T1(con dosis de 2,5 gramos en la variedad Gala), y al tratamiento T2 (con dosis de 2,5gramos en la variedad Ana) ambas con un promedio de 0,6 litros de agua, los cuales obtuvieron el menor volumen de agua aplicados en los riegos.

A continuación, presentamos el análisis de varianza para esta variable:

CUADRO N° 11 Análisis de Varianza para el volumen de agua aplicado

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	0,010	0,005	1,22	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	0,62	0,124	31.53***	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	0,36	0,179	45.48***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	0,60	0,597	151.72***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x	2	0,33	0,167	42.49***	3,68	6,36
ERROR	10	0,039	0,004			
TOTAL	17	0,67	0,039			

*Bajo nivel de significancia, ** significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza para el volumen de agua aplicado para el factor B (Hidrogel) y factor A (Variedades de manzana), de acuerdo a los resultados deducimos que entre bloques no existen diferencias significativas para bloques, lo que indica que los volúmenes de agua aplicados en cada bloque tienen un comportamiento similar a un que para el testigo D₃ sin PAP (Poli Acrilato de Potasio) sean mayores, de igual forma el ANOVA, nos muestra que existen diferencias altamente significativas para tratamientos donde F calculado es mayor que F tabulado al 5% y 1 % (31.53 > 2.9 y 4.56), para el factor A la F calculada es mayor que la F tabulada (45.48 > 4.54 y 8.68), similar situación para el factor B $F_{Calculada} > F_{tabulada}$ (151.72 > 3.68 y 6.36) y

para la interacción (AB) entre los factores la $F_{\text{Calculada}} > F_{\text{tabulada}}$ ($42.49 > 3.68$ y 6.36) respectivamente.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{0.004}}{0.8} \right) * 100 = 7.71 \%$$

El $CV = 7.71 \%$ indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado ($CV < 50$), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental volumen de agua aplicado.

Cuadro N° 12 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, del B y de la interacción A x B

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	0,80	0,80	1,60	0,80
D2	0,60	0,60	1,20	0,60
D3	1,12	0,96	2,08	1,04
$\sum X J$	2,52	2,36	4,88	
MEDIA	0,84	0,79		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°12, se presentan las medias para los Factores A (Variedades de manzanas) y B (Dosis de hidrogel), referente al volumen de agua aplicado, podemos deducir que el tratamiento D₃ (Hidrogel Testigo), para ambas variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) variedades Gala y Ana, requieren un mayor volumen de agua 1.04 l/maceta), seguido del tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), para ambas variedades se aplicó un volumen medio de 0.80 l/maceta y finalmente el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel) para ambas variedades tiene un volumen de agua de 0.60 l/maceta.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 13 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana) a la aplicación de agua.

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{0.004})/6$	0,026
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 0.02$	0,12
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.02$	0,22

Fuente: Elaboración propia

Diferencias entre variedades de Manzana a la aplicación de agua

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		0,79	0,84
E1	0,84	0,05	0,00
E2	0,79	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que E₁ (*Variedad Gala*) responde mejor a la aplicación del volumen adecuado de agua que E₂ (*Variedad Ana*) aunque no presentan diferencias significativas al 5% y 1% de significancia ($0.05 < 0.12$ y 0.22).

CUADRO N° 14 Prueba de Tukey para el factor B (Dosis de Hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{0.004})/9$	0,021
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.02$	0,08
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.02$	0,13

Fuente: Elaboración propia

En cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1%

Diferencias entre dosis de hidrogel a la aplicación de agua

NIVEL		D2	D1	D3
\bar{X}		0,60	0,80	1,04
D3	1,04	0,44	0,24	0,00
D1	0,80	0,20	0,00	
D2	0,60	0,00		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que D₂ (Hidrogel 5 gr), muestra diferencias altamente significativas, referente a D₃ (Hidrogel Testigo = 0), presentando valores de comparación superiores al 5% y 1% ($0.44 > 0.08$ y 0.13); de igual forma diferencias significativas entre D₁ (Hidrogel = 2.5 gr), y D₂ (Hidrogel Testigo = 0) con valores de comparación levemente superiores al 5% y 1% ($0.24 > 0.08$ y 0.13) y finalmente diferencias significativas entre D₁ (Hidrogel = 2,5 gr) y D₂ (Hidrogel = 5 gr.) con valores de comparación mayores al 5% y 1% ($0.20 > 0.08$ y 0.13), lo cual nos demuestra que el testigo sin la aplicación de hidrogel utiliza un mayor volumen de agua, seguido del factor D₁ (hidrogel = 2.5 gr).

Comparación de los resultados

No habiendo un trabajo tesis realizado en vivero con frutales se hizo la comparación con los resultados que se obtuvo de esta investigación.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede deducir que haciendo una comparación en cuanto al ahorro de agua (volumen de agua utilizada) en vivero de manzano sin aplicación de hidrogel es decir el volumen de agua que se utilizo es de 1L /plantin, en cuanto al volumen de agua con la aplicación de diferentes dosis de hidrogel que se utilizo es de ; para 5gr se utilizó 600 ml/ plantin y para 2,5 gramos se utilizó 800ml/plantin, existiendo así una diferencia entre el volumen que se utilizó

para los diferentes tratamientos, haciendo un análisis se puede decir que con la aplicación de hidrogel si se optimiza el uso de agua, y sin la aplicación de hidrogel el volumen de agua es mayor, por eso es necesario utilizar un retenedor de agua para que la cantidad de agua a regar sea menor.

El volumen de agua a utilizar en el vivero de frutales o ya sea para para cualquier especie depende según las necesidades de requerimiento de agua que necesiten cada especie, y también dependiendo de las dosis que se vayan a utilizar, para esto se debe hacer un cálculo correspondiente ya sea para un vivero o para terrenos abiertos y así saber cuál es la dosis adecuada.

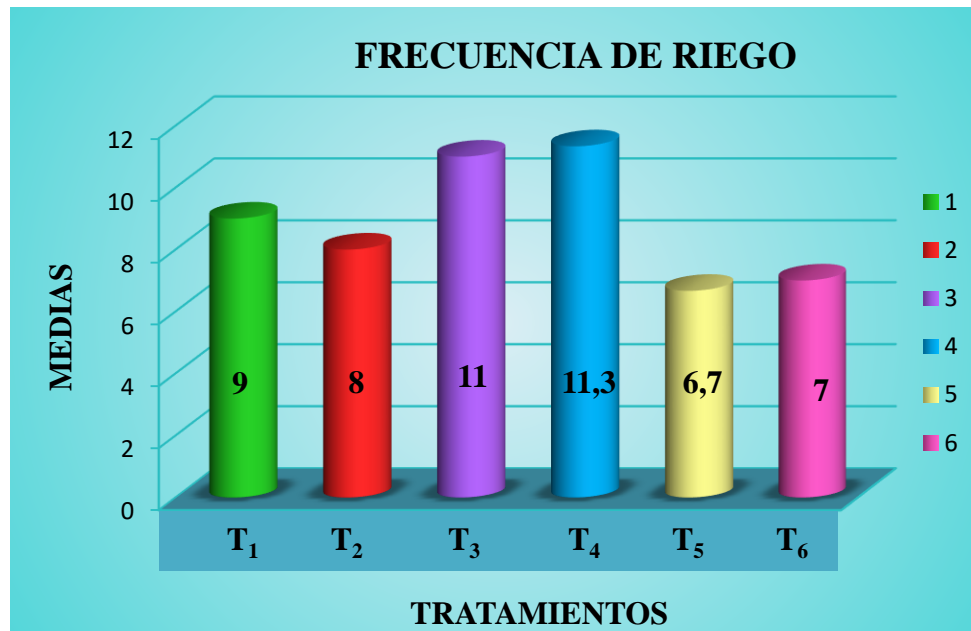
3.1.2. Frecuencia de Riego

Otra de las variables importantes a analizar para el cumplimiento de este objetivo es la frecuencia de riego con la aplicación del hidrogel, el cual deberá aumentar la humedad disponible en para las plantas.

CUADRO N°15 Frecuencia de Riego

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	10	9	8	27	9
D1E2	7	8	9	24	8
D2E1	12	10	11	33	11
D2E2	11	12	11	34	11,3
D3E1	5	7	8	20	6,7
D3E2	7	8	6	21	7
TOTAL	52	54	53	159	53

GRÁFICA N°2 Frecuencia de Riego



De acuerdo a la gráfica N°2 se puede observar que en el tratamiento T4 (con dosis de 5gramos en la variedad Ana) y tratamiento T3(con dosis de 5 gramos en la variedad gala) obtuvieron un mayor promedio de 11 días en cuanto a la frecuencia de riegos, , posteriormente se tiene al tratamiento T1(con dosis de 2,5 gramos en la variedad Gala) con un promedio de 9 días y por último se tiene al tratamiento T2 (con dosis de 2,5gramos en la variedad Ana) con un promedio de 8 días, seguido por los tratamientos T5 (con dosis 0 que es el testigo en la variedad Gala) y el tratamiento T6 (Con dosis 0 que es el testigo en la variedad Ana) obtuvieron un promedio de 7dias, los cuales presentan el menor días de frecuencia de riegos aplicados.

A continuación, presentamos el análisis de varianza para esta variable:

CUADRO N° 16 Análisis de Varianza para la Frecuencia de Riego

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA A	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	0,333	0,167	0,13	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	59,17	11,833	9.10**	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	42,99	21,497	16.53***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	70,23	70,233	54.025***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "	2	54,06	27,031	20.79***	3,68	6,36
ERROR	10	13,000	1,300			
TOTAL	17	72,50	4,265			

*Bajo nivel de significancia, ** significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza para la frecuencia de riego, para el factor B (Hidrogel) y factor A (Variedades de manzana), de acuerdo a los resultados deducimos que entre bloques no existen diferencias significativas, lo que indica que la frecuencia de riego en cada bloque tienen un comportamiento similar a un que para el testigo D₃ sin PAP (Poli Acrilato de Potasio) la frecuencia de riego es cada 6 a 7 días , de igual forma el ANAVA, nos muestra que existen diferencias altamente significativas para tratamientos a un nivel de significación de 5% y 1% donde la $F_{Calculada} > F_{tabulada}$, (9.10 > 2.9 y 4.56), para el factor A los valores de F son $F_{Calculada} > F_{tabulada}$ (16.53 > 4.54 y 8.68), igual para el factor B $F_{Calculada} > F_{tabulada}$ (54.025 > 3.68 y 6.36) y finalmente para la interacción (AB) entre los factores también $F_{Calculada} > F_{tabulada}$ (20.79 > 3.68 y 6.36).

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{1.300}}{8.8} \right) * 100 = 12.91 \%$$

El CV = 12.91 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental frecuencia de riego.

CUADRO N° 17 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, del B y de la interacción A x B (Frecuencia de riego)

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	9,00	8,00	17,00	9
D2	11,00	11,33	22,33	11
D3	6,67	7,00	13,67	7
$\sum X J$	26,67	26,33	53,00	
MEDIA	8,9	8,8		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°17, se presentan las medias para los Factores A (Variedades) y B (Dosis de hidrogel), referente a la frecuencia de riego, podemos deducir que el tratamiento D₃ (Hidrogel testigo = 0), para ambas variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) Gala y Ana, requieren de una menor frecuencia de riego cada 7 días de riego a riego, seguido del tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), para ambas variedades se regara cada 9 días y finalmente la frecuencia de riego del tratamiento D₃ que se deberá regar cada 11 días aumentando así la disponibilidad de humedad en el suelo.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 18 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana) para la Frecuencia de Riego

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{1.300})/6$	0,465
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 0.465$	2,11
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.465$	4,04

Fuente: Elaboración propia

En cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1%, para la Frecuencia de Riego y Variedades de manzana.

Diferencias entre variedades de Manzana Frecuencia de Riego

NIVEL		E2	E1
X̄		8,78	8,89
E1	8,89	0,11	0,00
E2	8,78	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que E₁ (*Variedad Gala*) y E₂ (*Variedad Ana*) responde de manera similar a la frecuencia de riego ya que no existen diferencias significativas ni al 5% y 1%.

CUADRO N° 19 Prueba de Tukey para el factor B (Dosis de Hidrogel), para Frecuencia de Riego.

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{1.300})/9$	0,380
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.380$	1,40
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.380$	2,42

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la Frecuencia de Riego y Dosis de hidrogel.

Diferencias entre dosis de hidrogel a la Frecuencia de riego

NIVEL		D3	D1	D2
\bar{X}		6,83	8,50	11,17
D2	11,17	4,34****	2,67**	0,00
D1	8,50	1,67	0,00	
D3	6,83	0,00		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que D₂ (Hidrogel 5 gr), muestra diferencias altamente significativas, referente a D₃ (Hidrogel Testigo = 0), presentando valores de comparación superiores al 5% y 1% ($4.34 > 1.40$ y 2.42); de igual forma diferencias significativas entre D₂ (Hidrogel = 5 gr), y D₁ (Hidrogel = 2.5) con valores de comparación superiores al 5% y 1% ($2.67 > 1.40$ y 2.42) y finalmente diferencias significativas entre D₁ (Hidrogel = 2,5 gr) y D₃ (Hidrogel testigo = 0) con valores de comparación mayores al 5% y no así al 1% ($1.67 > 1.40$ y < 2.42), lo cual nos demuestra que el testigo sin la aplicación de hidrogel utiliza una mayor frecuencia de riego, seguido del factor D₁ (hidrogel = 2.5 gr).

Comparación de los resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede deducir que haciendo una comparación en cuanto a la frecuencia de agua en vivero de manzano sin aplicación de hidrogel los riegos se dio cada 7 días, en cuanto a la frecuencia de agua con la aplicación de diferentes dosis de hidrogel que se utilizó es de; para 5gr los riegos fueron cada 11 días y para 2,5 gramos fueron cada 9 días, existiendo así una diferencia entre la frecuencia de riego para los diferentes tratamientos, haciendo un análisis se puede decir que con la aplicación de hidrogel si se optimiza el uso de agua ya que la frecuencia de riego a riego es menor y sin la aplicación de hidrogel la frecuencia de riego a riego es menor, por lo que es necesario utilizar un retenedor de agua para que la frecuencia de riegos sea mucho mayor y así se pueda optimizar el agua.

No habiendo una investigación en vivero de frutales leñosos, se hizo una comparación de un trabajo que se realizó en papa a terreno abierto (**Diaz Laupa 2018**), en donde la frecuencia de riego se observa que el tratamiento T7 (suelo franco arenoso x dosis alta de hidrogel) es superior a todos los tratamientos siendo la frecuencia de riego cada 49 días y el tratamiento T4 (suelo arenoso franco x dosis cero de hidrogel) es inferior a todos los tratamientos siendo la frecuencia de riego cada 14.33 días. Entonces se puede demostrar que si existe una gran diferencia en cuanto a la frecuencia de riego utilizando hidrogel y así optimizar el uso de agua.

3.1.3 Número de Callos Formados en las Estacas

Otra de las variables analizadas y que permiten cumplir con el objetivo 3 del presente estudio y que permite determinar el potencial para el éxito en el desarrollo de raíces son la formación de los callos.

CUADRO N°20 NÚMERO DE CALLOS FORMADOS EN LAS ESTACAS

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
T1 (D1E1)	2	2	1	5	2
T2 (D1E2)	1	2	2	5	2
T3 (D2E1)	1	2	2	5	2
T4 (D2E2)	2	1	1	4	1
T5 (D3E1)	2	2	1	5	2
T6 (D3E2)	2	2	1	5	2
TOTAL	10	11	8	29	1,61

GRÁFICA N° 3 Formación de callo



De acuerdo a la gráfica N° 1 se puede observar que los tratamientos T1 ($D_1=2,5\text{gr./}$ $E_1=V.$ Gala), T2 ($D_1=2,5\text{gr./}$ $E_2=V.$ Ana), T3($D_2=5\text{gr./}$ $E_1=V.$ Gala), T5($D_3=0\text{gr./}$ $E_1=V.$ Gala), T6($D_3=0\text{gr./}$ $E_2=V.$ Ana) son los que obtuvieron mejores resultados con un promedio de 2 es decir que de las dos estacas que se sacaron en cada tratamiento estas estaban con callos, seguido del tratamiento T4 ($D_2=5\text{gr./}$ $E_1=V.$ Ana) con un promedio de 1, es decir que de las dos estacas sacadas en este tratamiento solo una se encontraba con callo, esto se evaluó a los 15 días después del trasplante.

A continuación se presenta el análisis de varianza para la formación de callos.

CUADRO N° 21 Análisis de Varianza para la Formación de Callos en las Estacas de Manzana

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	0,778	0,389	1,21	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	0,28	0,056	0,17	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	31,06	15,528	48.18***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	23,22	23,222	72.06***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	7,56	3,778	11.724***	3,68	6,36
ERROR	15	3,222	0,322			
TOTAL	17	4,28	0,252			

**Significativo

***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza para la creación de callos para los factores A (Variedades de Manzanas) y B (Dosis de hidrogel), indica que no existen diferencias significativas para bloques y tratamientos, existiendo diferencias altamente significativas para el factor A, factor B y para la interacción entre los factores AB, lo que nos muestra que la formación de los callos en las estacas de manzana fue favorecida por la aplicación del enraizador.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{0.322}}{1.61} \right) * 100 = 35.23 \%$$

El CV = 35.23 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV <50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental número de callos formados en las estacas.

CUADRO N° 22 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, del B y de la interacción A x B para la Formación de Callos

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	2,00	2,00	4,00	2,00
D2	2,00	1,00	3,00	1,50
D3	2,00	2,00	4,00	2,00
$\sum X J$	6,00	5,00	11,00	
MEDIA	2,00	1,67		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N°22, se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades) y B (Dosis de hidrogel), para la variable de estudio número de callos formados en las estacas de manzana, podemos deducir que el tratamiento D₁

(Hidrogel = 2.5), para ambas variedades de Manzana (*Gala* y *Ana*) presentan el mayor número de callos, con mejores resultados en la variedad de manzana Gala.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 23 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana)

Sd = $(\sqrt{CME})/B \times R$	Sd = $(\sqrt{0.322})/6$	0,232
W = q (5%) x Sd	W = 4.54 x 0.232	1,052
W = q (1%) x Sd	W = 8.68 x 0.232	2,012

Fuente: Elaboración propia

En cuadro N°23, anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la formación de callos en las estacas de Manzana en las dos variedades Gala y Ana.

Diferencias entre variedades de Manzana

NIVEL		E2	E1
\bar{X}		1,7	2,0
E1	2,0	0,3	0,0
E2	1,7	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar el test de Tukey se observa que no existen diferencias significativas en la formación de callos en ambas variedades de manzana ($0.3 < 1.052$ y 2.012) al 5% y 1%.

CUADRO N° 24 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de Hidrogel), para la formación de Callos en las estacas de manzana

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{0.322})/9$	0,189
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.189$	0,696
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.189$	1,203

Fuente: Elaboración propia

En cuadro N°24 anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la formación de callos con la aplicación de diferentes dosis de hidrogel.

Diferencias entre dosis de hidrogel

NIVEL		D2	D1	D3
X̄		1,5	2,0	2,0
D3	2,0	0,5	0,0	0,0
D1	2,0	0,5	0,0	0,0
D2	1,5	0,0		

Fuente: Elaboración propia

De la aplicación del test de Tukey se observa que no existen diferencias significativas, en la formación de callos en las estacas, con la aplicación de los diferentes tratamientos, ya que los valores calculados al 5% y 1% ($0.5 < 0.696$ y 1.203), son menores, lo que nos muestra que la formación de callos fue similar en ambas variedades de manzana.

3.1.4 Porcentaje de prendimiento de las Estacas a los 60 días

Se consideraron las estacas vivas por tratamiento teniendo un porcentaje de prendimiento a los 60 días de instalado del experimento, este análisis se lo realizó en base al desarrollo de brotes en las estacas.

CUADRO N°25 Porcentajes de prendimiento de las estacas a los 60 días

TRATAMIENTO	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	1	2	3		
D1E1	66	66	66	198	66
D1E2	66	50	66	182	61
D2E1	83	83	66	232	77
D2E2	100	83	100	283	94
D3E1	100	100	83	283	94
D3E2	83	83	100	266	89
TOTAL	498	465	481	1444	481,33

GRÁFICA N° 4 porcentaje de prendimiento de las estacas a los 60 días



De acuerdo a la gráfica N°4 se puede observar que en los tratamientos T4 (con dosis de 5gramos en la variedad Ana) y T5 (con dosis 0 que es el testigo en la variedad Gala) obtuvieron mejores resultados con un promedio de 94% de prendimientos de estacas a los 60 días, seguido se tiene al tratamiento T6 (Con dosis 0 que es el testigo en la variedad Ana) con un promedio de 89% de prendimiento de estacas, posteriormente se encuentra el tratamiento T3(con dosis de 5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 77% de prendimiento de estacas, luego se tiene al

tratamiento T1(con dosis de 2,5 gramos en la variedad Gala) con un promedio de 66% de prendimiento de estacas, y finalmente se tiene al tratamiento T2 (con dosis de 2,5gramos en la variedad Ana) con un promedio de 61 % de prendimiento de estacas.

A continuación se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 60 días.

CUADRO N° 26 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 60 días

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	90,778	45,389	0,0024	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	194074,44	38814,889	2,04	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	36838,00	18419,000	0,97	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	57947,44	57947,444	3,05	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "	2	99289,00	49644,500	2,61	3,68	6,36
ERROR	10	190036,111	19003,611			
TOTAL	17	4129,11	242,889			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior análisis de varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 60 días, para los factores A (Variedades de Manzana) y B (Dosis de Hidrogel), podemos indicar que no existen diferencias significativas entre variedades y otras fuentes de variación.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{19003,611}}{481,3} \right) * 100 = 28.64 \%$$

El CV = 28.64 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado ($CV < 50$), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental prendimiento de las estacas a los 60 días de iniciado el experimento.

CUADRO N°27 de doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción A x B en el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 60 días

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	66	61	127	63,50
D2	77	94	171	85,50
D3	94	89	183	91,50
$\sum X J$	237	244	481,00	
MEDIA	79,00	81,3		

Fuente: Elaboración propia

En cuadro N°27 se presenta las medias para los Factores A (Variedades) y B (Dosis de Hidrogel), para el porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 60 días, podemos deducir que el tratamiento D₃ (Hidrogel Testigo = 0 gr.), para ambas variedades E₁ y E₂ presentan el mayor porcentaje de prendimiento (91.5%), seguido del tratamiento D₂ (Hidrogel = 5 gr), con un porcentaje de 85.5, finalmente el tratamiento D₁ con un porcentaje de 63.50 % de prendimiento, lo cual nos demuestra que a mayor cantidad de humedad favorece el prendimiento de las estacas de manzana.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 28 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana), para el porcentaje de prendimiento de estacas a los 60 días.

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{19003.611})/6$	56,278
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 56.278$	255,50
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 56.278$	488,50

Fuente: Elaboración propia

En cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 60 días, para las dos variedades de manzana.

Diferencias entre Variedades de Manzanas (Gala y Ana)

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		79,0	81,3
E2	81,3	2,3	0,0
E1	79,0	0,0	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas de manzana a los 60 días, se observa que no existen diferencia entre E₁ (*Variedad Gala*) y E₂ (*Variedad Ana*) ya que los valores de las diferencias de medias nos arrojan valores por debajo de los valores calculados ($2.3 < 255.5$) al 5 % y ($2.3 < 488.5$) al 1% de significancia.

CUADRO N°29 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel), para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 60 días

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{19003.611})/9$	45,95
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 45.95$	169,10
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 45.95$	292,25

Fuente: Elaboración propia

En cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 60 días, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo.

Diferencias entre dosis de hidrogel para el porcentaje de prendimiento de estacas de manzana a los 60 días

NIVEL		D1	D2	D3
\bar{X}		63,5	85,5	91,5
D3	91,5	28,0	6,0	0
D2	85,5	22,0	0,0	
D1	63,5	0,0		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que no existen diferencias significativas para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 60 días, con la aplicación de las diferentes dosis de hidrogel ya que los valores de la diferencia de media son menores a los valores calculados al 5% y 1% de significación.

3.1.5 Porcentaje de prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días

De la misma manera se evaluó, el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 120 días de instalado el experimento, considera ya la planta establecida.

CUADRO N°30 Porcentajes de prendimiento de las estacas de manzana a los 120 días

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	66	66	66	198	66
D1E2	50	50	83	183	61
D2E1	83	83	66	232	77,3
D2E2	100	83	100	283	94,3
D3E1	100	100	100	300	100
D3E2	83	100	100	283	94,3
TOTAL	482	482	515	1479	369,75

GRÁFICA N°5 Porcentaje de prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días.



De acuerdo a la gráfica N° 3 se puede observar que el tratamiento T5 (con dosis 0 en la variedad gala) obtuvo el mejor resultado con un promedio de 100% de prendimiento a los 120 días, seguido por los tratamientos T4 (con dosis de 5gramos en la variedad Ana) y T6 (con dosis 0 que es el testigo en la variedad Ana) ambas con un promedio de 94,3 % de prendimiento de estacas, posteriormente se tiene al tratamiento T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 77,3% de prendimiento, luego se tiene al tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 66%, y finalmente se tiene al tratamiento T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 61% resultando el menor porcentaje de prendimiento de estacas a los 120 días.

El análisis de varianza para los diferentes Factores se los presenta a continuación:

CUADRO N° 31 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 120 días

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	121,000	60,500	0,51	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	4040,50	808,100	6.83**	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	759,26	379,630	3,21	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	607,92	607,923	5.13*	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	1201,57	600,787	5.07*	3,68	6,36
ERROR	15	1183,000	118,300			
TOTAL	23	5344,50	314,382			

*Bajo nivel de significancia **Significativo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro análisis de varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias significativas entre tratamientos ya que la "F" calculada es mayor que la "F" tabulada al 5% y el 1% respectivamente ($6.83 > 2.9$ y 4.56), igualmente existen diferencias significativas para el factor B (Dosis de hidrogel), para el nivel del 5% y no existiendo diferencia al 1%,

similar situación se presenta para la interacción A x B (Variedades x Dosis de hidrogel), lo que nos sugiere que existe un comportamiento diferenciado de la variedades de manzana a las diferentes dosis de hidrogel y al volumen de agua a aplicarse.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{118,300}}{61,63} \right) * 100 = 17,64 \%$$

El CV =17,64 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para el variable experimental porcentaje de prendimiento de las estacas a los 120 días de iniciado el experimento.

CUADRO N° 32 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B en el porcentaje de prendimiento de las estacas a los 120 días

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	66,00	61,00	127,00	63,50
D2	77,30	94,30	171,60	85,80
D3	100,00	94,30	194,30	97,15
$\sum X J$	243,30	249,60	492,90	
MEDIA	81,10	83,20		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior N°32 se presenta las medias para el Factor A (Variedades de manzanas) y el factor B (Dosis de hidrogel), para el Porcentaje de Prendimiento de las estacas a los 120 días, donde se puede observar que para el tratamiento D₃ (dosis 0 gr de hidrogel testigo), para la variedad E₁ (*Variedad Gala*) presentan el mayor

porcentaje de prendimiento con un 100% de prendimiento de los individuos evaluados, seguido del tratamiento D₂ (dosis = 5 gr de hidrogel), en la variedad E₂ (Variedad Ana), este aspecto nos vuelve a indicar que la humedad es un aspecto importante en el prendimiento de las estacas, ya que el testigo aplica un mayor volumen de agua y a una frecuencia de riego menor.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 33 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzanas).

Sd = $(\sqrt{CME})/B \times R$	Sd = $(\sqrt{118.300})/6$	4,440
W = q (5%) x Sd	W = 4.54 x 4.440	20,16
W = q (1%) x Sd	W = 8.68 x 4.440	38,54

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 120 días, para las dos variedades de manzana.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		81,1	83,2
E2	83,2	2,1	0,0
E1	81,1	0,0	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 120 días, se observa que E₂ (Variedad Ana) es superior a A₁ (Variedad Gala) pero que no existen diferencias significativas entre ambas variedades ya que (2.1 < 20.16 y 38.54) al 5% y 1% de significancia.

CUADRO N° 34 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{118.300})/9$	3,626
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.67 \times 3.626$	13,34
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 3.626$	23,06

Fuente: Elaboración propia

En cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 120 días, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo.

Diferencias entre dosis de hidrogel

NIVEL		D1	D2	D3
X̄		63,5	85,8	97,2
D3	97,2	33,7	11,4	0,0
D2	85,8	22,3	0,0	
D1	63,5	0,0		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey % para el porcentaje de prendimiento de las estacas de manzana a los 120 días se observa que D₃ (Testigo) muestra diferencias altamente significativas referente a D₁ (Dosis = 2.5 gr.) con valores superiores de (33.7 > 13.34 y 23.06) al 5% y 1% lo que nuevamente nos demuestra que la frecuencia de riego y el volumen de agua a aplicar es un factor importante en el establecimiento de los plantines de manzana.

Comparación de resultados

De acuerdo a los resultados de obtuvo un prendimiento de 100% para la variedad gala y un 95% para la variedad Ana lo que indica que utilizando hidrogel favorece mucho en cuando al crecimiento.

No habiendo un trabajo en vivero de frutales leñoso se hizo la comparación con un trabajo realizado en fresa (**Morocho Ausay 2018**) De acuerdo a sus datos obtenidos se tiene un prendimiento de plantas de fresa al trasplante del 100% por lo que no existe una variación significativa en los tratamientos.

3.1.5 Número de estacas con Brotes

Se tomaron en cuenta el número de estacas con brotes hasta que el 50% o más de las estacas emitieran sus primeros brotes.

CUADRO N°35 Número de estacas con Brotes

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	4	5	4	13	4,33
D1E2	3	4	5	12	4,00
D2E1	5	5	4	14	4,67
D2E2	5	5	6	16	5,33
D3E1	5	5	6	16	5,33
D3E2	6	6	6	18	6,00
TOTAL	28	30	31	89	29,67

GRÁFICA N°6 Número de estacas con Brotes



De acuerdo a la gráfica N° 6 se puede observar que el tratamiento T6 (con dosis 0 que es el testigo en la variedad ana) obtuvo el mejor resultado con un promedio de 6 es decir que de las 6 estacas evaluadas las 6 contaban con los brotes, seguidamente por los tratamientos T4(con dosis de 5gramos en la variedad Ana) y T5 (con dosis de 0 gramos en la variedad Gala) ambas con un mismo promedio de 5, 33 es decir que de 6 estacas evaluadas 5 contaban con brotes, posteriormente los tratamientos T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) ,T2(con dosis de 2,5 gramos en la variedad ana), y el T3 (con dosis de 5gramos en la variedad gala) obtuvieron un promedio medio de 4 es decir que de las 6 estacas evaluadas 4 contaban con brotes.

El análisis de varianza para este factor se describe a continuación:

CUADRO N° 36 Análisis de Varianza para el Número de Estacas con Brotes

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADO S (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULAD A	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	391,938	195,969	5.060*	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	399,44	79,888	2,06	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	248,99	124,497	3,21	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	611,94	611,938	15.80**	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x	2	461,49	230,747	5.95*	3,68	6,36
ERROR	10	11,247	1,125			
TOTAL	17	404,10	23,771			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°36 del análisis de varianza para el número de estacas con brotes, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias significativas entre bloques o repeticiones y para la interacción de los factores A x B y diferencias altamente significativas el factor B dosis de hidrogel al 5% y 1% ($18.80 > 3.68$ y 6.36), no existiendo diferencia para las otras fuentes de variación.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{1.125}}{4.09} \right) * 100 = 21.45 \%$$

El CV = 21.45% indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental número de estacas con brotes.

CUADRO N° 37 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el número de estacas con brotes

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D1	4,33	4,00	8,33	4,2
D2	4,67	5,33	10,00	5,0
D3	5,33	6,00	11,33	5,7
$\sum XJ$	14,33	15,33	29,67	
MEDIA	4,78	5,11		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°37, se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), para el Número de Estacas con Brotes, podemos indicar que el tratamiento D₃ (Testigo), para la variedad E₂ (*Variedad Ana*) presentan el mayor número de estacas con brotes (6 estacas con brotes), seguido del tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr. De hidrogel), en E₂ (*Variedad Ana*) con 5 estacas con brotes.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 38 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzanas).

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{38.727})/6$	2,541
$W = q(5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 0.433$	11,53
$W = q(1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.433$	22,05

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de estacas con brotes, en las dos variedades de manzana.

Diferencias entre Variedades

NIVEL \bar{Y}		E1	E2
		14,3	15,3
E2	15,3	0,967	0,0
E1	14,3	0,0	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que E₂ (*Variedad Ana*) es superior a E₁ (*Variedad Gala*), pero que no existen diferencias significativas ($0.967 < 11.53$ y 22.05) al 5 % y 1% de significancia.

CUADRO N° 39 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{38.727})/9$	2,074
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.354$	7,634
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.354$	13,193

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de brotes por estacas de manzana, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias para las Dosis de Hidrogel

NIVEL \bar{Y}		D1	D2	D3
			8,333	10,000
D3	11,30	2,97	1,30	0,03
D2	10,00	1,67	0,00	0,00
D1	8,33	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que D₃ (Testigo) no muestra diferencias significativas referente a D₁ (Dosis = 2.5 gr. De hidrogel), D₂ (Dosis 5 gr. de hidrogel) ya que los valores son menores ($2.97 < 7.63.74$ y 13.193) y ($1.67 < 7.63.74$ y 13.193) al 5 % y 1% de significación.

3.1.6 Número de Brotes por estaca

Para esta variable se tomó en cuenta, el número de brotes existentes por estacas, ya que esto nos muestra el vigor de cada y una de las estacas.

CUADRO N°40 Número de Brotes por estaca

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	2	2	2	6	2
D1E2	2	1	1	4	1
D2E1	2	1	2	5	2
D2E2	1	1	2	4	1
D3E1	2	2	1	5	2
D3E2	1	1	1	3	1
TOTAL	10	8	9	27	9

GRÁFICA N°7 Número de Brotes por estaca



De acuerdo a la gráfica N°7 se puede observar que el tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) obtuvo el mejor resultado en cuanto al número de brotes, seguido por los tratamientos T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) y el T5 (con dosis de 0 gramos en la variedad gala) ambos con un mismo promedio de 5 en el número de brotes por estacas, posteriormente los T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad ana) y el T4 (con dosis de 5 gramos en la variedad ana) obtuvieron un promedio de 4 brotes por estaca y finalmente se tiene al tratamiento T6 (con dosis 0 en la variedad ana) con un promedio de 3 brotes por estaca. De acuerdo a los resultados se puede apreciar que existe mayor número de brotes en la variedad gala.

El análisis de varianza se lo presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 41: Análisis de Varianza para el Número de Brotes por estaca

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	0,333	0,167	0,71	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	1,83	0,367	1,57	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	13,28	6,639	28.45***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	22,33	22,333	95.71***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	33,78	16,889	72.38***	3,68	6,36
ERROR	10	2,333	0,233			
TOTAL	17	4,50	0,265			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior análisis de varianza para el número de brotes por estaca, para los factores A (variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias altamente significativas entre el factor A, factor B y la interacción correspondiente A x B ya que para el factor A se presentan valores superiores al calculado ($28.45 > 4.54$ y 8.68) al 5% y 1% respectivamente, para el factor B igual se presentan valores superiores ($95.71 > 3.68$ y 6.36) y finalmente para la interacción entre los factores A x B también los valores son mayores ($72.38 > 3.68$ y 6.36).

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{0.233}}{1.5} \right) * 100 = 32.20 \%$$

El CV = 32.20 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental número de brotes por estacas de manzanas.

CUADRO N° 42 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Número de Brotes por Estaca

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	6,00	4,00	10,00	5,0
D2	5,00	4,00	9,00	4,5
D3	5,00	3,00	8,00	4,0
$\sum X J$	16,00	11,00	27,00	
MEDIA	5,3	3,7		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzanas) y B (Dosis de hidrogel), para el número de Brotes por estaca, podemos deducir que el tratamiento D₁ (Dosis 2.5 gr.), para E₁ (*Variedad Gala*), presentan mayor número de brotes por estaca y los tratamientos D₂ y D₃ (Dosis 5 gr. y testigo), para la variedad E₁ (*Variedad Gala*) presentan un similar número de brotes por estacas.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 43 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{0.233})/6$	0,197
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.541 \times 0.197$	0,895
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.197$	1,71

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de brotes por estacas de manzana, en las dos variedades

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL \bar{Y}		E2	E1
			3,7
E1	5,3	1,7	0,00
E2	3,7	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de las diferencias entre medias y aplicando el test de Tukey se observa entre E₂ (*Variedad Ana*) y E₁ (*Variedad Gala*) existen diferencias significativas al 5% ($1,7 > 0,895$), pero no existen diferencias al 1 % de significancia.

CUADRO N° 44 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{0,233})/9$	0,161
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3,67 \times 0,161$	0,59
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6,36 \times 0,161$	1,02

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de brotes por estacas de manzana, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias de medias entre dosis de hidrogel

NIVEL \bar{Y}		D3	D2	D1
		4,00	4,50	5,00
D1	5,00	1,00	0,50	0,0
D2	4,50	0,50	0,0	0,0
D3	4,00	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de diferencias entre medias del tratamiento, se establece que existen diferencias significativas al 5% en las dosis D3 (testigo) y en la dosis D1 (2,5gr.), no existen diferencias al 1%.

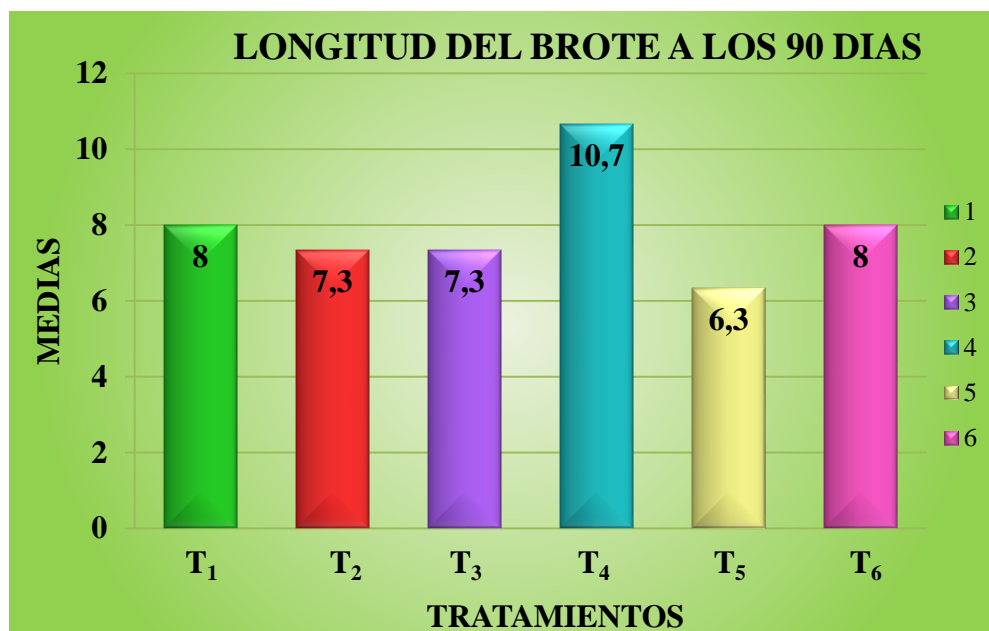
3.1.9 Longitud del Brote a los 90 Días

Para medir esta variable de respuesta, primero se tomó 10 muestras al azar en cada tratamiento de las estacas, luego se promedió para tener un solo dato, y se mide desde la primera aparición de hojas a través de las yemas; o sea desde la vaina o yema axilar hasta el ápice de la hoja con una regla graduada en centímetros.

CUADRO N°45 Longitud del Brote a los 90 Días

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	5	7	12	24	8
D1E2	5	7	10	22	7,3
D2E1	6	7	9	22	7,3
D2E2	8	10	14	32	10,7
D3E1	5	5	9	19	6,3
D3E2	6	8	10	24	8
TOTAL BLOQUE	35	44	64	143	47,67

GRÁFICA N°8 Longitud del Brote a los 90 Días



De acuerdo a la gráfica N°8 se puede observar que el tratamiento T4 (con dosis de 5 gramos en la variedad ana) obtuvo el mejor resultado en cuanto al largo del brote principal con un promedio de 10,7 cm, seguido por los tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) y el T6 (con dosis de 0 gramos en la variedad ana) ambos con un mismo promedio de 8 cm de largo del brote, posteriormente los T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad ana) y el T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) obtuvieron un mismo promedio de 7,3 cm de largo de brote y finalmente se tiene al tratamiento T5 (con dosis 0 en la variedad gala) con un promedio de 6,3 cm siendo este el menor resultado de largo del brote.

En el cuadro N°46 se muestra el análisis de varianza para longitud del brote principal.

CUADRO N° 46 Análisis de Varianza para la Longitud del Brote a los 90 Días

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	73,444	36,722	50.84***	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	32,28	6,456	8.93*	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	37,15	18,575	25.719***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	58,21	58,211	80.59***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	63,08	31,542	43.67***	3,68	6,36
ERROR	10	7,222	0,722			
TOTAL	17	112,94	6,644			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro de análisis de varianza para la longitud del brote, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias altamente significativas entre los bloques o repeticiones, entre el factor A variedades de manzana, factor B dosis de hidrogel y diferencia significativas entre tratamientos ya que los valores de F calculado son mayores que F tabulados al 5% y 1 % respectivamente, lo cual nos indica que no existe uniformidad en el crecimiento de los brotes, de acuerdo a cada tratamiento en ambas variedades.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{0.722}}{7.9} \right) * 100 = 10.70 \%$$

El CV = 10.70 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental longitud del brote a los 90 días.

CUADRO N° 47 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para la Longitud del Brote a los 90 Días

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	8,00	7,30	15,30	7,65
D2	7,30	10,70	18,00	9,00
D3	6,30	8,00	14,30	7,15
$\sum X J$	21,60	26,00	47,60	
MEDIA	7,20	8,67		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), para la longitud de Brotes a los 90 días, podemos deducir que el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel), presenta los brotes más largos (10.70 – 7.30 cm) tanto en A₁ y A₂, el tratamiento D₁ (Dosis = 2.5 gr de hidrogel), presenta brotes entre 8 y 7.3 cm también en ambas variedades.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N°48 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{0.722})/6$	0,347
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 0.347$	1,58
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.347$	3,01

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud de brotes a los 90 días, en las dos variedades.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		7,20	8,67
E2	8,67	1,47	0,00
E1	7,20	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que no existen diferencias significativas entre las variedades E₁ (*Variedad Gala*) y E₂ (*Variedad Ana*) ya que los valores calculados son menores ($1.47 < 1.58$ y 3.01) al 5 % y 1% de significancia respectivamente.

CUADRO N°49 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{0.722})/9$	0,283
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.283$	1,04
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.283$	1,80

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud del brote a los 90 días, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias entre dosis de hidrogel

NIVEL		D3	D1	D2
\bar{X}		7,15	7,65	9,00
D2	9,00	1,85	1,35	0,00
D1	7,65	0,50	0,00	
D3	7,15	0,00		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para la longitud del brote a los 90 días, se observa que entre D₂ (Dosis = 5 gr. de hidrogel), y D₃ (Testigo) existen diferencias significativas ya que los valores encontrados son mayores ($1.85 > 1.04$ y 1.80) al 5% y 1% de significación, y entre D₂ (Dosis = 2.5 gr de hidrogel) y D₁ (Dosis = 5 gr. de hidrogel) también existen diferencias significativas al 5% cuyos valores son ($1.35 < 1.04$), y no así al 1% no existiendo diferencia entre otras variables.

3.1.10 Número de hojas del brote principal

Para medir esta variable de respuesta, se procedió a contar el número de hojas de cada brote principal presente en las diferentes estacas de las dos variedades de manzana.

CUADRO N°50 Número de hojas del brote principal

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	8	9	9	24,67	8,22
D1E2	8	7	8	23,33	7,78
D2E1	7	8	5	19,67	6,56
D2E2	8	6	7	21,00	7,00
D3E1	7	5	6	18,33	6,11
D3E2	6	7	5	18,00	6,00
TOTAL	43	42	40	125,00	41,67

GRÁFICA N°9 Número de hojas del brote principal



De acuerdo a la gráfica N°9 se puede observar que el tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) y T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad Ana) obtuvieron el mismo resultado con un promedio mayor de 8, en cuanto al números de hojas del brote principal, seguido por los tratamiento T3(con dosis de 5gramos en la variedad gala) y el T4(con dosis de 5 gramos en la variedad Ana) ambos con un mismo promedio de 7, posteriormente los tratamientos y T5 (con dosis 0 gramos en

la variedad gala) y T6 (con dosis 0 en la variedad Ana) obtuvieron un mismo promedio de 6 el cual tiene el menor número de hojas del brote principal.

El análisis de varianza lo presentamos a continuación:

CUADRO N° 51 Análisis de Varianza para el Número de hojas por Brote

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULAD A	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	0,778	0,389	0,37	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	12,20	2,441	2,35	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	28,16	14,081	13.529***	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	43,40	43,404	41.704***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	59,36	29,681	28.51***	3,68	6,36
ERROR	10	10,407	1,041			
TOTAL	17	23,39	1,376			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro de análisis de varianza para el número de hojas por brote, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias altamente significativas entre el factor A variedades de manzana ($13.52 > 4.54$ y 8.68), factor B dosis de hidrogel ($41.704 > 3.68$ y 6.36) y para la interacción de ambos A x B ($28.51 > 3.68$ y 6.36) ya que los valores de F calculado al 5% y 1% son mayores al F tabulado, no existiendo diferencia para las otras fuentes de variación.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{1.041}}{6.9} \right) * 100 = 14.69 \%$$

El CV = 14.69 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental número de hojas por brote.

CUADRO N°52 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Número de hojas por Brote

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	8,22	7,78	16,00	8,00
D2	6,56	7,00	13,56	6,78
D3	6,11	6,00	12,11	6,06
$\sum X J$	20,89	20,78	41,67	
MEDIA	6,96	6,93		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), para el número de hojas por brote, podemos deducir que el tratamiento D₁ (Dosis 2.5 gr de hidrogel), presenta el mayor número de hojas por brote en E₁ y E₂ respectivamente seguido del tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr. de hidrogel), presenta entre 7 hojas en ambas variedades.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene.

CUADRO N° 53 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de Manzana).

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{1.041})/6$	0,416
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 0.416$	1,89
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 0.416$	3,62

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de hojas por brotes, en las dos variedades.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E2	E1
\bar{X}		6,93	6,96
E1	6,96	0,03	0
E2	6,93	0	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para el número de hojas por brote, no se observa diferencias significativas entre las variedades ya que sus valores son menores ($0.03 < 1.89$ y 3.62) al 5 % y 1% de significancia.

CUADRO N°54 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{1.041})/9$	0,340
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.340$	1,25
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.340$	2,16

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el número de hojas por brote, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias entre dosis de hidrogel

NIVEL		D3	D2	D1
\bar{X}		6,06	6,78	8,00
D1	8,00	1,94	1,22	0,00
D2	6,78	0,72	0,00	
D3	6,06	0,00		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para el número de hojas por brote con la aplicación de las tres dosis de hidrogel se observa que D₁ (Dosis = 2.5 gr. de hidrogel), y D₃ (Dosis testigo) existen diferencias significativas al 5% cuyos valores son ($1.94 > 1.25$), y no existen diferencias significativas entre los otros tratamientos.

3.1.11 Tiempo de Enraizamiento

Es la capacidad de la estaca de presentar las primeras raíces, este parámetro se mide en días, para la medición del tiempo de enraizamiento se evaluó cuanto tiempo tardaba las muestras de cada unidad experimental en enraizar, para poder evaluar esta variable se tomaron muestras en diferentes días hasta los 45 días. Se midió mediante observación sacando las estacas del sustrato, colocando en agua para poder observar la emergencia de las raíces.

CUADRO N°55 Tiempo de Enraizamiento

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	7	6	7	20	7
D1E2	8	3	7	18	6
D2E1	4	7	8	19	6,3
D2E2	8	6	10	24	8,0
D3E1	6	8	9	23	7,7
D3E2	9	6	7	22	7,3
TOTAL	42	36	48	126	42

GRÁFICA N° 10 Tiempo de Enraizamiento



De acuerdo a la gráfica N°10 se puede observar que el tratamiento T4 (con dosis de 5 gramos en la variedad Ana) con un promedio mayor de 24 días de tiempo de enraizamiento, seguido se tiene al tratamiento T5 (con dosis 0 gramos en la variedad gala) con un promedio de 23 días, posteriormente se tiene al tratamiento T6 (con dosis 0 en la variedad Ana) con un promedio de 22 días, el tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 20 días, luego se tiene el tratamiento T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 19 días y finalmente se tiene al tratamiento T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 18 días, el cual obtuvo el menor tiempo de enraizamiento.

El análisis de varianza lo presentamos a continuación.

CUADRO N° 56 Análisis de Varianza para el Tiempo de Enraizamiento

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	12,000	6,000	2,09	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	9,33	1,867	0,65	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	29,11	14,556	5,07*	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	44,13	44,133	15,39***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	63,91	31,956	11,147***	3,68	6,36
ERROR	10	28,667	2,867			
TOTAL	17	50,00	2,941			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de varianza para el Tiempo de Enraizamiento, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existe diferencias altamente significativas para el factor B y para la interacción entre A x B ya que los valores de F calculados son mayores que los valores de F tabulado al 5% y 1 %, en el caso del factor B ($15.39 > 3.68$ y 6.36) y para el caso de la Interacción los valores para A x B son mayores al F tabulado ($11.47 > 3.68$ y 6.36) , luego no hay diferencia entre las diferentes fuentes de variación.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{2.867}}{7.0} \right) * 100 = 24.19 \%$$

El CV = 24.19 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado ($CV < 50$), Calzada, (1982). Y es adecuado para la variable experimental tiempo de enraizamiento de las estacas.

CUADRO N°57 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Tiempo de Enraizamiento

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	20,00	18,00	38,00	19,00
D2	19,00	24,00	43,00	21,50
D3	23,00	22,00	45,00	22,50
∑ X J	62,00	64,00	126,00	
MEDIA	20,67	21,33		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro, se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzanas) y B (Dosis de hidrogel), para el tiempo de enraizamiento, podemos indicar que el tratamiento D₃ (Dosis Testigo), presenta el mayor tiempo de enraizamiento en ambas variedades E₁ y E₂, le sigue el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel) que en la variedad E₂, presenta un tiempo de 24 días, en cambio tratamiento D₁ (Dosis = 2.5 gr de hidrogel) presenta el menor tiempo de enraizamiento en ambas variedades de manzana E₁ (*Variedad Gala*) y E₂ (*Variedad Ana*).

CUADRO N° 58 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).

Sd = (√CME)/B x R	Sd = (√2.867)/6	0,691
W = q (5%) x Sd	W = 4.54 x 0.691	3,138
W = q (1%) x Sd	W = 8.68 x 0.691	6,000

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el tiempo de enraizamiento en las dos variedades.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		20,67	21,33
E2	22,00	1,33	0,00
E1	19,33	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey para el Tiempo de Enraizamiento, se observa no existen diferencias significativas entre las dos variedades a un que E₂ (*Variedad Ana*) es superior a E₁ (*Variedad Gala*) sus valores son los siguientes (1.33 < 3.138 y 6.0) al 5 % y 1% de significancia.

CUADRO N° 59 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{2.867})/6$	0,564
$W = q(5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.564$	2,077
$W = q(1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.564$	3,589

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para el tiempo de enraizamiento, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias entre las medias de la dosis de hidrogel

NIVEL		D1	D2	D3
\bar{X}		19,00	21,50	22,50
D3	22,50	3,50	1,00	0,00
D2	21,50	2,50	0,00	
D1	19,00	0,00		

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de la diferencia entre medias, nos muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos D₃ y D₁, ya que aplicando el test de Tukey se observa que existen diferencias significativas al 5% y 1% ($3.50 > 2.077$ y 3.5) y diferencias significativas al 5% entre D₂ y D₁ ya que los valores a este nivel de significación son mayores a los calculados ($2.5 > 2.077$) luego no existen diferencias entre los otros tratamientos.

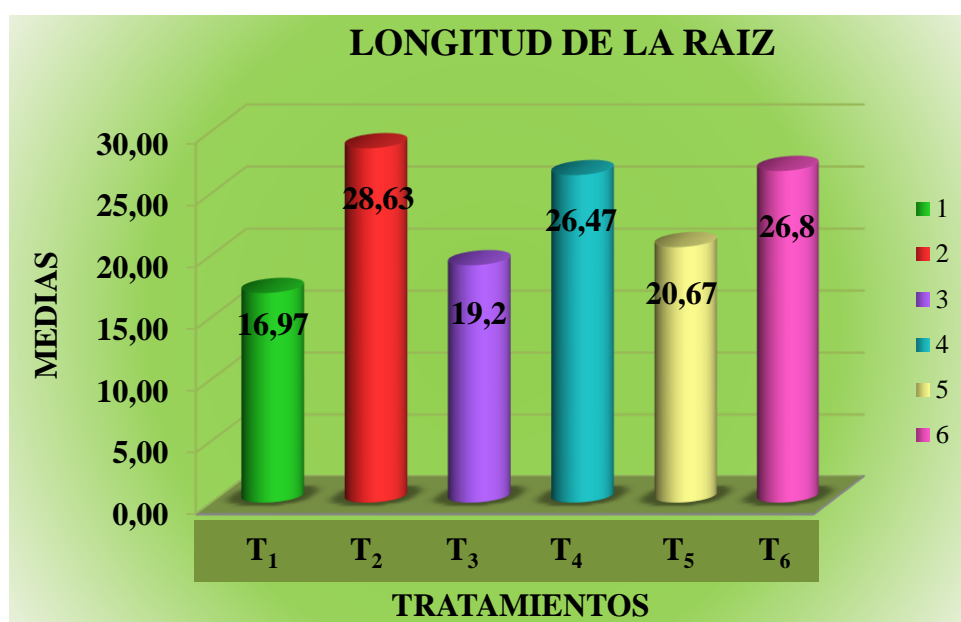
3.1.12 Longitud de la Raíz

La evaluación del crecimiento de raíz se realizó al final de la evaluación 120 días, después de la instalación del experimento, se utilizó una regla graduada en centímetros, procediéndose a extraer 6 muestras (plantines), de las bolsas de polietileno por tratamiento, cuidando de no dañar las raíces y raicillas, midiendo desde el cuello hasta el ápice radicular de la plantita.

CUADRO N°60 Longitud de la Raíz

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	16,7	17,9	16,3	50,90	16,97
D1E2	27,4	20,9	37,6	85,90	28,63
D2E1	23,4	15,6	18,6	57,60	19,20
D2E2	26,9	21,8	30,7	79,40	26,47
D3E1	24,6	18,8	18,6	62,00	20,67
D3E2	26,9	22,8	30,7	80,40	26,80
TOTAL	145,9	117,8	152,5	416,20	138,73

GRÁFICA N°11 Longitud de la Raíz



De acuerdo a la gráfica N°11 se puede observar que el tratamiento T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad Ana) obtuvo un promedio mayor de 28,63 cm de largo de la raíz a los 120 días, seguido está el tratamiento T4 (con dosis de 5 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 26,47 cm de largo de raíz, a continuación se tiene al tratamiento T6 (con dosis 0 gramos en la variedad Ana) con promedio de 26,8 cm de largo, luego se tiene al tratamiento T5 (con dosis de 0 gramos en la variedad gala) con un promedio de 20,67 cm de largo, seguido se tiene al tratamiento T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 19,2 cm de largo, y finalmente se

tiene el tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 16,97 cm, el cual tiene el menor largo de raíz a los 120 días.

A continuación, se presenta el análisis de varianza para esta variable de estudio.

CUADRO N° 61 Análisis de Varianza para la Longitud de la Raíz

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULAD A	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	113,181	56,591	3.64*	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	343,16	68,633	4.421*	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	320,56	160,279	10.32**	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	528,30	528,299	34.03***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	505,69	252,846	16.28***	3,68	6,36
ERROR	10	155,226	15,523			
TOTAL	17	611,57	35,975			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de varianza para la longitud de la raíz, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias altamente significativas para el facto A variedades de manzana ya que F calculado en Mayor a F Tabulado ($10.32 > 4.54$ y 8.68) al 5% y 1%, para el factor B dosis de hidrogel ($34.03 > 3.68$ y 6.36) y finalmente para la interacción A x B 16. ($16.28 > 3-68$ y 6.36), también existen diferencias significativas a un 5% entre bloques y tratamientos, cuyos valores de F calculado son 3.64 y 4.421 respectivamente.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{15.523}}{23.1} \right) * 100 = 17.04\%$$

El CV = 17.04 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado (CV < 50), Calzada, (1982), y es adecuado para la variable experimental longitud de raíz.

CUADRO N°62 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para la Longitud de la Raíz

FACTOR "B"	FACTOR "A"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	16,97	28,63	45,60	22,80
D2	19,20	26,47	45,67	22,83
D3	20,67	26,80	47,47	23,73
$\sum X J$	56,83	81,90	138,73	
MEDIA	18,94	27,30		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro, se presenta la tabulación de las medias para los Factores A (Variedades de manzanas) y B (Dosis de hidrogel), para la longitud de raíces, podemos indicar que el tratamiento D₃ (Dosis testigo) presenta la mayor longitud de raíces en ambas variedades, seguido del tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel), para ambas variedades.

CUADRO N° 63 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).

$Sd = (\sqrt{CME})/B \times R$	$Sd = (\sqrt{15.523})/6$	1,608
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 4.54 \times 1.608$	7,30
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 8.68 \times 1.608$	13,96

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud de las raíces, en las dos variedades.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E1	E2
\bar{X}		18,94	27,30
E2	27,30	8,36	0,00
E1	18,94	0,00	

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza nos muestra que existen diferencias para la Longitud de la Raíz, entre variedades y aplicando el test de Tukey se observa que también a un 5% existen diferencias significativas entre las variedades E₂ (*Variedad Ana*) y E₁ (*Variedad Gala*) cuyo valor es de $8.36 > 7.30$ y no existe diferencia a un 1% de significancia.

CUADRO N°64 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de Hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{15.523})/9$	1,313
$W = q (5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 1.313$	4,83
$W = q (1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 1.313$	8,35

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud de las raíces, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias entre dosis de hidrogel

NIVEL		D2	D2	D3
\bar{X}		22,80	22,83	23,73
D3	23,73	0,93	0,90	0,00
D2	22,83	0,03	0,00	
D2	22,80	0,00		

Fuente: Elaboración propia

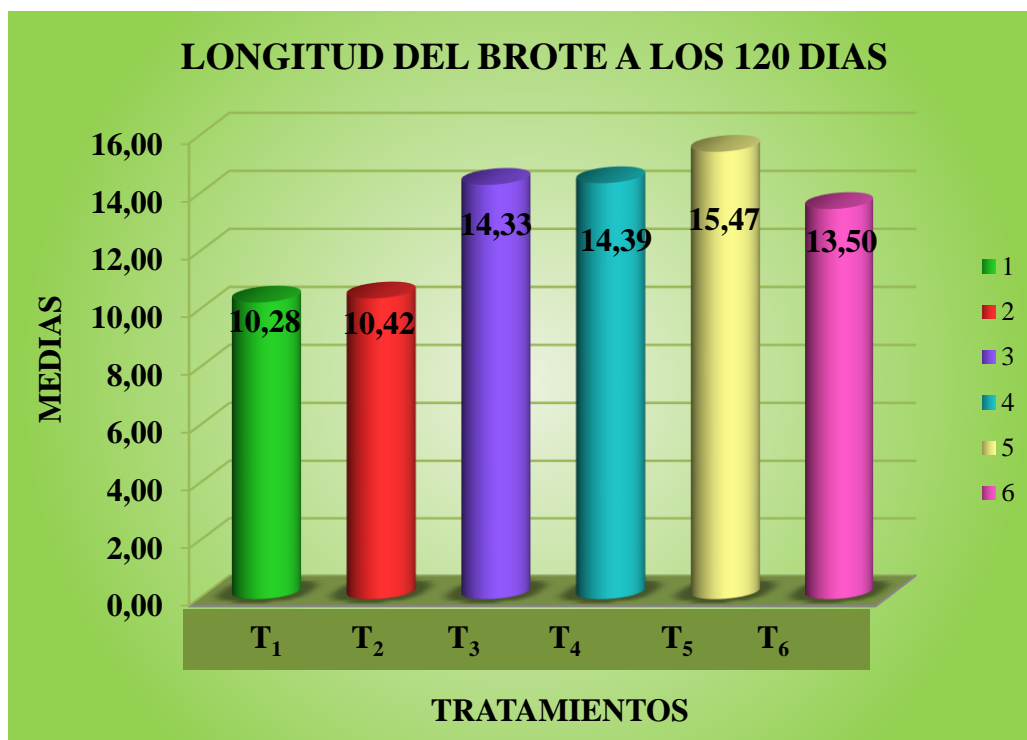
Aplicando el test de Tukey se observa que no existen diferencias significativas en la aplicación de los diferentes tratamientos o dosis de hidrogel.

3.1.13 Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días

CUADRO N°65 Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
D1E1	9	10	13	30,83	10,28
D1E2	5	11	15	31,25	10,42
D2E1	14	14	16	43,00	14,33
D2E2	16	12	16	43,17	14,39
D3E1	17	14	16	46,42	15,47
D3E2	10	15	15	40,50	13,50
TOTAL	70	75	90	235,17	78,39

GRÁFICA N°12 Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días



De acuerdo a la gráfica N°12 se puede observar que el tratamiento T5 (con dosis de 0 gramos en la variedad gala) obtuvo el mejor promedio de 15,47 cm de largo de longitud a los 120 días, posteriormente se tiene al tratamiento T4 (con dosis de 5 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 14,39 cm de largo, a continuación se tiene al tratamiento T3 (con dosis de 5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 14,33 cm de largo, luego se tiene al tratamiento T6 (con dosis 0 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 13,50 cm de largo, seguido se tiene al tratamiento T2 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad Ana) con un promedio de 10,42 cm de largo, y finalmente se tiene al tratamiento T1 (con dosis de 2,5 gramos en la variedad gala) con un promedio de 10,28 cm de largo, estos dos últimos tratamiento T2 y T1 obtuvieron el menor resultado en cuanto al largo del brote a los 120 días.

En el cuadro N°66 se muestra el análisis de varianza para longitud del brote principal a los 120 días.

CUADRO N° 66 Análisis de Varianza del Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
BLOQUES	2	37,751	18,875	2,85	3,29	5,42
TRATAMIENTOS	5	72,38	14,477	2,18	2,9	4,56
FACTOR "A"	2	97,98	48,990	7.39*	4,54	8,68
FACTOR "B"	1	153,86	153,857	23.209***	3,68	6,36
INTERRACCIÓN "A" x "B"	2	179,45	89,727	13.535**	3,68	6,36
ERROR	10	66,291	6,629			
TOTAL	17	176,42	10,378			

*Bajo nivel de significancia **Significativo ***Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de varianza para la Longitud del Brote a los 120 días, para los factores A (Variedades de manzana) y B (Dosis de hidrogel), podemos indicar que existen diferencias significativas entre los factores A al 5% de significancia ya que los valores de F calculado al 5% es mayor que F tabulado ($7.39 > 4.54$), también existen diferencias altamente significativas en el factor B (Dosis de hidrogel), cuyos valores de F calculado son mayores a F tabulado al 5% y 1% ($23.209 > 3.68$ y 6.36) finalmente existen diferencia altamente significativas para la interacción A x B cuyos valores de F calculado son mayores a F tabulado al 5% y 1% ($13.535 > 3.68$ y 6.36), no existiendo diferencia para las otras fuentes de variación.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{6.629}}{13.1} \right) * 100 = 19.71 \%$$

El CV = 19.71 % indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado ($CV < 50$), Calzada, (1982). Y es adecuado

para la variable experimental longitud del brote a los 120 días de implementado el experimento.

Cuadro N° 67 De doble entrada, para estudiar los efectos del factor A, B y de la interacción AB. A x B para el Incremento de la Longitud del Brote a los 120 Días

FACTOR "A"	FACTOR "B"		Xi	MEDIA
	E1	E2		
D 1	10,28	10,42	20,69	10,35
D2	14,33	14,39	28,72	14,36
D3	15,47	13,50	28,97	14,49
∑ X J	40,08	38,31	78,39	
MEDIA	13,36	12,77		

Fuente: Elaboración propia

La comparación de medias de los tratamientos representados en el cuadro, se advierte que el tratamiento D₃ en la especie E₁ (*Variedad Gala*) es el que presenta mayor longitud media a los 120 días (15.47 cm), seguido del tratamiento D₂ en la especie E₂, con la aplicación de una dosis de 5 gr de hidrogel en las Estacas de manzana variedad Ana cuyo valor es de 14.39 cm.

Aplicando la prueba de Tukey se tiene:

CUADRO N°68 Prueba de Tukey del factor A (Variedades de manzana).

Sd = (√CME)/B x R	Sd = (√6.629)/6	1,051
W = q (5%) x Sd	W = 4.54 x 1.051	4,77
W = q (1%) x Sd	W = 8.68 x 1.051	9,12

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud del brote a los 120 días, en las dos variedades de manzana.

Diferencias entre variedades de manzana

NIVEL		E2	E1
\bar{X}		12,8	13,4
E1	13,4	0,6	0,0
E2	12,8	0,0	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el test de Tukey se observa que no presentan diferencias significativas cuyos valores al 5% y 1% de significancia son ($0.6 < 4.77$ y 9.12).

CUADRO N° 69 Prueba de Tukey del factor B (Dosis de hidrogel).

$Sd = (\sqrt{CME})/A \times R$	$Sd = (\sqrt{6.629})/9$	0,858
$W = q(5\%) \times Sd$	$W = 3.68 \times 0.858$	3,16
$W = q(1\%) \times Sd$	$W = 6.36 \times 0.858$	5,46

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de los valores de comparación del test de Tukey al 5% y 1% para la longitud del brote a los 120 días, con la aplicación de dos dosis de hidrogel y un testigo se presentan a continuación.

Diferencias entre las dosis de hidrogel

NIVEL		D1	D2	D3
\bar{X}		10,35	14,36	14,49
D3	14,49	4,14	0,13	0,00
D2	14,36	4,01	0,00	
D1	10,35	0,00		

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la diferencia de medias y aplicando el test de Tukey se observa que D_3 (Dosis testigo), y D_1 (Dosis = 2.5 gr de hidrogel) presentan diferencias significativas a un 5% ($4.14 > 3.16$) y no así al 1%, de igual forma existen diferencias significativas al 5% entre los tratamientos D_2 (Dosis = 5 gr de hidrogel) y D_1 (Dosis = 2.5 gr de hidrogel) con un valor de $4.01 > 3,16$.

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIONES

El comportamiento de las estacas dependerá de varios factores, entre ellos: edad y crecimiento de las ramas que se toman para estaca; estado de desarrollo de la planta madre (menor capacidad de enraizamiento en floración); ubicación en la rama; presencia de yemas u hojas; estado de nutrición de la planta madre; longitud del día en el momento de obtención de las mismas (fotoperiodo, etc.); (Vélez, 1985); y fundamentalmente la humedad en el ciclo de desarrollo del plantín, referido principalmente al volumen de agua aplicado y a la frecuencia de riego.

Uno de los aspectos más importantes es el volumen de agua como se observa en el análisis el volumen de agua aplicado durante el desarrollo y crecimiento de las estacas en vivero y de acuerdo a los resultados obtenidos con el testigo D₃ sin PAP (Poli Acrilato de Potasio), los volúmenes de agua han sido mayores (1.04 l/maceta), seguido del tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), para ambas variedades se aplicó un volumen medio de 0.80 l/maceta y finalmente el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel) para ambas variedades tiene un volumen de agua de 0.60 l/maceta, esta variable es importante ya que debido fundamentalmente se acepta la hipótesis H_a (alterna) ya que las dosis de hidrogel tienen influencia en el uso óptimo de agua.

En cuando a la frecuencia de riego, las medias para los Factores A (Variedades de manzanas) y B (Dosis de hidrogel), referente a la frecuencia de riego, podemos deducir que el tratamiento D₃ (Hidrogel testigo = 0), para ambas variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) Gala y Ana, requieren de una menor frecuencia de riego cada 7 días de riego a riego, seguido del tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), para ambas variedades se regara cada 9 días y finalmente la frecuencia de riego del tratamiento D₃ (Dosis = 5 gr de hidrogel) que se deberá regar cada 11 días aumentando así la disponibilidad de humedad en el suelo, variable que nos lleva de igual manera a aceptar la hipótesis alterna (H_a) de un uso óptimo del agua con la aplicación del hidrogel.

Para las otras variables en estudio es más conveniente utilizar estacas de mayor longitud y no las de menor longitud, estas debido a que las estacas retienen mayores

nutrientes esenciales por la presencia de tallos más leñosos pese a la dificultad que se tiene en la propagación de estacas de mayor longitud. Algunas ventajas son también la obtención de plantas de mayor tamaño en menor tiempo y la seguridad de la multiplicación.

Como se observó el valor el Incremento de Altura a los 120 días de la evaluación, tiene diferencias significativas entre variedades, y diferencias significativas entre las dosis de hidrogel, lo que demuestra que el ambiente de crecimiento en las estacas de manzanas variedades *Gala* y *Ana*, están relacionada con el porcentaje de prendimiento ya que esta muestra diferencias significativas entre variedades y diferencias altamente significativas entre tratamientos.

El coeficiente de variación para este indicador evaluado es de 13,24 %, el mismo se encuentra dentro del rango de aceptación muy bueno, lo que indica confiabilidad en los datos obtenidos durante el proceso de evaluación del experimento (Arteaga, 2003).

Según Sandoval (2017) explica que las variedades de manzana son muy delicadas a las condiciones adversas del medio, se puede afirmar que las estacas que fueron propagadas presentaron un porcentaje de prendimiento final alto, este resultado es debido a que las estacas han sido influenciadas por los diferentes tratamientos, corroborando esto con la formación de callos y el número de brotes y a la existencia de diferencias altamente significativas en variedades y entre tratamientos, y fundamentalmente al contenido de humedad de las macetas.

3.3.ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico es considerado de importancia, procurando siempre hacerlo lo más objetivo posible, para poder informar a los beneficios que podría obtener en términos de rentabilidad.

Este análisis se realizó según la propuesta metodología descrita por Perrin, (1988), quien recomienda el análisis de costos variables, beneficios brutos, beneficios netos y la relación beneficio/costo, sobre la base de los rendimientos y costos obtenidos por

tratamiento. El Cuadro N°70 muestra el costo total del trabajo de investigación que contempla la infraestructura, obtención de las estacas de la planta madre y la estabilización de las camas de propagación asciende a 3,607.3 Bs. para un área de 11.56 m².

El costo total de producción por metro cuadrado de la infraestructura de las camas de propagación es calculado dividiendo la inversión total entre el área total de estudio para un periodo de 4 meses, tiempo de duración de la investigación. El costo de producción por metro cuadrado ha sido el siguiente:

$$\frac{3607.3}{11.56} = 312.05 \text{ Bs./m}^2$$

CUADRO N° 70 Costos de producción total y por tratamiento

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C.U. (Bs.)	COSTO TOTAL (Bs.)	COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO (Bs.)					
					D1E1	D1E2	D2E1	D2E2	D3E1	D3E2
A. INFRAESTRUCTURA				150,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Construcción de carpa solar	Jornales	1,50	100,0	150,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Acondicionamiento de platabandas				450,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
Desmalezado y marcación	Jornales	1,50	100,0	150,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Colocado de locetas	Jornales	2,00	100,0	200,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Colocado de grava y Arena	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
B. SISTEMA DE RIEGO				110,0	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
Mangueras	m	10,00	7,0	70,0	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Costo del Agua	Mes	4,00	10,0	40,0	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
C. INSUMOS				996,4	166,1	166,1	215,6	215,6	116,6	116,6
Poliétileno de 15 cm x 25 cm x 60 micrones	kg	2,00	20,0	40,0	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Estacas manzana Variedad Gala	Unidades	300,00	1,0	300,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Estacas manzana Variedad Ana	Unidades	300,00	1,0	300,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Nafusako	gr	14,400	1,0	14,4	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
Hidrogel para 2/3 del sustrato	gr	198,00	1,5	297,0	49,5	49,5	99,0	99,0	0,0	0,0
Formol 40 %	Lts	1,50	30,0	45,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
D. COSTO DEL SUSTRATO				30,5	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Limo 30 %	m ³	0,1188	70,0	8,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Abono vegetal	m ³	0,2772	80,0	22,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
E. PLAGUICIDAS				107,5	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Insecticida	kg	1,00	80,0	80,0	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
Fungicida	Lt.	0,25	110,0	27,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
F. PLANTACIÓN				600,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Acondicionamiento de material vegetativo	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Cortado y sellado de bolsas	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Preparación del sustrato	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Llenado de bolsas	Jornales	2,00	100,0	200,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Colocado de las bolsas en las platabandas	Jornales	0,50	100,0	50,0	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Colocado de las estacas en las bolsas	Jornales	0,50	100,0	50,0	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
G. LABORES CULTURALES				800,0	133,3	133,3	133,3	133,3	133,3	133,3
Riego	Jornales	2,00	100,0	200,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Deshierbe	Jornales	2,00	100,0	200,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Control fitosanitario	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Podas de formación selectiva	Jornales	1,00	100,0	100,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Remoción de bolsas	Jornales	2,00	100,0	200,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
IMPREVISTOS 10 %				362,9	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5	60,5
COSTO TOTAL				3607,3	601,2	601,2	650,7	650,7	551,7	551,7
COSTO TOTAL					3607,3	3607,3	3904,3	3904,3	3310,3	3310,3

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un porcentaje de prendimiento de 100 % para *la variedad gala* y un 90 a 95 % para *variedad Ana*, con los diferentes tratamientos, se considera además el precio de venta de las plantas por vía directa al consumidor y venta a comerciantes mayoristas en promedio a 10 Bs.

El cuadro N° 71, muestra el análisis de costos de los tratamientos según el manual metodológico de evaluación del CIMMYT (Perrin, 1988) y el Beneficio – Costo (B/C) para cada tratamiento en la producción de plantines de manzana de las variedades *Gala* y *Ana* para un periodo de 4 meses.

CUADRO N°71 Análisis de la Razón Beneficio/Costo para cada uno de los tratamientos

TRATAMIENTO	TOTAL COSTO POR TRATAMIENTO (Bs.)	TOTAL PRODUCCION PLANTAS (UNIDAD/100 m ²)	PRECIO UNITARIO (Bs.)	VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN (Bs.)	INGRESO BRUTO (Bs.)	RELACIÓN BENEFICIO COSTO (B/C)
D1E1	3607,252	1301,00	10,0	2,773	13010,0	3,6
D1E2	3607,252	1203,00	10,0	2,999	12030,0	3,3
D2E1	3904,252	1525,00	10,0	2,560	15250,0	3,9
D2E2	3904,252	1860,00	10,0	2,099	18600,0	4,8
D3E1	3310,252	1972,00	10,0	1,679	19720,0	6,0
D3E2	3310,252	1958,00	10,0	1,691	19580,0	5,9

Como se observa en el cuadro N° 71 el Ingreso neto (IN) de los tratamientos varía en función del rendimiento obtenido, lo cual tiene un directo efecto en el Beneficio Costo (B/C), es decir que a mayor rendimiento existe un mayor Ingreso Neto y por consiguiente habrá un mayor Beneficio sobre el costo de producción para la misma superficie utilizada (11.56 m²) en un mismo periodo de tiempo (4 meses).

Los tratamientos con mayor beneficio, según el cuadro 71, fueron los tratamientos D₃E₁, D₃E₂ y D₂E₂, con un valor de 6,0, 5.9 y 4.8 de B/C respectivamente, lo que equivale a decir que de cada boliviano invertido se recupera la inversión de 1 Bs y se obtuvo una ganancia de 1,1 Bs por planta y el A₁B₃ con un valor de 6,0, y 5 Bs; lo que equivale a decir que de cada Bs invertido se recuperó la inversión de 6 Bs y 5 Bs

y se obtuvo 6 Bs por planta. Por otro lado, los tratamientos D_2E_1 , D_1E_2 y D_1E_3 presentaron el valor más bajo alcanzando, un B/C igual a 3.6 sobre un rendimiento de 90 plantas a un precio de venta de 107 Bs./planta, es decir, este tratamiento igual gana 3.6 Bs por cada Bs invertido. Estos tratamientos también presentan un resultado favorable con un B/C igual a 3.6 lo que indica que por cada Bs. invertido gana 3.6, Bs en la producción de plantines de manzana.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Para la determinación de las dosis de hidrogel se lo realizó en base a tres aspectos fundamentales a las recomendaciones de Rivera Fernández Rubén y Mesías Gallo Freddy, (2016), que establece que PAP (Poli Acrilato de Potasio) absorbe por cada gramo alrededor de 103 ml de agua, el cálculos del requerimiento de agua por la planta que establece un requerimiento de 0.82 litros/planta y según las recomendaciones de las marcas de hidrogel que indica que 1 kg - 2 kg de hidrogel es igual a 1 m³ de sustrato, de esta manera se determinó las dosis para cada tratamiento D₁: 2,5 gr/bolsa, D₂: 5 gr/bolsa y D₃: 0 testigo con riego normal.
- La diferencia de medias, referente al volumen de agua aplicado, indica que el tratamiento D₃ (Hidrogel Testigo), para ambas variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) variedades Gala y Ana, requieren un mayor volumen de agua 1.04 l/maceta, seguido del tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), para ambas variedades se aplicó un volumen medio de 0.80 l/maceta y finalmente el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel) para ambas variedades tiene un volumen de agua de 0.60 l/maceta, como se puede observar el uso de hidrogel en los diferentes tratamiento ha permitido un uso óptimo del agua en el desarrollo de los plantines en vivero.
- Desarrollando un análisis más detallado de la frecuencia de riego, podemos deducir que con el tratamiento D₃ (Hidrogel testigo = 0), a ambas variedades de Manzana (*Malus domestica Borkh*) Gala y Ana, se aplica una menor frecuencia de riego, o sea que existe un intervalo de riego de 7 días de riego a riego, el tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5), se regará con intervalo de riego de 9 días y finalmente la frecuencia de riego del tratamiento D₂ es 11 días, estableciéndonos que el Poli Acrilato de Potasio, aumenta la disponibilidad de agua para la planta en el suelo.

- Una de las variables que da inicio al éxito en la producción es la formación de callos en la estaca, en este sentido el análisis de varianza establece que no existen diferencias significativas para bloques y tratamientos, pero si existen diferencias altamente significativas para el factor A (Variedades de manzana) donde el F calculado es mayor a F tabulado ($48.18 > 4.54$ y 8.68), para el factor B (Dosis de hidrogel) también F calculada es mayor a F tabulada ($72.06 > 3.68$ y 6.36) y finalmente para la interacción entre los factores A x B, los valores de F calculada también son mayores a F tabulada ($11.724 > 3.68$ y 6.36), lo que nos muestra que la formación de los callos en las estacas de manzana fueron favorecida por la aplicación del hidrogel.
- La diferencia de medias para la variable de estudio número de callos formados en las estacas de manzana, podemos deducir que el tratamiento D₁ (Hidrogel = 2.5 gr), para ambas variedades de Manzana (*Gala* y *Ana*) presentan el mayor número de callos, con mejores resultados en la variedad de manzana Gala (2 callos/estaca).
- El Porcentaje de Prendimiento de las Estacas a los 60 días, no muestran diferencias significativas entre variedades y otras fuentes de variación, del análisis de las diferencias de medias se establece que el tratamiento D₃ (Hidrogel Testigo = 0 gr.), para ambas variedades E₁ y E₂ presentan el mayor porcentaje de prendimiento con un 91.5%, seguido del tratamiento D₂ (Hidrogel = 5 gr), con un porcentaje de 85.5 %, finalmente el tratamiento D₁ con un porcentaje de 63.50 % de prendimiento, lo cual nos demuestra que a mayor cantidad de humedad el prendimiento de las estacas de manzana se favorece.
- De acuerdo al cuadro análisis de varianza para el Porcentaje de Prendimiento de las Estacas de manzana a los 120 días, se presentan diferencias significativas entre tratamientos, para el factor B (Dosis de hidrogel), y para la interacción A x B (Variedades x Dosis de hidrogel), lo que nos sugiere que existe un comportamiento diferenciado de la variedades de manzana a las diferentes dosis de hidrogel y al volumen de agua a aplicarse, de acuerdo al análisis de la diferencia entre media se puede observar que para el tratamiento D₃ (dosis 0 gr de hidrogel testigo), para la variedad E₁ (*Variedad Gala*) presentan el mayor porcentaje de

prendimiento con un 100%, seguido del tratamiento D₂ (dosis = 5 gr de hidrogel), en la variedad E₂ (Variedad Ana) con 94.3%, este aspecto nos vuelve a indicar que la humedad es un aspecto importante en el prendimiento de las estacas, ya que el testigo aplica un mayor volumen de agua y a una frecuencia de riego menor.

- Para el número de estacas con brotes podemos indicar que el tratamiento D₃ (Testigo), para la variedad E₂ (*Variedad Ana*) presentan el mayor número de estacas con brotes (6 estacas con brotes), seguido del tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr. De hidrogel), en E₂ (*Variedad Ana*) con 5 estacas con brotes.
- De igual forma el análisis de deferencia de medias, para el número de Brotes por estaca, podemos deducir que el tratamiento D₁ (Dosis 2.5 gr.), para E₁ (*Variedad Gala*), presentan mayor número de brotes por estaca (6 brotes por estaca) y los tratamientos D₂ y D₃ (Dosis 5 gr. y testigo), para la variedad E₁ (*Variedad Gala*) presentan un similar número de brotes por estacas.
- Las medias para la longitud de Brotes a los 90 días, nos muestra que el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel), presenta los brotes más largos (10.70 – 7.30 cm) tanto en E₁ y E₂, el tratamiento D₁ (Dosis = 2.5 gr de hidrogel), presenta brotes entre 8 y 7.3 cm también en ambas variedades.
- El análisis de varianza para el Tiempo de Enraizamiento, nos indica que existe diferencias altamente significativas para el factor B y para la interacción entre A x B ya que los valores de F calculados son mayores que los valores de F tabulado al 5% y 1 %, en el caso del factor B (15.39 > 3.68 y 6.36) y para el caso de la Interacción los valores para A x B son mayores al F tabulado (11.47 > 3.68 y 6.36) , el análisis de la diferencia entre medias nos indica que el tratamiento D₃ (Dosis Testigo), presenta el mayor tiempo de enraizamiento en ambas variedades E₁ y E₂, le sigue el tratamiento D₂ (Dosis = 5 gr de hidrogel) que en la variedad E₂, presenta un tiempo de 24 días, en cambio tratamiento D₁ (Dosis = 2.5 gr de hidrogel) presenta el menor tiempo de enraizamiento en ambas variedades de manzana E₁ (*Variedad Gala*)

- El análisis de diferencia entre las medias para la longitud de raíces, podemos indicar que el tratamiento D_3 (Dosis testigo) presenta la mayor longitud de raíces en ambas variedades, seguido del tratamiento D_2 (Dosis = 5 gr de hidrogel), para ambas variedades.
- Se ha determinado que los tratamientos con mayor beneficio, fueron los tratamientos D_3E_1 , D_3E_2 y D_2E_2 , con un valor de 6,0, 5.9 y 4.8 de B/C respectivamente, lo que equivale a decir que de cada boliviano invertido se recupera la inversión y se obtiene una ganancia de 1 6,0, y 5 Bs; por planta.

4.1. RECOMENDACIONES

Los resultados del presente trabajo son preliminares; no obstante, permiten orientar estudios más profundos y específicos en la reproducción de árboles frutales.

- En las dos variedades de manzanas es recomendable utilizar el hidrogel como medio de optimizar el uso del agua, ya que genera el mejor nivel en relación al porcentaje de sobrevivencia de plantines mayor porcentaje de prendimiento y mayor formación de brotes, es importante profundizar el presente estudio con nuevas variables a medir y trabajar con pie de plantas e injertos.
- También se recomienda el uso de estacas que presenten además de una larga longitud un diámetro de estacas mayor, para poder obtener mejores resultados en el porcentaje de prendimiento.
- Para mejor evaluación de la investigación se recomienda un estudio en plantas madre en diferentes ambientes de crecimiento, en el que se podrá evaluar su comportamiento y la incidencia de factores climáticos y estado sanitario de las mismas.
- Se recomienda un estudio de mercado como una continuación del presente trabajo, por constituirse las plantas de manzana en una atractiva alternativa económica, para el desarrollo productivo del valle central de Tarija.