

**CAPÍTULO I**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

### 1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ULMACEAE

Todos los olmos se parecen, son arboles gigantescos y majestuosos, que desarrollan un porte esbelto gracias a un tronco columnar rugoso, y están llenos de frondosidad, que proporciona una densa y fresca sombra.

Tiene forma semejante de ramaje, con las ramas cortas horizontales o ligeramente inclinadas en la parte inferior, que muy a menudo se aprietan a media altura. en la parte superior forma una especie de abanico abierto, con largas ramas casi simétricas, formando la copa del árbol. (Lopez, 2007)

**Hojas:** Simples, pecioladas, alternas, generalmente aserradas, glabras o pubescentes, asimétricas, acuminadas, con estípulas caducas.

**Flores:** Apétalas, actinomorfas, perfectas e imperfectas, solitarias o en fascículos laterales, pedunculadas.

**Perigonio:** De prefloración imbricada, persistente, tépalos sepaloideos, generalmente 5-partido (3-9-partido) o más o menos unidos, campanulados.

**Estambres:** Isostémonos, opuestos a los tépalos y erectos en el pimpollo, con filamentos libres; anteras biloculares, dorsifijas, de dehiscencia longitudinal.

**Gineceo:** Súpero, sésil o estipitado, bicarpelar, generalmente unilocular, uniovulado; estilos 2, a veces con ramas bífidas, lineares, estigmatosos en la superficie interna superior.

**Fruto:** Sámara, con la porción seminífera rodeada por un ala membranácea.

**Semilla:** Con embrión recto, endospermo escaso o nulo; testa membranosa y recorrida por un rafe longitudinal.

### **1.1.1. Biología floral y/o Fenología.**

Polinización anemófila. *Ulmus procera* Salisb. Olmo europeo florece a fines del invierno y principios de la primavera, antes de la foliación. Fructifica en enero y mayo. Diseminación anemócora.

### **1.1.2. Distribución y habitat.**

Cosmopolita. Se distribuye en zonas tropicales y templadas; en selvas caducifolias y bosques en galería

### **Especie de la familia Ulmaceae.**

Esta familia tiene 6 géneros y 35 especies

(Guía de Consultas Diversidad Vegetal. FACENA (UNNE))

## **1.2. CARACTERISTICAS DEL OLMO (*Ulmus pumila*)**

Familia: Ulmaceae

Nombre científico o latino: *Ulmus pumila*

Nombre Común: Olmo de Siberia

Lugar de origen: Se extiende desde el este de Siberia, a través de Asia Central, China y Mongolia, llegando hasta Corea.

Etimología: el nombre *Ulmus* procede del nombre antiguo latino *Ulmus*=olmo. El termino específico *pumila* procede del latín *pumilus*=pequeño, enano, en alusión a su porte en comparación con otras especies del género, que adquieren notables dimensiones. El nombre popular “olmo de Siberia” alude a su procedencia. (Sánchez de Lorenzo Cáceres, 2015)

Es una especie muy plantada dado su crecimiento rápido en sus primeros años es muy resistente.

Especie interesantísima muy apropiados para climas áridos, se adoptan a todo tipo de suelo, incluso cálidos es conveniente una poda de aclareo de las ramas cada 4 años dado su frondosidad (Vidaurre Duran, 2006)

Descripción: Árbol caducifolio de 12-15 m de altura con la copa que pasa de piramidal a subglobosa con el tiempo, con abundante ramaje y las ramillas dísticas delgadas, verdosas, péndulas; yemas laterales globosas u ovoide, de 3-6 mm, cubiertas de escamas de color marrón oscuro. Corteza pardo-grisácea, rugosa, que con los años se agrieta longitudinalmente y forma costillas anchas. Hojas alternas, dística, de elíptico-ovadas a elíptico-lanceoladas, de 3-7 x 1,5-3 cm, con la base cuneada, a veces ligera y oblicuamente desigual, el margen con aserrado simple y el ápice agudo o acuminado. Son de consistencia membranosa, y tienen el haz de color verde intenso, liso, envés glabro o algo pubescente cuando jóvenes, ligeramente más claro que el haz; nerviación formada por 10-16 pares de nervios paralelos, amarillentos, bien destacados en el envés. Pecíolo pubescente, de 2-4 mm de longitud. Flores verdosas, casi sentadas, sin interés, precoces, apareciendo en los meses de agosto y Octubre; se reúnen en cimas de 5-7 flores, sobre las ramillas del segundo año, y son apétalas, con un cáliz acampanado de 4-5 lóbulos, gamosépalo; estambres de color violeta, insertos en la parte inferior del cáliz, sobresaliendo cuando la flor abre. Fruto en samara obovada o circular, de 1-1,5 cm de largo, sobre un corto pedúnculo de 1,2 mm, con las semillas en el centro o ligeramente por debajo del mismo, ligeramente escotada en el ápice. Se producen en tal cantidad a lo largo de las ramillas que llegan a dar la sensación de ser hojas. (Sánchez de Lorenzo Cáceres, 2015)

### 1.3. SISTEMÁTICA DEL GÉNERO ULMUS:

#### 1.3.1. Taxonomía del *Ulmus pumila* (Olmo, Olmo de Siberia, Olmo Enano)

Cuadro N°: 1 Taxonomía del *Ulmus pumila*

<b>REINO</b>	Plantae
<b>DIVSIÓN</b>	Magnoliophyta
<b>CLASE</b>	Magnoliopsida
<b>SUBCLASE</b>	Hamamelidae
<b>ORDEN</b>	Urticales
<b>FAMILIA</b>	Ulmaceae
<b>GÉNERO</b>	<i>Ulmus</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Ulmus pumila</i>

*Fuente: Elaboración propia*

## **1.4. ASPECTOS GENERALES SOBRE REPRODUCCIÓN SEXUAL**

### **1.4.1. Semilla**

La semilla constituye la base de la repoblación, y el éxito de la misma dependerá en gran parte de la capacidad de sus genotipos. Estos son acordes a la zona a repoblar, con el objeto de asegurar la supervivencia y la adaptación de las plantas obtenidas.

La semilla como un producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras ubicados en el mismo árbol o en el más cercano cuya especie sea la misma. Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso y que sea lo más homogénea posible. Además, evalúa en las semillas la pureza, el contenido de humedad y el vigor para germinar.

La semilla es el ovulo maduro y fertilizado, que está formado por una cubierta o testa que protege a las partes internas, el endospermo o tejido de reserva de alimentos, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión. (Martínez Días, 2007)

### **1.4.2. Germinación**

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de esta para reproducir una planta normal en condiciones favorables. Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su sucesivo desarrollo en una plántula independiente; al comenzar este proceso germinativo, toma lugar, el primero de la serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño.

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir de embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de esta para reproducir una planta normal en condiciones favorables.

Pero la iniciación de la germinación requiere de tres condiciones importantes:

1. La semilla debe de ser viable, nos indica que el embrión debe de estar vivo y en condiciones para ser capaz de germinar.
2. La semilla no debe permanecer mucho tiempo almacenada por lo que pierde su capacidad de germinación.
3. La semilla deberá estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas, como son: la luz, la humedad, la temperatura; las cuales son las más importantes para desarrollar este proceso.

La germinación puede llegar a su término cuando el embrión se ha convertido en una plántula independiente y esta a su vez pueda sintetizar su propio alimento. (Martínez Días, 2007)

### **1.4.3. Emergencia**

El siguiente paso después de la germinación es la emergencia de la plántula a partir de la superficie o sustrato.

La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, empieza a desarrollar las hojas embrionarias o cotiledonales las cuales se alargan y se hinchan con la humedad, salen de la testa (cascara), pero el endospermo se queda adherida dando alimento a los cotiledones, por ultimo los cotiledones se alzan del suelo por el alargamiento del hipocotilo, esto es en la germinación epigea, sin embargo en la germinación hipogea los cotiledones cargados de reservas, permanecen en la semilla, solo el epicotilo sobresale de la tierra. En muchas Monocotiledoneas se comportan de modo parecido: su único cotiledón suele adoptar la configuración de un órgano absorbente, que permanece en la semilla y digiere el endospermo; los cotiledones quedan debajo de la superficie de suelo como fuente de alimentos de la planta, mientras esta sintetiza los diferentes compuestos necesarios para su desarrollo. (López Sánchez, 2014)

## **1.5. FACTORES NECESARIOS PARA GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y DESARROLLO DE LA PLANTULA.**

Indica que para que aparezca la germinación es necesario que existan factores intrínsecos, lo que hace referencia a que la semilla debe de estar madura y que conserve su capacidad germinativa (latencia y viabilidad), y de factores propios extrínsecos, es decir, que mantengan vivos e inalterados los tejidos de formación (agua, luz, temperatura, sustrato o medio cultivo). (Martinez Cruz, 2014)

### **1.5.1. Factores Intrínsecos**

**1.5.1.1. Latencia.** - Se dice que una semilla está latente cuando a pesar de conservar su poder germinativo y su viabilidad no germinar a causa de las condiciones ambientales, por lo que la imposibilidad para germinar esta impuesta por el ambiente que rodea a la semilla. Se sabe que cuando mayor es el nivel de latencia mayor será la especificidad de los factores ambientales necesarios para superarla. (Muncharaz Rodrigues, 2011)

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuados para la germinación. En el sector forestal se utiliza la palabra latencia para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema para los programas de producción de plantas en vivero. La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la planta. (Varela & Arana, 2011)

**1.5.1.2. Viabilidad.** - Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve influenciada por factores que actúan antes y después de la maduración de la semilla. (Gomez, 2008)

Define a la viabilidad de dos formas diferentes “la cualidad de una semilla de ser potencialmente capaz de germinar” y/o “el porcentaje de semillas de un lote que son capaces de germinar”; ya sea que se utilice una u otra definición, ambas concuerdan con que el concepto involucra la capacidad de germinación, sea de una o de un grupo completo de semillas. (Domínguez Domínguez, 2005)

## **1.5.2. Factores extrínsecos**

### **1.5.2.1. Agua.**

La absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación; porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos.

La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que lo rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico.

Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión. (Rodríguez)

### **1.5.2.2. Luz.**

Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas. El efecto de la luz sobre las

semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan. (Martínez Días, 2007)

A pesar de que muchas semillas logran germinar aun cuando permanecen tapadas por la hojarasca, muchas especies de árboles y arbustos germinan cuando son estimuladas por la luz. La semilla puede clasificarse en cuatro grupos de acuerdo con su respuesta a la luz:

1. Aquellas que solo germinan cuando reciben un estímulo luminoso, conocidas como fotoblásticas
2. Las que pueden emerger tanto en la luz como en la oscuridad.
3. Las que son insensibles a la luz.
4. Semillas cuya germinación no ocurre si tienes presente un estímulo luminoso (afoblásticas) (Domínguez Domínguez, 2005)

### **1.5.2.3. Temperatura.**

La temperatura es una de los factores más importantes que regula la germinación y crecimiento subsecuente de las plántulas, aunque por otra parte las temperaturas muy altas o muy bajas inhiben la germinación de muchas semillas forestales.

Las diversas especies de semillas, requieren diferentes temperaturas para su germinación las semillas de especies tropicales y subtropicales, germina a temperaturas constantes o temperaturas alternas. (Gomez, 2008)

Aunque debe señalar que la semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas o también por influencias diarias, siendo más consecuente estas últimas. (Martínez Días, 2007)

### **1.5.2.4. Medio de Cultivo.**

La germinación de la semilla se ve notablemente influenciadas por las características físico-químicos del sustrato. Es aquí donde los factores del medio de cultivo interactúan entre sí para generar una gran diversidad de condiciones ambientales, algunas de las cuales desfavorecen y otras

favorecen tanto la germinación como el crecimiento y desarrollo de las plántulas. (López Sánchez, 2014)

El suelo mineral es el medio de cultivo universal para el crecimiento vegetal y que este sirve de soporte o anclaje a la planta además de suministrar a las raíces unas cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales. La elección del medio se ve influenciada según la disponibilidad de este, costo, calidad y tipo de método de cultivo hidropónico que va a ser empleado. (Gomez, 2008)

### **1.6. SUSTRATO.**

Es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta, puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. (Rogríguez Narváez, 2013)

En la composición de los sustratos se suelen usar dos o tres componentes, aunque hay viveristas que mezclan hasta seis materiales en diferentes proporciones (turba rubia, turba negra aserrín, arena, vermiculita y perlita). En muchos casos se añaden a la mezcla fertilizantes solubles de liberación lenta e incluso algún hidrogel para retención de agua. (Mejía Soto, 2007)

El empleo de sustratos adecuados es muy importante para un buen desarrollo de las plantas, estas prácticas varían de acuerdo a la especie y a los objetivos de la producción. (López Sánchez, 2014)

El sustrato o suelo es uno de los factores más importantes, y que ejerce un importante efecto en la germinación, desarrollo y crecimiento de las plántulas.

El sustrato debe proporcionar a las plantas cultivadas, los siguientes factores:

Agua: las plantas requieren de un elevado y continuo aporte de agua para el crecimiento y otros procesos fisiológicos como el enfriamiento por la transpiración.

Aire: las raíces son un tejido vivo que han de gastar energía en los procesos fisiológicos y de crecimiento, dicha energía se genera a través de la respiración que requiere de un constante aporte de oxígeno.

Nutrientes: a excepción del carbón, hidrogeno y oxígeno, elementos que la planta absorbe del oxígeno y del agua, esta necesita absorbe otros 13 nutrientes minerales.

(Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Zinc, Manganeso, Cobre, Boro, Molibdeno y Cloro)

Soporte físico: es la última función, la cual debe de proporcionar un anclaje a la planta y darle la posición vertical, la rigidez en una función de la compresibilidad y compactación de sus partículas y del tamaño del contenedor. (Martinez Cruz, 2014)

### **1.6.1. Clasificación de los Sustratos**

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, “basados en el origen de los materiales, su naturaleza sus propiedades, su capacidad de degradación. (Rogríguez Narváez, 2013)

Si bien existe un buen número de clasificaciones diferentes de los sustratos, la más utilizada es la que diferencia entre sustratos orgánicos e inorgánicos

#### **1.6.1.1. Sustratos orgánicos**

- a. De origen natural, caracterizados por estar sujetos a biodescomposición turbas
- b. De síntesis, los cuales son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante síntesis química (espumas de poliuretano, poliestireno extendido, etc.)
- c. Sub productos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas, la mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación como sustrato (cascarilla de arroz, paja de cereales, fibra de coco, orujo de

uva, corteza de árboles, aserrín y viruta de madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de agua residuales, entre otros)

#### **1.6.1.2. Sustratos inorgánicos.**

- a. De origen natural, se obtienen a partir de rocas o minerales de orígenes diversos modificándose de modo ligero mediante tratamientos físicos sencillos no son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica)
- b. Transformados o tratados a partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos de complejidad variable, que modifican las características las características de materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida)
- c. Residuos y subproductos industriales, de procedencia de actividad industrial (escoria de horno alto, esteriles del carbón, por citar algunos ejemplos) (blogtecnos, 2013)

#### **1.6.2. Características de los Sustratos.**

Se considera las siguientes características:

**1.6.2.1. Características Físicas.** - Estas vienen determinadas por las estructuras internas de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento las más destacadas son:

- Densidad real y aparente
- Distribución granulométrica
- Porosidad y aireación
- Retención de agua
- Permeabilidad
- Distribución de tamaños de poros
- Estabilidad estructural

### **1.6.2.2. Características Químicas. -**

Vienen definidas por la composición elemental de los materiales; estas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. La que más destacan son:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- contenido de nutrientes

### **1.6.2.3. Características Biológicas. -**

Se refiere a las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando estos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien por la acción de microorganismos. Las más destacadas son:

- contenido de materia orgánica
- estado y velocidad de descomposición

(Pastor Saenz, 1999)

## **1.7. GENERALIDADES DE LOS HIDROGELES.**

### **1.7.1. Origen.**

Son originarios de Alemania, Francia y Estados Unidos de donde se desarrolló la tecnología. De hecho, han sido objeto de múltiples investigaciones demostrando su eficiencia al conservar vivas las plantas cuando carecen de agua, ya que absorben y retienen grandes cantidades de líquidos y nutrientes cuando se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento. (Trujillo Navarrete, 2003)

Si bien el primer hidrogel fue sintetizado en laboratorio durante el año 1938 por W. Kern, no fue hasta 1974 que se llevó al mercado en Estos Unidos una primera versión comercial de hidrogel con fines agrícolas, que fracasó por el precio, difícil aplicación y poca capacidad absorbente. Pero desde esos años

revolucionaron varios mercados gracias a los avances de la ciencia con el uso de los hidrogeles, tales como la oftalmología, la cosmética, la higiene personal, entre otras. (Puma Estrada, 2023)

### **1.7.2. Qué es el Hidrogel.**

Es un retenedor de agua, sustancia granular de color blanco, super absorbente, al contacto con el agua se trasforma en una sustancia gelatinosa cristalina, que cuando es incorporada al suelo o sustrato, absorbe y retiene agua y nutrientes en grandes cantidades. (Profafor, 2016)

Son polímeros biodegradables que absorben y retienen grandes cantidades de agua y nutrientes cuando son introducidos en el suelo o en cualquier otro medio de cultivo, esta capacidad de retención de agua permite el desarrollo de las plantas aun en épocas secas aprovechando al máximo los escasos recursos de agua y nutrientes disponibles (Orozco Montero, 2010)

El hidrogel es un polímero (del griego polys “muchos” + meros “parte”, molécula muy grande “macromolécula” constituida por la unión repetida de muchas unidades moleculares pequeñas “nanomeros” generalmente orgánicas unidas entre sí por enlaces covalentes y que se forma por reacciones de polimerización) que poseen unas características particulares. Son hidrófilos, insolubles en agua, blandos, elásticos y en presencia de agua se hinchan, aumentando considerablemente su volumen, pero manteniendo su forma hasta alcanzar un equilibrio físico-químico, mientras que en estado deshidratado (xerogel) son cristales. Son materiales poliméricos súper-absorbentes, son sólidos granulares caracterizados por tener estructura tridimensional entrecruzada de cadenas flexibles. (López Sánchez, 2014)

Un gel es una red tridimensional de cadenas flexibles, constituidas por segmentos conectados de una determinada manera e hinchada por un líquido. Si el líquido que solvata (acción de disolver una sustancia o un líquido en otro), las cadenas es orgánico recibe el nombre de organogel, mientras que, si el

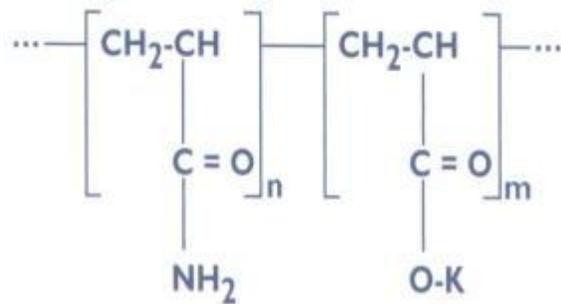
responsable de la solvatación es el agua, entonces se denominara hidrogel. (Gomes Perez, 2014)

Define a un retenedor de agua como un copolímero (polímero formados por 2 o más monómeros) reticulado de acrilamidas (es un intermediario químico usado en la síntesis de poliacrilamidas, este monómero también conocido como etilcarboxamida, vinilamida o 2-propanamida se presenta en forma de cristales blancos) y acrilato de potasio, no solubles en agua.

Dependiendo de la marca los retenedores de agua tienen la capacidad de absorber en promedio 350 veces su peso. Estos, se convierten en un gel que mantiene su efectividad en el suelo por largos periodos de tiempo (entre 4 a 7 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. (López Sánchez, 2014)

### 1.7.3. Composición química.

FIG. 1 Composición química del Poliacrilato de Potasio (Hidrogel)



Es una gama de polímeros aniónicos super absorbentes a base de poliacrilamida. Son copolímeros reticulares de acril-amida y acrilato de potasio, no solubles en agua. (Orozco Montero, 2010)

Es un polímero súper absorbente de acrilato de potasio insoluble en agua. (Valenzuela Baudrand, s.f.)

#### **1.7.4. Propiedades de los cristales de Hidrogel.**

Absorbe agua cientos de veces su peso (350 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.

(Concepto Ambiental, s.f.)

#### **1.7.5. Mecanismo de acción.**

Al entrar en contacto con el agua o medio acuoso los grupos carboxílicos de su estructura reticular se disocian exponiendo cargas iguales negativas lo que permite una repulsión de las cadenas poliméricas ampliando las cavidades de la red, esto permite el paso de las moléculas de aguas al interior del polímero. Las fuerzas intermoleculares de cohesión impiden la desintegración del compuesto. El agua es atrapada entonces en el interior del polímero y solo es entregada a las raíces de la planta a través de un proceso físico de presión osmótica. (www.hidrokeeper.com, s.f.)

Al contacto con el agua los grupos Carboxilos se disocian, exponiendo cargas negativas. Estas cargas se repelen ampliando la red e incrementando su tamaño. El agua es almacenada en su interior y es entregada a las plantas entre el 95 y el 99% por osmosis. (Orozco Montero, 2010)

#### **1.7.6. Ventajas del Hidrogel.**

- Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos. La frecuencia de riego puede disminuir hasta en un 50 % (5 años y 3 años con fertilizante)
- Disminuye la cantidad de fertilizante a utilizar hasta en un 50%
- Disminuye la perdida de agua y nutrientes por lixiviación.
- Reduce la evaporación.

- Mejora las propiedades del suelo.
- Reduce compactación, mejora aireación y permeabilidad.
- Puede usarse como único sustrato para el crecimiento de raíces.
- Reduce el estrés durante el trasplante.
- Al evitar el estrés por déficit hídrico disminuye la presencia de enfermedades y por ende aumenta la cantidad de plantas que sobreviven.
- Mejora el crecimiento y desarrollo.
- Aumenta rendimiento de la cosecha hasta en un 30%, debido a la constante disponibilidad de agua y nutrientes.

(ATSA, s.f.)

#### **1.7.7. El Hidrogel 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.

(AcuaGel, s.f.)

#### **1.7.8. El Hidrogel 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 (140bs por Kg. Av. San Bernardo Vivero el Rosal Tarija-Bolivia)

- Contenido bacteriano y de micro flora del suelo.
- Absorción osmótica de nutrientes y de agua por las plantas.
- Reducción del estrés durante el trasplante.
- Incremento del rendimiento.
- Aumento de sobrevivencia.

(AcuaGel, s.f.)

#### **1.7.9. Influencia de las sales.**

La presencia de electrolitos en medio acuoso disminuye significativamente la capacidad de absorción del hidrotenedor, esto explica que la capacidad de retención de agua en el suelo sea menor. (Orozco Montero, 2010)

#### **1.7.10. Influencia del Hidrogel en la retención de humedad del suelo.**

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.

Reportar que el hidrogel interviene directamente en la nutrición de las plantas puesto que existe un mejor intercambio iónico suelo-planta. 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. (Estrada Garcia, 2013)

#### **1.7.11. Cómo se le conoce al Hidrogel.**

Se menciona que el hidrogel también es llamado, suelo cristalino, perlas de gel o gel para plantas.

También el hidrogel es conocido como silos de agua, es un retenedor de humedad que cuando se incorpora en un suelo o un sustrato absorbe y retiene

grandes cantidades de humedad y nutrientes si estos son solubles. (Gomes Perez, 2014)

El hidrogel también se lo conoce con el nombre de “retenedor de agua” o “hidroretenedor”, son polímeros que tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua y otras soluciones acuosas sin disolverse, cuyo uso extensivo en huertos, jardines y contenedores ayuda a mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas. (flordeplanta, 2013)

#### **1.7.12. Influencia del hidrogel en las propiedades físicas del suelo.**

**1.7.12.1. 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.

El hidrogel favorece a la estabilidad coloidal, permitiendo 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, pH entre otras.

**1.7.12.2. 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.

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.

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.

**1.7.12.3. 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. 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.

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. (Estrada Garcia, 2013)

### **1.7.13. Aplicación de los retenedores de Agua.**

Los polímeros al hidratarse forman una gelatina a la que llamamos hidrogel, específicamente diseñado para la aplicación en el campo:

- En la agricultura se puede emplear para hortalizas, cítricos, fruticultura (incl. nurses), cultivos en surco. Reduce los problemas de infertilidad del suelo, escasez de agua, ausencia de fertilizantes, formación de costras de sal y erosión del suelo. Sus propiedades de retención de agua ayudan al almacenamiento de aguas de lluvias y de riego, que normalmente se perderían por efecto de la gravedad.
- En el sector forestal se utiliza en viveros, transporte y protección, trasplante.

Está demostrado que las reforestaciones son más efectivas, al reducir el shock de trasplante y minimizar el secado del sistema radicular, tanto durante el transporte como en la plantación. Ej.: **Proyecto Santa Ana**, comunidad de Yesera Sud casi 30 ha. **Proyecto Tolomosa**, comunidades de Canchones 7 Ha, Bella Vista 12 Ha, Turumayo 6 Ha. **Proyecto Guadalquivir** comunidad de Carachimayo Centro 5 Ha. Proyectos del PERTT.

- En lo ornamental, fomenta la capacidad de almacenar agua en el suelo y en sustratos de cultivos, a la vez que aumenta la aireación de medio de cultivo.
- En paisajismo, restauración, mejora de campos de golf, revegetación de áreas de minería. Ej.: Benalup Golf & Country, Benalup-Casa Viejas, España, Hidrogel ha sido incorporado en todas las áreas de juego y en las zonas verdes; Golf Club Bintan, Indonesia; Kytaja Golf, Finlandia.

También se lo utiliza para jardinería, árboles frutales y arbustos, césped, flores, campos deportivos, viveros/ invernaderos, suplemento para sustratos, plantas en el interior de la casa, raíces desnudas, además es una gran ayuda durante el ciclo de crecimiento del césped y herbáceas, especialmente en la germinación de semillas, en el transporte de rollos de césped, etc. Igualmente se puede aplicar mediante hidro-siembra. (Imbaquingo Farinango & Valera Molina, 2012)

Como un recubrimiento para la semilla en la germinación.

Añadiéndole al medio de cultivo en forma seca, expandido o hidratado.

Distribuido seco sobre la superficie antes de plantar o sembrar.

Como gel para el transporte de raíces, tubérculos y semillas.

En la plantación de árboles en las cuales los periodos de riego o lluvia sean prolongados. (Hernandez, 2014)

Vale señalar que los retenedores de agua pueden ser aplicados secos o hidratados, siempre en la zona de la raíz ya que su uso superficial no tiene ningún efecto, este producto puede ser aplicado a cualquiera especie, dado que

actúa con los sistemas radiculares. Pero sin duda resulta más efectivo en zonas secas (Trujillo Navarrete, 2003)

Usos No Agrícolas. - Son polímeros súper absorbentes son materiales inertes que absorben agua o soluciones acuosas y que tienen una amplia gama de aplicaciones:

**Geles refrescar al cuerpo accesorios.** - Pañuelos, cintas para la cabeza, cintas para las muñecas - trabajo, deportes, etc.

**Envolturas de hielo.** - Mantiene el agua fría por más tiempo – pescado, flores, alimentos, etc.

**Control de derrames de líquidos tóxicos.** - Absorben rápidamente cualquier derrame de líquidos acuosos – usuarios de sustancias tóxicas.

**Separación de petróleo/agua.** – Tanques de gasolina, filtros – tractores, camiones, barcos, etc.

**Geles de limpieza.** - Retienen el líquido de limpieza en posiciones de trabajo verticales – remoción de orina, agentes decolorantes, detergentes etc.

**Geles de fragancia.** - Reduce la evaporación, liberando las sustancias paulatinamente – desodorantes, etc.

**Absorbentes de autopsia.** - Detiene el derrame de líquidos - autopsia, morgues, etc.

**Solidificación de desechos líquidos.** - Para la disposición sólida de líquidos absorbidos en geles – industria, biomédicos, etc.

**Decorativos.** - Puede utilizarse en lugar de tierra para las plantas domésticas, previo enriquecimiento. Se puede pintar, así como puede utilizarse en la fabricación de velas.

**Combate de incendios.** - Mantiene el agua en la superficie de materiales inflamables – incendios forestales, capa superficial protectora de estructuras, etc. (AcuaGel, s.f.)

#### **1.7.14. Efectos residuales de los retenedores.**

Los retenedores al ser aplicados al suelo no se consideran contaminantes, debido a las siguientes características:

- Poseen un pH neutro.
- No es toxico; ni contamina el suelo, agua u organismos.
- En su composición no hay residuos tóxicos.
- No es volátil y es biodegradable. (López Sánchez, 2014)

#### **1.7.15. Dosificación.**

Macetas 3 – 4 gr/l (de 1 – 2Kg/m<sup>3</sup>)

Pastizales 2 -3 Kg/m<sup>3</sup>

#### **En plantaciones forestales**

Dosificación producto seco

En pinos: 4 gr de hidrogel seco/por planta.

Eucaliptus: 2 gr de hidrogel seco/por planta.

Otras especies: 4-12 gr de hidrogel seco/por planta.

Dosificación producto hidratado

Otras especies: 800 a 2000 ml de gel por planta

Pinos: 600 a 800 ml de gel por planta.

Eucaliptus: 200 a 400 ml de gel por planta.

(Gomes Perez, 2014)

Cuadro N°: 2 Dosificaciones de hidrogel para árboles

ÁRBOLES							
sustrato Lt	Hidrogel	Diámetro del tallo	Hidrogel	Altura del árbol	Hidrogel	Área hoyo trasplante	Hidrogel
1	3gr	2.5 cm	30 gr	60 cm	6 gr	0.4 m2	60 gr
2	5gr	5 cm	60 gr	100 cm	20 gr	0.6 m2	85 gr
5	10gr	7.5 cm	85 gr	150 cm	40 gr	1 m2	100 gr
10	15gr	10 cm	170 gr	200 cm	60 gr	2 m2	200 gr
20	30gr	15 cm	250 gr	30 cm	90 gr		
30	50gr	20 cm	340 gr				
40	60gr						
50	75gr						
100	150gr						
200	270gr						

Elaboración: (Polímeros súper absorbentes Ing. Agr. Mauricio Rengifo)

### Jardinería

Camas Flores y césped

Camas flores. - mezcle 50gr/m<sup>2</sup> con sustrato

Césped. - aplique 40-60gr/m<sup>2</sup> de hidrogel en la tierra durante la siembra.

### Viveros/invernaderos

Suplemento para macetas/bolsa. - 5gr de hidrogel con 1 litro de sustrato.

Raíz desnuda

Sumergiendo las raíces. - mezcle el hidrogel en una concentración de 4-5gr/l de agua.

Trasplante

Raíces desnudas. - Sumerja las raíces desnudas en 5-7gr de hidrogel por litro de agua, asegurándose que se adhiera la máxima cantidad de gel a las raíces.

Maceta/bolsa. - Sumerja la cepa en el gel preparado a una concentración de 5-7gr de hidrogel por litro de agua. (Concepto Ambiental, s.f.)

**1.7.15.1. Antecedentes en la utilización de Hidrogel.**

No se tiene referencias de trabajos de investigación realizados con hidrogel en el departamento de Tarija. Con lo que si se cuenta son con plantaciones forestales realizadas con Hidrogel en los proyectos en los que trabaja la institución del PERTT.

***Restauración y Manejo Integral de la sub Cuenca alta del Río Guadalquivir.***

Comunidad: Carachimayo centro 5Has

***Restauración y Manejo Integral de la sub Cuenca media del Río Santa Ana.***

Comunidad: Yesera sud casi 30 Has

***Restauración Hidrológico Forestal sub Cuenca del Río Tolomosa.***

Comunidad: Canchones 7 Has

Bella Vista 12 Has

Turumayo 6 Has

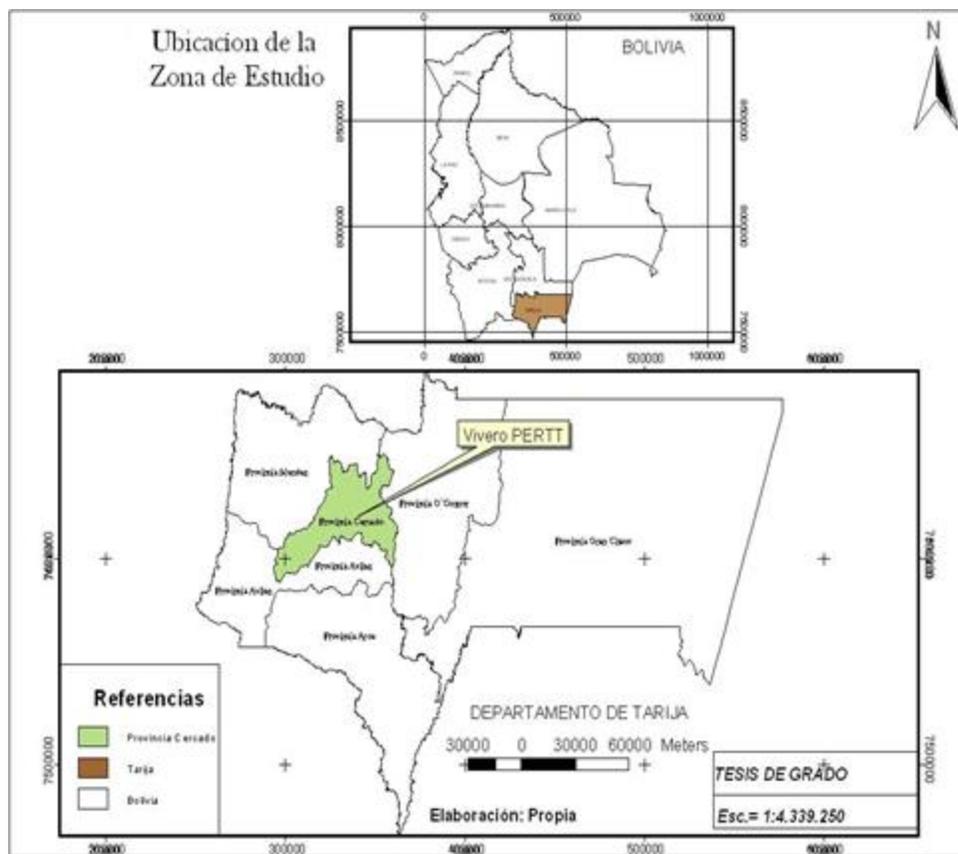
# **CAPÍTULO II**

## **METODOLOGÍA**

## 2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

Este ensayo se realizó en el vivero perteneciente al “Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras de Tarija (PERTT) comprendida entre los paralelos 21°30’37” de latitud Sur y 64°43’51” de latitud Oeste, con una altura aproximada de 1900 m.s.n.m.

FIG. 2 Ubicación de la Zona de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.1. Clima

El clima de la región está determinado, por dos factores, la latitud y la altura debido a ello la región tiene un clima templado, cálido, seco.

Con veranos fuertes, otoños e inviernos con vientos, siendo la temperatura y la precipitación los que influyen en el clima. (Bueno Arce, 2010)

### 2.1.2. Temperatura

FIG. 3 temperatura registrada en la gestión 2016



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - TARIJA  
Av. Jaime Paz Z. N° 1763 - Telfax 6642238 - Email tarija@senamhi.gov.bo

#### RESUMEN CLIMATOLÓGICO 2016

Estación: AEROPUERTO  
Provincia: CERCADO  
Departamento: TARIJA

Latitud S.: 21° 32' 48"  
Longitud W.: 64° 42' 39"  
Altura: 1.849 m.s.n.m.

Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	29.3	29.7	25.8	29.4	21.8	19.4	25.3	26.1	25.5	27.9	27.1	29.4	26.4
Temp. Min. Media	°C	14.8	16.2	13.7	12.1	6.8	3.4	3.0	6.5	7.6	11.9	12.1	14.9	10.3
Temp. Media	°C	22.1	23.0	19.8	20.8	14.3	11.4	14.2	16.3	16.6	19.9	19.6	22.2	18.3
Temp.Max.Extr.	°C	36.5	36.8	37.0	37.0	34.0	30.8	32.8	35.3	39.5	35.9	36.5	37.3	39.5
Temp.Min.Extr.	°C	10.4	13.7	10.6	-1.8	-1.0	-1.5	-2.0	-0.4	-1.0	5.3	5.8	10.1	-2.0
Días con Helada		0	0	0	2	2	6	4	2	1	0	0	0	17
Humed. Relativa	%	67	69	71	64	68	67	55	55	53	56	60	59	62
Nubosidad Media	Octas	5	5	6	4	4	4	3	2	3	5	5	5	4
Insolación Media	Hrs	7.2	6.4	4.4	7.6	6.5	4.8	7.6	8.0	7.2	6.8	6.4	6.6	6.6
Precipitación	mm	131.5	85.4	10.9	5.1	1.0	0.0	0.0	10.4	2.9	13.6	62.8	63.8	387.4
Pp. Max. Diaria	mm	29.7	35.6	6.8	1.5	1.0	0.0	0.0	7.0	2.3	13.4	12.2	15.5	35.6
Días con Lluvia		12	12	6	5	1	0	0	3	2	2	11	9	63
Velocidad del viento	km/hr	5.3	5.0	5.4	6.0	6.2	4.1	5.6	6.4	6.9	7.6	7.6	6.2	6.0
Dirección del viento		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE

Fuente: SEMHAMI

### 2.1.3. Suelo

El valle Central de Tarija presenta suelos variables. Geológicamente son sedimentos fluvio lacustres fuertemente erosionados.

Litológicamente consisten en sedimentos de arcilla, conglomerados, gravas y arenas.

Fisiográficamente está formado por una llanura fluvio lacustre erosionada con presencia de Terrazas antiguas y terrazas disectas.

Así mismo, existe información aluvial y coluvio fluvial, suelos delgados o muy profundos, color pardo amarillento a pardo oscuro, textura franco arenoso, franco arcilloso y arcilloso, reacción del suelo de neutro a fuerte alcalino, las terrazas aluviales presentan suelos delgados a profundos, textura franca, franco arcilloso, arenoso a franco arenoso.

Los sedimentos cuaternarios que cubren una gran parte de la Cuenca del Guadalquivir son típicamente materiales de fina arena, arcilloso gris claro a gris amarillo. Se encuentran suelos tanto en proceso de formación o cambio, como también con aluviación de arcilla y otros que presentan horizontes calcáreos. Los suelos son profundos bien drenados marcados por erosión ligera, de color pardo oscuro en los horizontes superficiales por la presencia de materia orgánica, variando a pardo rojizo oscuro a mayor profundidad con texturas franco arenosas o franco arcillosas y con muy poca piedra en el perfil. La estructura es en bloque subangular, el pH varía de 5.4 a 7.5 y la disponibilidad de nutrientes varía de moderada a baja.

#### 2.1.4. Vegetación

La vegetación codominante formada por las plantas más pequeñas es a base de chilca y formaciones de plantas arbustivas del género *Tessaria*. La vegetación herbácea es abundante, y sea en los campos cultivados donde hay muchas especies exóticas naturalizadas por su difusión espontánea, así como en las playas y terrenos no cultivados. También existen masas arbóreas con plantaciones de eucaliptos, pinos, casuarinas, ciprés, álamos, etc. (Bueno Arce, 2010)

La diferencia altitudinal de casi 4450 m y la variabilidad de las condiciones climáticas fisiográficas y edáficas determinan un mosaico de tipos de vegetación natural como bosques, matorrales, sabanas y pastizales puros o en diferentes grados de combinación.

El tipo de vegetación es Matorrales xerofíticos de los valles interandinos este tipo de vegetación está constituido por matorrales xerofíticos de los valles interandinos que tienen su mayor expresión en las colinas bajas y las pendientes interiores de las serranías circundantes. Las especies dominantes y características pertenecientes a la familia Mimosaceae como el churqui (*Acacia caven*) y la tusca (*Acacia aroma*) formando matorrales generalmente puros, también se encuentran especies arbórea típicas del dominio chaqueño como algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) chañar (*Geoffroea decorticans*) formando pequeños bosques en el sector este de Valle Central de Tarija.

Complementan la vegetación otras especies como *Shinus molle* (molle), *Salix humboldtiana* (sauce criollo) y *Acacia bizco* (jarca). Los matorrales presentan generalmente un estrato herbáceo inferior formado principalmente por gramíneas con especies como *Paspalum notatum* y *Aristida adscensionis*, formando pastizales densos a ralos. Las llanuras fluvio-lacustres afectadas por

severa erosión hídrica, se presentan matorrales medios a bajos, de cobertura variable, formados por taquillos (*Cereus peruvianus*). La tipa blanca (*Tipuana tipu*), se encuentra ocasionalmente en escarpes y pendientes de colina a menos de 2300 msnm.

Cuadro N°: 3 Tipos de Vegetación

<b>PRINCIPALES TIPOS DE VEGETACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA</b>	
<b>Provincia fisiográfica</b>	<b>Tipos de vegetación</b>
<b>Cordillera Oriental</b>	pastizales arbustales altoandinos
	pajonales-arbustales, matorrales-pastizales
	bosques montanos nublados
	matorrales xerofíticos de los valles interandinos
	matorrales bosques xerofíticos del Chaco Serrano
<b>Subandino</b>	bosque nublado Tucumano-Boliviano
	bosque húmedo Tucumano -Boliviano
	bosque subhúmedo de transición
	bosque xerofítico del Chaco Serrano
<b>Llanura Chaco-Beniana</b>	vegetación xerofítica del Chaco

FUENTE: (Sonisig 2001)

## 2.2. MATERIALES.

### 2.2.1. Material Vegetativo

En el presente trabajo se utilizaron 7200 semillas de Olmo (*Ulmus pumila*)

### 2.2.2. Material de oficina

Computadora

Calculadora

Material de escritorio

### **2.2.3. Marial de Campo**

Flexo metro

Calibrador o vernier

Regla

Balanza de precisión decimal

Horno de secado

Envases de polietileno

Tablero y planillas de registro

Cámara fotográfica digital

Pala

Pico

Repicador

Carretilla

### **2.2.4. Insumos**

Hidrogel

Materia orgánica

Limo

## **2.3. METODOLOGÍA**

### **2.3.1. Manejo del área experimental.**

#### **2.3.1.1. Compra de la semilla**

La semilla se compró de BASFOR (Laboratorio de Biotecnología Forestal y Centro de Semillas Forestales).

### **2.3.1.2. Limpieza**

Consiste en eliminar las malezas y otros obstáculos que estorben las actividades de producción. Se realizó la limpieza de los pasillos y de las platabandas en el vivero del PERTT.

### **2.3.1.3. Preparación del suelo base, (sustrato)**

Una vez limpiado las platabandas donde se colocaron las macetas se procedió al acopio, traslado, zarandeado y preparado del limo y tierra vegetal la preparación del sustrato se realizó utilizando una proporción de 2 por 1 es decir 2 carretillas de limo y 1 carretilla de tierra vegetal estas partes fueron mezcladas hasta conseguir un suelo uniforme.

### **2.3.1.4. Contenedor o envase de polietileno**

Es el envase o recipiente el cual contiene perforaciones en la parte inferior para un mejor drenaje, es importante tomar en cuenta el espesor del plástico el más adecuado es de 50 micrones de espesor. Son de color negro son relativamente livianos y baratos y permite su traslado a largas distancias.

### **2.3.1.5. Llenado de los envases de polietileno**

El llenado de las bolsas de polietileno se llevó a cabo del 5 al 6 de mayo en la gestión 2016, para lo cual se llenaron 1200 envases de polietileno correspondientes a cuatro tratamientos y tres repeticiones,

La cantidad aproximada de sustrato por envase de polietileno estuvo entre 750g a 850g, con un volumen de 660 cm<sup>3</sup>.

### 2.3.1.6. Ensayos preliminares para determinar las cantidades de Hidrogel.

Se realizaron ensayos con diferentes cantidades de hidrogel, para poder determinar las proporciones más adecuadas para el ensayo.

*Cuadro N°: 4 Muestras preliminares*

N <sup>ra</sup>	Muestra	Gramos de Hidrogel
1	Muestra	1g
2	Muestra	2g
3	Muestra	3g
4	Muestra	4g

*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.3.1.7. Pesado de las dosis de Hidrogel

El peso de las dosis de hidrogel se realizó con una báscula de precisión a miligramos, de acuerdo a los tratamientos y sus repeticiones utilizados en el experimento, tomando en cuenta que se realizó cuatro tratamientos con tres repeticiones, donde el cuarto tratamiento es el testigo (sin Hidrogel).

Cada tratamiento consistió en 100 bolsas de polietileno repartidos en tres repeticiones

*Cuadro N°: 5 Dosis de hidrogel por tratamiento*

Tratamiento	Gr/ bolsas de polietileno	Nro. bolsas de polietileno	Gr de hidrogel /tratamiento
T1	2gr	100	200 gr de Hidrogel
T2	3gr	100	300 gr de Hidrogel
T3	4gr	100	400 gr de Hidrogel
T4 (testigo)	0gr	100	0 gr de Hidrogel

*Fuente: Elaboración Propia*

El pesado del Hidrogel se llevó a cabo en el laboratorio de suelos del PERTT. Expresado en gramos correspondientes para cada dosis.

### **2.3.1.8. Preparación del sustrato con Hidrogel**

Para que el sustrato sea lo más exacto y homogéneo posible:

Se Llenaron un total de 1200 bolsas de polietileno con el sustrato base, las cuales se mezclaron con las diferentes cantidades de hidrogel para cada tratamiento y repetición. T1=200 gr, T2=300 gr, T3=400 gr y T4=0 gr testigo.

### **2.3.1.9. Siembra**

Se utilizo la cantidad de 6 semillas por envase, en total 7200 semillas.

La siembra se realizó el 10 mayo en la gestión 2016, de forma directa utilizando un repicador de madera, a una profundidad de 2.5 cm.

### **2.3.1.10. Pruebas en Laboratorio**

Las pruebas en el laboratorio nos proporcionaron datos como:

Porcentaje de germinación = 72.3 %

Peso de mil Semillas= 6.40 gr

Peso de 7200 semillas = 46.08 gr

### **2.3.1.11. Labores culturales.**

En el desarrollo del presente ensayo se llevaron a cabo las siguientes labores culturales como:

- Limpieza en el vivero platabandas.
- Preparación del sustrato y llenado de los envases de polietileno.
- Siembra directa.

- Riego.
- Deshierbe, desmalezado manual de las macetas de cría.
- Protección de paracitos y enfermedades (fungicida FOKER)
- Protección contra el sol y los pájaros, con medias sombras.
- Algunas medidas preventivas a considerar en vivero.

### 2.3.1.12. Riego

El riego se realizó durante todo el tiempo que se llevó a cabo el experimento.

Cabe mencionar que la actividad se hizo en dos periodos de tiempo.

*Cuadro N°: 6 Periodos de Riego*

<b>PRIMER PERIODO CADA 4 DÍAS</b>		
<b>2 meses</b>	<b>Riego en lt.</b>	<b>Riego Promedio en lt.</b>
tratamientos (T1, T2, T3)	137,1	9,8
testigo (T4)	160,5	9,4
<b>SEGUNDO PERIODO CADA 7 DÍAS</b>		
<b>1 meses</b>	<b>Riego en lt.</b>	<b>Riego Promedio en lt.</b>
tratamientos (T1, T2, T3)	36,9	9,2
testigo (T4)	64,4	8,1

*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.3.1.13. Pesado de los envases de polietileno

Se realizó el pesado de los envases de polietileno durante tres meses en dos periodos: Primer Periodo: del 10 de mayo al 10 de julio se pesaba y regaba pasado cuatro días en seco se volvía a pesar, regar y así consecutivamente en estos meses.

Segundo Periodo: del 10 de julio al 10 de agosto, cada siete días se pesaba y luego se regaba al igual que el primer periodo, para determinar el contenido de humedad.

### 2.3.1.14. Aplicación de fungicidas y fertilizantes

Una vez que germinaron todas las semillas, se aplicó fungicida FOKER, que tiene la función de impedir el desarrollo y multiplicación de hongos patógenos que puedan afectar el crecimiento y desarrollo de los plantones.

Se realizó la mezcla 3 ml de fungicida en 4 lt. de agua, posteriormente se aplicó con la ayuda de un pulverizador.

FOKER - Fungicida Sistémico Preventivo y Curativo Concentrado Emulsionable – EC

Fórmula: Tebuconazole:  $\alpha$ -[2-(4-clorofenil) etil]- $\alpha$ -(1-1-dimetiletil)-H-1,2,4-triazol-1etanol

En el mes de septiembre, se aplicó STIMULANTE para ayudar a los plantones en su desarrollo, en una proporción de 5 ml por 4 lt. de agua. Se aplicó sobre el follaje y el tallo con un pulverizador.

STIMULANTE Regulador del Crecimiento Vegetal Concentrado Soluble

Fórmula: Kinetina (Citoquininas)

Ácido giberélico

Ácido indol-3-butírico (Auxinas)

Ingredientes inertes

## 2.4. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

*Cuadro N°: 7 Tratamientos utilizados*

T1	Sustrato base + 2gr de hidrogel
T2	Sustrato base + 3gr de hidrogel
T3	Sustrato base + 4gr de hidrogel
T4 testigo	Sustrato base

*Fuente: Elaboración Propia*

Se utilizaron un total de 7200 semillas distribuidas en 1200 envases de polietileno, 6 semillas por envase, aplicadas en 4 tratamientos con 3 repeticiones.

## 2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño aplicado en la presente investigación es de “Bloques completamente al azar” con las siguientes características.

Con 3 tratamientos más el testigo dándonos un total de 4 tratamientos y 3 repeticiones de 100 envases de polietileno por unida experimental.

De acuerdo al diseño experimental, la distribución de los tratamientos quedo de la siguiente forma.

*Cuadro N°: 8 Distribución de los Tratamientos*

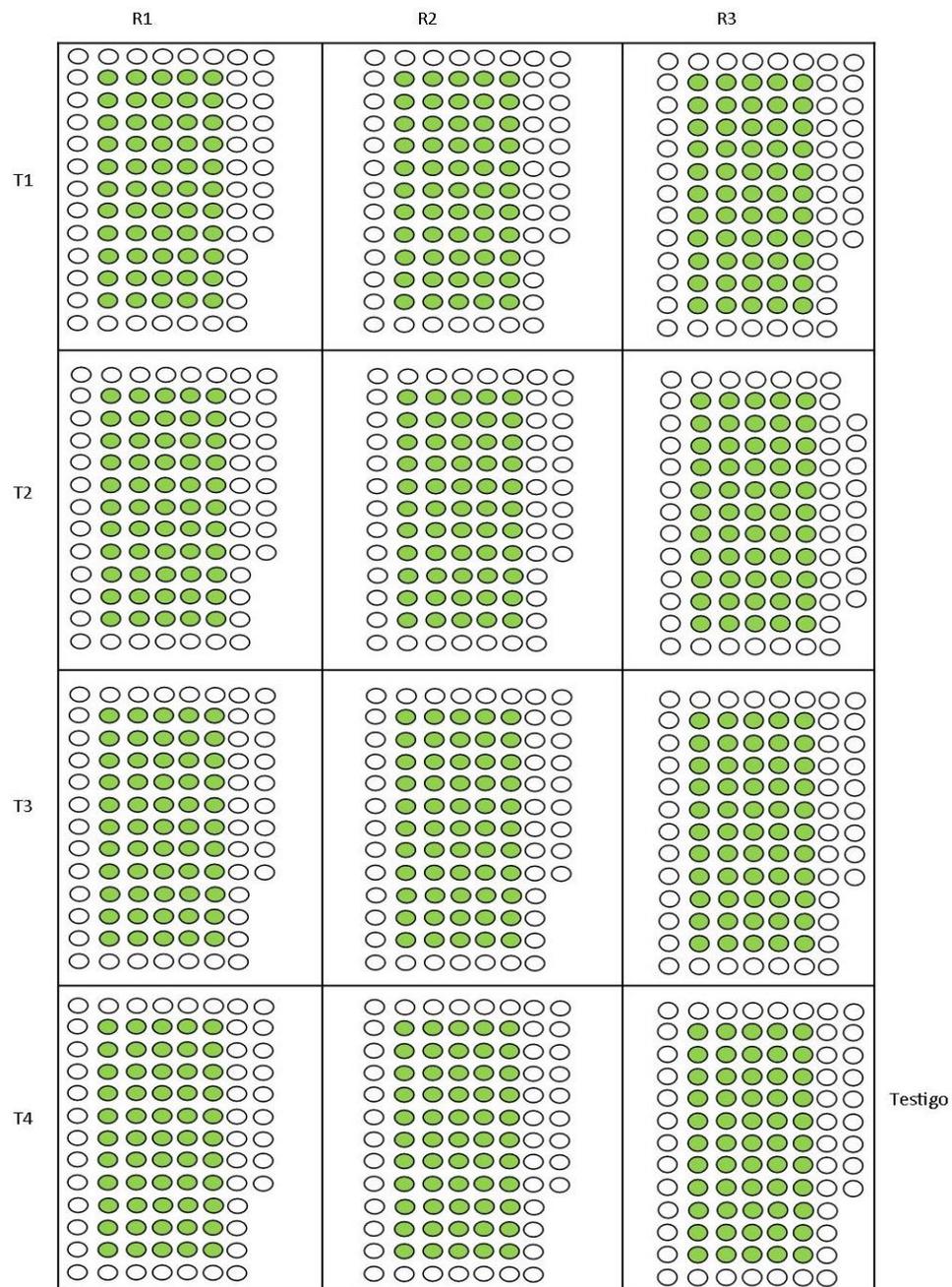
<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>T1</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>
<b>T4</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>
<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>

T=Tratamientos

R=Repeticiones

*Fuente: Elaboración Propia*

FIG. 4 Distribución de los tratamientos



Fuente: Elaboración Propia

## 2.6. VARIABLES EVALUADAS.

Las variables evaluadas fueron: Retención de Humedad (%), % de Germinación, Altura de la Planta (cm), Diámetro de la Planta (mm), Supervivencia, Porcentaje de Mortandad.

Las variables anteriores se fueron evaluando en periodos de tiempos marcados en la investigación para obtener información y así poder interpretar los datos que a continuación se mencionan.

### 2.6.1. Retención de Humedad.

Para la evaluación de esta variable se hizo el pesado de los envases de polietileno con la ayuda de una báscula para obtener los pesos de los envases, correspondientes a los cuatro tratamientos y tres repeticiones. Y así calcular el Contenido de Humedad.

Para poder realizar la medición del contenido de humedad se dividió en 2 periodos de riego:

Primer periodo. Consiste en registrar el peso seco antes de cada riego y el peso húmedo después de cada riego, cada 4 días. esto se evaluó en los meses de mayo 10 al julio 10.

Segundo periodo. Es el mismo procedimiento que el anterior con la diferencia que los pesos se los realizo cada 7 días. Se evaluó en los meses de julio 10 al agosto 10.

El contenido de humedad de determino mediante la siguiente formula:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W= es el contenido de Humedad (%)

$W_w$  = Peso del agua

$W_s$  = Peso del material

$W_1$  = Peso de Tara más el suelo húmedo, en gramos

$W_2$  = Peso de la Tara más el suelo secado en horno, en gramos

$W_t$  = Peso de tara, en gramos

Ejemplo:

N° tratamientos	Peso Tara (Wt)	P. húmedo +tara (W1)	P. seco +tara (W2)
T3R1	372,49	512,72	473,59

$$W = \frac{512.72 - 473.59}{473.59 - 372.49} \times 100 = \frac{39.13}{101.1} \times 100 = 38.70 \%$$

Cuadro N°: 9 Datos recopilados de Retención de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD %												
CADA 4 DIAS												
REPETICION 1				REPETICION 2				REPETICION 3				
	T3R1	T1R1	T4R1	T2R1	T1R2	T4R2	T2R2	T3R2	T2R3	T3R3	T1R3	T4R3
14-may	38,70425	27,96573	39,91972	32,31122	32,04584	31,55616	32,98268	35,64421	37,66475	37,8497	30,66003	38,04949
18-may	28,85376	25,82619	29,51977	28,49162	34,83146	32,9023	25,32751	26,98864	31,79105	27,81845	27,93932	25,17883
23-may	27,17537	29,61539	38,34483	27,7027	23,28191	23,87006	25,97015	29,81367	27,46586	32,36196	25,87719	33,48765
27-may	31,17816	33,33333	40,38997	38,81857	25,3923	37,77473	28	38,28383	27,95389	25,47865	26,63252	37,72538
31-may	34,35013	28,4006	38,24757	28,62958	31,19015	38,89655	32,90415	32,35294	37,00565	30,80425	30,83004	34,24284
10-jun	30,52209	27,59067	36,28447	34,55056	34,93635	41,90939	32,54848	32,8125	32,68966	33,18777	28,28283	30,91437
14-jun	29,21196	25,03748	36,11111	37,28571	42,10526	36,89605	33,23944	36,91861	36,07504	39,33237	37,67507	38,64266
23-jun	34,49721	28,73134	35,01401	40,05764	38,70057	38,47262	34,47783	38,98305	41,38929	34,71197	39,55556	34,17367
<b>SUMATORIA</b>	<b>254,4929</b>	<b>226,5007</b>	<b>293,8315</b>	<b>267,8476</b>	<b>262,4838</b>	<b>282,2778</b>	<b>245,4502</b>	<b>271,7974</b>	<b>272,0352</b>	<b>261,5451</b>	<b>247,4526</b>	<b>272,4149</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>31,81</b>	<b>28,31</b>	<b>36,73</b>	<b>33,48</b>	<b>32,81</b>	<b>35,28</b>	<b>30,68</b>	<b>33,97</b>	<b>34,00</b>	<b>32,69</b>	<b>30,93</b>	<b>34,05</b>
CADA 7 DIAS												
REPETICION 1				REPETICION 2				REPETICION 3				
	T3R1	T1R1	T4R1	T2R1	T1R2	T4R2	T2R2	T3R2	T2R3	T3R3	T1R3	R4R3
19-jul	22,03898	18,81639	33,69863	23,81657	30,19943	32,15797	30,59163	27,08638	26,98413	29,27192	29,38776	30,31204
26-jul	24,5454	26,10966	30,75802	27,13287	31,47632	27,39362	31,3453	30,60921	31,39205	33,1361	34,78261	27,45358
02-ago	24,09639	22,68188	31,17816	26,48276	29,48718	30,57504	27,68778	30,47337	33,23486	29,72973	25,81486	29,91202
10-ago	20,6993	13,66907	22,95082	17,66342	25,28249	26,60551	20,53446	22,58993	18,4573	19,08957	19,19585	29,09605
<b>SUMATORIA</b>	<b>91,38</b>	<b>81,28</b>	<b>118,59</b>	<b>95,10</b>	<b>116,4454</b>	<b>116,7321</b>	<b>110,1592</b>	<b>110,7589</b>	<b>110,0683</b>	<b>111,2273</b>	<b>109,1811</b>	<b>116,7737</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>22,85</b>	<b>20,32</b>	<b>29,65</b>	<b>23,77</b>	<b>29,11</b>	<b>29,18</b>	<b>27,54</b>	<b>27,69</b>	<b>27,52</b>	<b>27,81</b>	<b>27,30</b>	<b>29,19</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 2.6.2. Germinación.

Esto se empezó a evaluar cuando emergió el primer plantón hasta que germine el último plantón en el transcurso de 30 días. El total de semillas ensayadas fueron 7200 de las cuales germinaron 3917 semillas

$$\% \text{ de germinación} = \frac{N \text{ de semillas germinadas en } n \text{ días}}{N \text{ total de semillas ensayadas}} \times 100$$

Cuadro N°: 10 Datos recopilados de Germinación

		TRATAMIENTO 1			TRAMIENTO 2			TRATAMIENTO 3			TRATAMIENTO 4		
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3
1	11-may												
2	12-may												
3	13-may												
4	14-may												
5	15-may												
6	16-may	26	24	23	30	73	67	85	81	62	45	40	24
7	17-may	46	72	72	79	59	71	84	70	32	58	68	65
8	18-may	14	24	25	16	18	32	55	43	41	46	44	41
9	19-may	93	72	68	99	88	29	62	39	75	86	73	64
10	20-may	25	20	15	25	21	25	15	22	17	21	17	17
11	21-may	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	22-may	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	23-may	0	23	23	16	0	0	0	0	29	0	38	0
14	24-may	25	0	23	16	18	22	15	37	21	21	15	16
15	25-may	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
16	26-may	14	13	16	17	14	19	15	0	14	0	0	0
17	27-may	22	0	0	0	16	19	15	0	14	0	0	0
18	28-may	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	29-may	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	30-may	14	13	0	20	0	17	0	17	0	0	0	15
21	31-may	0	13	0	15	0	18	0	16	0	0	0	15
22	01-jun	0	0	0	0	0	17	14	0	0	0	0	0
23	02-jun	0	0	16	16	13	0	0	0	0	21	0	14
24	03-jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	04-jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	05-jun	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
27	06-jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	07-jun	0	21	0	0	13	0	0	0	15	0	0	0
29	08-jun	0	21	15	16	17	16	14	15	17	0	14	0
30	09-jun	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
		279	316	296	365	380	352	374	340	337	298	309	271
				891			1097			1051			878
				%G	49,5		60,94444			58,38889			48,77778

Fuente: Elaboración Propia

$$\% \text{ de germinación} = \frac{279+316+296}{1800} \times 100 = \frac{891}{1800} \times 100 = 49.5$$

### 2.6.3. Sobrevivencia.

La sobrevivencia se determinó mediante la evaluación de la germinación, considerando un total de 7200 semillas sembradas, de las cuales germinaron 3917 plantas. De estas, se seleccionaron 1200 plantines por raleo como objeto de estudio. Al finalizar el experimento, quedaron vivas 298 plantas, mientras que 902 del objeto de estudio no sobrevivieron.

Cuadro N°: 11 Datos recopilados de Sobrevivencia

TRAMIENTO 1			TRAMIENTO 2			TRAMIENTO 3			TRAMIENTO 4 testigo		
T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3
25	20	18	36	33	24	30	22	26	20	28	16
Total											298

Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.4. Porcentaje de Mortalidad.

El porcentaje de mortalidad de los plantines seleccionados como objeto de estudio se calculó utilizando la fórmula:

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas muertas}}{\text{Total Objeto de estudio}} \times 100$$

Para cada tratamiento, se obtuvo el porcentaje de mortalidad dividiendo el número de plantines muertos entre el total de plantines seleccionados y multiplicando el resultado por 100. Este cálculo es fundamental para evaluar la eficacia del crecimiento y la supervivencia de las plantas bajo diferentes condiciones experimentales.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada tratamiento:

Cuadro N°: 12 Datos recopilados de mortalidad

TRAMIENTO 1			TRAMIENTO 2			TRAMIENTO 3			TRAMIENTO 4 testigo		
T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3
75	80	82	64	67	76	70	78	74	80	72	84
		237			207			222			236
Total											902

Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.5. Altura.

Para esta actividad se realizaron mediciones cada semana durante 90 días la, primera evaluación se realizó el 18 de Julio. Dichas evaluaciones consistieron en medir la altura en cm, desde la base del tallo hasta la yema apical. Esta variable se midió con una regla de 30 cm.

Cuadro N°: 13 Datos recopilados de Alturas (cm)

MEDICION DE ALTURAS												
FECHAS	REPETICION 1				REPETICION 2				REPETICION 3			
	T3R1	T1R1	T4R1	T2R1	T1R2	T4R2	T2R2	T3R2	T2R3	T3R3	T1R3	T4R3
18-jul	4,08	4,52	4,87	4,63	4,72	4,94	4,83	4,88	4,97	4,35	4,94	4,31
25-jul	4,86	4,72	4,56	4,85	4,65	4,73	4,67	4,64	4,24	3,98	4,43	4,39
01-ago	4,71	4,62	4,6	4,91	4,64	4,87	4,9	4,84	4,47	3,96	4,65	4,7
08-ago	4,99	4,61	4,84	5,25	5,09	5,41	5,45	5,49	4,71	4,59	5	5,59
15-ago	5,83	5,11	5,3	6,41	5,64	6,48	6,04	6,13	5,23	5,35	5,26	5,82
22-ago	6,42	5,7	6,23	7,62	6,56	7,45	6,9	7,1	6,15	5,39	5,96	6,52
30-ago	8,43	6,82	7,55	8,4	7,78	8,33	8,79	8,29	6,29	7,12	6,97	7,53
06-sep	8,84	7,2	7,87	9,96	8,96	8,98	10,04	9,94	7,92	7,9	7,58	8,49
12-sep	10,11	8,41	8,89	12,05	10,84	10,66	11,44	11,38	9,15	8,8	8,68	9,53
20-sep	11,44	9,34	10,04	13,11	12,79	11,67	13,11	13,51	10,06	10,8	10,39	10,85
26-sep	11,54	9,95	10,97	15,13	14,88	13,33	14,26	14,9	10,59	12,6	12,11	11,96
03-oct	13,83	11,09	12,79	18,05	18,17	15,26	19,16	18,82	12,15	15,7	15,56	13,93
11-oct	15,57	12,88	15,24	20,75	20,85	17,21	21,09	21,41	13,87	18,31	17,94	15,83
18-oct	18,07	14,06	17,23	22,94	21,23	19,52	24,6	23,17	15,77	21,34	20,41	16,8

Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.6. Diámetro.

Para evaluar esta variable se utilizó un vernier, las mediciones se realizaron en la base del tallo. Esta medición se realizó desde el 18 de Julio al 18 de Octubre, durante 90 días.

Cuadro N°: 14 Datos recopilados de Diámetros (mm)

MEDICION DE DIAMETROS												
FECHAS	REPETICION 1				REPETICION 2				REPETICION 3			
	T3R1	T1R1	T4R1	T2R1	T1R2	T4R2	T2R2	T3R2	T2R3	T3R3	T1R3	T4R3
18-jul	1,07	1,04	1,27	1,32	1,23	1,17	1,39	1,31	1,15	1,31	1,17	1,16
25-jul	1,27	1,17	1,38	1,67	1,55	1,42	1,64	1,61	1,39	1,36	1,5	1,34
01-ago	1,78	1,52	1,66	1,88	1,87	1,66	2,04	1,94	1,67	1,95	1,99	1,84
08-ago	2,07	1,72	2,03	2,23	2,28	1,99	2,51	2,32	1,93	2,18	2,4	2,03
15-ago	2,24	1,81	2,16	2,63	2,57	2,37	2,83	2,88	2,1	2,43	2,56	2,11
22-ago	2,44	1,94	2,27	2,98	2,73	2,59	3,14	3,08	2,28	2,62	2,78	2,29
30-ago	2,95	2,15	2,55	3,31	2,92	2,81	3,5	3,22	2,54	2,93	3	2,4
06-sep	3,24	2,41	2,92	3,59	3,15	2,98	3,89	3,37	2,79	3,19	3,26	2,51
12-sep	3,41	2,64	3,05	3,94	3,57	3,08	4,18	3,58	3	3,39	3,57	2,7
20-sep	3,61	2,79	3,16	4,17	3,83	3,23	4,4	3,81	3,27	3,6	3,86	2,95
26-sep	3,78	2,92	3,44	4,36	4,01	3,37	4,62	4,07	3,55	3,77	4,15	3,2
03-oct	4,07	3,05	3,72	4,5	4,23	3,6	4,76	4,29	3,81	3,91	4,36	3,47
11-oct	4,45	3,19	3,85	4,65	4,32	3,73	4,9	4,51	4,05	4,06	4,57	3,69
18-oct	4,61	3,31	3,97	4,73	4,45	3,87	5,06	4,64	4,25	4,23	4,83	3,88

Fuente: Elaboración Propia

## 2.7. MODELO ESTADÍSTICO.

En este estudio se usó un Diseño Completamente al Azar. Los datos se procesaron mediante el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \Sigma_{ij}$$

$Y_{ij}$  = parámetro observado en las diferentes variables

$i = 1, 2, 3$  t (número de tratamientos)

$j = 1, 2, 3$  t (número de repeticiones)

$\mu$  = efecto medio de la presentación

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\Sigma_{ij}$  = error experimental en la  $j$ -ésimo repetición

## **2.8. TEST DE TUKEY.**

Realizando el análisis de varianza correspondiente a una experimentación determinada, si el resultado de dicho análisis resulto significativo, lo cual quedó comprobado con la prueba F, es necesario recurrir posteriormente a un Test de comparaciones múltiples, con el objeto de establecer entre cuáles de los tratamientos analizados existen diferencias significativas. Son varios los test que se pueden utilizar; se hará referencia en primer término al de Tukey por ser quizás el más difundido y uno de los más sencillos de calcular, además de poseer una buena sensibilidad.

Este test se utilizará tanto para diseños con igual número de repeticiones por tratamiento como para diferente número de repeticiones por tratamiento. Ya en el cálculo se destacará las variantes que sufre el mismo según los tipos de diseños.

# **CAPÍTULO III**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Después de evaluar todas las variables mencionadas en la investigación, se presentan a continuación los resultados y discusiones correspondientes a las variables evaluadas.

### 3.1. RETENCIÓN DE HUMEDAD (%).

#### 3.1.1. Retención de humedad Primer periodo cada cuadro días

Cuadro N°: 15 Resultados retención de humedad cada 4 días.

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Total</b>	<b>media</b>
<b>T1</b>	28,31	32,81	30,93	<b>92,05</b>	<b>30,683</b>
<b>T2</b>	33,48	30,68	34	<b>98,16</b>	<b>32,72</b>
<b>T3</b>	31,81	33,97	32,69	<b>98,47</b>	<b>32,823</b>
<b>T4</b>	36,73	35,28	34,05	<b>106,06</b>	<b>35,353</b>
<b>Total</b>	<b>130,33</b>	<b>132,7</b>	<b>131,67</b>	<b>394,74</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°: 16 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA cada 4 días							
<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>P</i>	<i>Ft 0,05</i>	<i>Ft 0,01</i>
tratamientos	32,912	3	10,971	3,016	0,116	4,757	9,780
repeticiones	0,729	2	0,365	0,100	0,906	5,143	10,925
Error	21,824	6	3,637				
<b>Total</b>	<b>55,4645</b>	<b>11</b>					

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de varianza en esta variable nos muestran que la  $F_c < F_t$ .

$F_c = 3,016$  es inferior a  $F_t = 95\% 4,757$  y al  $99\% 9,780$  lo que significa que no existe diferencia estadística significativa, en los tratamientos.

En las repeticiones se puede observar que la  $F_c = 0,100$  es inferior a la  $F_t = 95\% 5,143$  y al  $99\% 10,925$  no existe diferencia estadística significativa.

### 3.1.2. Retención de humedad Segundo periodo cada 7 días

Cuadro N°: 17 resultados Retención de Humedad cada 7 días

	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Total</b>	<b>media</b>
<b>T1</b>	20,32	29,11	27,3	<b>76,73</b>	<b>25,577</b>
<b>T2</b>	23,77	27,54	27,52	<b>78,83</b>	<b>26,277</b>
<b>T3</b>	22,85	27,69	27,81	<b>78,35</b>	<b>26,117</b>
<b>T4</b>	29,65	29,18	29,19	<b>88,02</b>	<b>29,34</b>
<b>Total</b>	<b>96,59</b>	<b>113,5</b>	<b>111,82</b>	321,93	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°: 18 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA cada 7 días							
<i>Fuente de</i>						<i>Ft</i>	
<i>Variación</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>P</i>	<i>0,05</i>	<i>Ft 0,01</i>
tratamientos	26,058	3	8,686	2,067	0,206	4,757	9,780
repeticiones	43,456	2	21,728	5,170	0,050	5,143	10,925
Error	25,215	6	4,202				
Total	94,728	11					

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de varianza nos muestran que la  $F_c < F_t$ .

$F_c = 2,067$  es inferior a  $F_t 95\% 4,757$  y al  $99\% 9,780$  lo que significa que no hay diferencia estadística significativa en los tratamientos.

Se puede observar en las repeticiones que la  $F_c > F_t$ .  $F_c = 5,170$  es superior a la  $F_t$  95% 5,143 e inferior a 99% 10,925 lo que significa que si existe diferencia estadística significativa en al menos uno de las repeticiones.

### 3.2. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%).

Los datos obtenidos en la evaluación del porcentaje de germinación de *Ulmus pumila* (Olmo) muestran los siguientes resultados por tratamientos, se puede observar que dos de ellos tienen porcentajes germinación más altos, esto puede deberse a las cantidades de hidrogel empleados en el sustrato.

Cuadro N°: 19 resultados porcentaje de Germinación.

Tratamiento	Composición	% de Germinación
<b>T1</b>	200 gr de hidrogel + sustrato base	49,5
<b>T2</b>	300 gr de hidrogel + sustrato base	60,9444
<b>T3</b>	400 gr de hidrogel + sustrato base	58,3898
<b>T4 Testigo</b>	sustrato base	48,7778

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°: 20 Análisis de Varianza al 0.1 %

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc	Probabilidad	Valor crítico para Ft
tratamientos	12350,9167	3	4116,972222	14,90007037	0,003460634	4,757062663
repeticiones	1030,16667	2	515,0833333	1,864180155	0,234603674	5,14325285
Error	1657,83333	6	276,3055556			
Total	15038,9167	11				

Fuente: Elaboración Propia

Este Cuadro, correspondiente al análisis de varianza al 0.1%, se observa que la suma de cuadrados para las tratamientos es significativamente alta, alcanzando un valor de 12,350.9167, lo que indica variaciones considerables entre los tratamientos analizados. Un valor  $F_c$  calculado de 14.9001, que es notablemente superior al valor crítico para  $F_t$  (4.7571), se concluye que existe una diferencia estadística significativa en las

variaciones entre los tratamientos al nivel del 0.1% ( $p < 0.01$ ). Esto sugiere que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente en comparación con los demás.

*Cuadro N°: 21 Análisis de Varianza al 0.5%*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc	Probabilidad	Valor crítico para Ft
tratamientos	12350,9167	3	4116,97222	14,9000704	0,00346063	9,77953824
Columnas	1030,16667	2	515,083333	1,86418015	0,23460367	10,9247665
Error	1657,83333	6	276,305556			
Total	15038,9167	11				

*Fuente: Elaboración Propia*

Este Cuadro N° 21 correspondiente al análisis de varianza al 0.5%, se mantienen las mismas sumas de cuadrados para tratamientos es como en el análisis anterior, pero los valores críticos para F son más altos debido al nivel más estricto del análisis ( $\alpha = 0.05$ ). La Fc calculada para tratamientos (14.9001) sigue siendo significativamente mayor que el valor crítico (9.7795), lo que refuerza la conclusión anterior: existe una diferencia estadística significativa en los tratamientos.

*Cuadro N°: 22 Pruebas de rangos múltiples Tukey al 0.5 %*

Tratamientos	Medias	Agrupación Tukey	
T2	365,67	A	
T3	350,33	A	
T1	297,00		B
T4 testigo	292,67		B

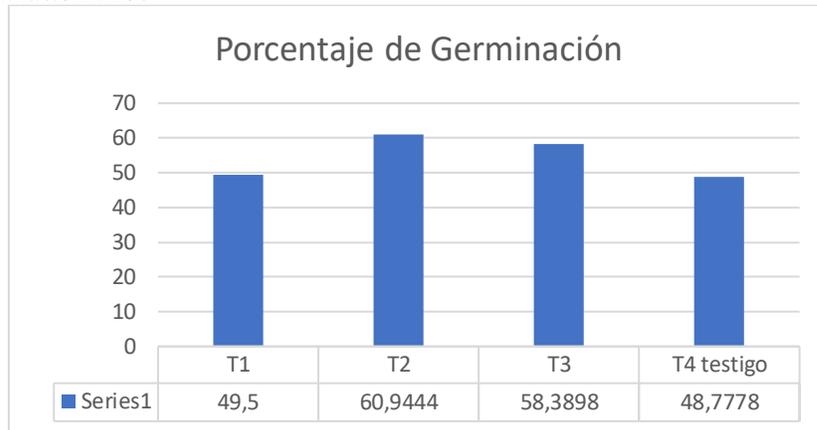
*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo a la prueba de rangos múltiples Tukey resulta que el T2 es mejor en cuanto al porcentaje de germinación indicando que la aplicación de Hidrogel al sustrato, promueve valores muchos más altos en comparación con el T4

En resumen, los resultados del análisis indican que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en ambas pruebas realizadas (0.1% y 0.5%),

mientras que las repeticiones no presentan variaciones significativas en ninguno de los dos niveles analizados.

FIG. 5 Germinación en %



Fuente: *Elaboración Propia*

El tratamiento que mayor porcentaje de germinación obtuvo fue el T2 con 60,9444% al cual se le agrego 300g de hidrogel, seguido del T3 con 58,3898% al cual se le adiciono 400g de hidrogel. Los tratamientos que obtuvieron menores porcentajes de germinación fueron el T1 con 49,5% al cual se le adiciono 200g de hidrogel, y por último el T4 testigo con 48,7778% el cual no tiene hidrogel.

### 3.3. SOBREVIVENCIA (%).

Cuadro N°: 23 Resultados Sobrevivencia.

	R1	R2	R3	Total	Media
<b>T1</b>	25	20	18	<b>63</b>	<b>21</b>
<b>T2</b>	36	33	24	<b>93</b>	<b>31</b>
<b>T3</b>	30	22	26	<b>78</b>	<b>26</b>
<b>T4 testigo</b>	20	28	16	<b>64</b>	<b>21,33</b>
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>103</b>	<b>84</b>	298	

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N°: 24 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA SOBREVIVENCIA							
Fuente de Variación	SC	GL	CM	Fc	P	Ft 0,05	Ft 0,01
tratamientos	199	3	66,333	3,476	0,091	4,757	9,780
repeticiones	96,167	2	48,083	2,520	0,161	5,143	10,925
Error	114,5	6	19,083				
Total	409,667	11					

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de varianza en la sobrevivencia nos muestran que la  $F_c < F_t$ .

$F_c = 3,476$  es inferior al a  $F_t$  95% 4,757 y al 99% 9,780 lo que nos indica que no existen diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos.

En las repeticiones se observa que la  $F_c$  es menor que la  $F_t$ . La  $F_c$  2,520 es menor que  $F_t$  al 95% 5,143 y al 99% 10,925 esto nos indica que no existe diferencia estadística significativa entre repeticiones.

Cuadro N°: 25 Sobrevivencia en %

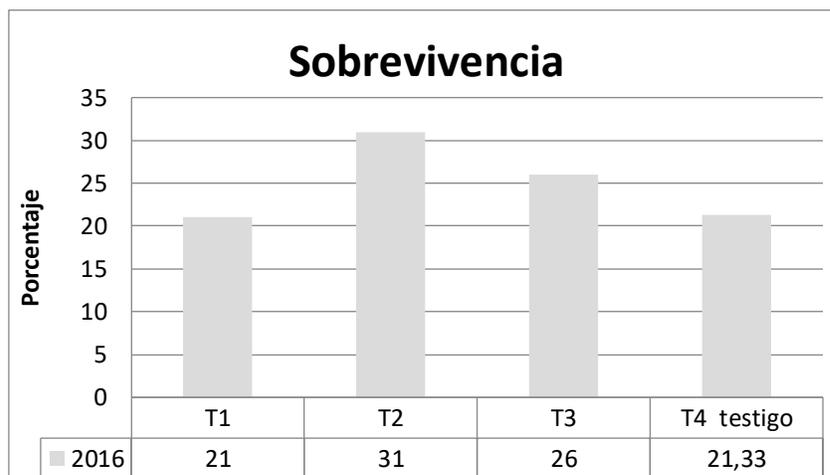
Tratamientos	Composición del tratamiento	% Sobrevivencia
T1	200 gr de Hidrogel+ sustrato base	21 %
T2	300 gr de Hidrogel+ sustrato base	31 %
T3	400 gr de Hidrogel+ sustrato base	26 %
T4 testigo	Sustrato base	21,33 %

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los porcentajes de sobrevivencia el tratamiento que tuvo mayor porcentaje fue el T2 con 31% al cual se le adiciono 300g de hidrogel, seguido del tratamiento T3 con 26% al cual se le adiciono 400g de hidrogel.

Los tratamientos T1 y T4 testigo son prácticamente iguales, T1 con 21% al cual se le adiciono 200g y el T4 testigo con 21.33% el cual no tiene hidrogel.

FIG. 6 Sobrevivencia en %



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. MORTALIDAD.

La muerte de las plantas se le puede atribuir a las temperaturas bajas y a la época en la que se realizó el experimento época seca,

Cuadro N°: 26 Resultados de Mortalidad.

	R1	R2	R3	Total	Media
<b>T1</b>	75	80	82	<b>237</b>	<b>79</b>
<b>T2</b>	64	67	76	<b>207</b>	<b>69</b>
<b>T3</b>	70	78	74	<b>222</b>	<b>74</b>
<b>T4 testigo</b>	80	72	84	<b>236</b>	<b>78,67</b>
<b>Total</b>	<b>289</b>	<b>297</b>	<b>316</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°: 27 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MORTALIDAD							
<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>P</i>	<i>Ft 0,05</i>	<i>Ft 0,01</i>
tratamientos	199	3	66,333	3,476	0,091	4,757	9,780
repeticiones	96,167	2	48,083	2,520	0,161	5,143	10,925
Error	114,5	6	19,083				
Total	409,667	11					

*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados que se obtuvieron para el porcentaje de mortalidad nos indican que la  $F_c < F_t$ . La  $F_c$  3,476 es menor a la  $F_t$  4,757 al 95% y 9,780 al 99% lo que nos indica que no existen diferencia estadística significativa en tratamientos ni en repeticiones.

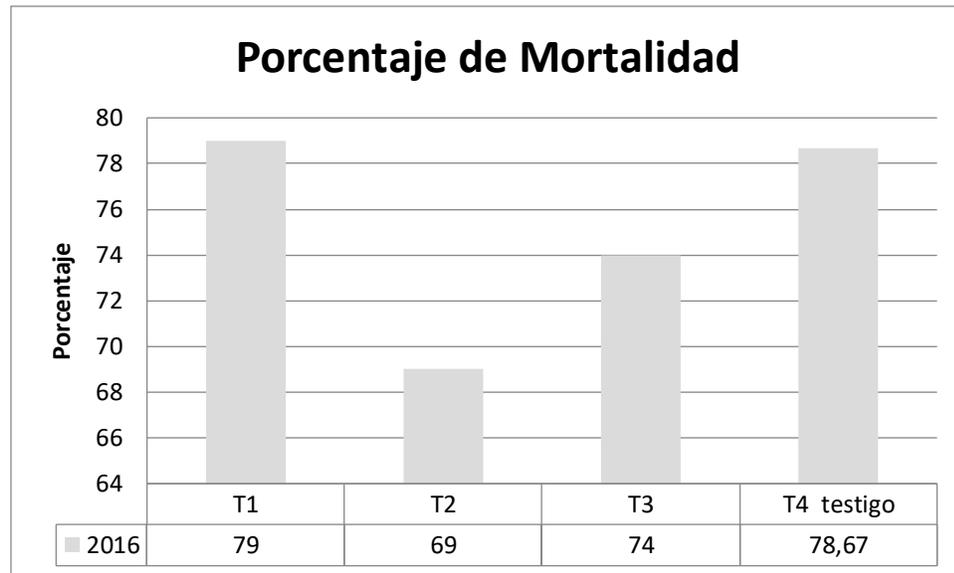
Cuadro N°: 28 Mortalidad en %

Tratamientos	Composición del tratamiento	% Mortalidad
T1	200 gr de Hidrogel+ sustrato base	79 %
T2	300 gr de Hidrogel+ sustrato base	69 %
T3	400 gr de Hidrogel+ sustrato base	74 %
T4 testigo	Sustrato base	78,67 %

*Fuente: Elaboración Propia*

Los tratamientos con mayor mortalidad son el T1 con 79% al cual se le adiciono 200g de hidrogel, seguido del T4 testigo con 78,67% el cual no contiene hidrogel. Luego se encuentra el T3 con 74% el cual contiene 400g de hidrogel, y por último el T2 con 69% al cual se le adiciono 300g de hidrogel, es el que menor mortalidad tiene.

FIG. 7 Mortalidad en %



Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. ALTURAS DE LA PLANTA (cm).

Cuadro N°: 29 Resultados de altura.

	R1	R2	R3	Total	Media
T1	14,06	21,23	20,41	55,7	18,57
T2	22,94	24,6	15,77	63,31	21,10
T3	18,07	23,17	21,34	62,58	20,86
T4 testigo	17,23	19,52	16,8	53,55	17,85
<b>Total</b>	<b>72,3</b>	<b>88,52</b>	<b>74,32</b>	<b>235,14</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°: 30 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURAS							
Fuente de Variación	SC	GL	CM	Fc	P	Ft 0,05	Ft 0,01
tratamientos	23,933	3	7,977	0,896	0,495	4,757	9,779
repeticiones	39,067	2	19,533	2,194	0,192	5,143	10,924
Error	53,404	6	8,900				
<b>Total</b>	<b>116,4055</b>	<b>11</b>					

Fuente: Elaboración Propia

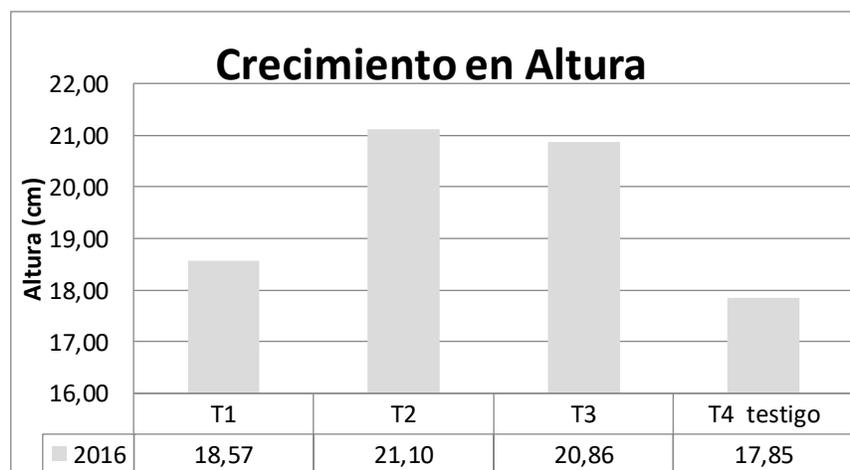
Al realizar las evaluaciones para la variable altura el análisis de Varianza nos muestra que  $F_c < F_t$ .  $F_c = 0,896$  es inferior a  $F_t = 95\% 4,757$  y al  $99\% 9,779$  lo que significa que no se encontró diferencia estadística significativa.

En cuanto a los incrementos promedio en alturas, el tratamiento que mayor crecimiento en altura presento es T2 con 21.10 cm al cual se le aplico 300 gr de Hidrogel. Seguido del T3 con 20.86 cm al cual se le aplico 400 gr de Hidrogel.

Lo cual se lo considera como bueno, debido a que este periodo los brinzales se encuentran es estados de reposo para poder tolerar la temporada invernal (bajas temperaturas heladas etc.)

Al tratamiento T1 se le aplico 200 gr de Hidrogel con un incremento del 18.57 cm. Y por último el testigo T4 con el menor incremento de 17.85 cm al cual no se le aplico Hidrogel.

*FIG. 8 Altura en (cm)*



*Fuente: Elaboración Propia*

Los crecimientos en altura son similares a los presentados por Barreto (2011) donde las mayores alturas en crecimiento fueron los que tenían cantidades de Hidrogel.

### 3.6. DIÁMETROS DE LA PLANTA (mm).

Cuadro N°: 31 Resultados de Diámetros.

	R1	R2	R3	Total	Media
T1	3,31	4,45	4,83	12,59	4,20
T2	4,73	5,06	4,25	14,04	4,68
T3	4,61	4,64	4,23	13,48	4,49
T4 testigo	3,97	3,87	3,88	11,72	3,91
<b>Total</b>	<b>16,62</b>	<b>18,02</b>	<b>17,19</b>	<b>51,83</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtuvieron de esta variable nos muestran que la  $F_c < F_t$ .  $F_c = 1.434$  es inferior a  $F_t$  al 95% 4,757 y al 99% 9,779 lo que significa que no existe diferencia estadística significativa.

Se observó incrementos promedios en los diámetros, el tratamiento que tuvo mayor incremento en diámetro fue: el tratamiento T2 con 4.68 mm al cual se le adiciono 300 gr de Hidrogel. Seguido del tratamiento T3 con un incremento de 4.49 mm al cual se le adiciono 400 gr de Hidrogel. Se puede apreciar que el hidrogel favorece al incremento en diámetro durante la temporada invernal donde las condiciones para el crecimiento y desarrollo son adversas.

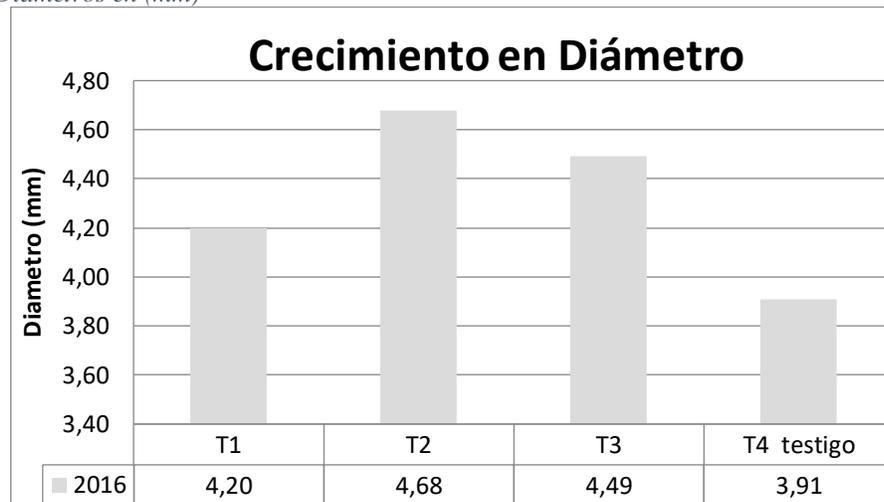
El tratamiento T1 tuvo un incremento de 4.20 mm al cual se le aplico 200 gr de Hidrogel y por último el testigo tratamiento T4 con 3.91 mm al cual no se le adiciono Hidrogel, el incremento más bajo.

Cuadro N°: 32 Análisis de Varianza.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIÁMETROS							
Fuente de Variación	SC	GL	CM	$F_c$	P	$F_t 0,05$	$F_t 0,01$
tratamientos	1,037	3	0,345	1,434	0,322	4,757	9,779
repeticiones	0,247	2	0,123	0,514	0,622	5,143	10,924
Error	1,445	6	0,240				
Total	2,730	11					

Fuente: Elaboración Propia

FIG. 9 Diámetros en (mm)



Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. DISCUSIÓN

El hidrogel ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la disponibilidad de agua y el desarrollo de plántulas en viveros forestales. Sin embargo, su efecto varía dependiendo de la especie, el sustrato, las condiciones de riego y el tipo de contenedor utilizado.

Al no encontrar un trabajo similar que se haya realizado anteriormente, se realizó la comparación de esta tesis “Influencia del hidrogel en la germinación y desarrollo del olmo (*ulmus pumila*) en el vivero forestal las barrancas PERTT” con “Impacto del Hidrogel en la Germinación y Desarrollo de *Taxodium mucronatum* Tenore, en Condiciones de Invernadero” realizada en México en el año 2014, que pone de manifiesto diferencias fundamentales en la retención de humedad, la germinación y el crecimiento de los plantones, lo que indica que su aplicación no es uniforme y debe ser ajustada a las necesidades específicas de cada especie y región.

En *Taxodium mucronatum*, el hidrogel mostró beneficios claros en todas las variables evaluadas, incrementando la retención de humedad, mejorando la tasa de germinación y favoreciendo un desarrollo significativo en altura y diámetro. En cambio, en *Ulmus pumila*, el efecto del hidrogel sobre la retención de humedad no fue determinante, ya

que el testigo T4 sin hidrogel presentó la mayor acumulación de agua en el sustrato, que podría deberse al método de riego tradicionalmente aplicado en este vivero, en comparación a los tratamientos T1, T2 y T3 a los cuales se aplicó menor cantidad de agua, datos reflejados en el cuadro N° 6 *Periodos de riego*. Esto sugiere que el tipo de suelo y el método de irrigación pueden influir sustancialmente en la efectividad del hidrogel y deben considerarse antes de recomendar su uso en viveros.

En cuanto a la germinación, los resultados muestran que el hidrogel favoreció tasas más altas en ambas especies, aunque con diferencias considerables. En *Taxodium mucronatum*, el tratamiento con mayor hidrogel (T3) alcanzó una germinación del 97.33 %, mientras que en *Ulmus pumila*, el mejor resultado se obtuvo con 300 g T2 de hidrogel (60.94 %). Estas variaciones pueden estar vinculadas a las características fisiológicas de las semillas, ya que *Taxodium mucronatum* presenta desafíos adicionales para su reproducción y requiere condiciones óptimas más específicas que influyen en su éxito germinativo.

El crecimiento de los plántones también reflejó diferencias entre especies en su respuesta al hidrogel. Mientras que en *Taxodium mucronatum* la dosis más alta de hidrogel favoreció notablemente su desarrollo, en el estudio del *Ulmus pumila*, el tratamiento con 300g T2 de hidrogel mostró el mejor crecimiento, aunque la diferencia con el testigo no fue significativa. Esto sugiere que la capacidad de absorción de agua y la respuesta fisiológica al hidrogel pueden estar determinadas por la biología de la especie y las condiciones experimentales.

Estos hallazgos resaltan la importancia de continuar investigando el uso del hidrogel en viveros forestales, considerando variables como el tipo de sustrato, los métodos de riego y la fisiología de cada especie. La aplicación del hidrogel no debe ser generalizada, sino optimizada para maximizar sus beneficios en función de las características particulares de cada planta y su entorno ecológico.

# **CAPÍTULO IV**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación sobre el uso de hidrogel en el desarrollo de plántones de *Ulmus pumila*, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. **Retención de Humedad:** En cuanto a la retención de humedad, el tratamiento que mayor humedad obtuvo fue el T4 testigo (sin hidrogel), con un promedio de 35,353 % en el primer periodo, seguido del T3 y T2 con promedios de 32,823 % y 32,72 %, respectivamente. Por último, el T1 presentó un 30,683 % de humedad. En el segundo periodo, el T4 mantuvo la mayor cantidad de humedad con un promedio de 29,34 %, seguido del T2 (26,277 %), T3 (26,117 %) y T1 (25,577 %). El mayor contenido de humedad del T4 testigo se puede deber a las cantidades de agua regada: 160,5 litros para el T4 en el primer periodo y 137,1 litros para los tratamientos T1, T2 y T3 cada 4 días; mientras que en el segundo periodo se regó con 64,4 litros para el T4 y 36,9 litros para los otros tratamientos cada 7 días. El bajo contenido de humedad en los tratamientos podría atribuirse al uso de bolsas o envases de polietileno que absorben más temperatura y provocan mayor pérdida por evaporación. Además, el hidrogel mejora características del suelo como infiltración y reducción de compactación, aunque su efecto no fue estadísticamente significativo.
2. **Germinación y Crecimiento:** El tratamiento con 300 g de hidrogel (T2) presentó el mayor porcentaje de germinación (60.9444 %) y también propició las mejores condiciones para el desarrollo de plántones, reflejado en un mayor porcentaje de sobrevivencia (31 %) y un crecimiento superior, tanto en altura (21,10 cm) como en diámetro (4,68 mm), en comparación con el testigo (T4). Esto evidencia que el hidrogel mejora la disponibilidad de agua para las semillas y plantas jóvenes, favoreciendo su establecimiento y desarrollo inicial.

3. **Sobrevivencia y Mortandad:** Para la variable de sobrevivencia se observaron resultados similares a los de germinación; sobrevivieron más plantas en el T2 con un 31 % de sobrevivencia, seguido del T3 con un 26 %. El T4 y el T1 tuvieron tasas casi iguales (21.33 % y 21 %, respectivamente). En cuanto a la mortalidad, los tratamientos T1 (79 %) y T4 testigo (78,67 %) presentaron tasas similares en cuanto a la mortandad de individuos.
4. **Crecimiento en altura:** El tratamiento T2 promovió un crecimiento en altura notable, alcanzando un promedio de 21,10 cm, frente a los 17,85 cm del testigo (T4). Esto sugiere que el hidrogel favorece el desarrollo vertical de los plántones, probablemente por mayor disponibilidad de agua y condiciones de suelo más favorables.
5. **Crecimiento en diámetro:** En cuanto al diámetro, T2 también mostró un incremento importante, con un promedio de 4,68 mm, en comparación con 3,91 mm en el Testigo (T4). Esto indica que el hidrogel impulsa un crecimiento más robusto en el grosor del tallo, contribuyendo a la calidad y resistencia de los plántones.

Aunque en algunos parámetros no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, las tendencias recomendarían considerar el uso de hidrogel como una estrategia complementaria en viveros forestales, optimizando el uso del agua y favoreciendo plantas más saludables y resistentes.

En conclusión, la incorporación de hidrogel en la producción de plántones en vivero es una tecnología que mejora la eficiencia en el manejo hídrico, la germinación, el crecimiento y la supervivencia de *Ulmus pumila*, aportando beneficios ambientales y económicos, y resultando recomendable especialmente en zonas con condiciones similares a Tarija.

## 4.2. RECOMENDACIONES

1. **Para productores y técnicos de viveros forestales:** Se recomienda la utilización de hidrogel, específicamente en dosis cercanas a los 300 g por sustrato, en la producción de plántones de *Ulmus pumila*, ya sea en almacigo o mediante propagación por estaca. Esto ha mostrado resultados positivos en germinación, crecimiento y supervivencia. Además, es crucial ajustar los periodos de riego y monitorear continuamente las condiciones para evitar excesos o deficiencias hídricas, optimizando así el uso del agua.
2. **Para investigadores y personal académico:** Es pertinente continuar estudios sobre el efecto del hidrogel en diferentes especies, incluyendo ornamentales y forestales, explorando variables como la incorporación de fertilizantes y distintos periodos de riego. También se recomienda evaluar diferentes tipos y composiciones de hidrogeles para adaptarlos mejor a diversos climas y tipos de suelo, además de analizar su viabilidad económica y rentabilidad en escalas mayores.
3. **Para gestores y responsables de políticas públicas:** Es importante promover programas de capacitación en el uso efectivo del hidrogel y en técnicas de manejo eficiente del agua en viveros, fomentando prácticas sostenibles que contribuyan a la conservación del recurso hídrico, especialmente en regiones con escasez de agua. Incentivar la adopción de tecnologías que reduzcan el consumo hídrico puede potenciar la productividad y sostenibilidad de los sistemas productivos.
4. **Para productores de semillas y materiales forestales:** Se recomienda realizar controles internos de calidad en las semillas, garantizando condiciones sanitarias y de germinación óptimas, para potenciar los beneficios del hidrogel y asegurar plántones vigorosos y con altas tasas de supervivencia en campo.

5. **Para el desarrollo tecnológico y producción de insumos:** Es aconsejable evaluar y adoptar diferentes tipos de envases y sustratos que maximicen el aprovechamiento del hidrogel, considerando aspectos como permeabilidad y retención de agua, para mejorar la eficiencia en la aplicación y el manejo en viveros.
  
6. **Recomendación general:** Se propone promover proyectos y programas que integren el uso de hidrogel con sistemas de riego tecnificados y manejo integral del suelo, con el fin de lograr una producción forestal más eficiente y sostenible. Estas acciones contribuirán a un mejor aprovechamiento del agua, a la restauración ecológica y a la gestión ambiental responsable. Sería recomendable realizar estudios adicionales en diferentes sistemas de cultivo y bajo condiciones climáticas variables para mejorar la eficiencia del hidrogel en la producción de plántones. La optimización de su aplicación podría fortalecer las estrategias de reforestación y contribuir a la conservación de especies en ambientes con disponibilidad hídrica limitada.