

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**COMPARACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS CON  
Y SIN TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO DE ESPINA DE MAR  
(*Hippophae rhamnoides Linn*), EN TRES TIPOS DE SUSTRATOS,  
EN CAQUIAVIRI**

Presentado por:

**CLOTILDE POBLETE PALLI**

**La Paz – Bolivia**  
**2007**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**COMPARACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS CON Y SIN  
TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO DE ESPINA DE MAR (*Hippophae  
rhamnoides Linn*), EN TRES TIPOS DE SUSTRATOS, EN CAQUIAVIRI**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**CLOTILDE POBLETE PALLI**

**ASESOR:**

Ing. Luis Goitia Arze .....

**TUTOR:**

Ing. Heriberto Quispe Charca .....

**COMITE REVISOR:**

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio .....

Ing.Msc. Hugo Bosque Sánchez .....

Dr. Vladimir Orsag Céspedes .....

**APROBADA**

**Presidente** .....

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo, a Dios y a toda mi familia, en especial a mis padres Sergio y Justina, a mi hermano Edy, a mis niñas Andrea y Laura.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a nuestro creador, porque mi presencia en la tierra tiene un propósito y por guiarme siempre por el camino del bien.

Quiero agradecer en primera instancia a los Ing. Luís Goitia Arze y Heriberto Quispe Charca, por su ayuda, colaboración y aporte de conocimientos y experiencia para el desarrollo del presente estudio.

Asimismo, especial agradecimiento al Proyecto Primera Etapa 2001-2004, "Introducción de Espina de Mar en Bolivia" de la cooperación Técnica de la Republica Popular China, al Ing. Msc. An Bao Li, Jefe de la Misión Técnica China, al Ing. Zhang Rui Experto en Plantación, Ing. Duan Baocai Experto en Viveros, por la dotación del material genético y bibliográfico, para la implementación del presente estudio.

Un enorme agradecimiento al Tecnológico Agropecuario Caquiaviri, y a su entonces Rector Juan Domingo Rueda por facilitarme el ambiente de trabajo, laboratorio, vivienda y las facilidades técnicas que obtuve durante el proceso de elaboración del experimento de tesis. Asimismo me corresponde agradecer a los señores docentes del T.A.C., Ing. Jose Villacorta e Ing. Rubén Mamani, por su orientación y colaboración.

Agradecer a los señores del tribunal revisor, Ing. PhD Alejandro Bonifacio, Ing. Msc. Hugo Bosque y el Dr. PhD. Vladimir Orzag por la revisión, observaciones y el aporte de ideas al trabajo.

Y a mis amigas de la facultad quienes me brindaron su apoyo de un a manera incondicional, Paulina y Carolina.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	i
RESUMEN EJECUTIVO .....	vi
1. INTRODUCCION .....	1
Justificación .....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general. ....	2
Objetivos específicos. ....	3
Hipótesis. ....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen e importancia de la Espina de Mar. ....	4
2.2 Taxonomía. ....	4
2.3 Requisitos medioambientales de la Espina de Mar. ....	4
2.4 Descripción morfológica del cultivo. ....	5
2.4.1 Raíz. ....	5
2.4.2 Tallo. ....	6
2.4.3 Hojas.....	6
2.4.4 Flor.....	6
2.4.5 Fruto. ....	7
2.4.6. Semilla. ....	8
2.5 Latencia .....	8
2.5.1 Tratamientos para eliminar la latencia. ....	9
2.6. Requerimientos generales para la germinación. ....	9
2.7. Características de los sustratos para la producción de plantines. ....	9
2.8. Contenido de materia orgánica en los suelos. ....	10
2.8.1. El estiércol de ovino como fuente de materia orgánica .....	10
2.8.2. El humus como fuente de materia orgánica. ....	11
3. MATERIALES Y METODOS .....	13
3.1 Localización. ....	13
3.1.1. Ubicación geográfica. ....	13
3.1.2 Características de la zona. ....	14

3.2	Materiales. ....	15
3.2.1	Características de la carpa solar .....	15
3.2.2	Material vegetativo de estudio. ....	15
3.2.3	Material de campo .....	15
3.2.4	Material de escritorio.....	16
3.2.5	Fuente de abonamiento. ....	16
3.3	Metodología .....	16
3.3.1	Registro de la temperatura .....	16
3.3.2	Preparación del almacigo y sustratos. ....	17
3.3.3	Muestreo del sustrato. ....	17
3.3.4	Desinfección del sustrato. ....	17
3.3.5	Pruebas de germinación .....	17
3.3.6	Semillas con tratamiento pre-germinativo.....	18
3.3.7	Siembra de la semilla.....	18
3.3.8	Riego .....	19
3.3.9	Deshierbe .....	19
3.3.10	Control de plagas y enfermedades .....	19
3.3.11	Toma de datos. ....	20
3.4	Diseño experimental .....	20
3.4.1	Tratamientos.....	20
3.4.2	Modelo Lineal Aditivo .....	21
3.4.3	Características tomadas en cuenta en el ensayo .....	21
3.4.4	Croquis experimental.(distribución de tratamientos) .....	22
3.5	Variables de respuesta .....	23
3.5.1	Variables Ambientales.....	23
3.5.2	Variables Fenológicas.....	23
3.5.2.2	Plántulas emergidas .....	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES. ....	25
4.1	Variables Ambientales .....	25
4.1.1	Variables Climáticas .....	25
4.1.2	Variables Edáficas .....	27
4.2	Variables de Respuesta Fenológicas .....	30
4.2.1	Porcentaje de Germinación .....	30

4.2.2	Número de plántulas emergidas .....	31
4.2.3	Número de Plántulas vivas .....	33
4.2.4	Altura de plántula .....	36
4.2.5.	Diámetro del tallo. ....	40
4.2.6	Número de ramas .....	43
4.2.7	Numero de hojas.....	50
4.2.8	Longitud de raíz .....	58
4.3	Regresiones y correlaciones de las variables de respuesta .....	61
5.	CONCLUSIONES .....	64
6.	RECOMENDACIONES .....	68
7.	BIBLIOGRAFÍA. ....	69
8.	ANEXOS.....	74

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Comparación de fijación de nitrógeno de la Espina de Mar con las Leguminosas .....	6
Cuadro N° 2. Vegetación nativa de la zona en estudio .....	14
Cuadro N° 3. Análisis físico-químico del sustrato tierra más humus .....	27
Cuadro N° 4. Análisis físico-químico del sustrato tierra más estiércol de ovino ....	28
Cuadro N° 5. Análisis físico-químico del sustrato de tierra del lugar .....	28
Cuadro N° 6. Análisis de varianza número de plántulas emergidas. ....	33
Cuadro N° 7. Análisis de varianza número de plantas vivas .....	36
Cuadro N° 8. Análisis de varianza altura de plántula .....	38
Cuadro N° 9. Prueba de Tukey para la variable altura de plántula para el factor B .....	38
Cuadro N° 10. Análisis de varianza diámetro de tallo .....	42
Cuadro N° 11. Prueba de Tukey para el diámetro de tallo para el factor B .....	42
Cuadro N° 12. Análisis de varianza número de ramas .....	45
Cuadro N° 13. Prueba de Tukey para la variable número de ramas para el factor B (sustratos) .....	45
Cuadro N° 14. Análisis de varianza para la interacción entre los Factores A y B ..	47
Cuadro N° 15. Análisis de varianza número de hojas .....	52
Cuadro N° 16. Prueba de Tukey para la variable número de hojas para el factor A .....	53
Cuadro N° 17. Prueba de Tukey para la variable número de hojas para el factor B .....	53
Cuadro N° 18. Análisis de varianza de efectos simples entre los Factores A y B	54
Cuadro N° 19. Análisis de varianza longitud de raíz .....	60
Cuadro N° 20. Análisis de correlación y regresión entre las variables de estudio.	61



## INDICE DE FIGURAS

Gráfico N° 1. Mapa de ubicación .....	13
Gráfico N° 2. Registro de la temperatura durante el experimento. ....	26
Gráfico N° 3 Porcentaje de germinación de las plántulas por Ambientes.....	31
Gráfico N° 4. Número de semillas emergidas promedio por tratamientos .....	32
Gráfico N° 5. Promedio número de plantines vivos por tratamientos .....	34
Gráfico N° 6. Altura de plantula promedio por tratamientos .....	37
Gráfico N° 7. Diámetro de tallo promedio por tratamiento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 41
Gráfico N° 8. Número de ramas promedio según tratamientos .....	44
Gráfico N° 9. Análisis de Efectos Simples número de ramas del Factor A (Semilla) dentro del Factor B (Sustratos) .....	499
Gráfico N° 10. Análisis de Efectos Simples número de ramas del Factor B (Sustratos) dentro del Factor A (Semilla) .....	49
Gráfico N° 11. Número de hojas por planta promedio según tratamientos.....	51
Gráfico N° 12. Análisis de Efectos Simples número de hojas del Factor A (Semilla con y sin tratamiento pre-germinativo) dentro del Factor B (Sustratos). ....	57
Gráfico N° 12. Análisis de Efectos Simples número de hojas del Factor B (Sustratos) dentro del Factor A (Semilla con y sin tratamiento pre -germinativo)...	57
Gráfico N° 14. Longitud de raíz promedio según tratamientos .....	59
Gráfico N° 15. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Número de hojas.....	62
Gráfico N° 16. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Número de ramas .....	62
Gráfico N° 17. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Diámetro de tallo.....	63
Gráfico N° 18. Correlación y regresión entre el Número de ramas Vs. Número de hojas.....	63

## RESUMEN

El presente trabajo de, Comparación de la Germinación de Semillas con y sin Tratamiento Pre-germinativo de Espina de Mar (*Hippophae ramnoides Linn*), en tres tipos de Sustratos, fue realizada en la comunidad de Kalla Centro, de la Segunda Sección de La Prov. Pacajes del Depto. de La Paz, en los predios del Tecnológico Agropecuario Caquiaviri, situada a una altitud de 3,900 msnm., al sur oeste del Altiplano Central entre 17° 01` latitud sur, 68° 36` longitud oeste.

Cuyo objetivo general fue: Determinar comparativamente la germinación de la Espina de Mar con y sin tratamiento pre-germinativo en tres tipos de sustratos.

En este estudio se efectuó un Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial de dos factores y tres repeticiones, esto para dividir o analizar los factores en orden de importancia con los siguientes tratamientos: T1= Semillas sin tratamiento pre-germinativo y sustrato de estiércol de ovino + tierra del lugar; T2 = Semillas sin tratamiento pre-germinativo y sustrato de humus + tierra del lugar; T3 = Semillas sin tratamiento pre-germinativo y sustrato de tierra del lugar; T4 = Semillas con tratamiento pre-germinativo y sustrato de estiércol de ovino + tierra del lugar; T5 = Semillas con tratamiento pre-germinativo y sustrato de humus + tierra del lugar; T6 = Semillas con tratamiento pre-germinativo y sustrato de tierra del lugar.

Las semillas utilizadas para el estudio fueron de la especie ramnoides de la subespecie sinensis rousi, de las cuales la mitad del total utilizado en la siembra fueron sometidas a un tratamiento pre-germinativo (remojo de las semillas en agua por el lapso de una semana) para ablandar la testa de las semillas y poder facilitar su germinación, una vez que abrieron su testa , se procedió a la siembra tanto de las semillas tratadas y no tratadas, la siembra se hizo en hileras a chorro continuo, cada hilera tubo una distancia de 10 cm, con 9 filas para cada tratamiento. Las semillas sembradas fueron cubiertas con limo indistintamente de

los sustratos preparados para cada tratamiento con una capa no mayor a 1 cm y recubiertas con paja para evitar golpes de agua con el riego.

El tratamiento 1 (semilla sin tratamiento pregerminativo en sustrato de estiércol de ovino + tierra del lugar) y el tratamiento 3 (semilla sin tratamiento pregerminativo en sustrato de tierra del lugar), son los que mayor número de semillas emergidas presentaron, de 410 y 407 respectivamente. El que mayor número de plantas vivas presentó al final del experimento fue el tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en estiércol de ovino + tierra del lugar), con 364 plántulas. Asimismo el diámetro de tallo, va correlacionado positivamente a la altura del plantín obteniéndose en el tratamiento 5 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en sustrato de humus + tierra del lugar) y los tratamientos 1 y 3 (semillas sin tratamiento pre-germinativo + sustrato estiércol de ovino + tierra del lugar); (semillas sin tratamiento pre-germinativo + sustrato tierra del lugar) diámetros que varían de 4.67;mm. ; 3.33 mm., y alturas en el tratamiento 2 (semillas sin tratamiento pre-germinativo + sustrato humus mas tierra del lugar) y el tratamiento 6 (semillas con tratamiento pre-germinativo + sustrato tierra del lugar) de 14.54 cm.; 11.91 cm. de altura promedio. La mayor longitud de raíz la obtuvo el tratamiento 2 (semilla sin tratamiento pregerminativo y con sustrato de humus + tierra del lugar) con 15,4 cm. No existiendo diferencias estadísticas en cuanto a la germinación de las semillas de Espina de Mar tratadas y no tratadas.

# **COMPARACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS CON Y SIN TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO DE ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides Linn*), EN TRES TIPOS DE SUSTRATOS EN CAQUIAVIRI**

## **1. INTRODUCCION**

El Altiplano boliviano se caracteriza por presentar temperaturas extremas entre el día y la noche, con suelos de bajo contenido de materia orgánica, escasa cantidad de agua para usos de riego y poca variabilidad de especies que prosperan en estas condiciones.

En este sentido, la Honorable Alcaldía Municipal de Caquiaviri, el Tecnológico Agropecuario Caquiaviri (T.A.C.) y el Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG) de la Prefectura de La Paz, de manera conjunta actualmente se encuentran en plena etapa de introducción de la Espina de Mar, con el objetivo de mejorar las características medio ambientales del altiplano paceño.

La Espina de Mar, es una planta arbustiva, que se halla ampliamente distribuida en Asia y Europa. (Hu, 1995), sin embargo en Bolivia se cuenta con pocos estudios y bibliografía sobre esta especie. La “espina de mar” es una planta que se caracteriza por ser un arbusto de crecimiento rápido capaz de adaptarse a condiciones de suelos muy pobres en fertilidad y en climas fríos y secos, como son las condiciones del Altiplano paceño; tiene la particularidad de ser una especie útil para el control de la erosión hídrica y eólica que ocasionan una pérdida significativa de la fertilidad de los suelos.

Esta especie no es una leguminosa pero tiene la capacidad de fijar nitrógeno, produce frutos que son bayas ricas en vitamina C, la semilla posee alto contenido de aceites y el follaje de la planta constituye una buena fuente de forraje para los animales (Rongsen, 1992). La espina de mar, es una especie que ofrece beneficios ecológicos, contribuye al mejoramiento del medio ambiente, así también a la cobertura la conservación y nutrición del suelo. Es posible generar nuevos

ingresos, con la industrialización de sus frutos, lograr ganancias de peso (carne y fibra) en los animales alimentados con esta planta, que es apetecida y palatable por los animales.

### Justificación

Por lo tanto de todo lo mencionado con anterioridad, es necesario conocer el comportamiento de la Espina de Mar como especie introducida al altiplano, bajo ambientes atemperados en la primera etapa de desarrollo de esta especie, desde la germinación hasta el prendimiento de los plantines en almácigo, implementando tratamientos pre-germinativos en la semilla y tipos de sustratos, evaluando su respuesta hacia estos.

Es así que el tratamiento pregerminativo que se le de a la semilla, es en particular importante, para plantas que crecen en condiciones ambientales extremas, en donde las condiciones, después de la diseminación de estas, pueden no ser favorables para la germinación inmediata, puesto que para terminar con la latencia, algunas semillas requieren de tratamientos como la escarificación y la estratificación además de una condición ambiental favorable para facilitar su germinación.

Asimismo el sustrato en un vivero juega un papel importante sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo el componente responsable del crecimiento de los plantines desde su germinación hasta el trasplante, al influir en el movimiento y almacenamiento del agua, y constituirse en la fuente de nutrientes de estos.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general.**

Determinar comparativamente la germinación de la Espina de Mar con y sin tratamiento pre-germinativo en tres tipos de sustratos.

### **Objetivos específicos .**

- Determinar si el tratamiento pre-germinativo en semillas de Espina de Mar permiten obtener un mayor número de plantines.
- Determinar el tipo de sustrato adecuado para el desarrollo y obtención de un mayor número de plantines.

### **Hipótesis.**

- No existen diferencias entre las semillas con y sin tratamiento pre-germinativo y en los tres tipo de sustratos utilizados en al macigo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen e importancia de la Espina de Mar.

El nombre de Espina de Mar, puede estar relacionado al hecho, que en Inglaterra los pequeños arbustos y árboles de Espina de Mar crecen a lo largo de las dunas y playas de mar. Similarmente los alemanes traducen el nombre a Espina de Arena. (Grieve, 1931; citado por Rongsen 1992)

La Espina de Mar es una planta originaria de la República Popular China, es una planta donde sus raíces ayudan a controlar suelos erosionados por el agua, recupera los suelos y hace que aumente la producción de otros cultivos; sus hojas sirven como forraje para los ganados, sus frutos sirven para la industrialización de productos como medicamentos, jugos, alimentos, cosméticos, vinos, etc. Rongsen (1992). Asimismo se considera que la región montañosa del Himalaya es el probable centro de origen del género *Hippophae* L. La Espina de Mar, es la planta típica del continente Euroasiático, distribuida en su totalidad de la región (Yu, 1989; citado por Rongsen 1992).

### 2.2 Taxonomía.

El botánico taxonomista Finlandés Arne Rousi, fue quién estudió y clasificó estas especies en 1971, dándole el nombre botánico de *Hippophae rhamnoides* L. de la subespecie Sinensis Rousi, clasificandola de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
Familia	:	Elaegnaceae
Género	:	Hippophae
Especie	:	Rhamnoides
Subespecie	:	sinensis Rousi o China

Fuente: Lu Rongsen (1992)

### 2.3 Requisitos medioambientales de la Espina de Mar.

Según, Rongsen (1992), la Espina de Mar en la etapa de almácigo necesita temperaturas de 24°C a 26°C, entonces el 95 % de las semillas germinan dentro

de 6 días, a temperatura de 10 a 12 °C solamente el 13.2 % de las semillas germinan en un tiempo de 47 días. No obstante una planta adulta de la Espina de Mar, puede resistir temperaturas de hasta, menos 43°C a mayores de 30 °C.

El mismo autor (Rongsen) indica, que la Espina de Mar es una planta Hidrófila y que crecen donde las precipitaciones pluviales oscilan entre 400 a 600 mm por año. También pueden desarrollarse en altitudes de 700 hasta 4.000 msnm. En China han demostrado que esta especie prospera en suelos con un promedio, desde 7 pH, también mayores y menores a este promedio, esto indica que la acidez y la alcalinidad no son elementos limitantes para el desarrollo de esta especie.

## **2.4 Descripción morfológica del cultivo.**

La Espina de Mar, es un arbusto de hoja caduca, usualmente espinosa, se considera como un pequeño árbol que crece a una altura de 1 hasta 5 metros, con una corteza de color café, y una copa de color verde grisáceo (Rongsen 1992).

### **2.4.1 Raíz.**

Una planta de cinco años de vida, tiene desarrollada su raíz, hasta una profundidad de tres metros y sus raíces secundarias se extienden en forma horizontal entre 6 a 10 metros. Dos o tres años después de su plantación, las raíces de las plantas jóvenes, brotan de las raíces secundarias, creando de esta manera nuevas generaciones de plantas. (Rousi, 1971)

Según Lian (1988), la Espina de Mar tiene una excelente habilidad para desarrollar sus raíces en suelos pobres, por su capacidad de fijar nitrógeno directamente del aire, por la presencia de los nódulos en sus raíces. El mismo autor señala, que un hongo micorrizo simbiótico, identificado como FLANKIA, ha sido encontrado en las raíces de la Espina de Mar, la simbiosis entre el hongo y la Espina de Mar, da lugar a la formación de los nódulos de la raíz que les permite fijar una máxima cantidad de nitrógeno de la atmósfera, habiéndose estimado que la capacidad de estas raíces para fijar nitrógeno es dos veces mayor al de la soja. Además de fijar



nitrógeno, el nódulo de la raíz perenne, tiene la función de transformar y disolver la materia orgánica y mineral en un estado absorbible.

### **Cuadro N° 1. Comparación de fijación de nitrógeno de la Espina de Mar con las Leguminosas**

Leguminosas	Nitrógeno fijado (kg/Ha)
Alfalfa	194
Espina de Mar	180
Trebol ladino	179
Trebol dulce	119
Trebol rojo	114
Kudzú	107
Trebol blanco	103
Soja	58

Fuente: Elaboración propia comparando valores de Liann y Tisdale

#### **2.4.2 Tallo.**

La Espina de Mar es un pequeño árbol que crece hasta una altura de 1 a 5 m. Las ramas más jóvenes están cubiertas de una capa de corteza de color plateado que refleja la luz solar y reduce la pérdida de humedad (Yu, 1986; citado por Rongsen, 1992).

#### **2.4.3 Hojas.**

Las hojas son pequeñas usualmente de 3 a 8 cm. de largo y 0.4 a 1.0 cm. de ancho de forma lineal, lanceoladas y recubiertas por la parte atrás de la hoja con colores plateados, que refleja la luz solar y reduce la pérdida de humedad. (Yu, 1986; citado por Rongsen, 1992).

#### **2.4.4 Flor.**

La planta de la Espina de Mar presenta flores masculinas y femeninas y ambas no tienen néctar. (Liann, 1988).

#### **2.4.4.1 Flores femeninas.**

Según Liann (1988), las plantas femeninas producen los frutos, semillas y tienen flores sin pétalos y cada flor contiene un ovario y dentro un ovulo. La flor femenina depende casi enteramente del viento para la polinización.

El mismo autor indica que, los brotes florales de esta especie, están mayormente mezclados con brotes vegetativos. Estos brotes, aparecen habitualmente en las estaciones de verano y otoño, abriéndose generalmente a principios de primavera.

El sexo de una planta joven (planton) de la Espina de Mar, no puede ser identificado hasta la aparición y brote de la primera flor, en las plantas precoces esto puede ocurrir al tercer año, considerando que en aquellas plantas de crecimiento lento suele ocurrir en el quinto o sexto año. Lo que dificulta su identificación correcta de las plantas masculinas al momento de la plantación. (Liann, 1988)

#### **2.4.4.2 Flores masculinas.**

Las flores masculinas producen polen y tienen flores sin pétalos. Cada flor contiene cuatro estambres, cuando la temperatura de la atmósfera oscila entre 6 a 10°C, las anteras se parten y el polen se esparce cuando sopla el viento. (Liann, 1988)

Según Rousi (1971), las abejas productoras de miel y otras variedades de insecto a menudo visitan las flores masculinas solamente para buscar las proteínas del polen y raramente visitan las flores femeninas. Los brotes florales de las plantas masculinas consisten de 4 a 6 flores y el brote floral consiste de una sola flor y rara vez de 2 a 3 flores.

#### **2.4.5 Fruto.**

La planta de la Espina de Mar, produce una fruta del tipo baya, morfológicamente se desarrolla de un ovario y un tubo de cáliz el cual está estrechamente conectado al ovario. (Liann, 1988)

Las bayas son frutas pequeñas de color naranja, tienen un promedio de peso de 43,6 mg. Y de largo de 9,4 a 7,8 mm. representan un verdadero almacén de la vitamina C y de importantes sustancias bioactivas (Rousi, 1971)

#### **2.4.6. Semilla.**

Según Yu (1986), citado por Rongsen, (1992); la semilla está rodeada por un ovario apergaminado. Usualmente la semilla es ovoide rectangular, la cáscara de la semilla es de color café grisáceo y brillante. Las frutas inmaduras son duras y de color verdoso, luego se tornan de color naranja y rojo anaranjado cuando es tan maduras.

Los frutos de la Espina de Mar, llegan a madurar en varios meses, esto da suficiente tiempo para cosechar. (Liann, 1988). El mismo autor señala que, durante el frío de invierno, las frutas gradualmente se encogen y caen al suelo, por eso llegan a ser el alimento favorito para las aves.

### **2.5 Latencia**

Algunas especies poseen algún impedimento para que germinen sus semillas. Esto puede deberse a dos causas (Patiño *et al.*, 1983, Willan, 1991) citado por Acuña (2000):

- Que el medio no sea favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada. A este tipo de inhibición se le llama quiescencia, o
- Que las condiciones del medio no sean adecuadas, y su organismo tenga una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento. Este tipo de inhibición se denomina *latencia, dormancia o letargo*.

En consecuencia, los mecanismos de control de la germinación existen como una adaptación para la supervivencia natural de las especies. Estos mecanismos son en particular importantes para plantas que crecen en donde existen condiciones ambientales extremas, como en las regiones frías, es el caso del lugar donde se realizó el experimento, en donde las condiciones ambientales, después de la

diseminación de las semillas, pueden no ser favorables para la germinación inmediata (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991), citado por Acuña (2000).

Para terminar con la latencia, algunas semillas necesitan estar húmedas. En zonas áridas, en ciertas especies, las semillas sólo germinan si se presenta una lluvia lo suficientemente abundante para asegurar el establecimiento de las plántulas. Otras especies requieren de iluminación para germinar, evitando así que el proceso se desarrolle cuando las semillas están enterradas profundamente o son muy sombreadas por otras plantas (Patiño et al., 1983; Willan, 1991).

### **2.5.1 Tratamientos para eliminar la latencia.**

Según Patiño et. al , 1983;Hartmann y Kester, 1988; citado por Acuña M. (2000), los tratamientos para eliminar la latencia son: *Estratificación, Escarificación, Lixiviación, Combinación de tratamientos, Hormonas y otros estimulantes químicos.*

Para Zalles (1988), se desarrollan los métodos de pre-tratamientos con el objeto de llegar a una germinación mas rápida, ablandando la testa y permitiendo de este modo la penetración de agua y el intercambio de gases responsables para la germinación. Y estos métodos tienen por objeto: quebrar la dormancia o latencia, acelerar la germinación, y el de aumentar el porcentaje de germinación y estas se las puede realizar mediante la escarificación y la estratificación.

### **2.6. Requerimientos generales para la germinación.**

Fernández y Johnston (1986) citado por Marca (2001), indican que la etapa de germinación, los factores que inciden para una buena germinación son la temperatura y el tipo de sustrato; en el caso de la temperatura requieren de 10 a 12°C y en el caso de sustrato requieren suelos sueltos y drenados.

### **2.7. Características de los sustratos para la producción de plantines .**

Por lo general es muy difícil encontrar el sustrato adecuado, normalmente se tiene que traer de lugares cercanos a los viveros.

Al respecto Meson y Montoya (1993), citado por Marca (2001), afirman que el sustrato debe resultar económico, ser homogéneo, p esar poco, para que sea fácil su manejo y transporte. Debe ser estable en sus cualidades a lo largo del período del cultivo.

Según Zalles (1988), el sustrato tiene que tener un porcentaje de humedad para favorecer la germinación y garantizar el desarrollo los primeros días de germinación. El contenido de humedad no debe ser muy alto porque la aeración queda restringida. En la preparación de la mezcla se debe llegar a un término medio donde haya, tanto buena humedad como buena aeración y el sustrato sea liviano.

## **2.8. Contenido de materia orgánica en los suelos.**

Chilón (1997), indica que la calidad de la materia orgánica reside en propiedades físicas (mejoramiento de la estructura, densidad aparente, disminuye la densidad real, mejora la permeabilidad del suelo, el color del suelo, temperatura del suelo, reducción de la erosión), propiedades químicas ( aumenta el CIC, facilita la disponibilidad de nutrientes, formación de compuestos fosfo -húmicos, capacidad tampón, producción de dióxido de carbono), propiedades biológicas (incremento de la actividad microbiana, estímulo del desarrollo de las plantas).

### **2.8.1. El estiércol de ovino como fuente de materia orgánica**

Para Gross (1986), el estiércol es un fertilizante que aporta, sobre todo, nitrógeno y potasio. La liberación de estos nutrientes ocurre con mayor rapidez cuando el suelo proporciona condiciones de calor y humedad adecuadas para la descomposición microbiana. El momento ideal para estercolar un campo, es justo antes de labrarlo con intención de instalar un cultivo que pueda beneficiarse del nitrógeno y potasio suministrado por el estiércol.

Para Guerrero (1993), citado por Goyzueta (2002) el estiércol con su incorporación al suelo logra el aporte de nutrientes, incremento de la retención de humedad y mejora de la actividad biológica del suelo. El mismo autor menciona

que la composición y el contenido de nutrientes del estiércol, varía mucho según la clase de animal, la alimentación, la edad del material y el manejo que ha recibido; por lo tanto sus efectos en el suelo también son variables, sin embargo se considera como composición química promedio, 0,5 % de nitrógeno; 0,25 % de fósforo y 0,5 % de potasio.

Tracy y Pérez (1986), citado por Goyzueta (2002) mencionan que, las pérdidas de nutrientes en el estiércol de ganado son mayores, debido a que éste está disperso en el campo, sujeto al secado por la acción del sol, y el lavado por la acción de las lluvias, causando la pérdida de la fracción líquida del material a través de la volatilización hasta 25% de nitrógeno, en un solo día y hasta 50% en cuatro días, también gran parte de los nutrientes se pierde por el proceso de lixiviación y se convierte con alto grado contenido de celulosa. Por otra parte su principal problema es su recolección, por contar con pequeños números de animales mantenidos en libertad.

### **2.8.2. El humus como fuente de materia orgánica.**

Gross (1986), señala que el humus reviste un triple aspecto: físico químico y biológico. Mejora las propiedades físicas del suelo, regula y estimula la nutrición mineral de los suelos y por último aumenta la actividad biológica de los suelos.

El humus es una sustancia compleja, compuesta por productos de descomposición avanzada, productos resintetizados por los microorganismos y sustancias estrictamente húmicas. El humus es la base de la fertilidad del suelo, porque influencia las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Chilón (1997).

Según Ocampo (1999), citado por Goyzueta (2002), el humus de lombriz es el resultado de la digestión de las lombrices Roja Californiana (*Eisenia foetida*), sustancia de color oscuro, liviano, totalmente inodoro, capaz de mantener la humedad durante un espacio de tiempo prolongado, lo que proporciona a la planta todas las sustancias nutritivas para su desarrollo y máximo rendimiento, es un fertilizante orgánico, asimilable por las plantas, que puede ser suministrado con la

misma garantía; porque aún colocando en exceso no “quema” ni los más tiernos árboles que están brotando. También poseen buenos porcentajes de nitrógeno, potasio y carbono y enzimas (proteasa, amilasa, lipasa, celulosa) que continúan ayudando a desintegrar la materia orgánica después de haber sido expulsada por las lombrices. Contienen además las hormonas de crecimiento de las plantas (auxinas), en buenas concentraciones fuera de otras.

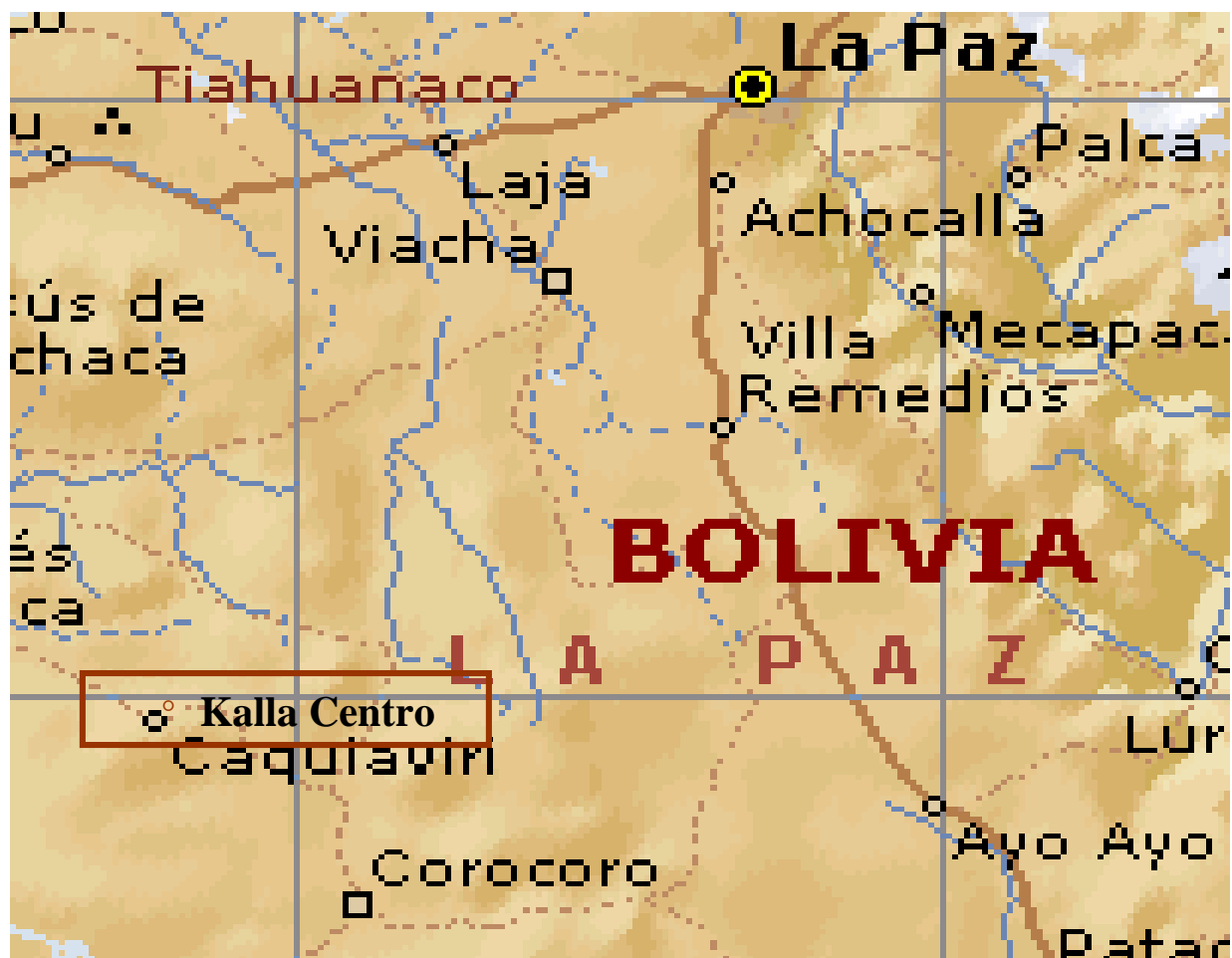
### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización.

##### 3.1.1. Ubicación geográfica.

Este estudio se llevó a efecto en el Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri T.A.C. (Comunidad Kalla Centro), de la segunda sección de la Provincia Pacajes del Departamento de La Paz, situada a una altitud de 3.900 msnm., al sur oeste del Altiplano Central entre 17° 01' latitud sur, 68° 36' longitud oeste (Birbuet, G. Ranaboldo,C.) citado por Villegas 2002.

Gráfico N° 1. Mapa de ubicación



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2001



### 3.1.2 Características de la zona.

#### 3.1.2.1. Clima.

La zona presenta una estación seca entre los meses de abril a diciembre, y una estación húmeda de enero a marzo. Las precipitaciones son escasas con un promedio de 519,20 mm anuales (dato de 20 años), la temperatura promedio anual es de 7.7 °C (T.A.C., 1997) citado por (Villegas 2002).

#### 3.1.2.2 Vegetación.

Si bien los pobladores cultivan especies que les sirven de alimento como la papa, cebada, quinua, etc. sin embargo la zona presenta especies nativas características de la zona entre las cuales citamos:

#### Cuadro N° 2. Vegetación nativa de la zona en estudio

Nombre común	Nombre científico
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>
Mostaza	<i>Brassica campestris</i>
Chilliwa	<i>Festuca dolychophylla</i>
Chijchipa	<i>Tajetes pussilla</i>
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>
Paja	<i>Stipa ichu</i>
Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>
Cañahua silvestre	<i>Chenopodium sp.</i>
Reloj reloj	<i>Erodium cicutarium</i>
Thola	<i>Parastrephya cuadrangularis</i>

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.2.3 Suelos e hidrología.

Los suelos presentan una textura Franco Arenosa, con suelos de escasa profundidad entre 0.15 – 0.25 m de capa arable, un PH neutro a básico de 6.9 a 7.8 presenta horizontes poco diferenciados en color (Chilón, E. 1997).

La hidrología de la región tiene excelentes acuíferos dentro de areniscas de oligoceno, donde los depósitos de agua son artesianos por encima de la cota 3875

m (Ambroggi, 1965), existiendo manantiales de varios litros o decenas de litros como el de Caquiaviri (Sejas, 1973) citado por Bosque (1994).

#### **3.1.2.4 Actividad actual.**

La Provincia Pacajes, específicamente la zona donde se realizó la práctica de estudio, se caracteriza por ser esencialmente ganadera, practicándose la agricultura a nivel de subsistencia.

### **3.2 Materiales.**

#### **3.2.1 Características de la carpa solar**

La carpa solar donde se trabajó, presenta las siguientes características.

- Carpa tipo tunel (anexo)
- Estructura con paredes de ladrillo
- Cubierta con agrofilm
- Puerta y ventanas cubiertas de madera y agrofilm
- Altura de los muros laterales de 1 m y la altura de las paredes frontales es de 2.5m.
- Con orientación de este a oeste.
- Con un área general de 375 m<sup>2</sup>

#### **3.2.2 Material vegetativo de estudio.**

- Se utilizó semillas de la variedad *Hippophae ramnoides L.* ssp. Sinensis Rousi
- Cantidad de semillas utilizadas para el almacigado fue de 50 gr / 18m<sup>2</sup>.

#### **3.2.3 Material de campo**

- Planilla de registros
- Palas , picotas

- Carretilla
- Cámara fotográfica
- Un termómetro de máxima y mínima
- Regaderas
- Un vernier
- Una regla graduada
- Letreros de identificación y estacas
- Seis carretillas de humus
- Seis carretillas de estiércol de ovino

#### **3.2.4 Material de escritorio.**

- Una computadora
- Disketts
- Paquete estadístico MSTAT

#### **3.2.5 Fuente de abonamiento.**

- Humus de lombriz + tierra, en una proporción de 1:1 (carretilla)
- Estiércol de ovino + tierra, en una proporción de 1:1 (carretilla)

### **3.3 Metodología**

#### **3.3.1 Registro de la temperatura**

Durante el ciclo de emergencia de las semillas y crecimiento de los plantines de espina de mar, se realizó un registro diario de las temperaturas máximas y mínimas, con el uso de un termómetro instalado a 0.5m de altura sobre el nivel del suelo en el interior de la carpa solar.

### **3.3.2 Preparación del almacigo y sustratos.**

La preparación del almacigo, fue efectuada manualmente con herramientas como picotas, palas y rastrillos, cavando y sacando la tierra hasta una profundidad de 30 cm.

Se prepararon para el efecto tres tipos de sustratos, con la siguiente relación: una carretilla de humus + otra de tierra del lugar; una carretilla de estiércol + otra de tierra del lugar y dos carretillas de tierra, distribuidas en función al número de tratamientos y diseño experimental. Estos sustratos fueron introducidos al almacigo preparado, teniendo el cuidado que no se mezclen.

### **3.3.3 Muestreo del sustrato.**

Inmediatamente preparado el sustrato para el almacigo, se tomaron las muestras respectivas, las mismas que se homogeneizaron cuarteándose hasta alcanzar un peso de 1 Kg. Estas muestras se llevaron a laboratorio del Instituto de Biotecnología Nuclear, para realizar los análisis físico-químico respectivos (ver anexo) de los sustratos empleados en el presente experimento.

### **3.3.4. Desinfección del sustrato.**

Una vez preparado el sustrato, se procedió a la desinfección de las mismas antes de colocarlos en los tratamientos correspondientes. Para la desinfección de los sustratos (excepto el humus) se utilizó Formol concentrado al 40%, utilizando para 18 m<sup>2</sup>/ 1 lt de formol; ya aplicado el producto concentrado se procedió a cubrir los sustratos con plástico negro durante dos semanas. (Fossati G. y Olivera T., 1996).

### **3.3.5. Pruebas de germinación**

La prueba de germinación fue realizada de manera comparativa en dos ambientes distintos; el primero fue realizado a temperatura ambiente en el Laboratorio del TAC denominado Ambiente 1 y el segundo al interior de la carpa solar denominado Ambiente 2; en ambos casos la cantidad de semillas utilizadas por

cada caja Petri fue de 100 semillas con cinco repeticiones y como sustrato se utilizó una capa de arena fina.

El porcentaje de germinación se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Numero de semillas germinadas}}{\text{Numero de semillas sembradas}} \times 100$$

### **3.3.6. Semillas con tratamiento pre-germinativo.**

El tratamiento pre-germinativo fue realizado dejando a las semillas remojadas en agua por el lapso de una semana, para poder ablandar la testa de las semillas y poder facilitar su germinación, las cuales empezaron abrir su testa a los dos a cinco días el 70 % de las semillas.

### **3.3.7 Siembra de la semilla.**

La siembra se hizo en hileras a chorro continuo, cada hilera tubo una distancia de 10 cm, con 9 filas para cada tratamiento, tanto para s semillas secas sin tratamiento pre-germinativo y las semillas con tratamiento pre-germinativo remojadas en agua .Las semillas sembradas fueron cubiertas con limo indistintamente de los sustratos preparados para cada tratamiento con una capa no mayor a 1 cm y recubiertas con paja para evitar golpes de agua en el riego.

Para Bonifacio (1997), el manejo de las semillas germinantes y plántulas constituye una etapa muy delicada, requiriéndose aspectos de manejo especial como triturar o suavisar la tierra, desmalezar, aporcar, regar con agua. Sin embargo posterior a esa fase, las plantas son relativamente rústicas y soportar los factores adversos del medio ambiente.

### **3.3.8 Riego**

Esta actividad se la realizó día por medio utilizando 10 Lt. para cada tratamiento. La distribución del riego para todos los tratamientos, se realizó bajo condiciones homogéneas y uniformes.

### **3.3.9 Deshierbe**

Esta actividad se efectuó para mantener al cultivo libre de malezas, enfermedades, y para que no exista competencia de nutrientes y agua entre el cultivo y las malezas, realizando un deshierbe manual, esto cada vez que era necesario.

### **3.3.10. Control de plagas y enfermedades**

Durante el experimento se presentaron problemas fitosanitarios en el almácigo con babosas, atacando a las plántulas desde la base del cuello de la raíz, provocando su muerte. Esta plaga fue introducida accidentalmente al almácigo junto con el agua de riego, en estado de huevos.

Para tal efecto, se realizaron controles culturales, mecánicos y químicos; en el control cultural y mecánico, se rociaron los tratamientos con ceniza y se realizaron recolecciones manuales de estos moluscos, prácticas que no fueron efectivas, pues aun existía pérdidas de plántulas; posteriormente se utilizó sulfato de cobre, aplicándose en la base del tallo de las plántulas como alrededor del almácigo, en una cantidad de un manojito para un surco (1/2 kg., para todo el almacigo). Este tratamiento fue el más efectivo porque se pudo controlar el aumento poblacional de esta plaga.

Posteriormente se realizaron monitoreos periódicos al almácigo para la detección de posibles ataques de babosas u hongos.

### **3.3.11. Toma de datos.**

En este experimento se tomaron la mayor cantidad de datos posibles para tener una mejor información respecto a su comportamiento en la etapa de almácigo bajo carpa solar.

### **3.4. Diseño experimental**

En este estudio se efectuó un Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial con 2 factores y 3 repeticiones, esto para dividir o analizar los factores en orden de importancia y por lo reducido de la superficie experimental, que permitieron un manejo adecuado de los materiales que se utilizaron en el experimento (Calzada, 1970).

Factor A : Semilla con y sin tratamiento

A1 = Semillas sin tratamiento pregerminativo

A2 = Semillas con tratamiento pregerminativo

Factor B : Sustratos

B1 = estiercol de ovino + tierra del lugar (1:1; carretilla)

B2 = humus + tierra del lugar (1:1; carretilla)

B3 = tierra del lugar ( Testigo)

#### **3.4.1. Tratamientos.**

T1(A1,B1): Semillas sin tratamiento pregerminativo y sustrato de estiercol de ovino + tierra del lugar.

T2(A1,B2): Semillas sin tratamiento pregerminativo y sustrato de humus + tierra del lugar.

T3(A1,B3): Semillas sin tratamiento pregerminativo y sustrato de tierra del lugar.

T4(A2,B1): Semillas con tratamiento pregerminativo y sustrato de estiercol de ovino + tierra del lugar.

T5(A2,B2): Semillas con tratamiento pregerminativo y sustrato de humus + tierra del lugar.

T6(A2,B3): Semillas con tratamiento pregerminativo y sustrato de tierra del lugar.

### 3.4.2. Modelo Lineal Aditivo

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  : Cualquier observación

$\mu$  : Media general del experimento

$\alpha_i$  : Efecto del i-ésimo factor semilla (con y sin tratamiento pregerminativo)

$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo factor sustrato

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Interacción entre el factor semilla y factor sustrato

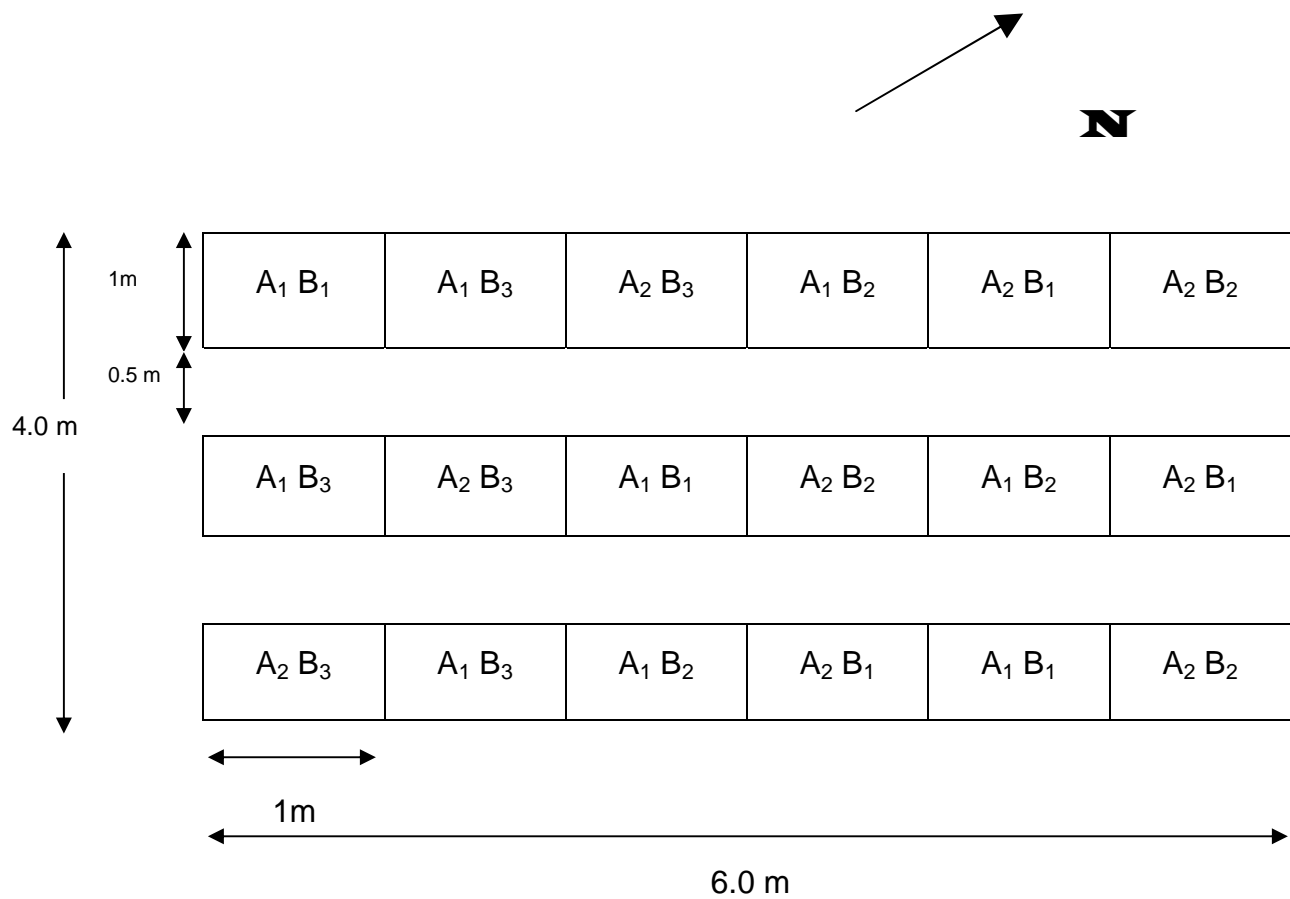
$\epsilon_{ijk}$  : Error experimental

### 3.4.3. Características tomadas en cuenta en el ensayo

Area total del experimento	:	24 m <sup>2</sup>
Area neta del experimento	:	18 m <sup>2</sup>
Area de la parcela	:	1 m <sup>2</sup>
Número de surcos por tratamiento	:	9
Distancia entre surcos	:	10 cm
Número de repeticiones por tratamiento	:	3
Separación entre bloques	:	0.5 m
Densidad de la semilla	:	50gr / 18 m <sup>2</sup>



### 3.4.4 Croquis experimental.(distribución de tratamientos)



Donde:

Factor A: Semillas

Factor B: Sustratos

A<sub>1</sub> = Sin tratamiento pregerminativo

B<sub>1</sub> = Estiércol de ovino

A<sub>2</sub> = Con tratamiento pregerminativo

B<sub>2</sub> = Humus

B<sub>3</sub> = Tierra del lugar

### **3.5 Variables de respuesta**

En este experimento se tomaron en cuenta las siguientes variables de respuesta.

#### **3.5.1 Variables Ambientales**

##### **3.5.1.1 Temperatura media**

Con la ayuda de un termómetro de máximas y mínimas, se realizó el cálculo de la temperatura media diaria registrada al interior de la carp a solar, durante toda la fase de estudio.

##### **3.5.1.2 Temperatura Máxima**

Se tomaron los datos diarios de la temperatura máxima registrada por el termómetro de máximas y mínimas, colocada para el efecto durante toda la fase de estudio.

##### **3.5.1.3 Temperatura Mínima**

Se tomaron los datos diarios de la temperatura mínima registrada por el termómetro de máximas y mínimas, colocada para el efecto durante toda la fase de estudio.

##### **3.5.1.4 Análisis de suelos**

Al inicio de la investigación se recolectó 1 kilogramo de muestra, de los tres sustratos en estudio por el método zig-zag; enviándose esta muestra al IBTEN para conocer las propiedades físicas y químicas de los sustratos.

#### **3.5.2 Variables Fenológicas**

##### **3.5.2.1 Porcentaje de Germinación**

Para el cálculo de esta variable, se realizaron conteos diarios por la mañana de las semillas germinadas en las cajas petris en los dos ambientes preparados para el efecto.

### **3.5.2.2 Plántulas emergidas**

Una vez que las hojas empezaron a emerger de los sustratos se procedió con la toma de datos mediante el conteo para cada tratamiento.

### **3.5.2.3 Número de Plántulas vivas**

Dato que se tomó una vez finalizado el experimento mediante el conteo, para tener en cuenta el número de plántulas que sobreviven y pueden ser tomadas en cuenta para su posterior trasplante.

### **3.5.2.4 Altura de plántula**

Se tomo datos una vez por semana, a partir de la aparición de las dos primeras hojas verdaderas en cada plántula, para esto se utilizó una regla graduada en cm.

### **3.5.2.5 Diámetro de tallo**

Variable que fue registrada una vez por semana con la ayuda de un vernier graduado.

### **3.5.2.6 Número de ramas**

Dato obtenido mediante el conteo de ramas por plántula una vez finalizada el experimento.

### **3.5.2.7 Número de hojas**

De las plantas ya seleccionadas para la evaluación, se realizó el conteo de la cantidad de hojas por planta, al finalizar el experimento.

### **3.5.2.8 Longitud de raíz**

Variable que se registró al finalizar el experimento, se tuvo sumo cuidado en extraer la plántula más su raíz, se tuvo que remojar en agua para poder limpiar la tierra y estirar la raíz para poder medir con la ayuda de una regla graduada en cm. la longitud de esta.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

### **4.1 Variables Ambientales**

#### **4.1.1 Variables Climáticas**

##### **4.1.1. 1 Comportamiento de la temperatura registrada durante el experimento**

Las variaciones de temperaturas máximas y mínimas en el interior de la carpa solar, se obtuvieron mediante el uso de un termómetro ubicado a 0.5 m sobre el nivel del suelo, realizando un registro diario de la temperatura. El registro de la temperatura comenzó a partir del primer día de siembra, efectuado el 6 de agosto y finalizando el 31 de noviembre, cuando terminó el experimento.

Durante el desarrollo del cultivo se registraron temperaturas extremas máximas de 39° C y mínimas de -3° C.

Según el gráfico 2, los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre se registraron temperaturas promedio máximas de 34° C, 34° C, 33 ° C y 35° C y mínimas promedio de 2° C, 3° C, 2° C y 3° C respectivamente ; es decir la temperatura promedio máxima registrada durante toda la etapa del experimento fue de 34° C y la mínima de 2,5° C; temperaturas promedio superiores a las registradas en condiciones normales(exterior de la carpa) de 18° C y de -5 a -10 ° C respectivamente (Birbuet, G. 1992).,o

Estas fluctuaciones de temperatura, son resultado de que este tipo de carpas están influidas por ciertos detalles de construcción que son desfavorables como los muros de ladrillo, que tienden a concentrar el calor en horas de la tarde en una mayor proporción y el techo junto a las ventanas cerradas con agrofilm, ocasionando que el calor acumulado durante el día, se pierda muy fácilmente durante la noche.

En este sentido, en el presente experimento existió una germinación heterogénea de las semillas de espina de mar en los tratamientos, aquellas que se encontraban al lado de la pared tuvieron un menor porcentaje de germinación, que aquellas ubicadas en la parte central, que posiblemente este relacionado al efecto

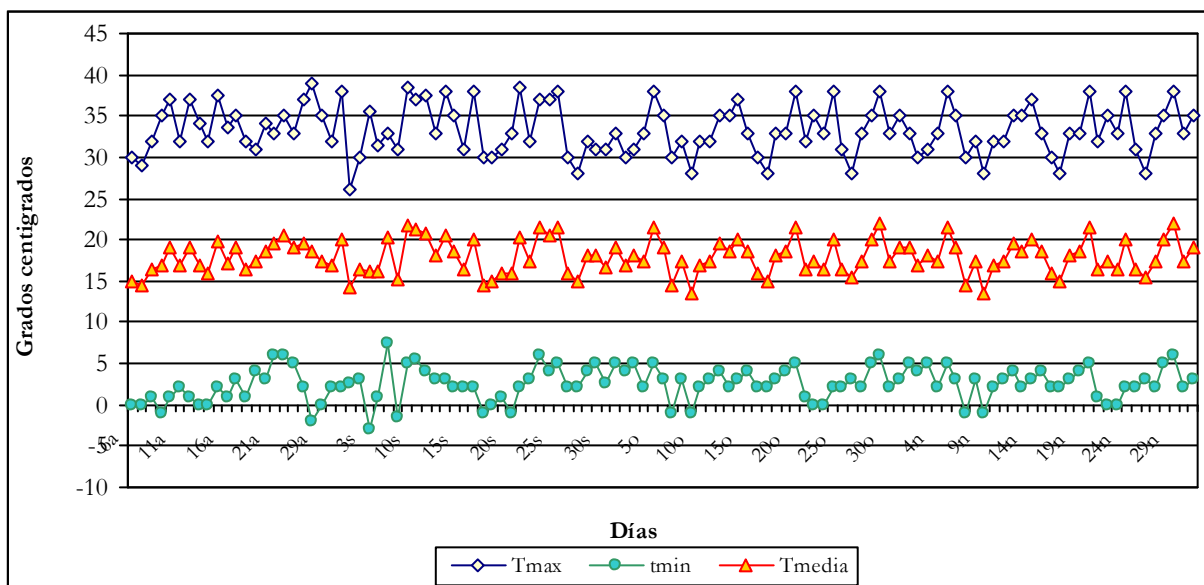
de la temperatura en la etapa germinativa de la semilla (diferencias que serán explicadas más adelante).

Thompson (1982), señala que el ángulo de incidencia de los rayos solares, incide en la temperatura germinativa. Asimismo Hartmann (1991), menciona que la inclinación mayor de la carpa solar crea una variación considerable de temperatura interna, abarcando una menor porción del cielo y por ende entra menos luz. El mismo autor señala, que la radiación solar emitida durante el día se acumula en todo objeto que se encuentre en el ambiente, es así que la acumulación de calor de las plantas, paredes, suelo y aire no es suficientemente buena, porque es constantemente intercambiado por los espacios fríos, lo cual sucede en las noches y en los días nublados

Rongsen (1992), indica que la temperatura promedio requerida en la etapa germinativa de la plántula de espina de mar es de 25° C.

Condori (2003), menciona que el comportamiento de la temperatura en el interior de la carpa solar, es uno de los factores que influye sobre el desarrollo de la plántula.

### Grafico N° 2. Registro de la temperatura durante el experimento.



Fuente: Elaboración propia

## 4.1.2 Variables Edáficas

### 4.1.1. 2 Análisis de Suelos de los sustratos utilizados en el experimento

El análisis de suelo efectuado en las unidades experimentales de los tres sustratos utilizados en el experimento, indican en el caso del *sustrato B<sub>2</sub> (tierra mas humus cuadro 5)*, un suelo de textura franco arcillo arenoso, con un pH medianamente alcalino de 7,60; presenta un contenido bajo de sales con una conductividad eléctrica de 0,939 mmhos/cm., que esta dentro los parámetros aconsejables para la producción agrícola; se observa que el suelo contiene una Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) de 25,81 meq/100, cuyo valor indica un nivel alto de fertilidad, resultado de un alto valor en su saturación de sus bases, un alto contenido de materia orgánica de 8,2% y un alto contenido de nitrógeno de 0,7%.

**Cuadro N° 3. Análisis físico-químico de Suelos del sustrato tierra más humus**

Arena	Arcilla	Limo	Clase textural *	Grava	Ph en agua	C. E.	SAT. BAS.	M.O.	N. Total	P. Asimilable	TBI	CIC
%	%	%		%	1:5	mmhos/cm	%	%	%	Ppm	meq/100gr	meq/100gr.
53	25	22	FYA	6,25	7,6	0,939	99,5	8,2	0,7	109,9	25,68	26

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear-IBTEN (2004).

\*: FYA = Franco Arcillo Arenoso; FY = Franco Arcilloso; Y = Arcilloso

En el caso del *sustrato B<sub>1</sub> (tierra mas estiércol ovino)*, presenta un suelo de textura Franco Arcilloso, con un pH neutro de 7,27; tiene un contenido bajo de sales con una conductividad eléctrica de 1,057 mmhos/cm.; un alto nivel de fertilidad con una Capacidad de Intercambio Cationico de 22,97 meq/100, al igual que en el anterior sustrato, presenta un alto valor en su saturación de bases, materia orgánica (5,17) y nitrógeno.

**Cuadro N° 4. Análisis físico-químico de suelos del sustrato tierra más estiércol de ovino**

Arena	Arcilla	Limo	Clase textural*	Grava	Ph en agua	C. E.	SAT. BAS.	M.O.	N. Total	P. Asimilable	TBI	CIC
%	%	%		%	1:5	mmhos/cm	%	%	%	Ppm	meq/100gr	meq/100gr.
39	35	26	FY	8,64	7,27	1,057	99,96	5,17	0,33	106,3	22,96	22,97

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear-IBTEN (2004).

\*: FYA = Franco Arcillo Arenoso; FY = Franco Arcilloso; Y = Arcilloso

Finalmente en el caso del *sustrato de tierra del lugar (B<sub>3</sub>)*, este presenta una textura arcillosa, con un pH fuertemente ácido de 5,38; contiene un contenido bajo de sales con una Conductividad Eléctrica de 0,022 mmhos/cm; un CIC bajo de 7,9 meq/100 como resultado de un bajo contenido en su tasa de bases intercambiables de 7,84 meq/100gr y materia orgánica de contenido medio 2,65%.

**Cuadro N° 5. Análisis físico-químico del suelo del sustrato de tierra del lugar**

Arena	Arcilla	Limo	Clase textural*	Grava	Ph en agua	C. E.	SAT. BAS.	M.O.	N. Total	P. Asimilable	TBI	CIC
%	%	%		%	1:5	mmhos/cm	%	%	%	Ppm	meq/100gr	meq/100gr.
16	49	35	Y	0,33	5,38	0,022	99,2	2,65	0,133	16,62	7,84	7,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear-IBTEN (2004).

\*: FYA = Franco Arcillo Arenoso; FY = Franco Arcilloso; Y = Arcilloso

Según los resultados obtenidos en el caso del sustrato de tierra del lugar, el pH muestra un valor superior a los hallados en los otros sustratos, resultado que puede deberse a que este sustrato fue traído de las laderas de un río cercano y

por lo tanto sujeto a lavados continuos; en este sentido, para corroborar los resultados obtenidos, Chilon (1996) indica, que a mayor porcentaje de saturación de bases mayor es el pH y la fertilidad actual del suelo, que es lo que ocurrió en los tres sustratos utilizados en el presente trabajo.

Asimismo se ha identificado que el sustrato B2 (tierra mas humus), contiene un mayor contenido de materia orgánica respecto a los otros dos sustratos utilizados, lo cual le ha permitido tener características de buena calidad en su composición física y química. Al respecto, Gross (1986) señala, que los sustratos arcillo-húmicos tienen la facultad de retener enérgicamente en su superficie ciertos iones y cationes de la solución del suelo aumentando su CIC, facilitando la disponibilidad de nutrientes, formación de compuestos fosfo-húmicos, capacidad tampón, producción de dióxido de carbono y respecto a las propiedades físicas el mejoramiento de la estructura, densidad aparente, permeabilidad del suelo, el color del suelo y temperatura del suelo.

Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos es importante señalar, que la evaluación del análisis de suelo efectuado, basada únicamente en los factores químicos y físicos, deben ser tomados únicamente como datos referenciales, porque al no considerar los factores ambientales que rodean a la planta tendrían un valor limitado para realizar recomendaciones, no debe olvidarse que la asimilación de los nutrientes por la planta depende de muchos factores como ser la temperatura, la humedad, la vida microbiana en el suelo, etc.



## **4.2 Variables de Respuesta Fenológicas**

### **4.2.1 Porcentaje de Germinación**

Las pruebas de germinación (determinación de la viabilidad de las semillas), par a ambos ambientes se iniciaron el día 8 de mayo de 2004, hasta el registro de la última semilla germinada en las cajas petris, registrándose de manera diaria el número de semillas germinadas por día.

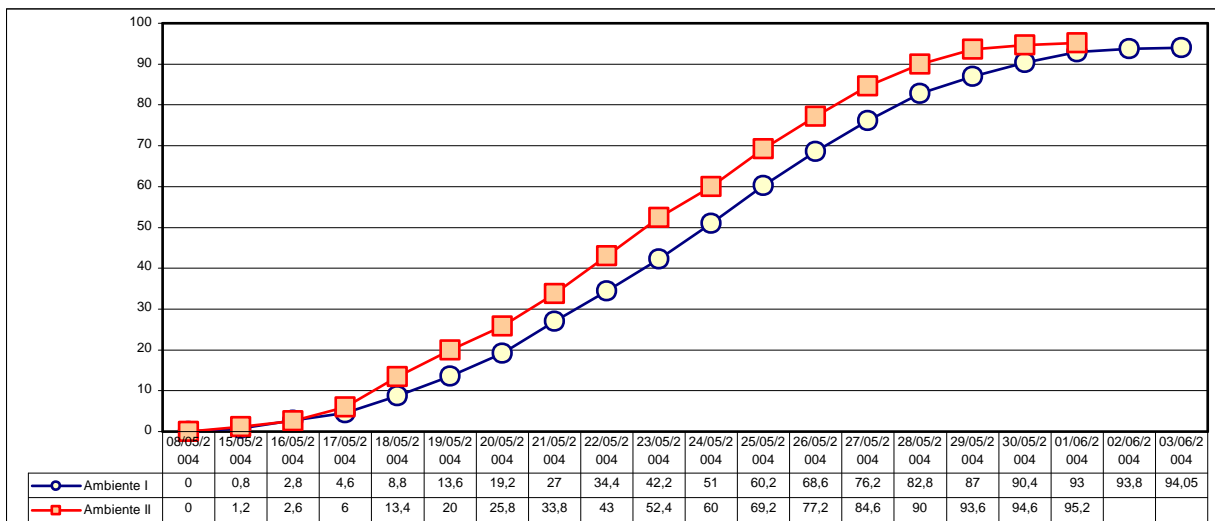
De acuerdo al gráfico 3, las semillas germinadas en el ambiente I (laboratorio) alcanzaron a 94,5% en 26 días de observación; las primeras semillas germinadas se registraron los primeros siete días después de iniciado la prueba.

En el caso del ambiente II (Carpa Solar), el porcentaje de germinación alcanzado fue de 95,2% en 21 días de observación, en los primeros cuatro días se registraron las primeras semillas germinadas después de iniciado la prueba.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el ambiente II registro las primeras semillas germinadas tres días antes de aquellas semillas germinadas en el ambiente I; asimismo los días germinados desde inicio del registro hasta la finalización fueron menores en el ambiente II respecto al ambiente I, en 6 días; finalmente en el ambiente II entre el décimo al décimo sexto día se logro el mayor número de semillas germinadas durante 24 horas y en el ambiente I entre el Décimo quinto al Veinteavo día se logro el mayor número de semillas germinadas durante 24 horas.

Esta diferencia probablemente se deba a factores ambientales como la temperatura y la humedad de ambos ambientes. En este sentido Bonifacio (2001) en similar estudio señala, que existe diferencias en condiciones ambientales en los porcentajes de germinación, basados principalmente en la temperatura, humedad y horas luz.

**Gráfico N° 3. Porcentaje de germinación de las plántulas por Ambientes (En días)**



Fuente: Elaboración propia

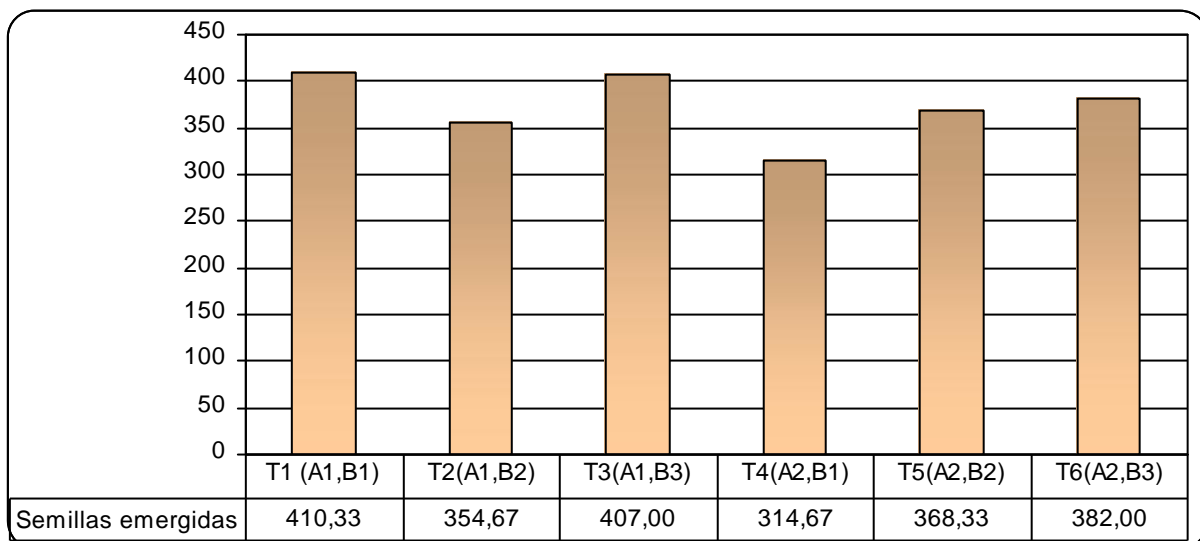
#### 4.2.2 Número de plántulas emergidas

De acuerdo al Gráfico 4, el tratamiento 1 (semilla sin tratamiento pregerminativo en sustrato de estiércol de ovino) y el tratamiento 3 (semilla sin tratamiento pregerminativo en sustrato de tierra del lugar), son los que mayor número de semillas emergidas presentaron, de 410 y 407 respectivamente, seguida del tratamiento 6 (semilla con tratamiento pregerminativo en sustrato de tierra del lugar) con 382 semillas emergidas; los tratamientos que presentaron el menor número de semillas emergidas fueron el tratamiento 4 y 2 con 315 y 355 respectivamente.

Se estima que la causa para que el tratamiento 1, tratamiento 3 y el tratamiento 6, tuvieran un mayor número de semillas emergidas respecto a los otros tratamientos, en las 2 semanas en que se evaluó esta variable, puede deberse que cuando se realizó la siembra, las semillas fueron cubiertas con limo para facilitar la emergencia de los cotiledones y con la ayuda de la textura arcillosa de la tierra del lugar existió una mayor retención de humedad, por tanto la testa de la semilla con la humedad tiende a romper su estructura dura, favoreciendo de esta manera la pronta emergencia de las semillas.

Al respecto Bonifacio (2001), indica que si bien las pruebas preliminares de tratamiento de la semilla es el remojo de las semillas en agua, es también influyente la estructura del suelo y la humedad que esta pueda retener.

**Gráfico N° 4. Número de semillas emergidas promedio por tratamientos**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza realizado muestra que existen diferencias significativas entre los bloques en estudio, mientras que en los Factores A y B no existen diferencias estadísticas.

Se presume que la ausencia de las diferencias estadísticas en ambos factores de estudio, se debe al ataque de babosas a las unidades experimentales, lo cual provocó daños a las plántulas recién emergidas independientemente del tratamiento y el sustrato que se aplicó a dichas unidades.

Finalmente se puede observar que no existe interacción o dependencia entre el Factor A y B.

**Cuadro N° 6. Análisis de varianza número de plántulas emergidas.**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloque	2	81612,33	40806,16	23,27 *	4,10
Factor A	1	5724,50	5724,50	3,26NS	4,96
Factor B	2	4228,00	2114,00	1,20NS	4,10
AB	2	9221,33	4610,66	2,63NS	4,10
Error	10	17532,34	1753,23		
Total	17	118318,50	6959,91		

\* : Diferencias significativas

NS: No existen diferencias

$$C. V. = 11,23 \%$$

El coeficiente de variabilidad obtenido para las semillas emergidas fue de 11,23 %, el cual se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que indica que nuestros datos son confiables.

#### **4.2.3 Número de Plántulas vivas**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en estiércol de ovino mas tierra del lugar), es el que mayor número de plantas vivas presentó al final del experimento con 364 plántulas, seguidas del tratamiento 3 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en tierra del lugar) con 318 plántulas; tratamiento 6 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en tierra del lugar) con 287 plántulas; tratamiento 5 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en humus mas tierra del lugar) con 263 plántulas; tratamiento 4 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en estiércol de ovino mas tierra del lugar) con 255 plántulas, y finalmente el tratamiento 2 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en humus mas tierra del lugar) con 254 plántulas.

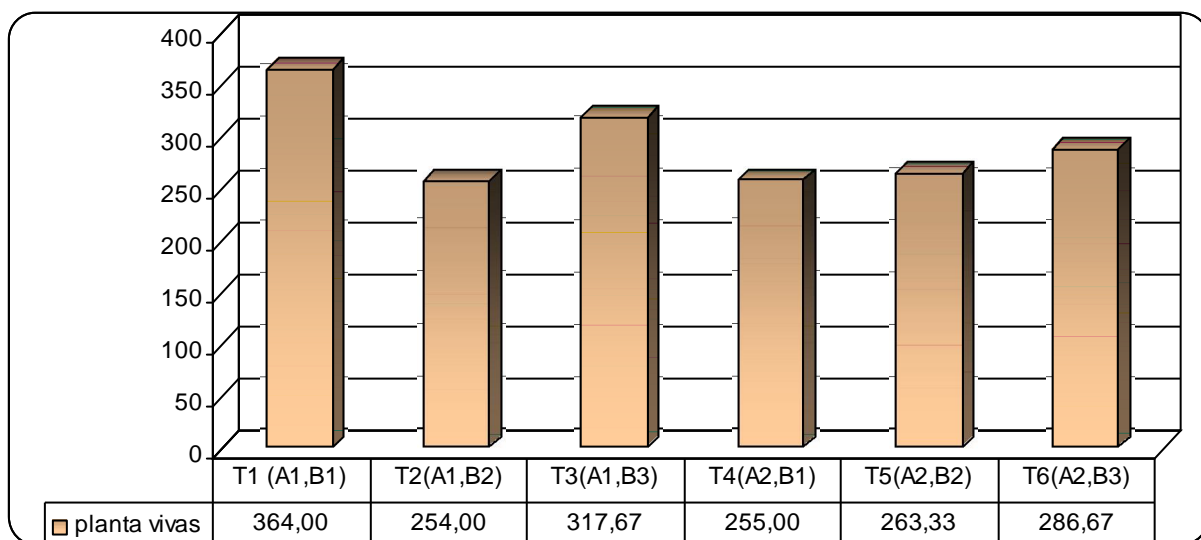
Se estima que las diferencias entre los tratamientos, inicialmente se deben como ya se explico anteriormente al ataque de las babosas a las unidades

experimentales, lo cual provocó daños a las plántulas recién emergidas independientemente del tratamiento y el sustrato que se aplicó a dichas unidades; posteriormente a las temperaturas bajo cero que se registraron al interior de la carpa solar, lo cual también provocaron mortandad en las plántulas en etapa de crecimiento.

En este sentido Bonifacio (2001), menciona en similar trabajo, que se registra porcentajes variables de mortandad debido principalmente a las bajas temperaturas del ambiente, que es lo que se presume ocurrió con los tratamientos desde el trasplante hasta la finalización del estudio.

Estadísticamente no existen diferencias estadísticas según nos muestra el cuadro 7 de análisis de varianza, sin embargo el gráfico 5 evidencia que existe diferencias matemáticas entre los factores de estudio.

**Gráfico Nº 5. Promedio número de plántulas vivas por tratamientos (En centímetros)**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.3.1 Análisis de varianza**

En el cuadro de análisis de varianza para la variable número de plántulas vivas se puede advertir que existen diferencias estadísticas entre los bloques de estudio, mientras que en las semillas con y sin tratamiento pre-germinativo (Factor A) y sustratos (Factor B) no existen diferencias estadísticas.

Finalmente no existe interacción entre los factores de estudio semillas con y sin tratamiento pre-germinativo (factor A) y sustratos (factor B), lo que indica que no existe influencia o dependencia del sustrato ni de las semillas con y sin tratamiento relacionado a la sobrevivencia de plántulas.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, obteniendo ausencia de diferencias estadísticas en todos los factores de estudio, se debe al ataque de babosas principalmente en las hojas y tallo (desde el cuello de la raíz) de las plántulas en crecimiento, ocasionando la muerte contigua de estos. Se pudo identificar que la única fuente de agua para riego en el lugar, estaba infestada de huevos de babosas.

A esto se debe agregar el factor clima, ya que el periodo de almácigo fue realizado en época de invierno, llegando a registrarse hasta tres grados bajo cero en el interior de la carpa solar, presentándose en algunas plántulas quemaduras en las hojas por efecto de las heladas.

En este sentido Zapata (1994), señala que la mejor época para proceder al almácigo, comprende entre los meses de Febrero, Marzo y Abril para obtener el mayor número de plántulas, para el respectivo repique en los meses de Junio y Agosto.

De igual manera Rongsen (1992), indica que la estación de otoño no es apropiada para almácigo de espina de mar, debido a las características de sus raíces, puesto que muchos plántulas de almácigo plantados en esta época mueren en el siguiente invierno. Habiéndose comprobado que el promedio de sobrevivencia de los plántulas de almácigo plantados en otoño es mucho más bajo de aquellos plantados en primavera.

**Cuadro N° 7. Análisis de varianza número de plantas vivas**

FV	GL	SC	CM	FC	P > 5 %
Bloque	2	192274,78	96173,39	26,9 *	4,10
Factor A	1	8536,89	8536,89	2,4 NS	4,96
Factor B	2	9060,11	4530,05	1,2 NS	4,10
AB	2	10856,78	5428,39	1,5 NS	4,10
Error	10	35693,22	3569,32		
Total	17	256421,78	15083,63		

\* : Diferencias significativas

NS: No existen diferencias

C. V. = 20,2 %

El valor de 20,2 % del coeficiente de variabilidad para la variable plantas vivas, demuestra la confiabilidad de nuestros datos por contar con un error minúsculo al tomar las mediciones respectivas de nuestras plantas muestreadas.

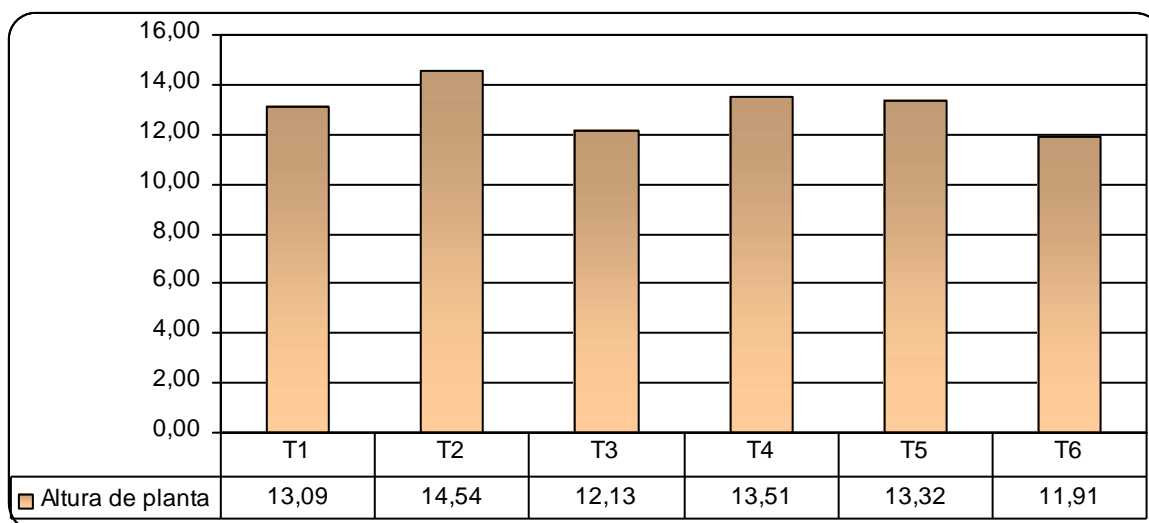
#### 4.2.4 Altura de plántula

De acuerdo al grafico 6, los resultados obtenidos en el presente experimento indican que el tratamiento 2 (semilla sin tratamiento pregerminativo y sustrato de humus más tierra del lugar) obtuvo la mayor altura promedio de plántulas con 14,54 cm., seguida del tratamiento 4 (semilla con tratamiento pregerminativo y sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar) con 13,51cm y el tratamiento 3 (semilla sin tratamiento pregerminativo y sustrato tierra del lugar) con 12,13 cm., tratamiento 6 (semilla con tratamiento pregerminativo y sustrato de tierra del lugar) obtuvieron la menor altura de plántulas promedio con 11,91 cm.

En similar trabajo sobre reproducción realizado por Alemán (2002) en Espina de Mar a partir de 200 esquejes, encontró para la variable altura el mayor promedio de altura de plántula en el tratamiento A (50% arena y 50% tierra) con 27,13 cm., seguida del tratamiento D (50% tierra y 50% estiércol) con 25,63 cm. de altura.

Según Alemán (2002), existe un mayor efecto sobre la altura de plántula en sustratos preparados en arena y tierra del lugar respecto al preparado en estiércol, esta diferencia respecto al presente experimento en el que se obtuvo las mayores alturas promedio en sustrato preparado en humus, probablemente se deba a que el material utilizado en el anterior trabajo requiere encallar y que el sustrato óptimo según bibliografía es la arena, en cambio en este trabajo se utilizó semillas que requieren desde la fase de germinación que el sustrato brinde las condiciones ambientales óptimas para la extracción de nutrientes para un buen desarrollo del plantín.

**Gráfico N° 6. Altura de plántula promedio por tratamientos (en centímetros)**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza efectuado para la altura de plántula (cuadro 8), podemos advertir que existen diferencias estadísticas entre bloques, el cual nos indica precisión en el planteamiento del modelo lineal aditivo.

El Factor B (sustratos), presenta diferencias estadísticas, esto puede deberse al contenido de nutrientes de cada sustrato, que influye directamente en el desarrollo de la plántula en los primeros días de crecimiento.



Asimismo se determinó la inexistencia de diferencias estadísticas en el Factor A (semillas con y sin tratamiento) y tampoco interacción entre ambos factores de estudio.

**Cuadro N° 8. Análisis de varianza altura de plántula (en centímetros)**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	12,125	6,062	10,82 *	4,10
Factor A	1	0,513	0,513	0,92 NS	4,96
Factor B	2	11,379	5,689	10,16 *	4,10
AB	2	2,068	1,034	1,85 NS	4,10
Error	10	5,595	0,560		
Total	17	31,680	3,168		

\*: Diferencias significativas  
 NS: No existen diferencias

C. V. = 5,72 %

El coeficiente de variabilidad obtenido para altura de planta fue de 5,72 %, que demuestra la confiabilidad de nuestra información y que los datos son permisibles por contar con un error reducido al tomar las mediciones.

**Cuadro N° 9. Prueba de Tukey para la variable altura de plántula para el factor B (en centímetros)**

Sustratos	Altura	Prueba de Tukey
B <sub>2</sub> = humus + tierra del lugar	13,9	A
B <sub>1</sub> = estiércol ovino + tierra del lugar	13,3	AB
B <sub>3</sub> = tierra	12,0	B

- Letras iguales son estadísticamente similares  $\geq 0.05$

La comparación de medias efectuada para la variable altura de plántula mediante la prueba de Tukey (Cuadro 9), indica que existe diferencias estadísticas significativas entre el sustrato B2 respecto al sustrato B3 y no existen diferencias significativas del sustrato B1 respecto a los sustratos B2 y B3.

Asimismo las unidades experimentales que contenían sustrato de humus más tierra del lugar, alcanzaron la mayor altura promedio con 13,9 cm., seguida del sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar con 13,3 cm., y el sustrato con tierra del lugar 12 cm.

El resultado obtenido, es consecuencia de que el humus junto a tierra del lugar presenta un sustrato de textura franco arcilloso, con un contenido alto de saturación de bases y respectivamente un nivel alto de fertilidad, en cambio el sustrato con tierra de lugar presenta un suelo de textura arcillosa con baja saturación de bases.

El desarrollo de las plántulas dependen del tipo de sustrato que se utilice y en particular de sus características físico-químicas, ya que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligados a las condiciones de aireación y contenido de agua, además de tener una influencia directa sobre el suministro de nutrimentos necesarios para las especies que se desarrollen en él, especialmente en la etapa de germinación y desarrollo de las mismas.

Al respecto Gross (1986), señala que el humus es el fundamento de la actividad microbiológica de los suelos mejorando las propiedades físicas del suelo, estimulando la absorción de los elementos nutritivos, abasteciendo de elementos fertilizantes de sus reservas a la planta asegurando una mayor disponibilidad de agua, activando la vida microbiana del suelo, el humus crea mejores condiciones de vida para la planta cultivada y le permite producir más.

Complementando Thompson (1982), indica que el humus aumenta la capacidad de cambio de iones del suelo y con la arcilla constituye la parte fundamental del complejo absorbente, regulador de la nutrición de la planta.

#### **4.2.5. Diámetro del tallo.**

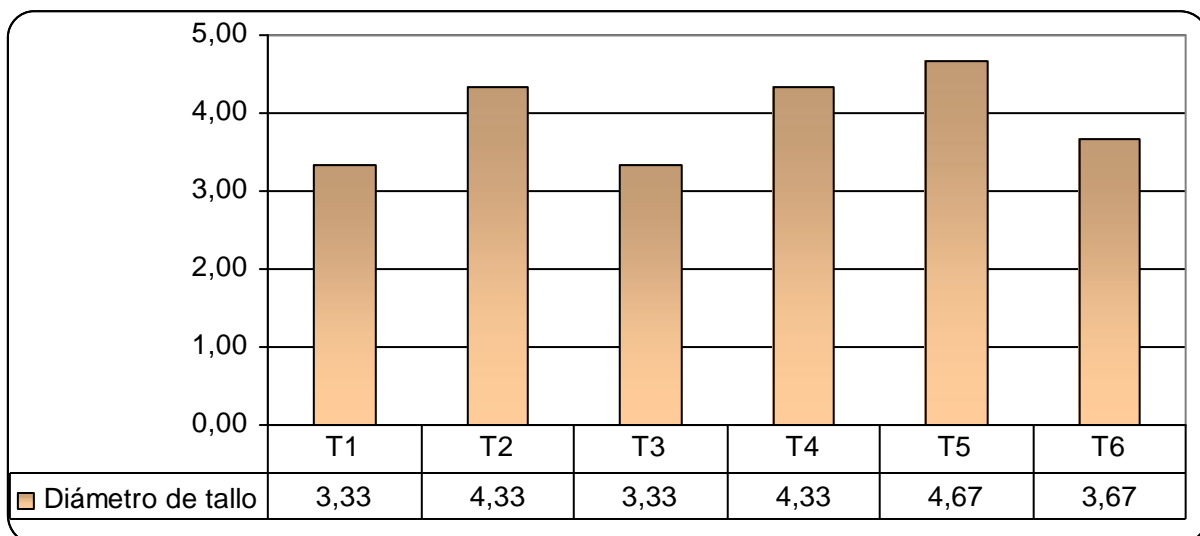
De acuerdo al gráfico 7, muestra que el tratamiento 5 (semillas con tratamiento pregerminativo, en humus con tierra del lugar) es el que mayor diámetro de tallo obtuvo con 4,67 mm; seguida del tratamiento 2 (semillas sin tratamiento pregerminativo, en humus con tierra del lugar) y 4 (semillas con tratamiento pregerminativo en estiércol ovino con tierra del lugar) con 4,33 mm de diámetro respectivamente; tratamiento 6 (semillas con tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) de 3,67 mm de diámetro; finalmente los tratamientos 1 y 3 (semillas sin tratamiento pregerminativo, en estiércol ovino con tierra del lugar) y (semillas sin tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) de 3,33 mm de diámetro respectivamente.

Estos resultados se pueden atribuir a la incorporación de humus y estiércol de ovino, que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de manera que permiten un mejor desarrollo del diámetro del cuello de la raíz de las plántulas.

En cuanto a la variable diámetro de tallo (Aleman, 2002) encontró que el tratamiento A (50% de arena y 50% de tierra) alcanza el mayor promedio con 0,23 cm., ocupando el segundo mejor promedio el tratamiento D (50% de tierra y 50% de estiércol) con 0,22 cm. de diámetro de tallo.

Como ya se menciona anteriormente al utilizarse como material vegetativo esquejes, los sustratos preparados con arena permiten obtener un mayor prendimiento y desarrollo en la raíz y por lo tanto en la parte aérea respecto a otros sustratos, diferencia respecto a lo obtenido en este trabajo en humus con tierra del lugar que otorga al plantín una mayor cantidad de nutrientes.

**Gráfico N° 7. Diámetro de tallo promedio por tratamiento (en centímetros)**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.5.1. Análisis de varianza.**

El análisis de varianza efectuado para la variable diámetro de tallo, nos muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, tampoco existe diferencias significativas para el factor A (semillas). El factor B (sustratos) si presenta diferencias significativas entre sus diferentes tratamientos.

Por último no existe interacción entre los tratamientos de semillas y los sustratos utilizados, lo que nos indica que no existe interacción o dependencia entre el cambio que se pueda generar entre estos factores de estudio.

La ausencia de diferencias estadísticas entre bloques, se puede atribuir a aspectos fisiológicos propios de la planta, siendo aquellas de mayor grosor de tallo las que tienen mayor altura de planta, número de hojas y número de ramas por planta.

**Cuadro N° 10. Análisis de varianza diámetro de tallo (mm.)**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloque	2	0,44	0,22	0,61 NS	4,10
Factor A	1	1,38	1,38	3,83 NS	4,96
Factor B	2	3,11	1,55	4,30 *	4,10
AB	2	0,45	0,22	0,61 NS	4,10
Error	10	3,56	0,36		
Total	17	8,94	0,52		

\*: Diferencias significativas

NS: No existen diferencias

C. V. = 15,12 %

El coeficiente de variabilidad de 15,12 %, para la variable diámetro de tallo demuestra la confiabilidad de nuestros datos por contar con un error reducido al tomar las mediciones.

**Cuadro N° 11. Prueba de Tukey para el diámetro de tallo para el factor B en milímetros.**

Sustrato	Diámetro de tallo (mm)	Prueba de Tukey
B <sub>2</sub> = Humus más tierra lugar	4,5	B
B <sub>1</sub> = Estiércol ovino más tierra del lugar	3,8	A
B <sub>3</sub> = Tierra del lugar	3,5	A

- Letras iguales son estadísticamente similares (0.05)

El cuadro 11 nos muestra que la variable diámetro de tallo, mediante la prueba de Tukey presenta diferencias estadísticas entre el sustrato B<sub>2</sub> (humus mas tierra del

lugar) de 4,5 mm respecto a los sustratos B1 y B3 (estiércol de ovino mas tierra del lugar) y (tierra del lugar) con 3,8 y 3,5 mm respectivamente.

Esto de debe particularmente a que el sustrato humus, al contener mayor cantidad de nutrientes que la planta requiere en esta etapa fisiológica, esta la aprovecha de la mejor manera posible presentando mayor altura con mayor cantidad de hojas y ramas por tanto mayor diámetro de tallo.

#### **4.2.6 Número de ramas**

El gráfico 10, señala que el tratamiento que obtuvo un mayor número de ramas fue el tratamiento 2 (semillas sin tratamiento pregerminativo, en humus con tierra del lugar) con 7 ramas promedio; seguida del tratamiento 4 (semillas con tratamiento pregerminativo, en estiércol ovino en tierra del lugar), T5 (semillas con tratamiento pregerminativo, en humus con tierra del lugar) y el T6 (semillas con tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) con 5 ramas cada tratamiento respectivo; tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pregerminativo, en sustrato ovino con tierra del lugar) con 4 ramas; finalmente el tratamiento 3(semillas sin tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) con 3 ramas.

Los resultados obtenidos pueden deberse, en el caso del tratamiento 2 al contenido de humedad y nutrientes, del sustrato de humus mas tierra del lugar , que favorecieron a la absorción de nutrientes por los plántulas y por lo tanto un mayor desarrollo en las ramas, en comparación de los otros tratamientos que tienen un menor contenido de nutrientes y una estructura más compacta que dificulta el desarrollo de las raíces para la absorción de nutrientes. Asimismo este tratamiento presenta un menor efecto competitivo de nutrientes y humedad, debido a la presencia de una menor cantidad de plántulas (ver variable número de plántulas vivas) respecto a los otros tratamientos.

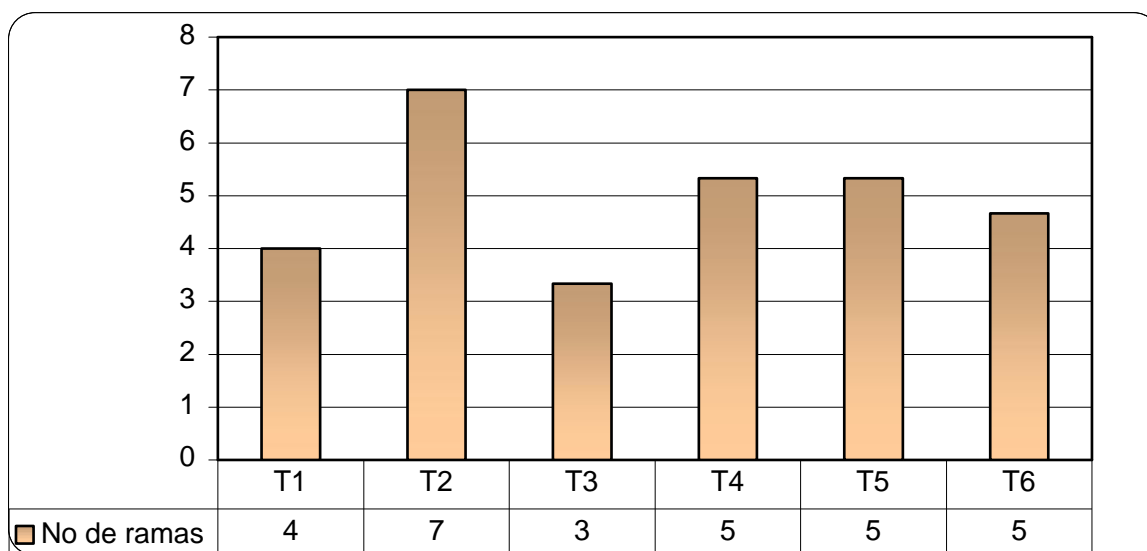
Zalles (1988) al respecto menciona, que la presencia de materia orgánica en los suelos proporciona nutrientes (nitrógeno, fósforo, azufre), incrementando la fertilidad del suelo. Asimismo ayuda a retener mayor cantidad de agua, aumentando la porosidad y la aireación del suelo, contribuyendo de esta manera a

elegir el grado de filtración y absorción de agua por la planta, y de esta manera aumentar su desarrollo.

El mismo autor señala que la materia orgánica actúa como granulador en las partículas minerales. Su presencia es indispensable para obtener una buena producción de planta.

Binkley (1993), señala que el contenido de nutrientes del humus en descomposición es alto, los microorganismos encontrarán abundantes nutrientes para satisfacer sus necesidades energéticas por lo que la liberación de los mismos será más rápida, factor que determina una absorción mas rápida por los plantines alcanzando una mayor altura, por tanto mayor número de ramas, hojas y frutos.

**Gráfico N° 8. Número de ramas promedio según tratamientos**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.6.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza para el número de ramas, muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques de estudio, indicando precisión en el planteamiento del modelo estadístico y en el Factor B (Tipo de sustratos),

No se presentaron diferencias estadísticas en el Factor A (semillas con y sin tratamiento pre-germinativo) y finalmente existe interacción entre los factores de

estudio, que indica influencia o dependencia entre los tipos de sustratos (facto B) y las semillas con y sin tratamiento pregerminativo (Factor A) sembradas en estos sustratos en el almácigo.

**Cuadro N° 12. Análisis de varianza número de ramas**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloque	2	11,44	5,72	7,9 *	4,10
Factor A	1	0,50	0,50	0,7 NS	4,96
Factor B	2	14,77	7,38	10,2 *	4,10
AB	2	9,00	4,50	6,25 *	4,10
Error	10	7,23	0,72		
Total	17	42,94	2,52		

\*: Diferencias significativas  
 NS: No existen diferencias

C. V. = 17,18 %

El coeficiente de variabilidad obtenido para la variable número de ramas por planta es de 17,18 %, que demuestra la confiabilidad de nuestra información y que los datos son aceptables por contar con una variabilidad reducida al tomar las mediciones.

**Cuadro N° 13. Prueba de Tukey para la variable número de ramas para el factor B (sustratos)**

Sustrato	Número de ramas	Prueba de Tukey
B <sub>2</sub> = Humus más tierra lugar	6	A
B <sub>1</sub> = Estiércol ovino más tierra del lugar	5	B
B <sub>3</sub> = Tierra del lugar	4	B

- Letras iguales son estadísticamente similares (0.05)



Como se puede observar en el cuadro 13, la comparación de medias efectuada para el número de ramas del factor B (tipo de sustratos), mediante la prueba Tukey, nos muestra que el sustrato B2 (humus más tierra del lugar) obtuvo el mayor número de ramas promedio por planta con 6, presentado diferencias estadísticas en relación a los otros tipos de sustrato, en el caso del sustrato B1 (Estiércol ovino más tierra) con 5 ramas promedio por planta y el sustrato B3 (Tierra del lugar) con 4 ramas por planta, sin diferencias estadísticas en ambos casos.

Esta diferencia estadística entre el sustrato de humus más tierra frente a los otros dos tipos de sustratos, posiblemente se deba, a la superficie abarcada por las raíces, pues entre mayor sea esta superficie mejor será la absorción y asimilación de los nutrientes por la plántula. Suponiendo que en el sustrato de humus, las raíces de los plantines desarrollaron mucho más sus sistemas radiculares que los otros.

Gallegos (1997), indica que la importancia de la absorción, depende esencialmente de las necesidades creadas por el crecimiento de las partes aéreas, de la concentración de elementos minerales del suelo al contacto de la raíz.

#### **4.2.6.2 Análisis de varianza para la interacción entre los Factores A y B**

Al existir interacción y dependencia entre los factores en estudio, es necesario realizar el análisis de efectos simples respectivo, para observar donde se originan las diferencias de un factor respecto al cambio del otro.

**Cuadro N° 14. Análisis de varianza para la interacción entre los Factores A y B**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
A (B1)	1	2,66	2,66	3,7 NS	4,96
A (B2)	1	4,16	4,16	5,8 *	4,96
A (B3)	1	2,67	2,67	3,7 NS	4,96
B (A1)	2	22,89	11,44	15,9 *	4,10
B (A2)	2	0,89	0,44	0,6 NS	4,10
Error	10	7,23	0,72		
Total	17	42,94	2,52		

\* : diferencias significativas  
 NS: No existen diferencias

El análisis de varianza efectuado para la interacción, establece diferencias significativas en el número de ramas por planta en el sustrato de humus más tierra del lugar (B2) dentro del Factor A (semillas con y sin tratamiento pregerminativo), así también existen diferencias estadísticas de las semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) dentro de los diferentes sustratos, Factor B.

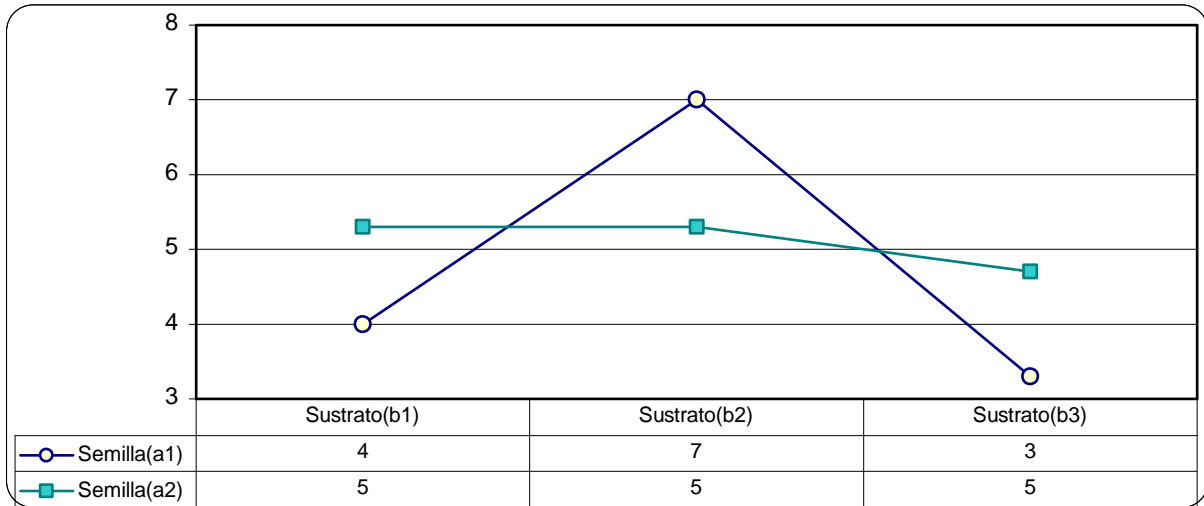
En el gráfico 8, se observa que el número de ramas por planta en el sustrato de humus más tierra (B2) dentro del Factor semillas (A) tienen un comportamiento distinto, registrando en aquellas semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) un promedio de 7 ramas por planta y aquellas con tratamiento pregerminativo un menor número promedio de ramas por planta de 5.

Contradictoriamente el sustrato de estiércol ovino más tierra (B1) tiene tendencia más concentrada, alcanzando un número promedio de ramas en las semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) de 4 ramas y con tratamiento pregerminativo (A2) de 5 ramas.

En el caso del sustrato de tierra (B3) no existe diferencias estadísticas pero si matemática en el número de ramas, en las semillas con tratamiento pregerminativo (A2) obtuvo un número promedio de ramas de 5 y sin tratamiento pregerminativo (A1) de 3 ramas.

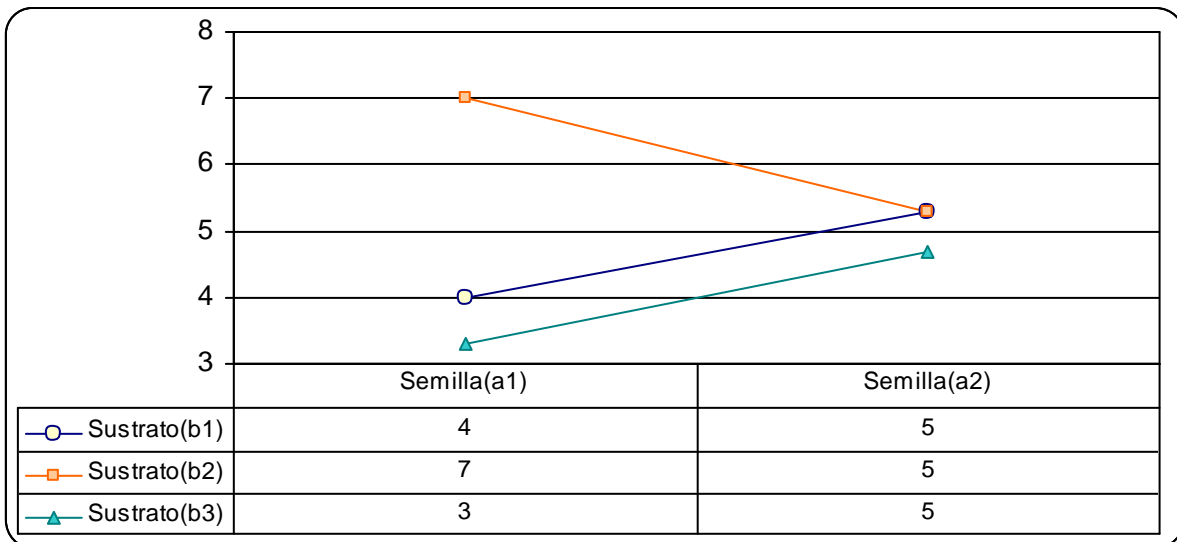
Finalmente, según el gráfico 9 , los sustratos se comportan de manera distinta en aquellas semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) obteniendo el sustrato de humus más tierra (B2) el mayor número de ramas con 7, en cambio los sustratos de estiércol ovino más tierra del lugar (B1) con 4 ramas y el sustrato de tierra del lugar (B3) con 3 ramas; los sustratos con semillas con tratamiento pregerminativo (A2) no tienen ninguna diferencia estadística, obteniéndose en los tres casos un número igual de ramas de 5. La diferencia existente entre los diferentes sustratos de las semillas sin tratamiento pregerminativo, posiblemente se deba al periodo invernal al que ingresaron las plántulas, las semillas al ser sembradas en los sustratos en estudio, desarrollaron previo al periodo invernal sus sistemas radiculares unos más que otros dependiendo de la estructura y textura del almacigo preparado para el efecto, además a esto se debe agregar las características químicas del suelo en la liberación de algunos nutrientes que coadyuvaron para el rebrotamiento de nuevas ramas en las plántulas. A esto se debe agregar probablemente al tamaño de la planta, la temperatura y la humedad que sin duda ayudaron a lograr un mayor número de rebrotes tanto de ramas y hojas en las plántulas.

**Gráfico N° 9. Análisis de Efectos Simples número de ramas del Factor A (Semilla) dentro del Factor B (Sustratos)**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 10. Análisis de Efectos Simples número de ramas del F actor B (Sustratos) dentro del Factor A (Semilla)**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.7 Numero de hojas**

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos que mayor número de hojas presentaron fueron los tratamientos 2 (semilla sin tratamiento pre-germinativo, en sustrato humus con tierra del lugar) y 5 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en sustrato humus con tierra del lugar) con 38 hojas cada tratamiento, seguida del tratamiento 4 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en estiércol ovino con tierra del lugar) con 36 hojas; el tratamiento 6 (semillas con tratamiento pre-germinativo, con tierra) con 33 hojas; tratamiento 3 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, con tierra) con 31 hojas; finalmente el tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en estiércol ovino con tierra), con 26 hojas.

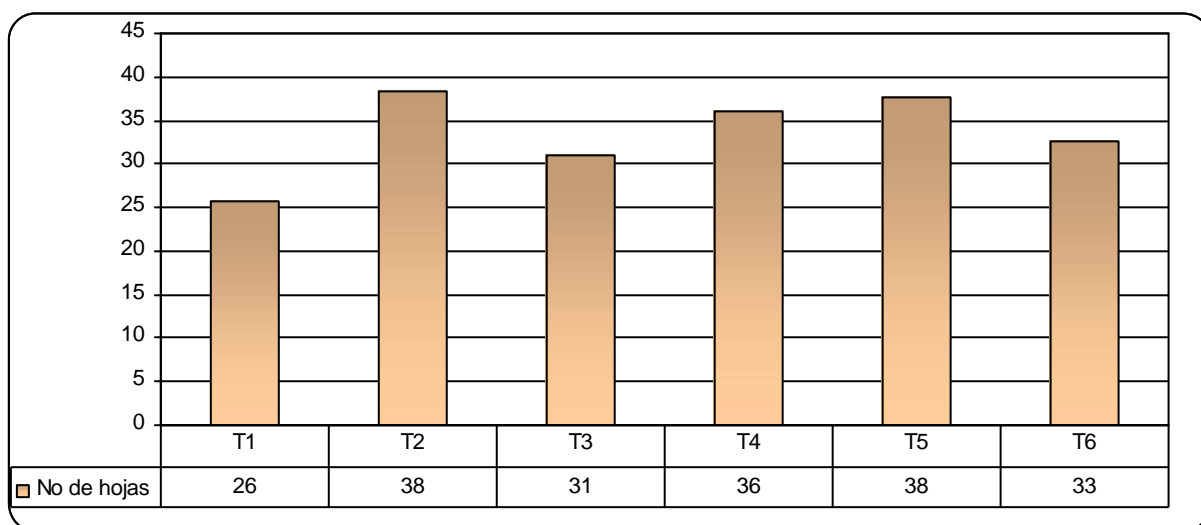
Estos resultados son consecuencia de los sustratos empleados en el experimento, en este caso del humus, que es fuente y reserva de alimentos para la planta, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, estimulando la absorción de elementos nutritivos, abasteciendo de elementos fertilizantes de sus reservas a la planta, asegurando una mayor disponibilidad de agua, activando la vida microbiana del suelo, el humus crea mejores condiciones de vida para la planta cultivada y le permite producir más.

En tal sentido Gross (1981), señala que el humus es un excelente portador de nitrógeno, y que no hay duda de que el empleo de nitrógeno es más delicado que el de los demás elementos, debido a su acción intensa sobre la vegetación: es la contrapartida de su eficacia. Y que una planta provista de nitrógeno brota pronto, adquiere un gran desarrollo de hojas y tallos y toma un bonito color verde oscuro, debido a la abundancia de clorofila.

De la misma forma Gallegos (1997), indica que los rendimientos máximos que se pueden obtener de un cultivo, es gracias a la riqueza nutritiva del suelo, pero para ser realmente utilizable, esta agua debe alcanzar las raíces, su circulación depende de la porosidad, y el contacto suelo-raíz, representa las superficies por las cuales los elementos minerales y el agua podrán penetrar en la planta, entre mayor sea esta superficie mejor será la nutrición de la planta.

Para éste carácter fenológico (Alemán, 2002) encontró que se destaca el tratamiento A (50% arena y 50% tierra) con un promedio de 40,55 hojas por planta seguida del tratamiento E (arena 33,3 %; tierra 33,3 % y estiércol vacuno 33,3%) con 23, 30 hojas por planta. Estas diferencias posiblemente se deban a la correlación que existe entre la variable altura respecto al número de hojas, llegando a la misma conclusión interpretada anteriormente.

**Gráfico N° 11. Número de hojas por planta promedio según tratamientos**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.7.1. Análisis de varianza.

El análisis de varianza realizado nos muestra la ausencia de diferencia estadística para el bloque, se presume que la ausencia de diferencias estadísticas entre los bloques de estudio, esta ligada principalmente a la época cuando se efectuó este experimento, ya que cuando se realizo el conteo final de hojas por planta para su evaluación, estas empezaban recién con el rebrote del nuevo follaje; todos los tratamientos sin excepción a mediados de Octubre sufrieron la caída del follaje de las plántulas llegándose a considerar en un momento que las plántulas se habían secado, pero a mediados de noviembre rebrotaron nuevamente indistintamente de la altura por planta y del número de ramas.

Ratificando estos resultados Rongsen (1986), señala que la espina de mar se caracteriza por ser una planta caducifolia hasta los tres años de vida.

Asimismo Bonifacio (1994) en similar trabajo, señala que muchas plantas habían sido desechadas por considerarlas muertas por la caída total de hojas y secamiento de brotes tiernos, siendo así que esta especie es de hoja caduca y presenta reposo invernal, por lo que este estado, era normal para la planta. De igual manera existen diferencias estadísticas en el Factor A (se milla con y sin tratamiento) y el Factor B (Tipo de sustrato), por tanto tienen influencia significativa y definida en la cantidad de hojas de la planta. También existe interacción entre los factores en estudio, que indica que si existe dependencia e influencia entre ellos.

**Cuadro N° 15. Análisis de varianza número de hojas**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloque	2	36,11	18,05	2,98NS	4,10
Factor A	1	64,22	64,22	10,60*	4,96
Factor B	2	180,77	90,38	14,91*	4,10
AB	2	100,78	50,39	8,31*	4,10
Error	10	60,6	6,06		
Total	17	442,44	26,02		

**\*: Diferencias significativas**

**NS: No existen diferencias**

C. V.= 7,33 %

El coeficiente de variación fue de 7,33 %, esto indica que existió un buen manejo del experimento que demuestra la confiabilidad de nuestra información y que los datos son confiables por contar con un error reducido al tomar las mediciones.

**Cuadro Nº 16. Prueba de Tukey para la variable número de hojas para el factor A**

Semilla	Número de hojas	Prueba de Tukey
A <sub>2</sub> = Con tratamiento pregerminativo	35	A
A <sub>1</sub> = Sin tratamiento pregerminativo	32	B

- Letras iguales son estadísticamente similares ( 0.05)

La prueba respectiva de comparación de medias mediante la prueba de Tukey para el factor A (semilla con y sin tratamiento), evidencian que existen diferencias estadísticas en cuanto a A<sub>1</sub> (semilla sin tratamiento pre-germinativo) respecto A<sub>2</sub> (semilla con tratamiento pre-germinativo), con 32 y 35 hojas respectivamente.

Como era de esperar, las semillas que fueron tratadas antes de la siembra ya tenían la testa dividida, donde ya se distinguían la germinación de los cotiledones, el cual favoreció el pronto desarrollo del sistema radicular y aéreo de aquellas que no fueron tratadas. Este desarrollo radicular ayudo a que las plántulas recuperen su follaje después de haber perdido sus hojas, en comparación de aquellas que no tenían bien desarrollado su sistema radicular. Bonifacio (1996), señala que las semillas de las diferentes especies de espina de mar, que han sido pre-tratadas sometiendo a remojo en agua, elimina las capas de mucílagos, azúcares y ablanda la testa de la semilla para así garantizar la germinación y emergencia vegetativa.

**Cuadro Nº 17. Prueba de Tukey para la variable número de hojas para el factor B**

Sustrato	Número de hojas	Prueba de Tukey
B <sub>2</sub> = Humus más tierra lugar	38	A
B <sub>3</sub> = Tierra del lugar	31	B
B <sub>1</sub> = Estiércol ovino más tierra del lugar	26	B

- Letras iguales son estadísticamente similares ( 0.05)



De acuerdo al cuadro 17, mediante la comparación de medias de Tukey, se demuestra la existencia de diferencias estadísticas entre el sustrato B2 (humus más tierra del lugar) de 38 hojas promedio, respecto a los sustratos B3 (tierra del lugar) con 31 hojas y el sustrato B1 (estiércol ovino más tierra del lugar) con 26 hojas respectivamente.

La diferencia entre los sustratos en el número de hojas, será explicada en el análisis de efectos simples realizado, en el acápite siguiente.

#### 4.2.7.2 Análisis de varianza para la interacción entre los Factores A y B

Según los datos obtenidos y al existir interacción entre los factores en estudio (cuadro 18), se hace necesario realizar un análisis de efectos simples para observar donde se originan los cambios y la dependencia que existe de un factor respecto al cambio del otro.

**Cuadro N° 18. Análisis de varianza de efectos simples entre los Factores A y B**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
A (B1)	1	160,16	160,16	26,43 *	4,96
A (B2)	1	0,67	0,67	0,11 NS	4,96
A (B3)	1	4,16	4,16	0,69 NS	4,96
B (A1)	2	242,67	121,33	20,02 *	4,10
B (A2)	2	38,89	19,44	3,21 NS	4,10
Error	10	60,56	6,06		
Total	17	442,44			

\* : Diferencias significativas

NS: No existen diferencias

El análisis de varianza de efectos simples, muestra diferencias significativas en el número de hojas en el sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar (B1) dentro del Factor A (Semillas con y sin tratamiento pre-germinativo), así también existen diferencias de las semillas sin tratamiento pre-germinativo (A1) dentro de los diferentes sustratos, Factor B.

En el gráfico 11, se observa que el número de hojas en el sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar (B1) dentro del Factor A (semillas con y sin tratamiento) se comportan de manera distinta, obteniendo en aquellas semillas sin tratamiento pre-germinativo (A1) un promedio de 26 hojas y aquellas con tratamiento pre-germinativo (A2) un mayor número promedio de hojas de 36.

Se sospecha que aquellas semillas que sufrieron el tratamiento pre-germinativo y posteriormente sembradas en el sustrato de estiércol ovino más tierra, el desarrollo de sus sistemas radiculares fueron mayores en relación aquellas semillas que no fueron tratadas, esta situación origino que estas raíces ayudaran a un mayor rebrotamiento de las hojas en los plantines.

Rodríguez (1991), indica que la extensión de las raíces, no depende únicamente de la especie vegetal sino de la textura del suelo, aire y presencia de nutrimentos, en las especies perennes la raíz principal y sus laterales experimentan crecimiento secundario, para conducir sustancias alimenticias y agua, la absorción se realiza principalmente por las últimas ramificaciones que se hallan en estado de crecimiento primario, las finas ramas absorbentes permanecen cortas, a menudo son frágiles y de vida corta.

Por el contrario el sustrato de humus más tierra (B2) tiene un comportamiento similar en las semillas con y sin tratamiento pre-germinativo obteniendo un número promedio de hojas de 38 en ambos casos. En el caso del sustrato de tierra (B3) de igual manera, tiene un comportamiento similar, en las semillas con tratamiento pre-germinativo (A2) con 33 hojas promedio y sin tratamiento pre-germinativo (A1) de 31 hojas.

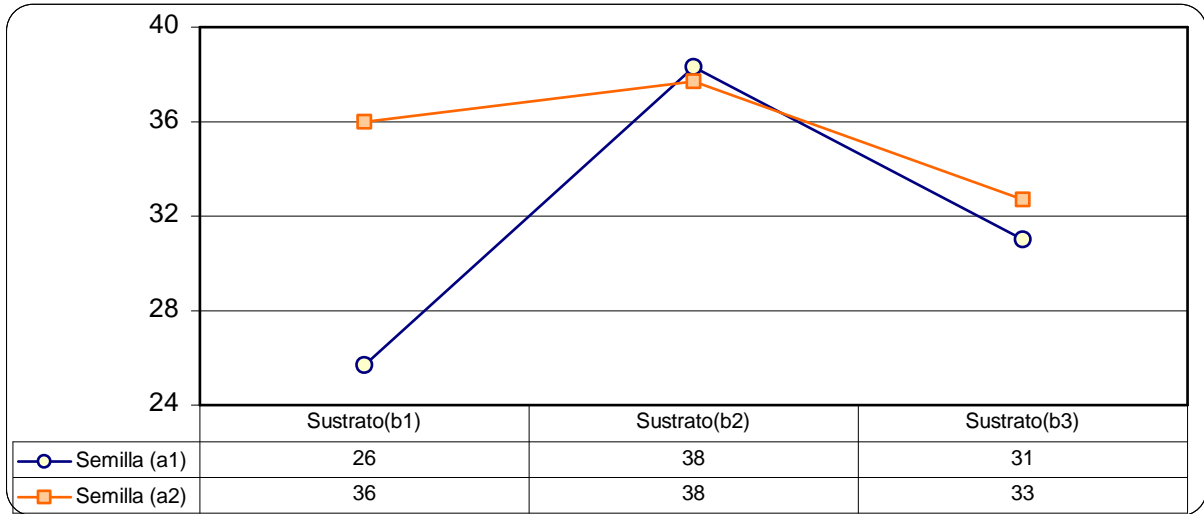
Complementando, el gráfico 11, los sustratos se comportan de manera distinta en aquellas semillas sin tratamiento pre-germinativo (A1) obteniendo el sustrato de

humus más tierra (B2) el mayor número de hojas promedio de 38, en cambio los sustratos de las semillas con tratamiento pre-germinativo (A2) no tienen diferencia significativas y que las diferencias que puedan existir entre ellas están dadas al azar.

Se considera que la diferencia existente entre los diferentes sustratos de las semillas sin tratamiento pre-germinativo, se deba particularmente a la pérdida del follaje que sufrieron las plántulas al ingresar en su periodo invernal, las semillas al ser sembradas en los sustratos en estudio, desarrollaron sus sistemas radiculares unos más que otros dependiendo de la estructura y textura del almácigo preparado para el efecto, además a esto se debe agregar las características químicas del suelo en la liberación de algunos nutrientes para facilitar el rebrotamiento del nuevo follaje de la plántula, en este caso el humus tiene las mejores propiedades físicas y químicas de fácil liberación de nutrientes.

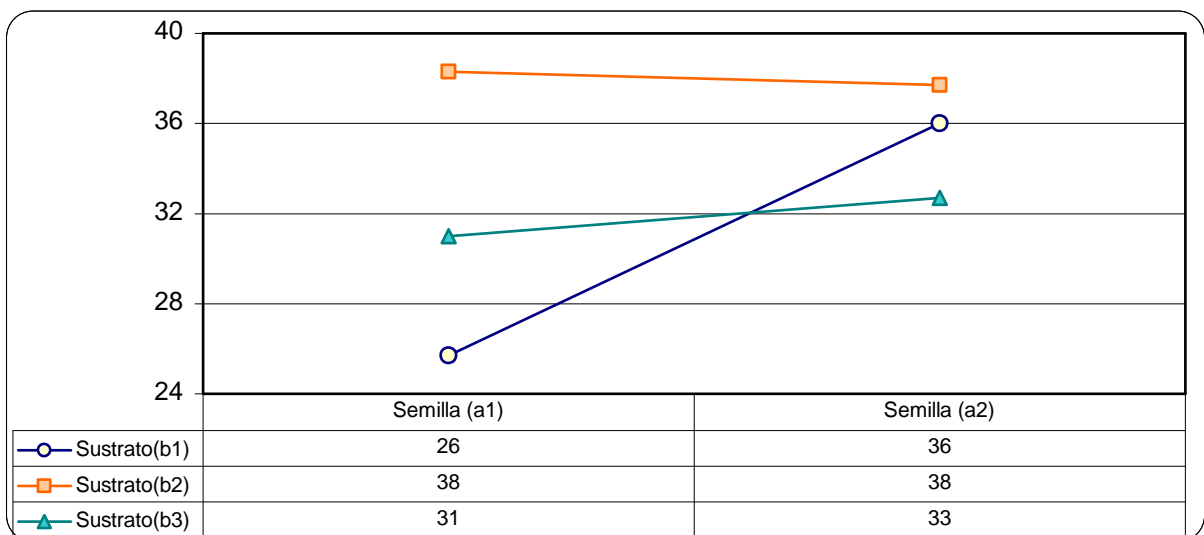
En el caso del sustrato de tierra del lugar (B3) frente al sustrato de estiércol ovi no más tierra (B1), Gross (1986) señala, que el nitrógeno muchas veces se acumula en forma orgánica, por que las condiciones al inicio de su descomposición aun no son favorables, esto es una señal de una vida microbiana bastante pobre, que no permite una rápida mineralización y liberación de nutrientes, este sería el caso del estiércol ovino. En cambio hay tierras que tienen poca riqueza en nitrógeno (es decir en materia orgánica) gracias a las condiciones favorables de su actividad biológica que es intensa.

**Gráfico N° 12. Análisis de Efectos Simples número de hojas del Factor A (Semilla con y sin tratamiento pre-germinativo) dentro del Factor B (Sustratos).**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 13. Análisis de Efectos Simples número de hojas del Factor B (Sustratos) dentro del Factor A (Semilla con y sin tratamiento pre-germinativo)**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.8 Longitud de raíz

De acuerdo al cuadro de análisis de varianza efectuado para esta variable, se determino la ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los factores de estudio, sin embargo existe una diferencia matemática entre los tratamientos.

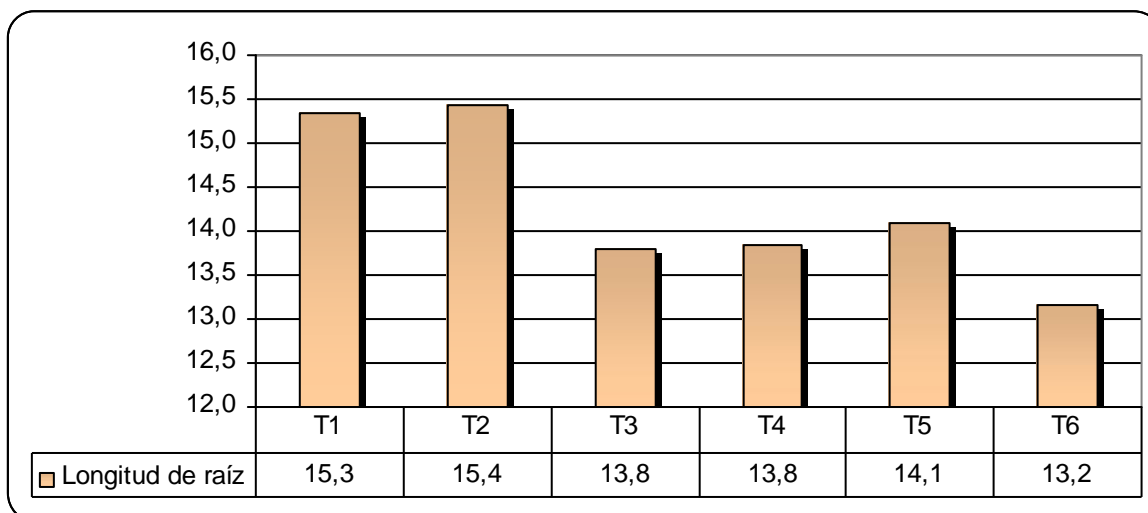
Los resultados obtenidos en el presente experimento (Gráfico 14), indican que el tratamiento 2 (semilla sin tratamiento pregerminativo y con sustrato de humus con tierra del lugar) obtuvo la mayor longitud de raíces promedio de plántulas con 15,4 cm., seguida del tratamiento 1 (semilla sin tratamiento pregerminativo y sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar) con 15,3 cm., y finalmente el tratamiento 6 (semilla con tratamiento pregerminativo y sustrato de tierra del lugar) obtuvo la menor longitud de raíz de plántulas promedio con 13,2 cm.

De acuerdo al análisis de suelo efectuado, el sustrato de tierra del lugar es de textura arcillosa, provocando que este suelo, bajo estas condiciones sea menos aireado y pesado. Sucede lo contrario en el sustrato con contenido de humus, presenta una menor cohesión y un aumento en la permeabilidad de su estructura, el cual favoreció al desarrollo del sistema radicular de las plántulas presentes en aquellos sustratos.

En este sentido, Gross (1986) señala que el humus ejerce una acción favorable sobre la estructura del suelo, lo cual permite una buena circulación del agua, el aire y de las raíces del suelo. El mismo autor señala que los suelos con contenido de humus, ejercen una acción estimulante muy marcada sobre el crecimiento de las raíces que no se debe exclusivamente a la liberación de los elementos minerales contenidos en el humus. A esto se debe agregar que el color y la vida microbiana del suelo tienden a absorber y emitir el calor con mayor rapidez que las claras. Corroborando esta afirmación Thompson (1982), señala que la temperatura del suelo puede influir no solo en el tamaño del sistema radicular, sino también en su forma.

Rongsen (1992) cita que, durante la primera fase del período de crecimiento, la espina de mar, necesita un buen abastecimiento de nitrógenos que son consumidos para formar las raíces.

**Gráfico N° 14. Longitud de raíz promedio según tratamientos (En centímetros)**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.8.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza efectuado en el cuadro 19, muestra que existen diferencias estadísticas entre bloques de la variable longitud de raíz. No se presentaron diferencias estadísticas en el Factor A, (Semilla con y sin tratamientos), Factor B (Tipos de sustratos) y tampoco existe interacción entre ambos factores de estudio .

El resultado obtenido es consecuencia de la fragilidad, delgadez y blandura del sistema radicular presentes en esta etapa fisiológica del cultivo.

Para medir la longitud de la raíz en las plántulas muestreadas, se presentaron las siguientes dificultades:

- Al sacar las muestras de almácigo se provocó rupturas en el sistema radicular con el instrumento de extracción (chontillo).
- Las muestras fueron sacadas del almácigo con su pan de tierra y al tratar de separar las raíces del conglomerado de tierra, estas se rompieron, aunque previamente para su medición fueron metidas en un balde con agua para no ocasionar mayores pérdidas.

- Además el sistema de siembra utilizado de chorro continuo, provocó que las raíces se entrelazaran una a otra, provocando de igual manera el destrozamiento de las raíces de las plántulas muestreadas.

Corroborando los resultados obtenidos, Medina (1988), explica que las raíces de las plantas se extienden explorando el terreno en busca de los principales nutrientes que este contiene. Como el suelo es una mezcla de partículas de distinto tamaño variando la proporción de unas y otras, el despliegue de las raíces es muy irregular.

**Cuadro N° 19. Análisis de varianza longitud de raíz (En centímetros)**

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloque	2	37,03	18,51	11,50 *	4,10
Factor A	1	6,01	6,01	3,73NS	4,96
Factor B	2	5,78	2,89	1,79 NS	4,10
AB	2	0,63	0,31	0,19NS	4,10
Error	10	16,12	1,61		
Total	17	65,57	3,86		

**\*: Diferencias significativas**

**NS: No existen diferencias**

C. V. = 8,9%

El coeficiente de variabilidad obtenido para esta variable indica de un 8,9 %, del cual se deduce que estos datos son permisibles por contar con un error bastante reducido al tomar las mediciones.

### 4.3 Regresiones y correlaciones de las variables de respuesta

Efectuando el análisis de correlación para la variable altura frente a las variables número de hojas, número de ramas, diámetro del tallo, número de ramas frente al número de hojas se obtuvo los siguientes resultados (cuadro 20).

**Cuadro Nº 20. Análisis de correlación y regresión entre las variables de estudio.**

Variables de comparación	Coeficiente de correlación y regresión	
	Correlación (r)	Regresión (b)
Altura x N° de hojas	0,53	2,7
Altura x N° de ramas	0,83	1,09
Altura x Diámetro de tallo	0,61	0,37
N° de ramas x N° de hojas	0,78	3

**Fuente: Elaboración propia**

La relación que existe entre la altura y el número de hojas, presenta un coeficiente de correlación positivo de  $r = 0,53$  y un coeficiente de regresión de  $b = 2,7$  deduciéndose que al incremento de una hoja por planta, existirá un incremento aproximado de altura en el plantín de 2,70 cm.

En el caso del número de ramas por altura de planta existe un grado de correlación  $r = 0,83$  y un coeficiente de regresión de  $b = 1,09$ . Por lo tanto al existir un aumento de una rama en la planta la altura se agrandara en 1,09 cm.

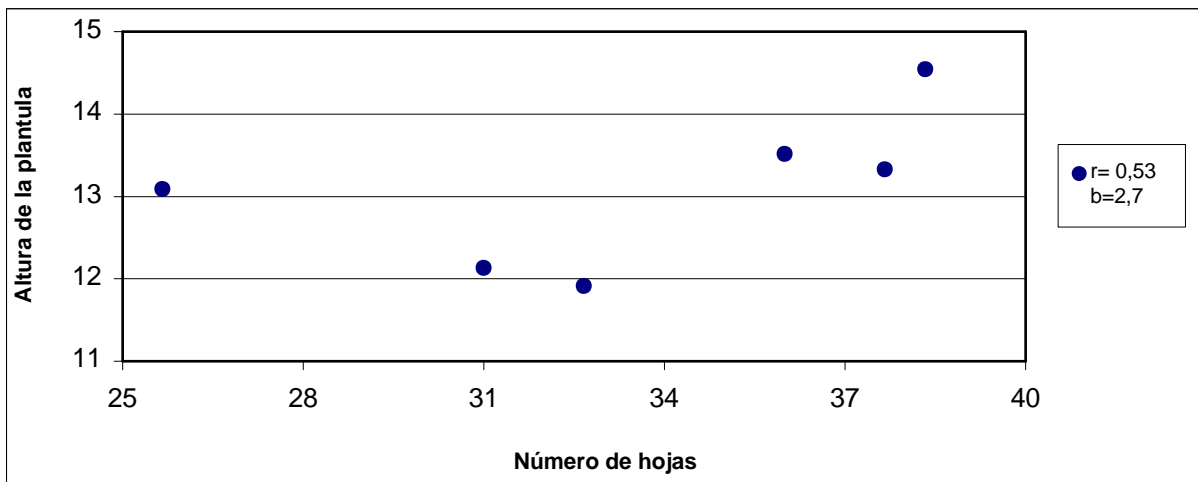
La relación existente entre el diámetro de tallo respecto a la altura del plantín la correlación  $r = 0,61$ , y el coeficiente de regresión  $b = 0,37$ , lo que significa que al incremento de 1 mm en el diámetro de tallo, la altura del plantín se incrementa en un 0,37 cm.

La correlación existente entre el número de ramas, respecto al número de hojas es de  $r = 0,78$  y un coeficiente de regresión de  $b = 3$ , deduciéndose que a un



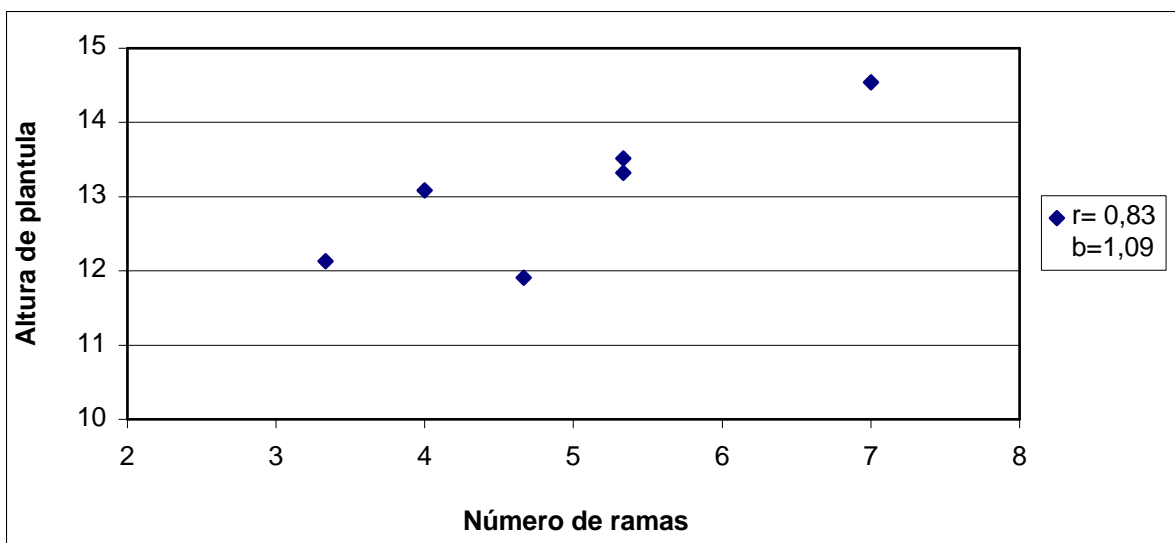
incremento de una hoja en la plántula existirá un incremento aproximado en el número de ramas de 3 (ver Gráfico 18). Sin embargo no debe olvidarse que cuando se trabaja con fenómenos biológicos a veces los resultados son tanto imprevisibles.

**Gráfico N° 15. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Número de hojas**



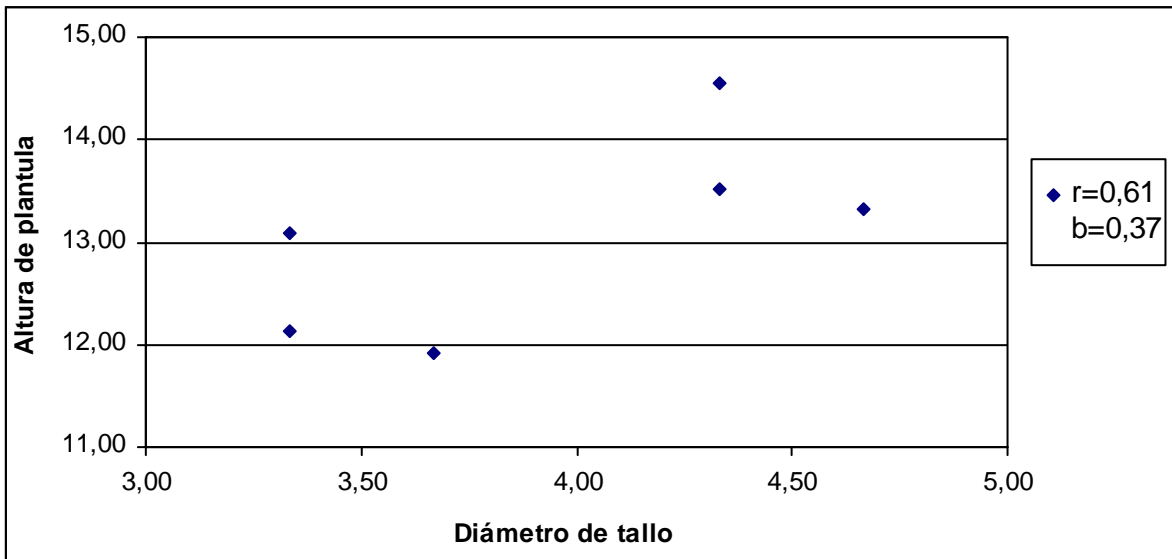
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 16. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Número de ramas**



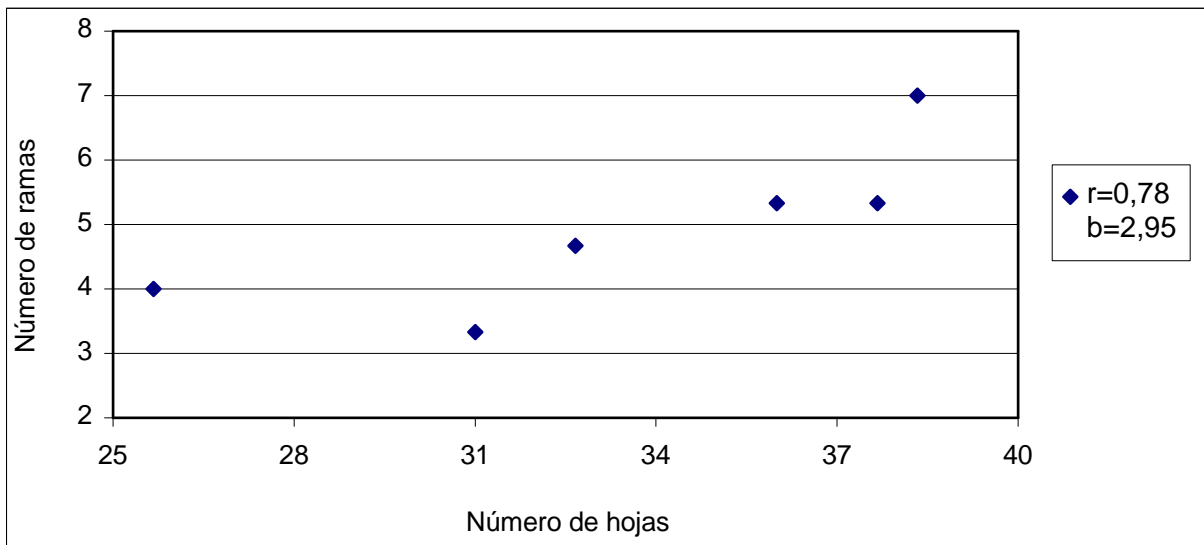
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 17. Correlación y regresión entre la altura de plántulas Vs. Diámetro de tallo**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 18. Correlación y regresión entre el Número de ramas Vs. Número de hojas**



Fuente: Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

A través de las observaciones de campo y una vez efectuados los análisis e interpretaciones estadísticos, se tienen las siguientes conclusiones:

- La carpa solar presento factores climáticos variables, presentando temperaturas máximas de hasta 39° C y mínimas de -3° C, lo cual algunos plantines de acuerdo a su ubicación no pudieron resistir estas variaciones extremas de temperatura. (ver anexo)
- Los tratamientos en estudio no registraron enfermedades, pero si existió la incidencia de plagas como las babosas, debido al tipo de agua utilizado en el riego el cual provoco la muerte de algunos plantines indistintamente del tratamiento aplicado.
- El análisis de varianza para la variable altura de plantin demostró diferencias estadísticas para el factor B (sustratos) y mediante la prueba Tukey se evidencio que las semillas germinadas en el sustrato B2 (sustrato humus en tierra del lugar) alcanzaron mayor altura con un promedio de 13,9 cm, y el menor en el sustrato B3 (sustrato tierra del lugar) con 12 cm, por lo tanto esta variable responde mejor en sustratos preparados en base a humus.
- Los resultados obtenidos en el presente experimento indican que el tratamiento 2 (semilla sin tratamiento pregerminativo y con sustrato de humus con tierra del lugar) obtuvo la mayor altura promedio de plantines con 14,54 cm., y el tratamiento 6 (semilla con tratamiento pregerminativo y sustrato de tierra del lugar) la menor altura de plantines promedio con 11,91 cm.
- Respecto a la variable semillas emergidas, se estableció que no existen diferencias significativas entre los factores en estudio, emergiendo las semillas indistintamente de los tratamientos pre-germinativos y sustratos preparados.
- Aunque no se evidencio diferencias entre los factores de estudio existen diferentes matemáticas obteniendo el tratamiento 1 (semilla sin tratamiento pregerminativo en sustrato de estiércol de ovino) el mayor número de semillas

emergidas de 410 los tratamientos que presentaron el menor número de semillas emergidas fueron el tratamiento 4 y 2 con 315 y 355.

- De igual manera no existen diferencias estadísticas en la variable longitud de raíz en los factores de estudio. Sin embargo existen diferencias matemáticas, obteniéndose la mayor longitud de raíz en el tratamiento 2 (semillas sin tratamiento en sustrato humus con tierra del lugar) con 15,4 cm.
- La variable número de hojas existe diferencias estadísticas en ambos factores de estudio, obteniéndose mediante la prueba de Tukey un mayor número de hojas en el Factor A2 (semilla con tratamiento pre-germinativo) con 35 hojas y asimismo en el Factor B se encontró la mayor cantidad de hojas con 38 en el sustrato B2 (humus más tierra del lugar).
- Finalmente se determinó interacción entre los factores de estudio, encontrándose diferencias significativas en el número de hojas en el sustrato de estiércol ovino más tierra del lugar (B1) dentro del Factor A (Semillas con y sin tratamiento pre-germinativo), así también existen diferencias de las semillas sin tratamiento pre-germinativo (A1) dentro de los diferentes sustratos, Factor B. Se obtuvo en B1 (sustrato ovino con tierra del lugar) en aquellas semillas sin tratamiento (A1) un promedio de 26 hojas y aquellas con tratamiento pre-germinativo (A2) un mayor promedio con 36 hojas. Asimismo en aquellas semillas sin tratamiento pre-germinativo (A1) se obtuvo en el sustrato de humus más tierra (B2) el mayor número de hojas promedio de 38, en cambio los sustratos de las semillas con tratamiento pre-germinativo (A2) no tienen diferencias significativas y que las diferencias que puedan existir entre ellas están dadas al azar.
- De la misma forma el tratamiento 2 (semilla sin tratamiento pre-germinativo, en sustrato humus con tierra del lugar) y 5 (semillas con tratamiento pre-germinativo, en sustrato humus con tierra del lugar) obtuvieron el mayor número de hojas y el tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en estiércol ovino con tierra) el menor número con 26 hojas.

- Acerca de a la variable número de ramas se determino diferencias esta dísticas en ambos factores de estudio, mediante la comparación de medias efectuada el sustrato B2 (humus más tierra del lugar) obtuvo el mayor número de ramas promedio por planta con 6, respecto al sustrato B1 (Estiércol ovino más tierra) con 5 ramas promedio por planta y el sustrato B3 (Tierra del lugar) con 4 ramas por planta, sin diferencias estadísticas en ambos casos.
- De igual manera se determino interacción entre los factores de estudio, determinado diferencias significativas en el número de ramas po r planta en el sustrato de humus más tierra del lugar (B2) dentro del Factor A (semillas con y sin tratamiento pregerminativo), así también existen diferencias estadísticas de las semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) dentro de los diferentes sustratos, Factor B. Es así en el sustrato de humus más tierra (B2) registro en aquellas semillas sin tratamiento pregerminativo (A1) un promedio de 7 ramas por planta y aquellas con tratamiento pregerminativo un menor número promedio de ramas por planta de 5. Asimismo el sustrato de humus más tierra (B2) obtuvo un mayor número de ramas con 7 en las semillas sin tratamiento pregerminativo (A1), en cambio los sustratos de estiércol ovino más tierra del lugar (B1) con 4 ramas y el sustrato de tierra del lugar (B3 ) con 3 ramas; los sustratos con semillas con tratamiento pregerminativo (A2) no tienen ninguna diferencia estadística, obteniéndose en los tres casos un número igual de ramas de 5.
- El tratamiento 2(semillas sin tratamiento pregerminativo, en humus con ti erra del lugar) presento el mayor número de ramas con 7 ramas promedio y finalmente el tratamiento 3(semillas sin tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) presento 3 ramas.
- En la variable diámetro de tallo se determino diferencias estadísticas en e l Factor B (sustratos), encontrándose mediante la prueba de Tukey que el sustrato B2 (humus mas tierra del lugar) presento el mayor diámetro de 4,5 mm respecto a los sustratos B1 y B3 (estiércol de ovino mas tierra del lugar) y (tierra del lugar) con 3,8 y 3,5 mm respectivamente.

- Asimismo para la misma variable el tratamiento 5 (semillas con tratamiento pregerminativo, en humus con tierra del lugar) es el que mayor diámetro de tallo obtuvo con 4,67 mm y los tratamientos 1 y 3 (semillas sin tratamiento pregerminativo, en estiércol ovino con tierra del lugar) y (semillas sin tratamiento pregerminativo, en tierra del lugar) los más bajos con 3,33 mm en ambos casos.
- Acerca de la variable número de plantas vivas se determino que no existen diferencias estadísticas las semillas con y sin tratamiento pre-germinativo (Factor A) y sustratos (Factor B) ni interacción entre los factores de estudio lo que indica que no existe influencia o dependencia del sustrato ni de las semillas con y sin tratamiento relacionado a la sobre vivencia de plantas.
- Asimismo el tratamiento 1 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en estiércol de ovino mas tierra del lugar), es el que mayor número de plantas vivas presentó al final del experimento con 364 plantines, y el tratamiento2 (semillas sin tratamiento pre-germinativo, en humus mas tierra del lugar) con el menor número con 254 plantines.

## 6. RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el presente estudio, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda aplicar tratamientos pre-germinativos remojando las semillas por un tiempo de 2 semanas cambiando día por medio el agua para que las semillas no se lleguen a podrir, ya que en el presente trabajo los tratamientos empleados no tuvieron el éxito deseado.
- Se sugiere realizar el experimento cambiando el método de siembra por golpe con unas 2 a 3 semillas por hoyo en marco real, de modo que permita realizar el trasplante sin dañar las raíces de las demás plántulas y también para poder ahorrar semillas por el costo elevado de este.
- Se recomienda que el sustrato debe ser de textura suelta y con riegos día por medio, si las temperaturas registradas son elevadas y para que las raíces de los plantines no penetren tanto si es que se desea evaluar nuevamente esta variable de respuesta.
- Se recomienda tener cuidado con el agua de riego para almácigos, se debe evitar en lo posible utilizar aguas de ríos o de pozas donde se tenga la presencia de huevos de babosas, no debe olvidarse que los plantines en sus primeras etapas de desarrollo son más susceptibles al ataque de esta plaga.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Acuña, M. (2000). Centro de Semillas de Arboles Forestales (Correo electrónico). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.
- Alejandro Bonifacio y María Cayoja (2001). Tratamiento de semillas y multiplicación de "la espina de mar" (*Hippophae rhamnoides*) confines de introducción en Bolivia. Instituto Benson. La Paz – Bolivia.
- Aleman, (2002). Comportamiento y manejo a nivel de viveros de la especie Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), a partir de 200 esquejes, Potosí. 118 p.
- Birbuet, G. (1992). La economía campesina en la microregión de caquiviri y Comanche, provincia Pacajes, SEMTA. Edición Rossana Brinati. La Paz – Bolivia.
- Boletín Informativo. (2000). Utilización y beneficios de la Espina de Mar (Seabuckthorn).
- Bosque, H. (1994). Cultivo en Suka Kollus de Quinuas Tolerantes a Heladas en dos épocas de siembra. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado para obtener el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.
- Calzada, B. (1970). Metodos Estadísticos para la investigación Lima -Perú. Editorial Jurídica S.A. Tercera Edición. Lima - Perú.
- Castellón, J. (2004). Comportamiento de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) en cuatro topos de sustratos (Chulumani Sud Yungas). Tesis de grado para optar el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Escuela Militar de Ingeniería (EMI). La Paz –Bolivia. 118 p.
- Chilon, E.(1997).Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Ediciones CIDAT. La Paz Bolivia. Pp 34-112.
- Claros, M. (2001). Crecimiento y comportamiento fenológico de la Espina de Mar *Hippophae rhamnoides Linn*, en Patacamaya. Tesis de grado para optar el



título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Militar de Ingeniería (EMI). La Paz – Bolivia.

Condori, V. (2002). Evaluación de dos métodos de aplicación de fertilizante nitrogenado y dos tipos de transplante de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en carpa solar. Universidad mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz - Bolivia. Pp 40 -45.

Fossati, G. y Olivera, T. (2001). Tratamiento pregerminativo. Programa de repoblamiento Forestal. Prefectura-Intercooperación-COTESU. Cochabamba-Bolivia.

Fossati, G. y Olivera, T. (2001). Sustratos en Viveros Forestales: Programa de repoblamiento Forestal. Prefectura-Intercooperación-COTESU. Cochabamba - Bolivia.

Gallegos, A. (1997). La Aptitud Agrícola de los Suelos. Editorial Trillas Mexico. Pp 11-43.

Gross, A. (1986). Abonos, Guía Práctica de la Fertilización. Séptima Edición. Mundi Prensa Madrid. Pp 55-382.

Hartmann, F. (1990). Invernaderos y Ambientes Atemperados. Ediciones Ooffsed Bolivia Ltda. La Paz Bolivia. Pp 9-30.

Hu, Jianzhong. (1995). Discussion of establishment and utilization of seabuckthorn fuel wood forest on loess plateau. *Hippophae*. China. 50 p.

Kong, Q. (1994). Notable economic Benefit of artificial sea buckthorn forest in Jianping County, *Hippophae*.

Lian, Y. (1988). New discoveries of the genus *Hippophae* L. (Elagnaceae) *Acta phytotax. Sinica*. China. 208p.

López, J. (1978). "Diagnostico de suelos y plantas". Tercera Edición. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España. pp. 43-49; 89-100; 248; 239-240.

- Lu Rongsen, (1992). Seabuckthorn A Multipurpose plant species for fragile mountains. ICIMOD publication unit. Katmandu, NEPAL. Pp 2-26 (boletín informativo)
- Marca, G. (2001). Germinación y crecimiento en vivero de dos especies forestales (*Calophyllum brasiliense* C., *Otoba parvifolia* M.), en diferentes sustratos en la región de San Buenaventura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. Pp 8-18.
- Medina ,(1988). Riego por Goteo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. Pp 169 – 254.
- Meson,M., Montoya, M. (1993). Selvicultura mediterránea. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. Pp 88
- Ministerio de Recursos Hidráulicos. (1998). Centro de administración y desarrollo de Espina de Mar. Explotación de la Espina de Mar para el beneficio del país. Beijing República Popular China Pp 10-51
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 1998. Proyecto de Desarrollo de Comunidades Rurales. Gobierno Municipal de Caquiviri – Bolivia. 176 p.
- Perrín et. al. (1982). La Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Publicado por CIMMYT. Programa de Economía. Mexico. Pp 18 – 24.
- Quispe, H. (2000). Espina de Mar una Alternativa para el Desarrollo de La Paz. Servicio Departamental Agropecuario SEDAG. La Paz Bolivia. Pp 1 -4.
- Quispe, H. (2000). Guía práctica para la producción de Espina de Mar en viveros. Prefectura del Departamento de La Paz SEDAG. La Paz Bolivia. Pp 1 -3.
- Quispe, H. (2001). Proyecto de Cooperación China - Bolivia (COTECH). Ministerio de Agricultura. La Paz. - Bolivia.
- Ramirez, S., Garcia, J. (1994). Efecto de cuatro tratamientos en semillas de *Acacia bilimikii* (Tehuixtle). (correo electrónico). Laboratorio de usos múltiples del instituto de hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

- Rodriguez, M. (1991). Fisiología Vegetal. Editorial Los Amigos del Libro.Cochabamba Bolivia. Pp 254-355.
- Rousi, A. (1971) The Genus Hippophae a Taxonomy study. Ann. Bot. Fennici. 109 p.
- Thompson, L.(1982). Los Suelos y su Fertilidad. Cuarta Edición. Editorial Reverté S.A. España. Pp 53-219.
- Tisdale, S.; Nelson, W. (1991). Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes UTEHA , S.A.. Editorial Limusa . Mexico.Pp138-277.
- Villegas, E. (2002). Ganancia de peso de corderos criollos mediante la utilización de la técnica del redil en un sistema de pastoreo extensivo Prov. Pacajes. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. Pp 8-24.
- Zalles, T. (1988). Manual del Técnico Forestal. Cochabamba Bolivia. Escuela Técnica Superior Forestal Misión Forestal Alemana UMSS -GTZ. Pp 99-136.
- Zapata, E. (1996). Espina de Mar Planta del Próximo Milenio para el Altiplano Boliviano.

## 8. ANEXOS

**Anexo N° 1. Registro de la temperatura máxima, media y mínima por meses según día  
(En centígrados)**

AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			
Días	Tmax	tmin	Tmedia	tmax	tmin	Tmedia	tmax	tmin	tmedia	tmax	tmin	tmedia
1				26	3	14	33	5	19	38	6	22
2				30	3	17	30	4	17	38	6	22
3				36	-3	16	31	5	18	33	2	18
4							33	2	18	31	2	17
5							38	5	22	32	0	16
6	30	0	15	32	1	16	35	3	19	33	1	17
7	29	0	15	33	8	20	30	-1	15	28	4	16
8	32	1	17	31	-2	15	32	3	18	34	5	20
9	35	-1	17	39	5	22	28	-1	14	32	3	18
10	37	1	19	37	6	21	32	2	17	38	2	20
11	32	2	17	38	4	21	32	3	18	37	1	19
12	37	1	19	33	3	18	35	4	20	35	3	19
13	34	0	17	38	3	21	35	2	19	34	5	20
14	32	0	16	35	2	19	37	3	20	38	6	22
15	38	2	20	31	2	17	33	4	19	38	3	20
16	34	1	17	38	2	20	30	2	16	38	4	21
17	35	3	19	30	-1	15	28	2	15	38	2	20
18	32	1	17	30	0	15	33	3	18	33	3	18
19	31	4	18	31	1	16	33	4	19	32	4	18
20	34	3	19	33	-1	16	38	5	22	38	6	22
21	33	6	20	39	2	20	32	1	17	37	6	22
22	35	6	21	32	3	18	35	0	18	39	6	22
23	33	5	19	37	6	22	33	0	17	33	4	19
24				37	4	21	38	2	20	35	4	20
25				38	5	22	31	2	17	36	2	19
26				30	2	16	28	3	16	28	0	14
27	37	2	20	28	2	15	33	2	18	30	-1	15
28	39	-2	19	32	4	18	35	5	20	32	1	17
29	35	0	18	31	5	18	38	6	22	38	6	22
30	32	2	17	31	3	17	33	2	18	37	5	21
31	38	2	20				35	3	19	35	4	20

Fuente: Elaboración propia

## Anexo Nº 2. Registro de datos por variables de respuesta según tratamientos

Bloques	Factores de estudio		Variables de Respuesta						
	Tratamiento de semilla	Tipos de sustrato	Altura de planta	No. Semillas emergidas	Longitud de raíz	No de hojas	Número de ramas	Diámetro de tallo	No. de planta vivas
1	1	1	15	475	16,5	26	5	3	457
1	1	2	16	340	18	40	8	4	312
1	1	3	12	490	14	32	3	3	432
1	2	1	14	365	16	38	6	5	321
1	2	2	13	425	14	40	7	4	333
1	2	3	12	445	14	37	5	4	405
2	1	1	13	435	16	26	4	3	385
2	1	2	15	392	16	35	8	4	235
2	1	3	13	440	17	31	4	3	423
2	2	1	14	398	15	38	5	4	356
2	2	2	14	439	15	35	5	5	362
2	2	3	13	401	14	28	6	4	332
3	1	1	11	321	14	25	3	4	250
3	1	2	13	332	13	40	5	5	215
3	1	3	11	291	11	30	3	4	98
3	2	1	12	181	11	32	5	4	88
3	2	2	13	241	14	38	4	5	95
3	2	3	10	300	12	33	3	3	123

Fuente: Elaboración propia

### Anexo Nº 3. Registro de datos del porcentaje de germinación, en el ambiente

FECHA	P1	P2	P3	P4	P5
8 mayo	-	-	-	-	-
15 "	1	1	-	-	2
16	4	3	-	-	3
17	2	2	3	-	2
18	2	3	7	2	7
19	3	5	7	4	5
20	4	6	6	7	5
21	5	9	7	10	8
22	4	9	9	7	8
23	9	6	6	9	9
24	9	10	8	10	7
25	11	8	12	9	6
26	10	9	9	7	7
27	9	11	5	7	6
28	7	6	6	7	7
29	5	3	4	4	5
30	1	4	5	3	4
1 junio	5	-	2	4	2
2 junio	1	-	1	1	1
3 junio	-	-	-	1	
4 junio	92	95	97	93	91

**Anexo Nº 4. Registro de datos del porcentaje de germinación, en ambiente II**

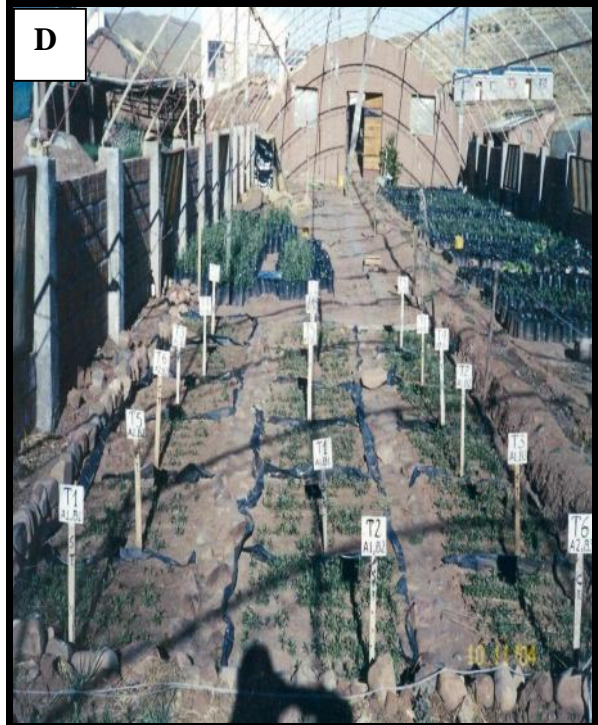
FECHA	P1	P2	P3	P4	P5
8 mayo	-	-	-	-	-
12 mayo	2	-	3	1	-
13 mayo	1	3	-	1	2
14 mayo	2	5	6	1	3
15 mayo	5	8	7	11	6
16 mayo	5	4	4	11	9
17 mayo	6	6	5	6	6
18 mayo	8	8	12	8	4
19 mayo	8	13	8	6	11
20 mayo	10	10	8	7	12
21 mayo	9	6	7	9	7
22 mayo	11	8	9	10	8
23 mayo	9	5	11	7	8
24 mayo	9	7	7	8	6
25 mayo	6	7	5	3	6
26 mayo	3	2	3	5	5
27 mayo	-	1	1	2	1
28 mayo	-	-		-	3
29 mayo	94	92	96	96	97

## **Anexo 5. Planos carpa solar**



## **Anexo N° 6. Análisis Físico-Químico de suelos**

## Anexo N° 7. Figuras de campo



A: Preparado del almacigo; B: Preparado del sustrato; C: Almacigo preparado y recién sembrado; D: Distribución de los tratamientos de estudio