

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y BOLSAS PARA DESARROLLO DE  
PLANTINES DE ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides* Linn) EN LA  
PRIMERA FASE BAJO CARPA SOLAR**

**CAROLINA HUANCA TITO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2007**

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

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y BOLSAS PARA DESARROLLO DE  
PLANTINES DE ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides Linn*) EN LA  
PRIMERA FASE BAJO CARPA SOLAR**

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

**CAROLINA HUANCA TITO**

**Tutor:**

Ing. Heriberto Quispe Charca

.....

**Asesor:**

Ing. Luís Goitia Arze

.....

**Comité revisor:**

Dr. Jean-Joinoille VACHER

.....

Ing. René Calatayud Valdez

.....

Ing. Roberto Miranda Casas

.....

**APROBADA**

**PRESIDENTE:**

.....

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

#### DEDICATORIA

Dedicado a la memoria de mi padre Celestino (†) y al sacrificio de mi madre Bernardina, por la confianza depositada en mi persona.

A mí adorada hija Nataly Carla, que es la razón de mi vida y por ser la luz que ilumina mi camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por darme la fuerza y valor durante todo este tiempo.

A los señores Docentes y Administrativos de la Facultad de Agronomía, quienes contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Heriberto Quispe, por el apoyo y colaboración con el material y sugerencia, como tutor.

Al Ing. Luís Goitia como asesor, por la colaboración y sugerencia durante la realización del presente trabajo.

Al Dr. Jean-Joinoille VACHER, por su colaboración brindada y por las correcciones realizadas en calidad del tribunal revisor.

A los señores: Ing. René Calatayud y al Ing. Roberto Miranda, por su tiempo empleado, en las correcciones realizadas, como parte del tribunal revisor.

Al Rector del Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri, por haberme facilitado el hospedaje por varios meses y material necesario para llevar adelante el presente trabajo.

Al Ing. José Villacorta, docente del Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri, por su constante apoyo durante la realización del trabajo de campo.

A los técnicos de Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri, Teodocio y Rubén, por la colaboración durante el trabajo de campo.

A mi querido esposo, Rubén, por su apoyo incondicional, colaboración y mucha paciencia, durante todo este tiempo.

Al Ing. Juan Jose, por la colaboración para completar el documento final

A mis hermanos y hermanas, en especial a Jhonny y Sonia, por la colaboración para el presente trabajo de tesis.

A los compañeros de estudio en especial a Rosa, Lourdes, Carla, Norha, Edwin por la colaboración incondicional.

## INDICE GENERAL

Contenido	Paginas	
Índice general	i	
Lista de cuadros	ii	
Lista de figuras	iii	
Lista de anexos	iv	
Resumen	v	
<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo general	3
1.1.2	Objetivo específico	3
1.1.3	Hipótesis	3
<b>II</b>	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>4</b>
2.1	Aspectos generales de la Espina de Mar	4
2.1.1	Origen y área de distribución	4
2.2	Aspectos botánicos	5
2.2.1	Taxonomía	5
2.2.2	Morfología de la planta	6
2.3	Fijador de nitrógeno	10
2.4	Análisis bromatológico	11
2.5	Requerimiento climático y edafológico del cultivo	12
2.5.1	Temperatura	12
2.5.2	Suelo	12
2.5.3	Precipitación	13
2.6	Usos y beneficio	13
2.6.1	Medicinal	13
2.6.2	Forraje	14
2.6.3	Utilización de residuos de frutas y semillas de Espina de mar	15
2.6.4	Conservación del suelo y agua	15
2.6.5	Leña	15
2.6.6	Otros	16

2.7	Siembra	16
2.8	Propagación	16
2.8.1	Propagación por semilla	16
2.8.2	Propagación por esquejes	17
2.8.3	Brotos y rebrotes	18
2.9	Época de plantación	19
2.10	Asociación con otras especies	19
2.11	Enfermedades	20
2.12	Plagas	20
2.13	La semilla	20
2.14	Germinación	20
2.15	Descripción del sustrato	21
2.16	Desinfección del sustrato	21
2.17	Uso de estiércol	21
2.18	Estiércol ovino	22
2.19	Para producir en bolsas	23
2.20	Preparación de bolsas	23
2.21	Precauciones en el relleno	24
2.22	Ambientes atemperados	24
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA</b>	<b>25</b>
3.1	Localización	25
3.1.1	Ubicación geográfica	25
3.1.2	Clima	25
3.1.3	Topografía	26
3.1.4	Vegetación	26
3.1.5	Suelo	26
3.2	Materiales	28
3.2.1	Material genético o biológico	28
3.2.2	Material de campo	28
3.2.3	Material de gabinete	29
3.2.4	Material orgánico (sustratos)	29
3.3	Metodología	31
3.3.1	Elección del lugar	31

3.3.2	Preparación del sustrato	31
3.3.3	Desinfección del sustrato	32
3.3.4	Embolsado	33
3.5	Ubicación de bolsas en bloques	33
3.3.6	Remojo de semilla en agua a temperatura ambiente	33
3.3.7	Siembra de la semilla	34
3.3.8	Riego	34
3.3.9	Control de plagas y enfermedades	34
3.3.10	Selección de muestras	35
3.3.11	Semisombra	35
3.3.12	Diseño Experimental	35
3.4	Variables de respuesta	38
3.5	Otras variables	41
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>43</b>
4.1	Condiciones climáticas	43
4.2	Variables de respuestas	45
4.2.1	Porcentaje de emergencia	45
4.2.2	Altura de planta (cm)	47
4.2.2.1	Altura de planta para Factor A (tamaño de bolsas)	48
4.2.3	Profundidad de raíz principal (cm.)	49
4.2.3.1	Profundidad de raíz principal para Factor B (tipos de sustrato)	50
4.2.4	Extensión horizontal de raíz secundaria (cm.)	51
4.2.4.1	Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor A (tamaño de bolsas)	52
4.2.4.2	Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor B (tipos de sustrato)	53
4.2.5	Longitud de hoja (cm.)	54
4.2.5.1	Longitud de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)	55
4.2.5.2	Longitud de hoja para Factor B (tipos de sustrato)	56
4.2.6	Diámetro de hojas (cm.)	57
4.2.6.1	Ancho de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)	58
4.2.6.2	Ancho de hoja para Factor B (tipos de sustratos)	59
4.2.7	Número de nódulos	60

4.2.8	Número de hijuelos	61
4.2.9	Número de ramificaciones de raíz secundaria	62
4.2.10	Porcentaje de sobrevivencia	63
4.2.11	Análisis de los costos de producción	64
4.3	Otras variables	66
4.3.1	Prueba del porcentaje de germinación	66
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>72</b>
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>73</b>

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

## LISTA DE CUADROS

		<b>Páginas</b>
Cuadro 1	Cantidad media de nitrógeno fijada por hectárea por algunas de las leguminosas más importantes	10
Cuadro 2	Composición química de diferentes partes de Espina de Mar	11
Cuadro 3	Composición química de los distintos abonos orgánicos	22
Cuadro 4	Llenado de bolsas por jornal	23
Cuadro 5	Análisis químico del estiércol ovino	30
Cuadro 6	Preparación de tipos de sustratos	31
Cuadro 7	Combinación de factores	37
Cuadro 8	Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas registradas en carpa solar durante el desarrollo del ensayo	43
Cuadro 9	ANVA para Porcentaje de emergencia	45
Cuadro 10	ANVA para altura de planta	47
Cuadro 11	ANVA para profundidad de raíz principal	49
Cuadro 12	ANVA para extensión horizontal de raíz secundaria	51
Cuadro 13	ANVA para longitud de hoja	54
Cuadro 14	ANVA para ancho de hoja	57
Cuadro 15	ANVA para número de nódulos	60
Cuadro 16	ANVA para número de hijuelos	61
Cuadro 17	ANVA para número de ramificación de raíz secundaria	62
Cuadro 18	ANVA para porcentaje de sobrevivencia	63
Cuadro 19	Costo de producción de plantines de Espina de Mar, de acuerdo al tamaño de bolsa	66
Cuadro 20	Porcentaje de germinación de semillas, en Ambiente I	66
Cuadro 21	Porcentaje de germinación de semillas, en Ambiente II	67

## LISTA DE FIGURAS

		Páginas
Figura 1	Flor femenina de Espina de Mar	7
Figura 2	Flor masculina de Espina de Mar	8
Figura 3	Fruto de Espina de Mar	9
Figura 4	Nódulos de raíz de Espina de Mar	11
Figura 5	Propagación de brotes y rebrotes	19
Figura 6	Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri	25
Figura 7	Mapa de geográfica de Provincia Pacajes	27
Figura 8	Semilla de Espina de Mar	28
Figura 9	Promedio mensuales de temperaturas máximas y mínimas registrados en carpa solar durante el desarrollo del ensayo	44
Figura 10	Altura de planta para Factor A (tamaños de bolsas)	49
Figura 11	Profundidad de raíz principal para Factor B (tipos de sustrato)	50
Figura 12	Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor A (tamaño de bolsas)	52
Figura 13	Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor B (tipos de sustrato)	53
Figura 14	Longitud de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)	55
Figura 15	Longitud de hoja para Factor B (tipos de sustrato)	56
Figura 16	Ancho de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)	58
Figura 17	Ancho de hoja para Factor B (tipos de sustrato)	59

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Croquis del ensayo
- Anexo 2 Análisis físico químico de suelo
- Anexo 3 Temperaturas registradas en carapa solar en diferentes horas del día, durante el desarrollo del ensayo
- Anexo 4 Registro de datos de porcentaje de emergencia de plantines (%)
- Anexo 5 Registro de datos de altura de planta (cm)
- Anexo 6 Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable altura de planta al 5% de confianza
- Anexo 7 Registro de datos de profundidad de raíz principal (cm)
- Anexo 8 Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustrato) en la variable profundidad de raíz principal al 5% de confianza
- Anexo 9 Registro de datos de extensión horizontal de raíz secundaria (cm)
- Anexo 10 Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable extensión horizontal de raíz secundaria al 5% de confianza
- Anexo 11 Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustrato) en la variable extensión horizontal de raíz secundaria al 5% de confianza
- Anexo 12 Registro de datos de longitud de hoja (cm)
- Anexo 13 Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable longitud de hoja al 5% de confianza
- Anexo 14 Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustratos) en la variable longitud de hoja al 5% de confianza
- Anexo 15 Registro de datos de ancho de hoja (cm)
- Anexo 16 Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable ancho de hoja al 5% de confianza
- Anexo 17 Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustrato) en la variable ancho de hoja al 5% de confianza
- Anexo 18 Registro de datos de número de nódulos
- Anexo 19 Registro de datos de número de hijuelos
- Anexo 20 Registro de datos de número de ramificación de raíz secundaria
- Anexo 21 Porcentaje de sobrevivencia (%)

- Anexo 22 Costo general de manejo
- Anexo 23 Costo total de manejo en tamaños de bolsas a1 (13.5 x 18 cm)
- Anexo 24 Costo total de manejo en tamaños de bolsas a2 (12 x 24 cm)
- Anexo 25 Costo total de manejo en tamaños de bolsas a3 (16 x 27 cm)
- Anexo 26 Cantidad de insumos en carretillas por tamaño de bolsas
- Anexo 27 Costo aproximado de insumos por sustratos
- Anexo 28 Prueba de porcentaje de germinación de semillas, en ambiente I
- Anexo 29 Prueba de porcentaje de germinación de semillas, en ambiente II
- Anexo 30 Semillas de Espina de Mar
- Anexo 31 Embolsado de sustratos
- Anexo 32 Ubicación en bloques
- Anexo 33 Vista general de bloques
- Anexo 34 Emergencia
- Anexo 35 Selección de muestras
- Anexo 36 Etapa de crecimiento
- Anexo 37 Plantines a los 70 días después de la siembra
- Anexo 38 Vista general del ensayo a los 90 días después de la siembra
- Anexo 39 Vista general del ensayo
- Anexo 40 Plantines a los 105 días después de la siembra
- Anexo 41 Raíz de Espina de Mar

## RESUMEN

El Altiplano se caracteriza por presentar factores ambientales desfavorables para el desarrollo de los cultivos, como ser: precipitaciones reducidas, deficiencia de la fertilidad de suelos, heladas en cualquier época del año, etc. Por ello es necesario buscar alternativas que puedan garantizar la recuperación de los suelos erosionados, como la plantación de Espina de Mar. En la Republica Popular China la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) es la vanguardia de la construcción del ambiente ecológico, es utilizada en lugares altiplánicos, donde existe erosión hídrica. Por eso se dice que plantar Espina de Mar, es una alternativa para luchar contra la pobreza de los campesinos (Rongsen, 1992). El propósito de la investigación, es conocer la utilización adecuada de estiércol ovino, como fuente orgánica en la preparación de sustratos para la producción de plantines. Como material genético se utilizó semilla de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) de la subespecie *sinensis Rousi*, procedente de la Republica Popular China. Como materia orgánica se utilizó estiércol de ovino y tres tamaños de bolsas de polietileno, la superficie utilizada fue 29 m<sup>2</sup>. Para la evaluación se utilizó el diseño bloques al azar con dos factores, 15 tratamientos y 3 repeticiones, se evaluaron 10 plantines por unidad experimental, los cuales fueron seleccionados al azar y representaron a la unidad experimental (en promedio). Los datos se analizaron, mediante análisis de varianza y prueba de Duncan. Las variables de respuestas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, profundidad de raíz principal, extensión horizontal de raíz secundaria, longitud de hoja, ancho de hoja, número de nódulos, número de hijuelos, ramificación de raíz secundaria, porcentaje de sobrevivencia y costos de producción. La investigación duró 140 días después de la siembra. Durante la investigación la temperatura máxima registrada fue 45 °C, y la mínima fue 10 °C bajo cero. Los principales resultados de la investigación fueron: porcentaje de emergencia registró un promedio de 88.9%, para esta variable los tipos de sustratos y tamaño de bolsas fueron no significativos. Para altura de planta los sustratos fueron no significativos, registrando un promedio de 30.8 cm; por otra parte el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), presentó mayor altura de planta con un promedio de 33.3 cm; y los tamaños de bolsas a1 (13.5 x 18 cm), registraron menor altura de planta con promedio de 28.8 cm. En la variable profundidad de raíz principal, las bolsas no influyeron, registrándose un promedio de 22.9 cm. En cambio, los tipos de

sustratos presentaron influencia; donde el tipo de sustrato b1 presentó menor crecimiento de la profundidad de raíz principal, con un promedio de 19.8 cm. Mientras se registraron mayor profundidad de raíz, con los sustratos S4 (37.5% tierra de lugar, 25.0% estiércol ovino y 37.5% arena) y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), con promedios de 24.6 cm y 25.9 cm, respectivamente. En la extensión horizontal de raíz secundaria, el tipo de sustrato S2 presentó menor crecimiento con promedio de 24.9 cm. Entre tanto que los tipos de sustrato S3, S4, S5 presentaron mayor crecimiento con promedios de 29.3 cm, 30.8cm y 31.1 cm, respectivamente. Los tamaños de bolsas que registraron mayor crecimiento fueron: a1 (13 x 18 cm) y a3 (12 x 18 cm), con promedios de 29.4m y 30.9 cm. La mayor longitud de hojas se presentó en bolsas a3 (16 x 27cm), con un promedio de 5.0 cm de longitud y en sustratos S1 (50% estiércol ovino y 50% arena) y S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino, con promedios de 5.2 cm y 4.9 cm. El mayor ancho de hoja se registró en bolsa a3 (16 x 27cm), con promedio de 1.1cm; y en el sustrato S2, con un promedio de 1.3 cm. El número de nódulo registró un promedio de 2.8 nódulos por planta; en cuanto al número de hijuelos se obtuvo un promedio general de 11.2 hijuelos por planta, la variable ramificación de raíz secundaria obtuvo un promedio de 9.0 ramificaciones por planta, se registro mayor porcentaje de sobrevivencia en el bloque I, con promedio de 88.7% y menor porcentaje de sobrevivencia en bloque III, con promedio de 81.2%. En cuanto a los costos de producción según el tamaño de bolsas el que presento mayor costo fue a3 (16 x 27 cm) de 1.71 Bs/planta. Los resultados de otros variables fueron lo siguiente; el porcentaje de germinación en ambiente I y ambiente II, registró un promedio de 94.5 % y 95 %,

## INTRODUCCION

El Altiplano presenta una serie de factores naturales que limitan la intensificación de la agricultura y el desarrollo de los cultivos; debido a las condiciones climáticas desfavorables como ser: las precipitaciones pluviales reducidas (de 3 a 4 meses), que solo ocurren en primavera y verano, las bajas temperaturas nocturnas, reducción paulatina de la fertilidad de los suelos (deficientes tanto en sus propiedades físico-químicas), como consecuencia de la erosión hídrica, erosión eólica y sobrepastoreo, en todo el altiplano existe un déficit hídrico durante la mayor parte del año, heladas en cualquier época, granizadas frecuentes durante el periodo vegetativo de los cultivos, etc.

A los factores ya mencionados, es necesario sumar el manejo poco adecuado de los suelos, expuestos a una disminución de la productividad; por ello, se realiza la roturación y mezcla con fertilizantes cada cierto tiempo. Sin embargo con esta labor cultural se desestabiliza y disminuye los microorganismos del suelo. En este sentido los agricultores se ven obligados a buscar alternativas que puedan garantizar la recuperación y mejoramiento de los suelos erosionados, para realizar su agricultura de subsistencia, con la plantación de Espina de Mar.

En China, la Espina de Mar es la vanguardia de la construcción del ambiente ecológico, es utilizado en lugares altiplánicos, donde existe erosión hídrica. Por eso se dice que plantar Espina de Mar es una alternativa para luchar contra la pobreza de los campesinos, generando alimentación, producción y conservación de suelos, por su capacidad de fijar nitrógeno al suelo, su gran adaptabilidad, en cuanto se refiere a pisos ecológicos altitudinales desde 700 a 4.200 msnm, con climas áridos ventosos, precipitaciones pluviales inferiores a los 300 mm/año, y temperaturas que oscilan entre - 40 a 30 °C (Rongsen, 1992).

La Espina de Mar, es una planta pionera en el control de la erosión y también muy importante para la reforestación en tierras marginales. Es resistente a condiciones desfavorables de suelo, tiene amplia adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, y utiliza tecnología sencilla en la reforestación. Presenta bajos costos y altos beneficios

en su implantación y explotación, lo que ha hecho de esta planta la principal especie arbustiva para la conservación del suelo y agua, en el norte Chino (Rongsen, 1992).

“Algunos ejemplares han sido plantados en Cupy, Quiroga, Sacabamba, Anchallani, Totorá y Chiarumani, en las provincias Loayza y Aroma, respectivamente. Sin embargo, el seguimiento esporádico nos muestra que los agricultores no han cuidado las plantas en razón a que aun no estaban convencidos de la utilidad de la especie, en la mayoría de las comunidades el daño mayor ha sido causado por los animales, pero en algunas comunidades, caso Totorá, Quiroga, Anchallani, Tummy y Cupy, las plantas están relativamente bien” (Bonifacio, 1995).

La primera fase de implantación desde la emergencia hasta la aclimatación, constituye una etapa muy delicada, que requiere de cuidados intensivos con relación a temperatura, riego, nutrientes y semisombras, entre otros; los cuales aseguran el mayor porcentaje de emergencia y el mayor número de plantines. Sin embargo, posterior a esta fase las plantas son relativamente rústicas y pueden soportar los factores adversos del medio ambiente. Uno de los problemas que caracteriza al altiplano, es la baja temperatura que se presenta en invierno y otoño, la cual no deja que las semillas emerjan en su mayoría; debido a este problema, se realizan la producción de plantines bajo carpa solar.

Asimismo la inadecuada utilización de nutrientes en la preparación de sustratos, provoca la muerte y desarrollo lento de las plántulas en la primera fase, lo que significa una pérdida de tiempo y ganancias en la producción de plantines de Espina de Mar.

Por ello, el propósito del presente trabajo, surge de la necesidad de conocer la utilización adecuada del estiércol como fuente de materia orgánica en la preparación de sustratos; además del tamaño de bolsas adecuadas para la producción y desarrollo de los plantines, deseando reducir el tiempo de permanencia en los almacigueros, bajar los costos de producción para obtener mayor número de plantines en menor tiempo.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo General

- Evaluar los diferentes tipos de sustrato y tamaño de bolsas adecuadas para el desarrollo y producción de plantines de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), en la fase de implantación bajo condiciones de carpa solar.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el tipo de sustrato adecuado para el desarrollo y producción de los plantines de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*).
- Determinar el tamaño de bolsa adecuada para la producción de plantines de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*).
- Determinar el costo de producción de plantines.

### 1.1.3 Hipótesis

- Los tipos de sustratos y tamaños de bolsas son no significativos para el desarrollo y producción de plantines de espina de mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), bajo condiciones de carpa solar.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos generales de Espina de Mar

Rongsen (1990), define a la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) como una especie caracterizada por adaptarse a condiciones extremas de temperaturas, y resistir a la sequía. Crece muy bien en condiciones semiáridas, de fácil reproducción, siendo su distribución altitudinal desde los 600 a 4.500 msnm.

Es una especie perenne, que crece muy bien hasta los 15 años luego va disminuyendo en su desarrollo notablemente, pero tiene la ventaja de poder ser reemplazada por otros brotes que nacen permanentemente de las raíces, que hacen que la población se mantenga normal en muchos casos incrementada. La velocidad de crecimiento esta directamente relacionada con la disponibilidad de agua y la fertilidad del suelo, no necesita más que 10 a 20 cm de profundidad de suelos para su desarrollo (MAGDR, 1994).

Generalmente se trata de un arbusto de hoja caduca, excepcionalmente en Norte y Nor Oeste de China crecen pequeños árboles de hasta 5 m de altura, sin embargo en las riberas de los ríos, se encuentran árboles de 15 a 18 m los que presentan una corteza áspera de color negro a café, fisurada y una copa áspera verde grisácea, siendo su ciclo vital de por lo menos 60 a 70 años. En años recientes se han encontrado en el Condado de Mullí (China), con aproximadamente 320 años con un diámetro de tronco de 5.3 m en el Condado de Zhengjian de la provincia de Yunnan se registra un árbol con 17.5 m de altura donde se estima que la edad del árbol es de 300 años (Rongsen, 1992).

#### 2.1.1 Origen y área de distribución

La Espina de Mar es un arbusto (árbol) de hoja caduca, ampliamente distribuido a lo largo de las regiones templadas de Asia y Europa, así como en las regiones subtropicales de Asia en grandes altitudes. Su desarrollo se observa desde un rango de pocos metros de la superficie, hasta los 5.200 msnm. Esta planta puede resistir bajas temperaturas desde - 43 °C y soportar temperaturas altas de 40 °C (Rongsen, 1992).

La Espina de Mar se encuentra distribuida en las zonas áridas semiáridas de Asia y Europa. Es una planta tradicional en muchos países Asiáticos y Europeos. Su popularidad en América, de alguna manera no es muy conocida, debido a que la Espina de Mar no es nativa de este continente (Huang, 1990).

## 2.2 Aspectos botánicos

### 2.2.1 Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Elaeagnaceae

Especie: *Hippophae*

Nombre botánico: *Hippophae rhamnoides* Linn

Nombre común: Espina de Mar (español)

Seabuckthorn (inglés)

Saij (Chino)

El famoso botánico taxonomista finlandés Arne Rousi, fue quien estudio y clasificó esta planta en 1971, dándole el nombre botánico de *Hippophae rhamnoides* L. El género *Hippophae* pertenece a la familia Elaeagnaceae que consiste en muchas especies y subespecies, entre las cuales la más importante es la *Hippophae rhamnoides* Linn, comúnmente conocida como Seabuckthorn. Esto se debe principalmente a que éstas especies han sido utilizados con propósitos económicos y ecológicos (Rongsen, 1992).

Rousi (1971), ha reconocido tres especies de *Hippophae* que son:

- *Hippophae rhamnoides* Linn
- *Hippophae salicifolia* D.
- *Hippophae tibetana* Sehlcht.

En 1971, el taxonomista finlandés Arne Rousi, dividió la especie *Hippophae rhamnoides* Linn, en 9 subespecies:

- *Hippophae rhamnoides* Linn, Subespecie *carpatica* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *caucasica* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *gyantsensis* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *mongólica* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *sinensis* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *turkestanica* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *fluvialis* Rousi
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *rhamnoides*
- *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *yunnanensi* Rousi

De estas subespecies, la comúnmente utilizada en China es la *Hippophae rhamnoides* Linn, subespecie *sinensis* Rousi.

## 2.2.2 Morfología de la planta

La Espina de Mar, es un arbusto de hoja caduca, usualmente espinosa, puede crecer en altas montañas, en áreas forestales con abundante agua y en las orillas de los ríos. Presenta una corteza áspera de color café o negra y una copa de color verde grisáceo, estos a menudo forman masivas árboles a lo largo de las riveras del río (Rongsen, 1992).

El mismo autor menciona que, las hojas son pequeñas y delgadas, cubiertas con cutículas finas y densos pelos en la parte envés de la hoja y contiene bastante espina sobre el tallo. Todas estas características ayudan a reducir la pérdida de agua y resistir las sequías.

### a) Tallo

La Espina de Mar es un pequeño árbol que crece a una altura de 1 a 5 m. Las ramas más jóvenes están recubiertas de una capa de corteza de color plateada que refleja la luz solar y reduce la pérdida de humedad (Yu, 1986, citado por Claros, 2001).

### b) Hojas

“Las hojas son pequeñas, presentan forma lineal lanceolada, de 3 a 8 cm de largo y 0.4 a 1.0 cm de ancho, el envés de la hoja es plateada, el cual refleja la luz solar y reduce la pérdida de la humedad” (Rongsen, 1992).

### c) Flores

La Espina de Mar, presenta plantas femeninas y masculinas y tiene flores sin pétalos. Tanto las flores femeninas como masculinas no tienen néctar, entonces no pueden atraer a las abejas u otros insectos. Las abejas productoras de miel y otras variedades de insectos, a menudo visitan las flores masculinas solamente para buscar las proteínas del polen y raramente visitan a las flores femeninas (Rongsen, 1992)

- **Flores femeninas**

Las flores femeninas, producen frutas y semillas y tienen flores sin pétalos, cada flor contiene un ovario y un ovulo. La flor femenina depende casi enteramente del viento para su polinización. Los brotes florales de la Espina de Mar, están mayormente mezclados con brotes vegetativos y son raros los puros. Estos brotes, aparecen habitualmente en las estaciones de verano y otoño, abriéndose generalmente a principios de la primavera (Solonenko *et al.*, 1993, citado por Claros, 2001).



Figura 1. Flor femenina de Espina de Mar

- **Flores masculinas**

Las flores masculinas, producen polen y tiene 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 (Lian *et al.*, 1991, citado por Claros, 2001).



Figura 2. Flor masculina de Espina de Mar

#### d) Fruto

La Espina de Mar, produce una fruta especial, que es diferente de otras frutas o bayas comunes, morfológicamente se desarrolla de un ovario y un tubo de cáliz el cual esta estrechamente conectado al ovario (Rongsen, 1992).

La fruta es una combinación de una hendidura carnosa, jugoso, tamaño de una haba de color naranja a rojo, una vez maduro la fruta de Espina de Mar es rica en nutrientes tales como carbohidratos, ácidos orgánicos, aminoácidos, vitaminas (Min, 1990, citado por González, 1999).

Las frutas inmaduras son duras, de color verdoso, luego se tornan de color naranja y rojo anaranjado cuando están maduras, llegan a madurar en varios meses, esto da suficiente tiempo para cosechar, siendo que las frutas pueden permanecer en sus ramas hasta la próxima primavera. Durante el frío invierno, las frutas gradualmente se encogen y se caen, por ello llegan a ser alimento favorito para las aves (Rongsen, 1992).

Los frutos tienen un promedio de peso de 34.6 mg y de largo de 7.8 a 9.4 mm (Lie *et al.*, 1997, citado por Claros, 2001).



Figura 3. Fruto de Espina de Mar

#### e) Semilla

La semilla esta rodeada por un ovario apergaminado, de forma aovada rectangular, la cáscara de la semilla es de color café grisáceo y brillante (Rongsen, 1992).

Generalmente la semilla es un óvalo rectangular con una longitud de 4 a 7 mm, un ancho de 2.5 a 3.5 mm y espesor de 1.6 a 2.2 mm. La cáscara de la semilla es de color café grisáceo a café oscuro, con una textura parecida al cuero lustroso (Rongsen, 1992, citado por González, 1999).

#### f) Raíz

La Espina de Mar tiene la raíz altamente desarrollada, por ello presenta una excelente elección biótica, siendo capaz de posesionarse en suelos con pendientes frágiles para proporcionarles estabilidad. Por ejemplo, una planta de cinco años de vida, desarrolla una raíz de hasta tres metros y raíces secundarias que se extienden en forma horizontal entre seis y diez metros. Dos o tres años después de su plantación, las raíces de las plantas jóvenes, brotan de las extensiones horizontales, surgiendo nuevas generaciones de plantas (MACA, 2004).

Tiene un sistema de raíz muy fuerte, ya que algunos arbustos de la Espina de Mar a la edad de 5 años han sido encontrados con la raíz central de hasta 1.10 m de profundidad y

sus raíces secundarias distribuidas en forma horizontal. Algunos arbustos, fueron hallados con sus raíces extremas a 10 m de largo en posición horizontal siendo que de sus raíces alimenticias se encuentran en la capa del suelo (0.2 a 0.8 m). Con este sistema de raíz tan fuerte, la Espina de Mar puede absorber mas agua y abonos que otras especies de plantas (Rongsen, 1992).

El mismo autor indica que el sistema de la raíz en amplia, de manera que se puede extender muchas veces durante la fase de crecimiento y formar una compleja cadena de raíces, muchas de éstas crecen hacia arriba desde una posición horizontal. Cuando esta planta se desarrolla entre la arena y los sedimentos, crecen masivas raíces adventicias, algunas de estas raíces adventicias se extienden para formar un sistema de raíz horizontal, de éstas mismas crecen otras plantas jóvenes.

### 2.3 Fijador de Nitrógeno

La Espina de Mar tiene una excelente habilidad para desarrollar sus raíces en suelos pobres por su capacidad de fijar nitrógeno directamente del aire a través de los nódulos de sus raíces. Se estima que unos 180 kg de nitrógeno por ha/año puede fijarse en el suelo alrededor de la planta en áreas forestales. Sus raíces pueden transformar las materias orgánicas insolubles y minerales del suelo en mayor estado de absorción, además de mejorar las propiedades físico-químicas del suelo (MACA, 2004), el Cuadro 1 muestra la cantidad de nitrógeno fijada por algunas leguminosas,

**Cuadro 1. Cantidad media de nitrógeno fijada por hectárea por algunas de las leguminosas más importantes**

Cultivo	Nitrógeno fijado kg N/ha/año
Alfalfa	220 – 300
Haba	45 – 52
Arveja	52 – 72
Frijol	40 – 70
Soja	57
Lenteja	117

Fuente: SNAG, 1994; FAO, 1984

Rongsen (1992), indica 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 soya.



Figura 4. Nódulos de raíz de Espina de Mar

## 2.4 Análisis bromatológico

Zhiben (1987), analizó sistemáticamente la composición química del fruto de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), recolectado de Shaanxi en China, donde se puede ver que la composición principal de las diferentes partes de la planta Cuadro 2.

**Cuadro 2. Composición química de diferentes partes de Espina de Mar**

Parte	Materia seca (%)	Total Azúcar soluble	VC mg/100g	VE mg/100g	Caroteno mg/100g	Acido Orgánico (%)	Aceite (%)	Proteína (%)	Acido Tónico (%)
<b>Pulpa</b>	22.90	7.17	780.90	1.10	7.70	4.40	2.05	0.40	0.50
<b>Semilla</b>	82.80	5.84	149.00	6.35	3.30	0.95	8.36	19.60	3.96
<b>Fruto</b>	26.00	6.29	741.00	1.79	7.30	4.35	2.20	1.20	0.57

Fuente: Zhiben, 1987

## 2.5 Factores ecológicos que influyen en el desarrollo de Espina de Mar

La Espina de Mar, es una planta fuerte, que se asume que puede sobrevivir en condiciones severas de la naturaleza, como las que presenta el altiplano boliviano (Rongsen, 1992).

Las especies de *Hippophae* presentan alta capacidad de adaptarse a condiciones adversas de clima y suelo. Puede crecer satisfactoriamente desde pocos metros hasta los 5.200 msnm; igualmente puede resistir temperaturas bajas hasta los 43 °C bajo cero y soportar altas temperaturas hasta de 40 °C; algunas especies pueden crecer con solamente 300 mm de precipitación pluvial, otras pueden soportar inundaciones y pueden crecer bien en suelos salinos (Rongsen, 1992, citado por Bonifacio *et al.*, 1994).

### **2.5.1 Temperatura**

Rongsen (1992), señala que la Espina de Mar, pertenece al grupo de plantas termófilas, esto puede ser comprobado, examinando la temperatura durante el proceso de germinación. La Espina de Mar, con temperaturas de 10 a 12 °C solamente el 13.2% de las semillas germinan, en un período de 47 días, pero si las temperaturas oscilan entre 24 a 26 °C el 95% de las semillas germinan en un periodo de 6 días.

No obstante una planta adulta de la Espina de Mar, puede resistir a temperaturas extremadamente bajas, durante la época de invierno a temperaturas de 10 a 13 °C son comunes en su hábitat natural. Se ha reportado que la Espina de mar puede soportar temperaturas mínimas extremas de – 40 °C (norte de China) y – 43 °C (en el estado de Gorka, ex Unión Soviética), sin que represente daños a la planta (Rongsen, 1992).

### **2.5.2 Suelo**

En su medio natural, las plantas de la Espina de Mar se encuentran sobre pendientes, con suelos bien drenados y sedimentados así como en las orillas de los ríos, lagos y orillas de mar (Kong, 1994).

Algunas de estas plantas han desarrollado satisfactoriamente en suelos arenosos, pedregosos, con contenido de arcilla pesada, que son apropiadas en algunas regiones siempre que exista un buen drenaje (Kong, 1994).

La Espina de Mar es un arbusto que prospera en suelos con un promedio de pH de 6 a 7, así también en suelos con pH de 5.5 a 8.3. Esto indica que la acidez y la alcalinidad de los suelos no son factores limitantes para el desarrollo de esta especie. También algunas especies crecen en suelos con pH de 9.5, mientras que otras son capaces de crecer en suelos con contenido de 1.1% de salinidad (Rongsen, 1992).

Min (1990), con respecto a la acidez y a la alcalinidad de los suelos menciona que éstos no se consideran como factor limitante ya que luego de un análisis de pH se puede observar que en suelos con pH de 5.5 a 8.3 se observa plantas con excelente productividad y desarrollo.

### **2.5.3 Precipitación**

Generalmente la Espina de Mar es una planta hidrófila, su hábitat natural, donde desarrolla mejor su crecimiento, es en los valles a orillas de ríos, laderas con sombra en las montañas donde la temperatura del aire y las condiciones del suelo no están adaptadas otros cultivos agrícolas. La mayoría de estas poblaciones donde crecen estas plantas, las precipitaciones pluviales oscilan entre 400 a 600 mm/año, por lo que es conveniente plantar estas especies (con fines comerciales), donde las precipitaciones no sean menores de los 400 mm/año, y mejor si existiese sistema de riego (Rongsen, 1992).

## **2.6 Usos y beneficios**

### **2.6.1 Medicinal**

El valor medicinal de la Espina de Mar es constantemente revelado por los investigadores, habiendo desarrollado algunas decenas de medicamentos que se encuentran en diferentes formas: líquidos, pastas, polvos, linimentos, supositorios, aerosoles, píldoras, parches, etc. Estos medicamentos son utilizados en forma externa e interna (oral), para

tratamientos tales como la mucositis oral, mucositis del recto, daños por radiación, quemaduras, escaldaduras, úlceras del duodeno, úlceras gástricas, úlceras de la piel causada por malnutrición y otros daños de la piel (Rongsen, 1992)

El fruto de Espina de Mar, tiene mas de 200 tipos de materia activa, contiene vitamina “C” de cinco a cien veces más alta que cualquier otra fruta o vegetal conocido, lo cual permite el procesamiento de: medicamentos, tónicos, jugos, refrescos, vinos y otros (MACA, 2004).

Rongsen (1992), menciona que la pulpa y semillas contienen una alta calidad de aceite el cual es considerado muy importante en el contexto de la medicina. Es así que la fruta de la Espina de Mar, esta siendo utilizado como un material puro sin mezcla para la producción de alimentos, medicinas, y cosméticos. Además sirve también como un recurso para la obtención de leña.

Las funciones más importantes farmacológicas del aceite de Espina de Mar, fueron descubiertas por científicos de ex Unión Soviética, que permiten controlar: la disminución de las inflamaciones, desinfecciones bacterianas, alivio de dolores y regeneración de tejidos; esto implica que el aceite de Espina de Mar, puede ser utilizado para injertos de piel, cosmetología y tratamiento posterior a las operaciones y heridas (Elmokov, 1985).

### **2.6.2 Forraje**

La hoja de la Espina de Mar tiene diferentes componentes alimenticios, es un excelente forraje para ganado bovino, caprino, camélido, ovino, porcino, e inclusive para peces y otros animales (MACA, 2004).

Necesita cuidados intensivos contra los animales en el primer período de establecimiento. Después de los tres años de plantación, la planta se vuelve perenne, entonces los animales como las cabras, ovinos y bovinos pueden alimentarse sin ningún cuidado tanto de sus hojas que todo el tiempo se mantienen verdes, como de sus frutos, que contienen mucha vitamina C y A, (MAGDR, 1994).

### **2.6.3 Utilización de residuos de frutas y semillas de Espina de Mar**

Tanto los residuos de la semillas como de frutas de esta planta alcanzan al 20% del total de su peso en fresco. Estos residuos son ricos en proteínas, grasas. Amino ácidos, vitamina C, grasas solubles, vitaminas A, D, E, y carotenoides, microelementos, etc. (Tigong *et al.*, 1988).

Las hojas de Espina de Mar y los residuos de frutas y semillas, son utilizadas como alimentación suplementaria que promueven el crecimiento de los animales y aves de corral e incrementan su productividad. Por ejemplo con la alimentación suplementaria de hojas de la Espina de Mar los cerdos pueden aumentar de peso de 9.38 a 21.17% del total y las cabras lecheras pueden alcanzar de 6.24 a 6.33%, así como también los huevos de las gallinas incrementan de 8.7 a 13.3%. El contenido de caroteno tiende a incrementarse y el colesterol disminuye (Xuchuan *et al.*, 1989, citado por Rongsen, 1991).

Estos aditivos suplementarios, no afectan la propagación normal de los animales, tampoco la deformación de embriones. Al contrario estos aditivos suplementarios pueden promover el crecimiento y desarrollo de las actividades inmune organismos e incrementar en los animales la resistencia a las enfermedades (Xuchuan *et al.*, 1989, citado por Rongsen, 1991).

#### **2.6.4 Conserva el suelo y el agua**

La Espina de Mar también sirve para canalizar ríos y ser usada como gaviones transversales, impidiendo inundaciones súbitas. Asimismo se caracteriza por conservar y purificar el agua (MACA, 2004)

#### **2.6.5 Leña**

Rongsen (1992) Menciona que sirve también como un recurso para obtención de leña. A la edad de seis años, la especie forestal, puede llegar a producir en cada hectárea unas 18 tn de leña que es igual a 12,6 tn de carbón.

#### **2.6.6 Otros**

El jugo obtenido de la pulpa de la fruta, es utilizado para la elaboración de bebidas, refrescos y algún otro alimento; los frutos contienen 35% de pulpa, 8 a 10% de aceite en la semilla, de donde se extraen sustancias bioactivas y varias clases de productos medicinales y cosméticos, principalmente desarrollados del aceite de la semilla, además de estos subproductos, también se ha logrado elaborar aceites para naves espaciales y la aviación (MAGDR, 1994).

Los frutos de la Espina de Mar contienen más de 100 tipos de nutrientes y sustancias bioactivas. El contenido de la vitamina C en la pulpa del fruto, varía en un rango de 800-1.000mg por 100gr de fruto, puede ser tan rica y alta como 2.000mg por 100mg, el cual es muy alto comparado con cualquier otra fruta y hortaliza cultivada (MAGDR, 1994).

## **2.7 Siembra**

Los plantines de Espina de Mar son débiles, entonces no deben ser sembrados profundamente. Si la superficie del suelo llega a secarse y ponerse dura, los plantines no llegan a brotar apropiadamente y se enrollan sofocándose bajo la superficie de la tierra. Las semillas deben ser sembradas en los huecos y cubiertos con 1 a 2 cm de tierra (Pan *et al.*, 1989).

## **2.8 Propagación**

### **2.8.1 Propagación por semilla**

El cultivo de plantines por semilla es una tecnología simple y tiene algunas ventajas definidas, este método produce un gran número de plantines que requiere bajos costos con relación a otros métodos de propagación, los plantines producidos sobreviven mejor y crecen más rápido comparado con los esquejes (Rongsen, 1992).

- **Pre-tratamiento de las semillas**

La semilla de Espina de Mar de China (*Hippophae rhamnoides*, L. subespecie *sinensi*), tiene una medida mediana, ya que un kilo de semilla seca contiene de 130 a 140 mil semillas. Si el promedio de germinación alcanza de 80 a 95%, un kilo de ésta semilla puede producir de 104 a 133 mil plántines. Antes de la siembra las semillas deben ser puestas en el agua a una temperatura de 60 y 70 °C, agitando constantemente, hasta que la temperatura se reduzca hasta los 10 a 20 °C, luego las semillas deben ser remojadas por dos días, cuando las semillas se dilatan lo suficiente, son sacadas fuera y secadas para la siembra (Rongsen, 1992).

## **2.8.2 Propagación por esquejes**

### **a) Esquejes de madera dura**

La Espina de Mar es una planta que se poliniza con el viento, los plantines propagados por semillas no pueden mantener las características biológicas y propiedades económicas que sean genéticamente idénticas a las plantas madres seleccionadas (Rongsen, 1992).

Entre los plantines usualmente se encuentran un mayor número de plantas masculinas que femeninas, esto es muy difícil de distinguir antes de la floración y de la aparición de los frutos. La propagación por esquejes puede producir vástagos enraizados con algunas propiedades genéticas similares a las plantas madres por un corto tiempo, estos pueden dar frutos de 1 a 2 años antes. Esta es una importante tecnología para la propagación y mejoramiento de variedades, introducción y aclimatación de nuevas especies de la Espina de Mar con la finalidad de extender las superficies de plantaciones artificiales (Rongsen, 1992).

El mismo autor indica que, aunque la tecnología de propagación por esquejes de árboles de madera dura, han sido ampliamente utilizados por los profesionales agrónomos, horticultores, forestales. Una significativa cantidad de investigaciones demostró que esta planta fácilmente desarrolla sus raíces a través de esquejes, pero aún su promedio de enraizamiento es incierto, por la susceptibilidad de que existen de las variadas condiciones ambientales en diferentes regiones.

## **b) Esquejes de madera blanda**

Usualmente esta técnica es un método de propagación efectivo, que necesita rociadores y una película (cubierta) plástica y otros equipos básicos. Los esquejes de los pequeños retoños, no tiene capacidad para formar raíces, las plántulas de este tipo de esquejes tropiezan con dificultades en la época de invierno. Los experimentos han demostrado que los retoños con moderado poder de crecimiento, en la misma capa de la corona y de la misma edad que son expuestos a la luz solar, son los más apropiados para esquejes, es aconsejable recolectar por las mañanas cuando sus hojas estén cubiertas por el rocío (Rongsen, 1992).

Cuando los esquejes (15 a 20 cm.de largo) son cortados de árboles madres deben ser inmediatamente puestos en bolsas plásticas para conservar, los mismos que permanecerán frescos durante tres días en estas condiciones. Los esquejes también pueden ser conservados en agua durante una semana sin perder su capacidad de enraizar.

### **2.8.3 Brotes y rebrotes**

La particularidad de propagarse mediante hijuelos de raíz, ha sido confirmada en las plantas mantenidas en campo, en Patacamaya, las unidades plantadas en primavera han formado espontáneamente numerosas plantas nuevas a partir de raíces (Bonifacio, 1994).

Es una especie perenne, crece muy bien hasta los 15 años luego va disminuyendo en su desarrollo notablemente, pero tiene la ventaja de poder ser reemplazada por otros brotes que nacen permanentemente, de las raíces, que hace que la población se mantenga normal y en muchos casos incrementada (Zapata, 1998).



Figura 5. Propagación de brotes y rebrotes

## 2.9 Épocas de plantación

Para la Espina de Mar la estación de otoño no es apropiada, debido a las características de sus raíces, puesto que muchos plantines (de almácigos), plantados en esta época mueren en el siguiente invierno. Habiéndose comprobado que el promedio de sobrevivencia de los plantines plantados en otoño es mucho mas bajo que aquellos plantados en primavera (Rongsen, 1992).

## 2.10 Asociación con otras especies

Se emplea la forestación mixta de Espina de Mar con otras especies como sauce, álamo, pino y caragana, los mismos que son plantados en la superficie de los defensivos de los ríos, que a través de sus raíces producen la compactación del suelo, hacen fuerte al golpe del agua y el viento (MAGDR, 1994).

Su gran extensión de plantación, en algunos casos en forma solitaria y otros en plantaciones mixtas con otras especies, como el sauce, el álamo y el pino, sabiendo que estos crecen verticalmente y la Espina de Mar se propaga horizontalmente, es decir haciendo una complementación perfecta, para el control de la erosión, porque la Espina de Mar disminuye el arrastre de suelo tanto por el viento y/o el agua, y las otras especies

(sauce, álamo y pino), atenúa la caída de las gotas de agua, disminuye el golpe de granizo contra el suelo, controlando enormemente la erosión (MAGDR, 1994).

### **2.11 Enfermedades**

El principal problema en el cultivo de la Espina de Mar es una enfermedad causada por una bacteria, *Pseudomonas syringe* causando el marchitamiento de la planta y posterior muerte de la misma (Yu, 1989), citado por Claros (2001).

En menor escala, se presenta una enfermedad causada por un hongo, *Cytospora sp.*, afectando a las hojas causando el amarillamiento y posterior muerte de las mismas (Hu, 1995), citado por Claros (2001).

### **2.12 Plagas**

La plaga mas común es el gusano de la planta *Hippophae*, puede ser de las clases Tsherbinka-1, Vitaminnaya y Maslichnaya. Que solamente causa daño foliar de poca importancia para el rendimiento de la planta (Hu, 1995), citado por Claros (2001).

### **2.13 La semilla**

“La semilla es el medio principal por el que las plantas se perpetúan de generación en generación. La vida de la semilla es una serie de evento biológico. Comienza con la flora de los árboles y termina con la germinación de la semilla madura” (Tarima, 1996).

### **2.14 Germinación**

“La germinación de la semilla es el desarrollo del embrión hasta la formación de la planta. Durante la germinación ocurren una serie de cambios bioquímicos consistentes principalmente en la solubilización de los azúcares, proteínas y grasas de reserva, que sufren variaciones para poder ser asimilados “(Tarima, 1996).

“El mismo autor indica que el agua es el factor determinante para el inicio y desarrollo normal de la germinación. La acción combinada de los otros factores como la luz, el oxígeno y la temperatura, aunque fundamentales en el proceso de germinación juegan un papel secundario con relación al agua”.

### **2.15 Descripción del sustrato**

El sustrato de almácigo es el medio en el cual germinaran las semillas. Este debe ser un material fino, poroso, suelto y liviano, de tal manera que permita una buena formación de la raíz principal en todas las especies. Por tanto el sustrato debe tener una textura arenosa limosa (Fossati y Olivera, 1996).

El sustrato utilizado para el llenado de bolsas debe contener un mayor número de nutrientes y una textura franca arcillosa. En este sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta sus establecimientos en plantación, (Fossati y Olivera, 1996).

### **2.16 Desinfección del sustrato**

Desinfección de sustratos, es necesario e importante para el almácigo debido a que un hongo o una enfermedad podría eliminar miles de plántulas, esta desinfección puede ser físico o químico (Fossati y Olivera, 1996).

### **2.17 Uso de estiércol**

“La gallinaza y el estiércol de vaca se deben usar solamente cuando se tiene la seguridad de que esté bien descompuesto y en la proporción de 15%. No debe olvidarse que en exceso puede ser causante de la proliferación de algunos tipos de hongos que podrían afectar la producción de plantas en el vivero” (Tarima, 1996).

El estiércol de bovinos, ovinos, conejos, camélidos, etc., debe ser utilizado bien descompuesto. Tiene características de reacción neutral a alcalina (pH 7 a 8). Su función es proporcionar nutrientes a las plantas (debido a que es el material más rico en nutrientes) y mantiene la humedad. Se recomienda utilizar en pequeños porcentajes

debido a que es un abono muy fuerte y podría ocasionar daños a la planta (quema las raíces) (Fossati y Olivera, 1996).

El uso del estiércol animal en la agricultura es muy importante debido a las bondades que este ofrece sobre las propiedades (físicas, químicas y biológicas) del suelo y el crecimiento de las plantas. La composición y el contenido de nutrientes presentes en los estiércoles varían mucho según la clase de animal, edad, manejo y alimentación que reciben y la composición química se muestra en Cuadro 3 (Orsag, 2005).

**Cuadro 3. Composición química de los distintos abonos orgánicos**

<b>Constituyentes</b>	<b>Bovino</b>	<b>Caballar</b>	<b>Ovino</b>	<b>Porcino</b>	<b>Gallináceo</b>
Humedad %	80.0	75.0	68.0	82.0	56.0
Nitrógeno %	1.67	2.29	3.75	3.75	6.27
P2O5 %	1.11	1.25	1.87	3.13	5.92
Potasio K2O %	0.56	1.38	1.25	2.50	3.27

Fuente: Dinchev *et al.* (1973)

El estiércol esta compuesto por una mezcla de paja o productos que llegan a formar las deyecciones de los animales (sólidas y líquidas). Su descomposición se obtiene a través de un proceso de fermentación, como resultado de este proceso se forma el “estiércol hecho” con excelentes cualidades como fertilizante orgánico (Aguirre, 1977, citado por Catari, 2002).

La composición y el contenido de nutrientes del estiércol varia mucho según la clase de animal del que provenga, la alimentación que haya recibido, la edad que tenga dicho animal, y el manejo que ha recibido. Por lo tanto, sus efectos en el suelo serán variables, sin embargo su composición química promedio es de 0.5% nitrogeno, 0.4% fósforo y 0.2% potasio (Clades, 1997, citado por Miranda, 2003).

### **2.18 Estiércol ovino**

El estiércol de ovino de acuerdo al contenido de agua que llevan en estado fresco, es considerado como estiércol caliente al igual que el estiércol de gallina y caballo. Además tienen un contenido de agua en promedio de 55 a 78%, que les permite un rápido calentamiento del material, siendo la temperatura un factor importante para una mejor y

rápida descomposición de la materia orgánica (Worthen y Aldrich, 1959), citado por Catari (2002).

El estiércol frío tiene una mejor aplicación en suelos ligeros y arenosos: La lenta descomposición producida hace que la permanencia del humus tenga un tiempo prolongado. Por otra parte, el estiércol caliente se observa mejor en suelos arcillosos donde el proceso de mineralización es mas rápido, esto ayuda la ligera actividad de la cobertura vegetal (Baeyens, 1970), citado por Catari (2002).

## 2.19 Para producir en bolsas

Tarima (1996), indica que para esto se necesita calcular la superficie que las bolsas ocupen en la platabanda. Se lo realiza según el tamaño (diámetro) de las bolsas.

En 1m<sup>2</sup> entran: 400 bolsas de 5cm de diámetro  
150 bolsas de 8cm de diámetro  
64 bolsas de 12cm de diámetro  
16 bolsas de 25cm de diámetro

En 2m<sup>2</sup> entran: 10 bolsas de 40cm de diámetro

**Cuadro 4. Llenado de bolsas por jornal**

Especie	Grosor de bolsas (micrones)	Tamaño (DxL) Bolsas cm	Nº de bolsas Llenadas por jornal
Café	100	12 x 20	500
Eucalipto	60	5 x 17	600
Mara	80	8 x 20	500
Mango	120	20 x 30	400

Fuente: Tarima (1996)

## 2.20 Preparación de bolsas

Las bolsas tienen que ser preferentemente de color oscuro (negro) pueden utilizarse de diferentes diámetros, tamaños y grosores; pero el que más se usa en nuestro medio es la bolsa tubo que viene en rollos de diferentes pesos (Tarima, 1996).

## 2.21 Precauciones en el relleno

En las bolsas se deben dejar por lo menos un centímetro de espacio libre. Si la bolsa esta completamente rellena de tierra, el agua no penetra hacia el fondo de la misma, perdiéndose por escurrimiento y por lo tanto el riego es ineficiente (Tarima, 1996).

El mismo autor menciona que el relleno debe ser realizado de manera cuidadosa, evitando dejar bolsas de aire o espacios libres en el interior de las bolsas. Los bolsones de aire tienen efectos negativos en el desarrollo de las raíces y por lo tanto en las plántulas.

## **2.22 Ambientes Atemperados**

La región altiplánica presenta condiciones climáticas adversas como las sequías, heladas, y bajas temperaturas, por que para asegurar la producción de especies deben construirse ambientes protegidos o atemperados. Existen diferentes tipos de estos ambientes, como ser: carpas solares, invernaderos, túneles subterráneos denominados hualipinis y otros. Las características técnicas de los ambientes atemperados construidos en el altiplano son por lo general sencillas y aprovechan fundamentalmente la energía solar pasiva (Hartman, 1990).

### **III. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### 3.1 LOCALIZACIÓN

#### 3.1.1 Ubicación geográfica

El presente ensayo se llevó a cabo, en los campos experimentales pertenecientes al Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri (T. A. C.), ubicado en la segunda sección Caquiaviri de la Provincia Pacajes, del departamento de La Paz. Se encuentra aproximadamente a 63 km de la ciudad de La Paz, a  $17^{\circ} 19' 59''$  de latitud sur y  $68^{\circ} 29' 45''$  de longitud oeste, la altura varía desde 3.820 hasta 4.500 msnm, al sur oeste del departamento de La Paz (Birbuet, 1992).



Figura 6. Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri

#### 3.1.2 Clima

La provincia Pacajes presenta un clima seco y frío, la temperatura mínima del mes más frío (junio), es de  $-5$  a  $-10$  °C bajo cero, mientras que la temperatura máxima media del mes más calido, es de  $18$  °C. La precipitación media anual es de 400 mm, destacándose una época húmeda en el verano (diciembre a marzo), y otra seca en el resto del año (Birbuet, 1992).

El mismo autor menciona que, las granizadas se presentan con frecuencia en los meses de septiembre y octubre, y al finalizar la temporada de lluvias. Existe una gran variación de temperaturas diurnas y nocturnas, lo que ocasiona heladas nocturnas durante casi todo el año.

### **3.1.3 Topografía**

Su topografía en general es ondulada y quebrada, presentando pequeñas terrazas de pendiente suave. Hacia el este presenta una planicie con variaciones de pendientes convexas y depresiones, hacia el norte presenta elevaciones con alturas promedio de 4.500 m.s.n.m., también presenta pequeñas terrazas hacia el este, estas elevaciones producen una serie de estribaciones a su alrededor. (PDM – Gobierno Municipal de Caquiaviri, 1998).

### **3.1.4 Vegetación**

“La vegetación dominante en la zona son praderas de altura, constituidas por una asociación compleja de gramíneas (donde predominan los géneros *Bromus*, *Calamagrostis*, *Distichlis*, *Festuca*, *Hordeum*, *Muhlenbergia*, *Nosella*, *Poa* y *Stipa*), leguminosas (de los géneros *Astragalus*, *Medicago* y *Trifolium*), hierbas y arbustos (géneros *Atriplex*, *Ephedra*, *Baccharis*, *Parastrephia*, *Tagetes* y *Suaeda*), existiendo también otras especies importantes en los denominados bofedales” (Birbuet, 1992).

### **3.1.5 Suelo**

“Los suelos han sido producto de la acción de diferentes formaciones geológicas cuya estructura es bastante sencilla, con horizontes poco diferenciados, con una capa superior de tendencia arenosa granular y con base arcillosa de estructura compacta. Varían desde muy poco profundos a moderadamente profundos (con predominio de afloramiento rocosos). Otros varían de profundos, moderadamente profundos a profundos, en las terrazas aluviales, llanuras fluvio lacustre y pie de monte. También presenta suelos profundos de textura variable arenosa, franco arcillosa y arenosa con grava” (PDM, 1998).



### 3.2.1 Material genético o biológico

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó la semilla de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* Linn) de la subespecie *sinensis Rousi* procedente de la Republica Popular China.

La semilla de Espina de Mar es de forma oval rectangular con una longitud de 2.0 a 5.0 mm y un diámetro de 2.5 a 3.5mm, esta cubierta por una cáscara o testa dura de color café grisáceo a café oscuro (Rongsen, 1992).



Figura 9. Semilla de Espina de Mar

### 3.2.2 Material de campo

- Bolsas de polietileno
- Termómetro ambiental
- Flexómetro de 3 m
- Regla de 30 cm
- Cartulina, pintura y estacas de 50 cm
- Cajas petri
- Carretilla
- Regadera de 10 l
- Formol al 40%
- Perforadora

### 3.2.3 Material de gabinete

- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Películas
- Hojas de papel bond
- Escáner
- Disquetes
- Bolígrafos, lápices, marcadores

### **3.2.4 Material orgánico (Sustratos)**

- Estiércol de ovino descompuesto
- Arena
- Tierra de lugar

#### **a) Estiércol de ovino**

Para el presente trabajo se utilizó como fuente de material orgánico estiércol de ovino proveniente del lugar, por su abundante disponibilidad en el área de estudio. El estiércol fue sometido al proceso de descomposición natural a campo abierto, antes de su aplicación, en instalaciones del Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri.

- **Análisis químico del estiércol ovino**

El análisis se realizó para determinar la cantidad de elementos nutritivos en el estiércol, como ser los valores del pH, contenido de materia orgánica, fósforo, nitrógeno y potasio disponible para la planta, cuyo resultado se observa en el Cuadro 5.

### Cuadro 5. Análisis químico del estiércol ovino

Estiércol	M. O. %	N total %	P total %	K total %	Materia seca %	pH	Relación C/N
Ovino	47.23	1.43	0.23	0.90	91.92	6.95	17.68

Fuente: IBTEN, 2004

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene 47.23% de materia orgánica, el cual es adecuado para desarrollo de plantas y también contiene el 1.43% de nitrógeno; en cambio, los contenidos de fósforo y potasio pueden considerarse como adecuados y finalmente el pH neutro.

#### b) Arena

La arena que se utilizó para el trabajo de investigación fue arena procedente del lugar, lavada y tamizada, para dar un buen drenaje a los sustratos, además de permitir la formación de la raíz.

#### c) Tierra de lugar

Es la tierra que existe en el lugar de estudio, tierra en descanso, con clase textural arcilloso de coloración rojizo, con 16% arena, 49% arcilla y 35% limo. Contenido medio de materia orgánica 2.65%, asimismo un pH 5.38 (fuertemente ácido) y el nitrógeno total de 0.133%. La cual antes de utilizarse se tamizó, para evitar que presente piedras y terrones grandes.

### 3.3 METODOLOGÍA

#### 3.3.1 Elección de lugar

El trabajo de investigación se realizó en la carpa solar del Tecnológico Agropecuario de Caquiaviri, que presenta forma de túnel rectangular, con dos puertas ubicadas de este a oeste y ventanas a los costados. La construcción es de ladrillo, fierro, y agrofílm, tiene una superficie de 375 m<sup>2</sup>, de los cuales se utilizó 29 m<sup>2</sup> para el ensayo.

#### 3.3.2 Preparación de sustrato

La preparación manual de cinco tipos de sustratos, se realizó faltando 20 días para la siembra, con la ayuda de una carretilla y una pala. Como insumos se utilizaron tierra del lugar, arena y estiércol descompuesto de ovino previamente tamizado (como materia orgánica) para el mejor aprovechamiento de los nutrientes por los plantines; la composición de los sustratos se detalla en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Preparación de tipos de sustratos**

Tipos de Sustrato	Tierra de lugar	Estiércol de Ovino	Arena
S1	0	4	4
S2	4	4	0
S3	3	3	2
S4	3	2	3
S5	4	0	4

Fuente: Elaboración propia, 2007

##### a) Sustrato 1

El sustrato 1, estuvo constituido por una mezcla de cuatro carretillas de estiércol ovino, más cuatro carretillas de arena tamizada, en una proporción de 4:4.

##### b) Sustrato 2

Conformado por la mezcla de cuatro carretillas de tierra del lugar, más cuatro carretillas de estiércol ovino, en una proporción de 4:4.

#### **c) Sustrato 3**

Compuesto por la mezcla de tres carretillas de tierra de lugar, más tres carretillas de estiércol ovino, más dos carretillas de arena, en una proporción de 3:3:2.

#### **d) Sustrato 4**

Conformado por una mezcla de tres carretillas de tierra de lugar, más dos carretillas de estiércol de ovino, más tres carretillas de arena, en una proporción de 3:2:3.

#### **e) Sustrato 5**

Compuesto por la mezcla de cuatro carretillas de tierra de lugar, más cuatro carretillas de arena, en una proporción de 4:4.

### **3.3.3 Desinfección del sustrato**

Para la desinfección de los sustratos, se empleó formol concentrado al 40% en una relación 1:50 (1 litro de formol en 50 litros de H<sub>2</sub>O). Con el objetivo de evitar enfermedades que puedan atacar a los plantines, la aplicación fue en una dosis de 8 litros de mezcla por 3 m<sup>2</sup> de sustrato y una altura de 25 cm, una vez realizada la desinfección, se cubrió los sustratos con plástico negro totalmente durante una semana, posteriormente se destaparon, se procedió a la remoción y se somete a la aireación por 3 días, luego el embolsado.

### **3.3.4 Embolsado**

Una vez desinfectado el sustrato se procedió al embolsado para lo cual se utilizaron tres tamaños de bolsas negras de polietileno, previamente perforadas para que tengan aireación y se evite el anegamiento. El volumen de sustrato estuvo de acuerdo al tamaño de bolsas en: a1 (13.5 x 18 cm) de 800 a 900 g, a2 (12 x 18 cm) de 1.200 a 1.500 g y a3 (16 x 27 cm) de 1.800 a 2.000 g de sustrato aproximadamente.

### **3.3.5 Ubicación de bolsas en bloques**

Una vez llenada las bolsas, se ubicaron en tres bloques, con tres repeticiones, para el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), que resulta el de mayor diámetro, la disposición fue: 6 filas por 5 columnas, sumando un total de 30 bolsas por cada unidad experimental, mientras que para los tamaños de bolsas a1 (13.5 x 18 cm) y a2 (12 x 24 cm), la disposición fue: 7 filas por 6 columnas presentando un total de 42 bolsas por unidad experimental.

### **3.3.6 Remojo de semilla en agua a temperatura ambiente**

Las semillas se colocaron en un recipiente de agua fría durante 20 días, a temperatura ambiente, con la finalidad de ablandar la testa que cubre la semilla, la cual empezó a abrirse a los 2 a 5 días en un 70%.

Según Bonifacio y Cayoja (1994), el tiempo de remojo de la semilla en agua destilada, resulta apropiado para ablandar la testa de la semilla, lo que permite una rápida germinación. Los mismos autores indican, que el tiempo de remojo varía de 3 a 5 días, a menor tiempo de remojo, la testa no se ablanda y a mayor tiempo existe el peligro de asfixiar el embrión y provocar la pudrición de la semilla.

### **3.3.7 Siembra de semilla**

La siembra directa en bolsas, se realizó el 7 de junio de 2004 a horas 15:00 pm hasta las 17:30 pm, teniendo los tratamientos a capacidad de campo.

#### **a) Cantidad de semilla**

Para el presente estudio se determinó la cantidad de semilla a emplear en la siembra, en base al conteo de 1g de semilla, el cual después de varias repeticiones obtuvo un promedio de 154 semillas por gramo. Asimismo se tomó en cuenta la cantidad de bolsas en estudio (1710 bolsas), y se colocaron 2 semillas por bolsa, sumando un total de 3.420 semillas, que equivale a 22 g, aproximadamente.

#### **b) Forma de siembra.**

Para la siembra, se realizaron huecos de 1.5 a 2.0 cm de profundidad, y se sembró directamente las semillas remojadas, colocando 2 semillas por bolsa y en algunos casos 3 semillas por bolsa, para garantizar el 100% de emergencia. Posteriormente las semillas fueron cubiertas con una capa de tierra, para evitar la pérdida de humedad y se procedió a regarlas.

#### **3.3.8 Riego**

El riego en los primeros días de establecimiento del experimento fue diario hasta que emergieron casi el 100% de los plantines, posterior a esto el riego fue cada 2 días hasta que alcanzaron una altura de 7 a 9 cm y finalmente el riego fue cada 3 a 4 días, manteniéndola a capacidad de campo, hasta el final de la investigación.

#### **3.3.9 Control de plagas y enfermedades**

Durante el crecimiento de los plantines, no se presentó incidencia de enfermedades. En cuanto a plagas, se observó la presencia de babosas, el ataque fue en los primeros días de la emergencia, las cuales atacaban por las noches comiendo las hojas, éstas fueron controladas mediante recolección de las mismas a horas 20:00 pm y 5:30 am. Para

controlar mejor las babosas, también se aplicó ceniza alrededor de las bolsas, y no se utilizó ningún tipo de insecticida.

### **3.3.10 Selección de muestras**

La selección de muestras se hizo al azar y se efectuó cuando los plantines presentaron una altura de 1.2 a 2.0 cm, eligiendo 10 plantines por cada unidad experimental los cuales fueron evaluados hasta el final de trabajo de investigación.

### **3.3.11 Semisombra**

Después del 100% de emergencia se colocó semisombra a los plantines para evitar el amarillamiento de las plántulas a causa de la caída directa de los rayos solares, hasta que alcanzaron una altura de 10 a 15 cm; posterior a esto se retiró la semisombra puesto que las plántulas eran más rústicas.

Al respecto (Rongsen, 1992) menciona que para evitar la muerte de los plantines por efecto de la luz solar fuerte, se hizo necesario cubrir los plantines con paja, para conservar la humedad ambiente o algún otro tipo de sombra.

### **3.3.12 Diseño experimental**

Para la evaluación de la investigación se empleó el diseño de Bloques Completos al Azar con dos factores, señalado por Calzada (1970), el factor A: Tamaño de bolsas y el factor B: Tipos de sustrato, con 15 tratamientos y 3 repeticiones, teniendo un total de 45 unidades experimentales.

#### **a) Factores en estudio**

Los factores en estudio fueron: tamaño de bolsas de polietileno (A) y tipos de sustrato (B), mismos que se detallan a continuación:

- **Factor A:** Tamaño de bolsas polietileno

$$a_1 = 13.5 \times 18 \text{ cm}$$

$$a_2 = 12 \times 24 \text{ cm}$$

$$a_3 = 16 \times 27 \text{ cm}$$

- **Factor B:** Tipos de sustratos

$S_1$  = 50% estiércol ovino y 50% arena

$S_2$  = 50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino

$S_3$  = 37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25% arena

$S_4$  = 37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena

$S_5$  = 50% tierra de lugar y 50% arena

**b) Modelo Lineal Aditivo (MLA)**

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media general

$\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto de i-ésimo tamaño de bolsa (factor A)

$\gamma_j$  = Efecto de la j-ésimo tipo de sustrato (factor B)

$\alpha\gamma_{ij}$  = Interacción del i-ésimo tamaño de bolsa (factor A) con el j-ésimo tipo de sustrato (factor B)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

**c) Características de los tratamientos**

De acuerdo a los factores en estudio se formularon 15 tratamientos, los cuales siguen a continuación, cuadro 7.

**Cuadro 7. Combinación de factores**

Tratamiento	Combinación de niveles	Arreglo factorial
T1	a <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	13.5x18 cm vs 50% estiércol y 50% arena
T2	a <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	13.5x18 cm vs 50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino
T3	a <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	13.5x18 cm vs 37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25 % arena
T4	a <sub>1</sub> S <sub>4</sub>	13.5x18 cm vs 37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena
T5	a <sub>1</sub> S <sub>5</sub>	13.5x18 cm vs 50% tierra de lugar y 50% arena
T6	a <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	12x24 cm vs 50% estiércol y 50% arena
T7	a <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	12x24 cm vs 50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino
T8	a <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	12x24 cm vs 37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25% arena
T9	a <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	12x24 cm vs 37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena
T10	a <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	12x24 cm vs 50% tierra de lugar y 50% arena
T11	a <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	16x27 cm vs 50% estiércol, 50% arena
T12	a <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	16x27 cm vs 50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino
T13	a <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	16x27 cm vs 37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25% arena
T14	a <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	16x27 cm vs 37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena
T15	a <sub>3</sub> S <sub>5</sub>	16x27 cm vs 50% tierra de lugar y 50% arena

Fuente: Elaboración propia, 2007

#### d) Características de croquis del Experimento

Superficie total del experimento.....	29.00 m <sup>2</sup>
Ancho de la unidad experimental.....	0.55 m
Largo de la unidad experimental.....	0.60 m
Distancia entre unidades experimentales.....	0.10 m
Distancia entre repeticiones.....	0.50 m
Distancia entre bloques.....	0.35 m

### 3.4 VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables de respuesta fueron: porcentaje de emergencia, altura de la planta, profundidad de raíz principal, extensión horizontal de raíz secundaria, longitud de hoja, ancho de hoja, número de nódulo, número de hijuelo, ramificación de raíz secundaria, porcentaje de sobrevivencia y análisis de costos, los cuales se detallan a continuación.

#### **a) Porcentaje de emergencia (%)**

Esta variable se evaluó contando las plántulas emergidas de Espina de Mar a los 6 días después de la siembra. Considerando como emergencia, al 50% de las plántulas visibles en la superficie de suelo por unidad experimental.

#### **b) Altura de planta (cm)**

Esta variable se registró a partir de la aparición de las dos primeras hojas verdaderas, midiendo con flexómetro desde el nivel del sustrato (base del tallo), hasta el ápice terminal de la planta. La medición se efectuó cada 7 días por las mañanas. Y para la evaluación final se considero la altura a los 140 días después de la emergencia.

#### **c) Profundidad de raíz principal (cm)**

La evaluación de la profundidad de la raíz principal, se realizó a los 140 días después de la emergencia, midiendo desde el nudo vital de la planta hasta el ápice final de la raíz principal, para lo cual se sacó los plantines de la bolsa, con mucho cuidado, evitando que se rompan las raíces.

#### **d) Extensión horizontal de raíz secundaria (cm)**

Esta variable también se determinó a los 140 días después de la emergencia, para esta medición se tomó en cuenta las raíces secundarias más representativas.

#### **e) Longitud de hoja (cm)**

Para evaluar esta variable se tomaron 10 muestras al azar de plantines en cada unidad experimental, de las cuales se tomó la longitud de 10 hojas por planta, utilizando una regla de 30 cm, desde la base de la hoja hasta el ápice final de hoja.

#### **f) Ancho de hoja (cm)**

De forma similar a la variable anterior, se tomaron 10 muestras al azar de plantines por unidad experimental, de las cuales se medieron 10 hojas por planta, con una regla de 30 cm de borde a borde.

#### **g) Número de nódulo**

El número de nódulos se determinó realizando el conteo, estos generalmente se presentaron en las raíces secundarias, un poco alejados de la raíz principal, los cuales en general fueron pequeños.

#### **h) Número de hijuelo**

Esta variable se determinó mediante conteo de los hijuelos presentes en la planta, los cuales se encontraron en las raíces principales y secundarias.

#### **i) Número de ramificación de raíz secundaria**

Se consideraron, mediante conteo, las ramificaciones más representativas de la raíz secundaria.

#### **j) Porcentaje de sobrevivencia (%)**

El porcentaje de sobrevivencia se determinó mediante el conteo de las plantas vivas hasta el final de la evaluación.

## k) Análisis del costo de producción de plantines

- **Costo de establecimiento (CE)**

Es la cantidad de dinero gastado en la construcción de los diferentes aspectos y componentes de la carpa solar como ser: ladrillos, cemento, adobes, fierros, agrofilm, etc., para lo cual se tiene como referencia un costo total de Bs 13.000.

- **Costo total de manejo (CTM)**

El costo total de manejo incluye el costo de mano de obra y el costo de insumos, mismo que es diferente según el tamaño de bolsas.

Además, son los gastos realizados en el pago de los jornales de las distintas actividades realizadas y en la compra de insumos para realizar el presente trabajo y se calculó mediante la siguiente fórmula descrita por Tarima (1996).

$$\text{Costo total de manejo} = \text{Costo mano de obra} + \text{Costo de insumos}$$

- **Costo según el área (CSA)**

Este costo se ha obtenido de acuerdo al área que ocupan, es imposible calcular un solo costo para todos los tamaños de bolsas, porque cada tamaño de bolsa tiene diferentes diámetros se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo según el área} = \% \text{ de área ocupada en carpa solar} \times \text{costo de establecimiento}$$

- **Costo total de producción de plantines**

El costo total de producción de plantines es el resultado de la cantidad de recursos económicos invertidos o gastados para producir cierto número de plantas de una sola especie y se calculo mediante la formula descrita por Tarima (1996):

$$CTPP = CTM + CSA$$

Donde:

CTPP = Costo total de producción de plantines

CTM = Costo total de manejo

CSA = Costo según el área

- **Costo por planta**

El costo por planta se evaluó, contabilizando el costo total de la producción por especie entre el número de plantas producidas.

$$\text{Costo por planta} = \frac{\text{Costo total de producción de plantines}}{\text{Número de plantines producidas}}$$

### 3.5 Otras variables

Como otras variables se tomo en cuenta el porcentaje de germinación y porcentaje de sobrevivencia.

#### a) Porcentaje de germinación

La prueba del porcentaje de germinación se realizó en dos ambientes: el Ambiente I, que corresponde a temperatura ambiente y el Ambiente II, que corresponde a carpa solar. En ambos casos las semillas se colocaron en cajas Petri utilizando una capa de arena fina

como sustrato, tomando un total de 5 repeticiones, cada una con 100 semillas. No se realizó ningún tipo de tratamiento antes de realizar la prueba.

Las semillas fueron colocadas el 8 de mayo de 2004, en ambas pruebas. En el Ambiente I, las semillas empezaron a germinar a los 7 días después de la prueba, el conteo se realizó cada día por las mañanas desde 15 de mayo hasta 2 de junio. En el Ambiente II, las semillas empezaron a germinar a los 4 días después de la prueba, el conteo se realizó también por las mañanas desde el 12 de mayo hasta el 27 de mayo.

Este parámetro sirve para determinar la viabilidad de las semillas, para de esta forma obtener mayor número de plántulas de Espina de Mar. El porcentaje de germinación se determinó utilizando la siguiente formula.

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

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio se analizan a continuación:

### 4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

En el Cuadro 8 y la Figura 9, se presentan los datos de las temperaturas promedio, máximas y mínimas en los meses de ensayo (mayo a octubre de 2004).

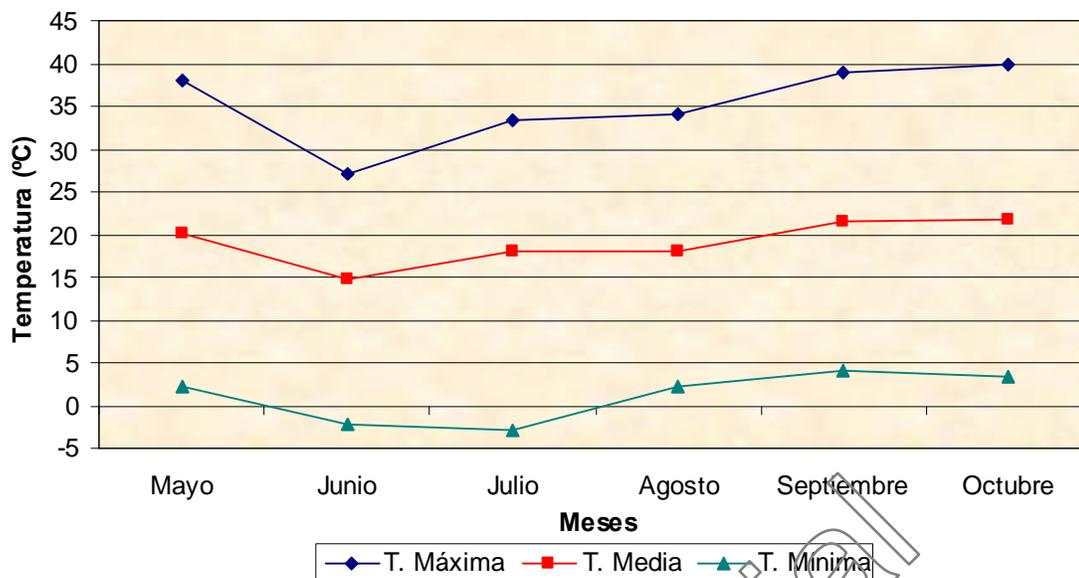
**Cuadro 8. Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas registradas en carpa solar durante el desarrollo del ensayo**

MES	T. máxima Promedio °C	Desviación estándar	T. media °C	T. mínima Promedio °C	Desviación estándar
Mayo	38.0	1.3	20.2	2.3	1.9
Junio	27.0	3.4	14.7	- 2.3	1.3
Julio	33.3	4.3	18.1	- 2.8	1.5
Agosto	34.0	4.4	18.1	2.2	1.7
Septiembre	39.0	2.2	21.5	4.0	1.5
Octubre	40.0	2.8	21.7	3.4	2.3
<b>Promedio</b>	<b>35.1</b>	<b>5.4</b>		<b>2.8</b>	<b>1.8</b>

Fuente: Elaboración propia 2007

Estas lecturas fueron registradas dos veces al día, con un termómetro ambiental de máximos y mínimos, mismo que fue colocado al centro del ensayo, a una altura de 0.30 m del suelo.

La temperatura promedio mínima registrada durante todo el ensayo fue de 2.8 °C con un desvío estándar de 1.8 °C con respecto a la media (Cuadro 8). Las bajas temperaturas se presentaron por las noches, en los meses de junio y julio, registrando 4.5 °C y 5.5 °C bajo cero (Anexo 3), con promedios mensuales de 2.3 °C y 2.8 °C bajo cero (Cuadro 8). Las bajas temperaturas no presentaron ningún efecto negativo sobre los plantines. También se observó una helada tardía a fines de octubre con una temperatura de 5.5 y 10 °C bajo cero (Anexo 3), la cual no tuvo consecuencias sobre los plantines.



**Figura 9. Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas registradas en carpa solar durante el desarrollo del ensayo.**

La temperatura promedio máxima registrada durante el ensayo fue de 35.1 °C con una desviación en promedio de 5.4 °C (Cuadro 8). Las altas temperaturas se registraron en los meses de septiembre y octubre alcanzando lecturas de 40 °C, 43 °C y 45 °C (Anexo 1), pero no se observaron efectos negativos sobre los plantines. Al contrario las temperaturas elevadas ayudaron al crecimiento y desarrollo de los plantines de Espina de Mar.

Las variaciones de temperaturas máximas y mínimas no incidieron sobre el desarrollo de los plantines, de modo que se puede verificar la resistencia de Espina de Mar a la variación de temperaturas desde 10 °C bajo cero hasta 45 °C.

La Espina de Mar, por su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, puede desarrollar con temperaturas de - 13 °C a 10 °C, que son comunes en su hábitat natural. Se ha reportado que soporta temperaturas mínimas extremas de - 40 °C a - 43 °C sin que presente daños (Solonenko et al., 1993, citado por Claros, 2001).

## 4.2 VARIABLES DE RESPUESTA

#### 4.2.1 Porcentaje de emergencia

Los resultados de análisis de varianza para porcentaje de emergencia se muestran en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. ANVA para porcentaje de emergencia**

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculado	P>F 5%
Bloques	2	260.09	130.05	3.27	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	156.97	78.48	1.97	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	89.91	22.47	0.56	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	425.59	53.19	1.33	2.29 <b>NS</b>
Error	28	1113.00	39.75		
Total	44	2045.56			

NS = No significativo

**CV = 7.09%**

El Cuadro 9, del análisis de varianza para la variable prueba de emergencia, muestra un coeficiente de variación de 7.09%, lo cual indica que los datos se consideran confiables según Calzada (1970). No se encontraron diferencias estadísticas a una probabilidad del 5%, para los bloques, factor A (tamaño de bolsas), factor B (tipos de sustrato), y la interacción A x B. Es decir que los tamaños de bolsas y los tipos de sustratos no influyeron sobre la emergencia de plantines de Espina de Mar, el cual presentó un promedio de 88.9% (Anexo 4).

Al respecto Castellón (2004), al realizar la prueba de emergencia en cuatro tipos de sustratos, tampoco registró significancia entre los bloques y tipos de sustratos, en Espina de Mar con un coeficiente de variación de 26.82 %.

Los resultados anteriores en la prueba de emergencia, como la germinación de las semillas, el desarrollo de sus raíces y su emergencia a la superficie, dependen sobre todo de la calidad de semilla, temperatura del ambiente y de la humedad constante en los sustratos.

Por otra parte los sustratos, presentaron buena porosidad lo que fue adecuado para la emergencia de los plantines, también presentaron buena textura, buen drenaje y buena capacidad de conservación de humedad, por otra parte las temperaturas máximas que se presentaron en el día favorecieron en la emergencia.

En cuanto al tamaño de bolsas, no presentó efecto alguno sobre la emergencia de las plántulas de Espina de Mar, esto puede atribuirse a que no estuvieron en contacto, debido a que las plántulas emergidas fueron muy pequeñas.

Al respecto Rongsen (1992), menciona que la Espina de Mar pertenece el grupo de plantas termófilas, cuando las temperaturas que oscilan entre 10 a 12 °C germinan solamente el 13.2% de las semillas, en un periodo de 47 días, pero si las temperaturas oscilan entre 24 a 26 °C el 95% de las semillas germinan en un periodo de 6 días.

Nitro PDF  
www.nitropdf.com

## 4.2.2 Altura de planta (cm)

Los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta se muestran en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. ANVA para altura de planta**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	40.24	20.12	1.63	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	159.23	79.62	6.43	3.34 *
Factor B (sustratos)	4	41.27	10.32	0.83	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	58.58	7.32	0.59	2.29 <b>NS</b>
Error	28	346.67	12.38		
Total	44	645.98			

NS = no significativo    \* = significativo al 5%    **CV = 11.42%**

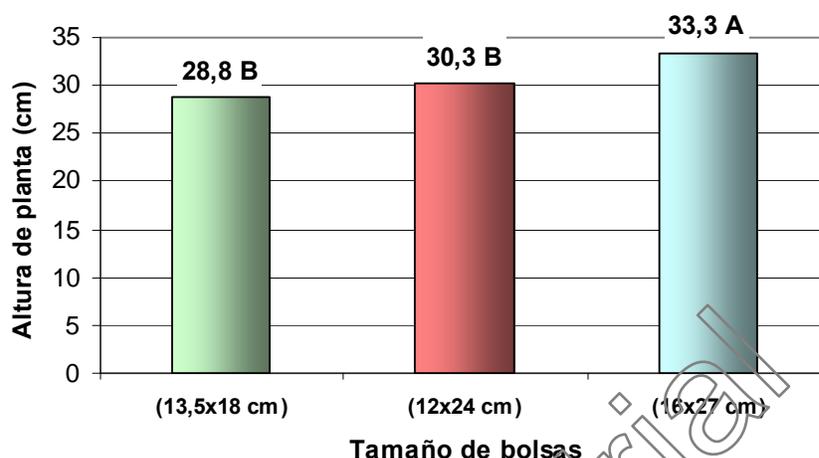
En el Cuadro 10, del análisis estadístico para altura de planta se determinó que existen diferencias significativa entre los tamaños de bolsas (Factor A), a un nivel de 5% de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que tamaños de bolsas existen diferencias.

En cambio, se observa que no hubo significancia al 5% de probabilidad para los bloques, factor B (tipos de sustratos) y la interacción A x B (tamaños de bolsas por tipos de sustratos), es decir, que la ubicación del bloque no presentó efecto sobre la altura de planta. Los sustratos fueron no significativos, presentando un crecimiento promedio de 30.8cm. El coeficiente de variación fue del 11.42%, lo que demuestra según Calzada (1970), el control del experimento y alta confiabilidad de los resultados (Anexo 5).

Al respecto Castellón (2004), realizó trabajo similar con Espina de Mar registró en el análisis de varianza, para la variable altura de planta, diferencias altamente significativas entre sustratos, con un coeficiente de variación de 4.70%. Con el sustrato S1 (100% tierra de lugar), registró mayor altura de planta con promedio de 9.5 cm, y menor altura de planta con promedio de 6.25 cm, obtuvo con el sustrato S4 (20% tierra de lugar, 30% tierra negra, 30% arena, 10% abono animal y 10% abono vegetal).

### 4.2.2.1 Altura de planta para Factor A (tamaño de bolsas)

La comparación de promedios para altura de planta (cm), para el Factor A (tamaño de bolsas), se muestra en la Figura 10.



**Figura 10. Altura de planta para Factor A (tamaño de bolsas)**

De acuerdo a la prueba estadística de Duncan (Anexo 6) efectuada al nivel del 5% de probabilidad, se encontró diferencias estadísticas entre tamaño de bolsas a3 (16 x 27 cm), donde se registró mayor promedio de altura de 33.3 cm, con respecto a bolsas de tamaño a1 (13.5 x 18 cm) y a2 (12 x 24 cm), cuyos promedios de altura son 28.8 cm y 30.3 cm, respectivamente, los cuales presentaron menores promedios en altura de planta.

Esto puede ser debido a menor longitud, y diámetro de bolsas, por lo que se puede estimar que hay menos asimilación de nutrientes por los plantines, por el poco contenido de sustrato en las bolsas. Al contrario las bolsas con mayor volumen los mismos que contenían más cantidad de sustrato, la absorción de nutrientes por los plantines fue mayor por presentar mayor libertad de crecimiento.

Al respecto González (1999), realizó la investigación con 200 esquejes con altura de 29 cm, con un diámetro de tallo promedio de 0.15 cm. Utilizó bolsas de polietileno 13 x 18 cm, el cual registró la altura de planta con promedios de 27.13 cm, 25.63 cm, 25.45 cm, 25.00 cm y 23.79 cm, respectivamente, al cabo de 360 días después de la plantación.

#### **4.2.3 Profundidad de raíz principal (cm)**

Los resultados del análisis de varianza para la profundidad de raíz principal se muestran en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. ANVA para profundidad de raíz principal**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	71.99	35.99	2.72	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	86.06	43.03	3.25	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	206.48	51.62	3.89	2.71 *
Interacción A x B	8	82.01	10.25	0.77	2.29 <b>NS</b>
Error	28	370.75	13.24		
Total	44	817.30			

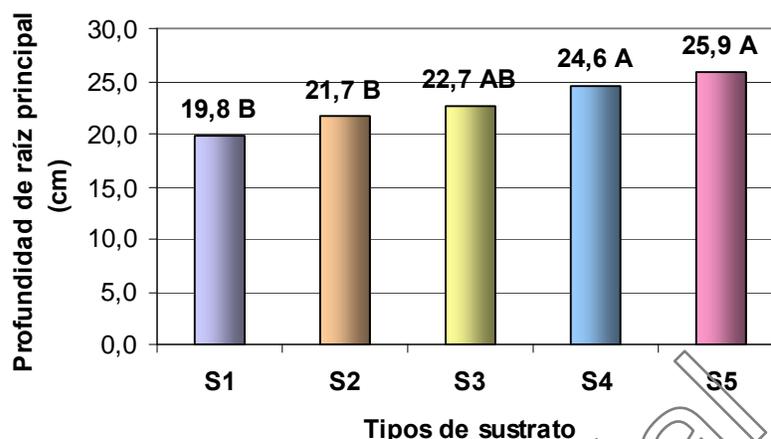
NS= no significativo    \* = significativo al 5%    **CV = 15.87%**

Según el análisis de varianza Cuadro 11, no se encontró diferencias estadísticas al nivel del 5% de riesgo, entre bloques, Factor A (tamaño de bolsas), y la interacción de factores A x B (tamaño de bolsas y tipos de sustrato), en el crecimiento de la raíz principal, es decir, que los tamaños de bolsas no influyeron en el crecimiento de la profundidad de raíz principal, registrándose un promedio de 22.9 cm.

En cambio el Factor B (tipos de sustratos), presentó diferencias estadísticas, en el crecimiento de raíz principal. El efecto de cada tipo de sustrato hizo que las diferencias sean significativas, debido a que la raíz principal creció y desarrollo según el tipo de sustrato, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que tipos de sustratos existen diferencias. El coeficiente de variación fue de 15.87%, lo que asegura que los datos se consideran confiables (Anexo 7).

#### 4.2.3.1 Profundidad de raíz principal para factor B (tipos de sustrato)

La comparación de promedios de profundidad de raíz principal (cm), en diferentes tipos de sustratos se muestra en la figura 11.



**Figura 11. Profundidad de raíz principal para factor B (tipos de sustrato)**

Mediante la prueba de Duncan (Anexo 8), de comparación de medias a un nivel del 5% ( $\alpha = 0.05$ ), se muestran diferencias estadísticas para los sustratos S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena) y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), los cuales alcanzaron mayor crecimiento de la raíz principal, con promedios de 24.6 cm y 25.9 cm, respectivamente, con respecto a los sustratos S1 (50% estiércol ovino y 50% arena) y S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino), que alcanzaron menor crecimiento de raíz con promedios de 19.8 cm y 21.7 cm, respectivamente, siendo la diferencia de 4.8 cm, 2.8 cm, 6.1 cm y 4.2 cm, respectivamente.

Esta diferencia puede atribuirse al poco contenido de estiércol ovino en el sustrato S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena) y al elevado porcentaje de arena en el sustrato S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), los cuales influyeron en el crecimiento de la raíz principal, debido a que los sustratos que tienen mayor contenido de estiércol ovino en su composición, presentaron menor crecimiento de raíz principal, debido a que los plantines no necesitaron alargar su raíz para obtener nutrientes.

Por otro lado, el mayor porcentaje de arena en los sustratos fue adecuado para el crecimiento y desarrollo de raíz principal, por presentar buena textura, buen drenaje y porosidad, por lo que se puede estimar que en la primera fase de implantación la Espina de Mar no requiere de excesiva materia orgánica.

Al respecto González (1999), al realizar propagación por esquejes observó los mejores resultados en las características fonológicas (diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, porcentaje de sobrevivencia), en el tratamiento A (arena 50%, tierra 50% y estiércol 0%), llegando a demostrar que esta especie no es exigente en cuanto se refiere a materia orgánica.

#### 4.2.4 Extensión horizontal de raíz secundaria (cm)

Los resultados del análisis de varianza para extensión horizontal de la raíz secundaria son presentados en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. ANVA para extensión horizontal de raíz secundaria**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	35.81	17.91	1.57	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	193.04	96.52	8.47	3.34 *
Factor B (sustratos)	4	230.80	57.70	5.06	2.71 *
Interacción A x B	8	156.32	19.54	1.71	2.29 <b>NS</b>
Error	28	319.19	11.39		
Total	44	935.17			

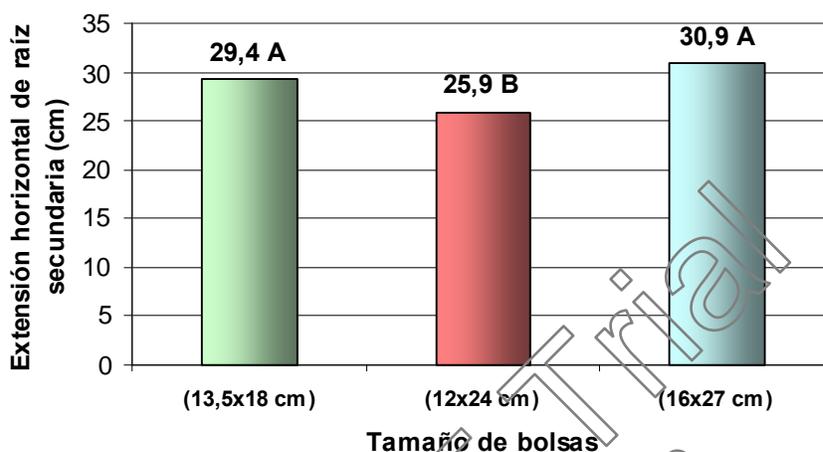
NS = no significativo \* = significativo al 5% **CV= 11.74%**

El Cuadro 12 de análisis de varianza muestra un coeficiente de variación del 11.74%, lo cual indica que existe alta confiabilidad en los datos de la medición de extensión horizontal de la raíz secundaria (Anexo 9). El mismo cuadro, revela que no existen diferencias estadísticas al nivel del 5% de probabilidad, entre bloques y la interacción de los factores Ax B (tamaños de bolsas y tipos de sustratos), los factores actuaron independientemente, en lo referente a la extensión horizontal de la raíz secundaria.

Se encontró diferencias estadísticas, para el Factor A (tamaños de bolsas) y Factor B (tipos de sustratos), lo que indica que los tamaños de bolsas y los tipos de sustratos influyeron sobre la extensión horizontal de raíz secundaria, para lo cual se realizó la prueba de Duncan, para ver entre que niveles hay diferencias.

#### 4.2.4.1 Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor A (tamaño de bolsas)

La comparación de promedios para extensión horizontal de raíz secundaria (cm) para el factor A (tamaño de bolsas), se muestra en la figura 12.



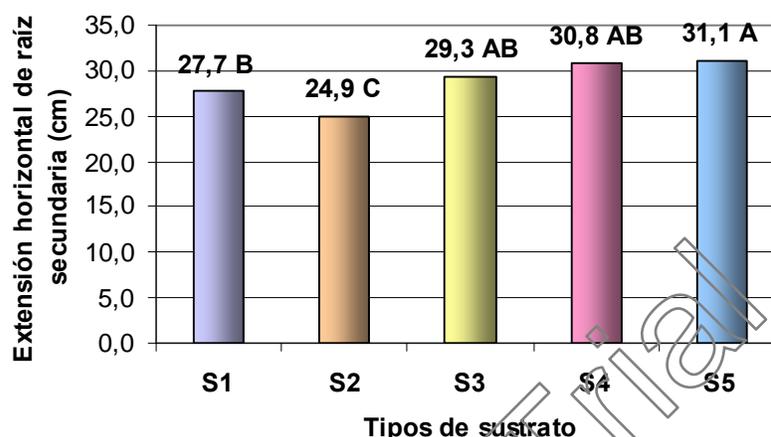
**Figura 12. Extensión horizontal de raíz secundaria para factor A (tamaño de bolsas)**

Según la prueba de Duncan (Anexo 10), al 5% de significancia, se encontró diferencias estadísticas entre los tamaños de bolsas en el crecimiento de extensión horizontal de raíz secundaria. Las bolsas de tamaño a1 (13,5 x 18 cm) y a3 (16 x 27 cm), presentaron mayor crecimiento con promedios de 29,4 cm y 30,9 cm, respectivamente y en las bolsas de tamaño a2 (12 x 24 cm), se registró menor crecimiento con promedio de 25,9 cm, siendo las diferencias 3,3 cm y 4,9 cm, respectivamente.

Estas diferencias se pueden atribuir al diámetro de bolsas, puesto a que bolsas con mayor diámetro presentaron mayor extensión de raíz secundaria, por tener mayor espacio y porque presentaron mas libertad de crecimiento a diferencia de las bolsas que tienen menor diámetro y menor espacio.

#### 4.2.4.2 Extensión horizontal de raíz secundaria para Factor B (tipos de sustrato)

La comparación de promedios de extensión horizontal de raíz secundaria (cm) para el Factor B (tipos de sustrato), se muestra en la figura 13.



**Figura 13. Extensión horizontal de raíz secundaria para factor B (tipos de sustrato)**

Mediante la prueba de Duncan (Anexo 11), al 5% ( $\alpha = 0.05$ ) de probabilidad, se observan diferencias estadísticas para los sustratos. El sustrato S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino), presentó menor crecimiento de extensión horizontal de raíz secundaria, con promedio de 24.9 cm. En cambio, el sustrato S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), presentó mayor crecimiento de extensión horizontal de raíz secundaria, con promedio de 31.1 cm, con una diferencia de 6.2 cm, respectivamente. Estas diferencias se atribuyen al contenido de arena en los sustratos, donde el sustrato S2, presentó solo el 12.5% de arena, en comparación al sustrato S5, que presentó el 50% de arena lo que facilitó el enraizamiento.

Al respecto Rongsen (1992), menciona que, algunas plantas han desarrollado satisfactoriamente incluso en suelos arenosos, suelos pedregosos y suelos con contenido de arcilla pesada, que son apropiados en algunas regiones, siempre que exista un buen drenaje.

#### 4.2.5 Longitud de hoja (cm)

Según el análisis de varianza presentado en el Cuadro 13, existen diferencias estadísticas en la longitud de hoja para el Factor A (tamaño de bolsas) y el Factor B (tipos de sustrato), en cambio los bloques y la interacción A x B (tamaños de bolsas por tipos de sustrato), fueron no significativos a un nivel del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) de probabilidad, estos dos factores actúan independiente sobre la longitud de hoja, el coeficiente de variación es de 5.77%, valor que esta dentro del rango aceptable (Calzada, 1970), los datos tomados de longitud de hoja son confiables (Anexo 12).

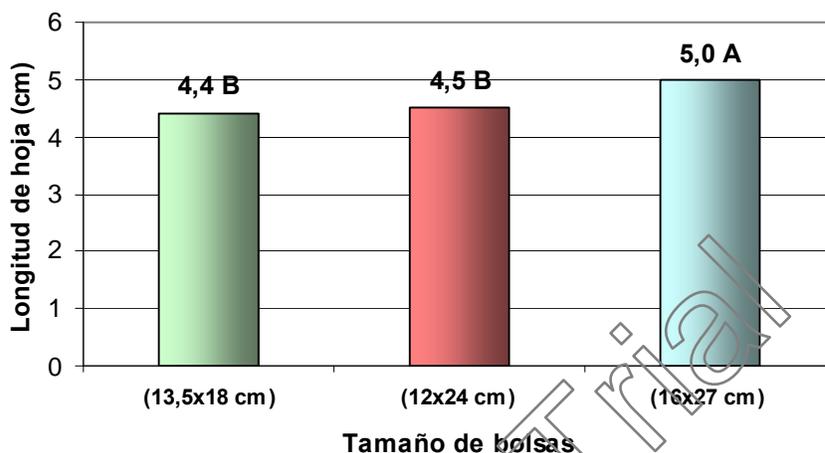
**Cuadro 13. ANVA para longitud de hojas**

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	Ft 5%
Bloques	2	0.33	0.02	0.24	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	3.04	1.51	21.33	3.34 **
Factor B (sustratos)	4	7.75	1.94	27.24	2.71**
Interacción A x B	8	1.10	0.14	1.93	2.29 <b>NS</b>
Error	28	1.99	0.07		
Total	44	13.92			

NS = no significativo    \*\* = altamente significativo al 5%    **CV = 5.77 %**

#### 4.2.5.1 Longitud de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)

La comparación de promedios de longitud de hojas (cm) para el factor A (tamaño de bolsas), se muestra la figura 14.

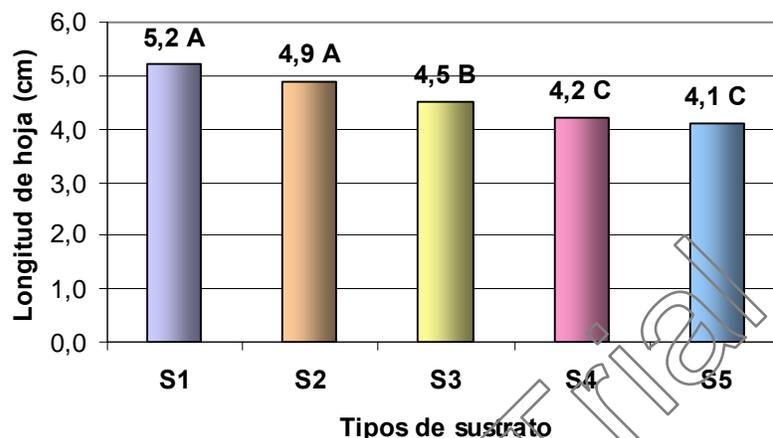


**Figura 14. Longitud de hoja para factor A (tamaño de bolsas)**

Mediante la prueba de Duncan (Anexo 13), para comparar promedios de longitud de hoja para el factor A (tamaño de bolsas), se observó que existen diferencias estadísticas a un nivel del 5% de probabilidad, donde el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), presentó mayor longitud de hoja con un valor promedio de 5.0 cm, con respecto a los tamaños de bolsas a1 (13.5 x 18 cm) y a2 (12 x 18 cm), que presentaron menores longitudes de hoja, con promedios de 4.4 cm y 4.5 cm, respectivamente. La diferencia observada en el primer caso se atribuye a la longitud y diámetro de las bolsas y el contenido de sustrato en las mismas, lo que influyó en la absorción de nutrientes por la planta y el mayor desarrollo de la longitud de hojas, como se observa en la Figura 14.

#### 4.2.5.2 Longitud de hoja para Factor B (tipos de sustrato)

La comparación de medias de longitud de hojas (cm), para el factor B (tipos de sustrato), se muestra en la figura 15.



**Figura 15. Longitud de hoja para factor B (tipos de sustratos)**

Mediante la comparación de promedios mediante Duncan (Anexo 14), se puede mencionar que existen diferencias estadísticas a un nivel del 5% de probabilidad, entre los sustratos S1 y S2 con respecto a S3, S4 y S5. La Figura 15, muestra una clara diferencia entre estos tipos de sustratos, observándose mayor longitud de hojas en los sustratos S1 (50% estiércol ovino y 50% arena) y S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino) con promedios de 5.2 cm y 4.9 cm, a diferencia de los sustratos S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena) y S5 (50 %tierra de lugar y 50% arena) que registraron menor longitud de hoja con promedios de 4.2 cm y 4.1 cm, respectivamente.

Esta diferencia se atribuye al contenido de estiércol ovino en los sustratos que favoreció sobre desarrollo de las hojas, y por ende a la mayor disponibilidad de nutrientes en los sustratos. Por otra parte se debe al contenido de nitrógeno en el estiércol ovino de 1.43% y al contenido de materia orgánica de 47.23% (Cuadro 5), el cual es absorbido por la planta, promoviendo el desarrollo foliar. Sin embargo aquellos que presentaron menor desarrollo en la longitud de hojas, es por lo que solo aprovechó nutrientes disponibles en tierra de lugar 0.13% de nitrógeno y 2.65% de materia orgánica (Anexo 2).

#### 4.2.6 Ancho de hoja (cm)

Los resultados según el análisis de varianza para el ancho de hoja (Cuadro 14), muestra que existe diferencias estadísticas, para el Factor A (tamaño de bolsas) y Factor B (tipos de sustrato) y no así para bloques y la interacción A x B (tamaño de bolsas y tipos de sustrato), a un nivel de 5% de probabilidad, el coeficiente de variación fue de 12.67% valor que se halla dentro del rango aceptable indicado por Calzada (1970), los datos se consideran confiables (Anexo 15).

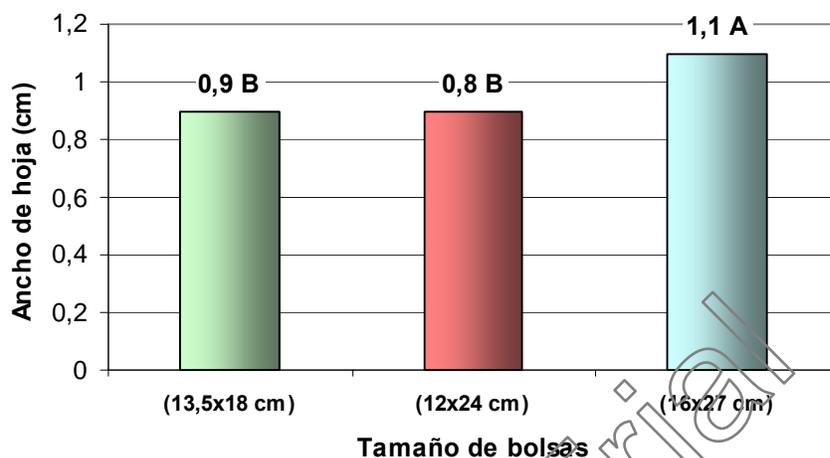
**Cuadro 14. ANVA para ancho de hoja**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F t 5%
Bloques	2	0.32	0.02	1.06	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	0.48	0.24	15.64	3.34 <b>**</b>
Factor B (sustratos)	4	1.68	0.42	27.63	2.71 <b>**</b>
Interacción A x B	8	0.18	0.02	1.46	2.29 <b>NS</b>
Error	28	0.43	0.02		
Total	44	2.80			

NS = no significativo    \*\* = altamente significativo al 5%    **CV = 12.67%**

#### 4.2.6.1 Ancho de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)

La comparación de promedios obtenidos según el tamaño de bolsas, para el variable ancho de hoja en plántulas de Espina de Mar, se muestra en el Anexo 16 y figura 16.

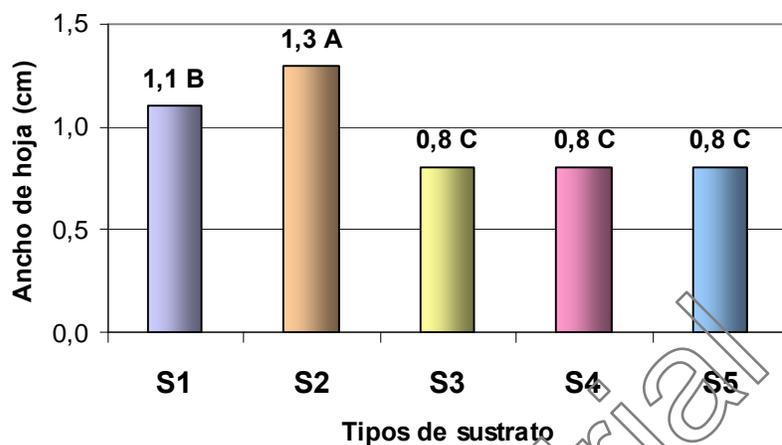


**Figura 16. Ancho de hoja para Factor A (tamaño de bolsas)**

Según la información presentada en la figura 16, se observan diferencias estadísticas entre los tamaños a1 y a2, con respecto al tamaño a3, a un nivel del 5% de probabilidad. Donde a3 (16 x 27 cm) presentó mayor ancho de hoja con un promedio de 1.1 cm, en cambio a1 (13.5 x 18 cm) y a2 (12 x 24 cm), presentaron menor ancho de hoja, con promedios de 0.9 cm y 0.8 cm, respectivamente. Diferencia puede ser debido al tamaño y diámetro de las bolsas. Porque en bolsas de mayor tamaño presentaron más contenido de sustrato, por lo tanto la absorción fue mayor.

#### 4.2.6.2 Ancho de hoja para Factor B (tipos de sustratos)

La figura 17, resume los resultados obtenidos, del diámetro de hoja en diferentes tipos de sustratos, para la Espina de Mar, bajo condiciones de carpa solar.



**Figura 17. Ancho de hoja para factor B (tipos de sustrato)**

En la figura 17 se puede observar que existen diferencias estadísticas a nivel del 5% de probabilidad (Anexo17), obteniéndose mayor desarrollo de hoja con el sustrato S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino) y sustrato S1 (50% estiércol ovino y 50% arena), con promedios de 1.3 cm y 1.1 cm de ancho. En cambio los sustratos S3 (37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25% arena), S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena) y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), registraron menor desarrollo de hoja, con promedio de 0.8 cm, en los tres tipos de sustrato.

Estas diferencias se atribuyen al mayor o menor contenido de estiércol de ovino en los sustratos, porque la presencia de nitrógeno en el estiércol logra que las hojas tengan mayor desarrollo. Por otro lado debemos establecer que la absorción de nutrientes por la planta es mayor a medida que se incrementa el contenido de estiércol ovino en los sustratos.

#### 4.2.7 Número de nódulo

Los resultados de análisis de varianza para número de nódulo son presentados en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. ANVA para número de nódulos**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	0.58	0.29	0.45	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	0.18	0.09	0.14	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	0.31	0.78	0.12	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	1.16	0.14	0.22	2.29 <b>NS</b>
Error	28	18.09	0.65		
Total	44	20.31			

NS = No significativo      CV = 29.17 %

El cuadro 15, que corresponde al análisis de varianza para el número de nódulos, obtenidos en Espina de Mar bajo condiciones de carpa solar mostró un coeficiente de variación de 29.17 %, lo que manifiesta que los datos están dentro del rango aceptable. Por otro lado no se registraron diferencias estadísticas entre todas las fuentes de variación: bloques, Factor A (tamaño de bolsas), Factor B (tipos de sustratos), y la interacción bolsas por sustratos. Es decir los bloques, tamaños de bolsas y tipos de sustratos no presentaron influencias sobre la formación del número de nódulos, observándose el promedio de 2.8 nódulos por planta (Anexo 18).

La poca presencia de nódulos se puede atribuir a la edad de los plantines (140 días después de la siembra. Al respecto Bonifacio (1994), observo la formación de nódulos en plantas muy jóvenes y sin la inoculación respectiva.

#### 4.2.8 Número de Hijuelos

El análisis de varianza efectuado para el número de hijuelos, es presentado en el Cuadro 16.

**Cuadro 16. ANVA para número de hijuelos**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	102.18	51.09	5.53	3.34 *
Factor A (bolsas)	2	26.18	13.09	1.42	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	35.02	8.76	0.95	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	120.04	15.00	1.63	2.29 <b>NS</b>
Error	28	258.49	9.23		
Total	44	541.91			

NS = no significativo \* = significativo **CV = 27.24%**

En el Cuadro 16, se puede observar un coeficiente de variación de 27.24%, esto indica que los datos son confiables (Anexo 19). Por otra parte se encontraron diferencias estadísticas entre bloques, lo que quiere decir que la ubicación de bloques influyó en la formación de hijuelos. Asimismo, no se encontraron diferencias estadísticas para el Factor A (tamaño de bolsas), Factor B (tipos de sustrato) y la interacción bolsa por sustratos, donde el promedio registrado fue de 11.2 hijuelos por planta (Anexo 19).

#### 4.2.9 Número de ramificaciones de raíz secundaria

Los resultados del análisis de varianza para el número de ramificaciones de raíz secundaria son presentados en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. ANVA para número de ramificaciones de raíz secundaria**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F calculado	Ft 5%
Bloques	2	3.38	1.69	1.82	3.34 <b>NS</b>
Factor A (bolsas)	2	1.24	0.62	0.67	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	0.44	0.11	0.12	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	14.76	1.84	1.99	2.29 <b>NS</b>
Error	28	25.96	0.93		
Total	44	45.78			

NS = no significativo      **CV = 10.90%**

En el cuadro 17, se puede observar que los bloques, Factor A (tamaño de bolsas), Factor B (tipos de sustrato) y la interacción bolsas por sustratos, no presentaron diferencias estadísticas sobre las ramificaciones de raíz secundaria. Por que los sustratos como las bolsas fueron adecuadas. Asimismo el coeficiente de variación encontrado es 10.90%, significa que los datos de los cuales procedió este análisis son confiables (< 30%), el promedio de 9.0 ramificaciones por planta (Anexo 20).

#### 4.2.10 Porcentaje de sobrevivencia

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia se muestran en el Cuadro 18.

**Cuadro 18. ANVA para porcentaje de sobrevivencia**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F calculado	F t 5%
Bloques	2	1398.65	699.32	7.04	3.34 *
Factor A (bolsas)	2	317.59	158.79	1.59	3.34 <b>NS</b>
Factor B (sustratos)	4	663.78	165.95	1.67	2.71 <b>NS</b>
Interacción A x B	8	904.37	113.04	1.13	2.29 <b>NS</b>
Error	28	2781.43	99.33		
Total	44	6065.84			

NS = no significativo      \* = significativo al 5%      **CV = 11.34%**

Según el análisis de varianza Cuadro 18, se encontró diferencias estadísticas al nivel del 5% de probabilidad, entre bloques, donde el mayor porcentaje de sobrevivencia de registro en el bloque I, con promedio de 88.6%, el cual se atribuye a la ubicación del bloque, el menor porcentaje de sobrevivencia se presentó en el bloque III, con promedio de 81.2%, el cual fue ubicado al extremo. La muerte de plántines se puede deber a las condiciones desfavorables que se presentan en la carpa como ser la caída directa del sol al medio día, baja humedad en los sustratos (Anexo 21).

En cambio no se encontró diferencias estadísticas para el Factor A (tamaño de bolsas), Factor B (tipos de sustrato) y para la interacción de tamaño de bolsas por tipos de sustratos, estos no influyeron en el porcentaje de sobrevivencia de los plántines. El coeficiente de variación fue de 11.34%, valor que se encuentra dentro del rango aceptable (Calzada, 1970). Al respecto González (1999), también registro significancia para los bloques y no así para los tratamientos (sustratos), con el coeficiente de variación de 9%. Observo una diferencia numérica de porcentaje de sobrevivencia, registrando mayor porcentaje de sobrevivencia en tratamiento A (arena 50%, tierra 50% y estiércol 0%), el cual presento 0% de mortalidad.

#### 4.2.11 Análisis de los costos de producción

##### a) Costo general de producción

Para la realización del presente trabajo, se cuantificó los costos de insumos como ser: estiércol ovino, arena y tierra de lugar, en carretillas; y el costo de la mano de obra por jornal, como se muestra en el Anexo 22.

Dentro de los costos de producción de plantines de Espina de Mar, la mano de obra requirió una mayor inversión (Bs 840,00), con respecto a los costos de insumos (Bs 353,89) obteniéndose un costo total de manejo de Bs 1193,89. El costo por planta se obtuvo en base al costo total de manejo más el costo según el área teniendo un total de Bs 2.194,89, para producir 1710 plantas, siendo el costo por planta de Bs 1,28 (Anexo 22).

Suponiendo que el precio de venta de una planta de Espina de Mar sea Bs 2,00 se obtendrá un total de Bs 3.420,00 de los cuales, restando el gasto efectuado se tendrá un saldo de Bs 1.225,11 lo que demuestra que la producción de plantas de Espina de Mar bajo estas condiciones puede generar ingresos económicos.

#### **b) Análisis de costos de producción de acuerdo al tamaño de bolsas**

Los costos de producción presentaron variaciones de acuerdo al tamaño de bolsas. Donde los costos que varían fueron: mano de obra por jornal y costo de insumos (bolsas de polietileno, estiércol ovino, arena, tierra de lugar, etc).

En el Cuadro 19, se detallan los costos de producción de plantines de Espina de Mar en la primera fase de implantación, bajo carpa solar acuerdo al tamaño de bolsas utilizadas.

- **Para bolsas 13.5 x 18 cm**

Para el tamaño de bolsas 13.5 x 18 cm, el costo de mano de obra fue de Bs 245,00 y el costo de los insumos fue Bs 97,12, obteniéndose el costo total de manejo de Bs 342,12. El costo total de producción de plantines se obtuvo sumando el costo total de manejo (Bs 342,12), mas el costo según el área (Bs 312,00), hizo un total de Bs 654,12 para producir 630 plantines, siendo el costo por planta de Bs 1,04 (Anexo 23). En este caso suponiendo

un precio por planta de Bs 2,00 se tendrá Bs 1.260,00, descontando los gastos invertidos se obtendría una ganancia de Bs 605,88, como se observa en el Cuadro 19.

- **Para bolsas 12 x 24 cm**

En este caso el costo de la mano de obra fue de Bs 260,00 y el costo de insumos de Bs 123,12, teniendo un total de Bs 383,12. El costo total de producción de plantines fue de Bs 656,12 para producir 630 plantas, obteniéndose un costo por planta de Bs 1,04 (Anexo 24). En cuyo caso se obtiene una ganancia de Bs 603,88 como se observa en el Cuadro 19.

- **Para bolsas 16 x 27 cm**

Finalmente el costo de mano de obra para el tamaño de bolsa 16 x 27 cm fue de Bs 260,00 y el costo de los insumos de Bs 133,59 sumando un total de Bs 393,59. A los cuales se añadió el costo según el área Bs 377,00. El costo total de producción de plantines es de Bs 770,59 para producir 450 plantines, obteniéndose un costo de Bs 1,71 por planta (Anexo 25). En este caso restando los costos de los Ingresos brutos se obtiene una ganancia de Bs 129,41 (Cuadro 19).

De acuerdo con el análisis de los costos, en base al tamaño de bolsas, se observaron diferencias entre los costos (Cuadro 19), obteniéndose un costo por planta de Bs 1,04, 1,04 y 1,71. Por tanto el costo de producción en bolsas de tamaño 16 x 27 cm, es elevado debido al área que ocupan y costo de manejo.

**Cuadro 19. Costo de producción de plantas de Espina de Mar,  
de acuerdo al tamaño de bolsas**

<b>Detalle</b>	<b>13.5 x 18 cm</b>	<b>12 x 24 cm</b>	<b>16 x 27 cm</b>
----------------	---------------------	-------------------	-------------------

Costo de establecimiento (Bs)	13.000	13.000	13.000
Área ocupada en carpa solar	2.4% (9 m2)	2.1% (8 m2)	2.4% (11 m2)
Costo total de manejo (Bs)	342,12	383,12	393,59
Costo según el área (Bs)	312,00	273,00	377,00
Costo total de producción de plantines (Bs)	654,12	656,12	770,59
Numero de plantines	630	630	450
<b>Costo por planta (Bs)</b>	<b>1,04</b>	<b>1,04</b>	<b>1,71</b>
Ingreso bruto (a un precio de 2,00 Bs/pta)	1.260,00	1.260,00	900,00
Ganancia o Ingreso neto (Bs)	605,88	603,88	129,41

Fuente: Elaboración propia 2007

### 4.3 Prueba del porcentaje de germinación

El Cuadro 20, presenta los resultados de la prueba del porcentaje de germinación de Espina de Mar en Ambiente I (a temperatura ambiente).

**Cuadro 20. Porcentaje de germinación de semillas, en Ambiente I**

Repeticiones de prueba	Semillas sembradas	Semillas Germinadas
P1	100	92
P2	100	95
P3	100	97
P4	100	93
P5	100	96
Total	500	473

$$\% \text{ de germinación} = \frac{473}{500} \times 100 = 94.6\%$$

El Ambiente I, presentó un promedio de temperatura máxima de 16° C y una mínima de 7° C. Las semillas empezaron a germinar a los 7 días después de la prueba, obteniéndose el mayor número de semillas germinadas a los 17 a 20 días (Anexo 28). Con un promedio de porcentaje de germinación de 94.6% y un desvío estándar de 2.1%.

Por otra parte los resultados de la prueba del porcentaje de germinación en el Ambiente II (carpa solar), son presentados en el Cuadro 21.

**Cuadro 21. Porcentaje de germinación de semillas, en Ambiente II**

Repeticiones de pruebas	Semillas sembradas	Semillas Germinadas
P1	100	91
P2	100	87
P3	100	94
P4	100	96
P5	100	96
Total	500	475

$$\% \text{ de germinación} = \frac{475}{500} \times 100 = 95,0\%$$

El Ambiente II, presentó una temperatura promedio máxima de 39° C y una mínima de 3° C. En este ambiente las semillas empezaron a germinar a los 4 días después de la prueba, el conteo se realizó por las mañanas, desde el 12 de mayo hasta 27 de mayo, a los 16 días después de la prueba (Anexo 29), se registró un porcentaje de germinación con promedio de 95.0% y un desvío estándar de 2%. En comparación al Ambiente I, La diferencia de días a la germinación puede atribuirse a las condiciones ambientales registradas en el Ambiente II, puesto que estas condiciones favorecieron a la rápida germinación.

Al respecto Claire (2004), realizó el porcentaje de germinación de semillas de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), con diferentes agentes gelificantes en condiciones de laboratorio, donde registro el 93.3% en Gelatina neutra, con un promedio de 6.17 días que tardaron las semillas en germinar, luego 96.6% en Agar, con promedio de 6.10 días que tardaron las semillas para germinar y finalmente el 100% en Carragenina, con un promedio de 5.92 días que tardaron las semillas para germinar.

Al respecto Rongsen (1992), afirma que la Espina de Mar, es una planta termófila, cuando la temperatura es de 10 a 12 °C solamente germinan el 13.2% de semillas, en un periodo de 47 días, pero cuando la temperatura es de 24 a 26 °C, el 95% de las semillas germina en un periodo de 6 días.

Según Rongsen (1992) citado por Bonifacio y Cayoja (1994), indica que la semilla de Espina de Mar presenta dificultades en la germinación debido a la capa mucilaginosa y dureza de su testa, para ayudar al proceso de germinación se necesita realizar un escarificado de la semilla o un tratamiento pregerminativo.

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

## **V. CONCLUSIONES**

Una vez obtenidos los datos de la investigación, haberse tabulado y realizado los análisis correspondientes, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Temperatura, durante el estudio se registró una temperatura mínima promedio de 2.8 °C, con temperaturas bajas de - 5 °C, - 5.5 °C, y - 10 °C bajo cero y la temperatura máxima promedio de 35.1 °C, con temperaturas altas de 43 °C y 45 °C. Las cuales no presentaron efecto alguno sobre los plantines de Espina de Mar.
- Porcentaje de emergencia, de acuerdo a los resultados obtenidos en la emergencia de plantines de Espina de Mar, registró un promedio de 88.9%, en esta variable los tamaños de bolsas y tipos de sustratos no presentaron efectos significativos.
- Altura de planta, el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), presentó mayor altura de planta con promedio de 33.3 cm, con respecto al tamaño de bolsa a1 (13.5 x 18 cm), presentó menor altura de planta, con promedio de 28.8 cm. El factor B (tipos de sustrato), fueron no significativo presentando crecimiento promedio de 30.8 cm.
- Profundidad de raíz principal, el factor A (tamaño de bolsas), no presentó diferencias estadísticas, registrándose promedio general de 22.9 cm. Para factor B (tipos de sustrato), se registró menor crecimiento de raíz principal fue el sustrato S1 (50% estiércol ovino y 50% arena), con promedio de 19.8 cm, los que presentaron mayor profundidad de raíz fueron los sustratos S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5% arena), y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), con promedios de 24.6 cm y 25.9 cm, respectivamente.
- Extensión de raíz secundaria, el tamaño de bolsa a2 (12 x 24 cm), presentó menor extensión horizontal de raíz secundaria, con un promedio de 25.9 cm, y la de mayor extensión horizontal de raíz secundaria se obtuvieron con bolsas a1 (13.5x18cm) y a3 (16x27cm), las que tuvieron promedios de 29.4 cm. y 30.9 cm, respectivamente. El tipo de sustrato S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino), presentó menor crecimiento en cuanto a la extensión horizontal de raíz secundaria, con un promedio de 24.9 cm. Con respecto al sustrato S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), que registro mayor promedio de 31.1 cm.

- Longitud de hoja, el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), presentó mayor longitud de hoja, con un promedio de 5.0 cm, con respecto a las bolsas a2 (12 x 24 cm) y a1 (13.5 x 18 cm), que presentaron menor longitud de hoja con promedios de 4.5 cm y 4.4 cm, respectivamente. Los sustratos que presentaron mayor longitud de hoja fueron: S1 (50% estiércol ovino y 50% arena) y S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino), con promedios de 5.2 cm y 4.9 cm, esto puede ser debido a la mayor incorporación de estiércol ovino en los sustratos. Por otro lado los sustratos que presentaron menor longitud de hoja fueron: S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5 % arena) y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), con promedios de 4.2 cm y 4.1 cm.
- Respecto al ancho de hoja, el tamaño de bolsa a3 (16 x 27 cm), presentó mayor promedio de 1.1 cm de ancho, por otro lado las bolsas a1 (13.5 x 18 cm) y a2 (12 x 24 cm) registraron menores promedios de 0.9 cm y 0.8 cm de ancho. El tipo de sustrato S2 (50% tierra de lugar y 50% estiércol ovino), registró mayor ancho de hoja, con un promedio de 1.3 cm. Mientras que los sustratos S3 (37.5% tierra de lugar, 37.5% estiércol ovino y 25% de arena), S4 (37.5% tierra de lugar, 25% estiércol ovino y 37.5 % arena) y S5 (50% tierra de lugar y 50% arena), registraron menor ancho de hoja, con promedio de 0.8 cm, en los tres sustratos.
- Para el variable número de nódulos, tanto factor A (tamaños de bolsas), como factor B (tipos de sustrato), fueron no significativos, obteniéndose un promedio de 2.8 nódulos por planta,
- En cuanto al número de hijuelos, el factor A (tamaño de bolsas) y factor B (tipos de sustrato), no presentaron diferencias estadísticas, observándose un promedio de 11.2 hijuelos por planta
- Ramificaciones de raíz secundaria, el factor A (tamaño de bolsas) y factor B (tipos de sustrato), no presentaron efectos significativos sobre la ramificación de raíz secundaria, registrándose un promedio de 9.0 ramificaciones por planta.

- Respecto al porcentaje de sobrevivencia, los tamaños de bolsas y los tipos de sustratos, fueron no significativos. La ubicación del bloque presentó efecto sobre porcentaje de sobrevivencia, el bloque I, registró mayor promedio de 88.7% y en bloque III, se registro menor promedio de 81.1% de sobrevivencia.
- Costos de producción, el costo general de producción por planta fue Bs 1,28. Tomando en cuenta el tamaño de bolsas, se obtuvo un costo de 1,04 y 1.71 Bs/planta, respectivamente. El cual producir en bolsas de mayor longitud y diámetro es elevado.
- El porcentaje de germinación en el Ambiente I (a temperatura ambiente), fue 94.5 % y en Ambiente II (carpa solar), fue de 95%, en ambos ambientes la germinación fue similar, con la diferencia de días.

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para futuras investigaciones utilizar las bolsas pequeñas de 13.5 x 18 cm, para optimizar el área, costo y número de plantines.
- Se recomienda realizar trabajos de investigación aplicando abonos orgánicos de diferentes animales.

- Se recomienda realizar, la comparación del porcentaje de prendimiento, en el transplante al sitio definitivo, de plantines en bolsas o macetas, con respecto a plantines a raíz desnuda.
- Se recomienda realizar trabajos similares de investigación a campo abierto o en vivero.
- Se recomienda realizar trabajos de seguimiento y adaptación de los plantines en lugares definitivos, ver su desarrollo y su efecto en recuperación de suelos, control de cárcavas, así como alimento para el ganado.

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

## VII. BIBLIOGRAFIA

**Birbuet, G. 1992.** La economía campesina en la microregión de Caquiaviri y Comanche, provincia Pacajes, SEMTA. Edición Rossana Brinati. La Paz – Bolivia. 245 p.

**Bonifacio, A. y Cayoja, M. 1994.** Tratamiento de semillas y multiplicación del *Hippophae rhamnoides* con fines de introducción en Bolivia. La Paz – Bolivia. 9 p.

**Bonifacio, A. 1995.** Estudios sobre introducción del Seabuckthorn a las zonas altas de Bolivia. Programa Quinoa IBTA. La Paz – Bolivia. 7 p.

**Buckman, H. y Brady, N. 1969.** Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simón S.A. Barcelona – España. 85 p.

**Calzada, B. 1970.** Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Jurídica S.A. Tercera Edición. Lima – Perú. 644 p.

**Catari, B. 2002.** Evaluación del rendimiento de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa L.*), con abonamiento de estiércol de ovino en el altiplano central. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 85 p.

**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, C. 1996.** Manual de Edafología. Prácticas de campo y laboratorio. Ediciones CIDAT La Paz – Bolivia. 290 p.

**Chilón, E. 1997.** Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Ediciones CIDAT La Paz – Bolivia. 185 p.

**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. 148 p

**Claire, C. 2004.** Evaluación de medios de cultivo con diferentes agentes gelificantes en micropropagación de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*). Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Militar de Ingeniería (EMI). La Paz – Bolivia. 131 p.

**COTECH (Cooperación Técnica China), 2001.** Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*). Proyecto de Cooperación China – Bolivia. 4 p.

**Elmokov, A. 1985.** Wild forms as original material of seabuckthorn breeding in the USSR. In: Proceedings of international symposium on seabuckthorn. Xian – China. 87 p.

**Fossati, G. y Olivera, T. 2001.** Tratamiento pregerminativo. Programa de repoblamiento Forestal. Prefectura-Intercooperation - COTESU. Cochabamba-Bolivia.

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

**González, A. 1999.** Comportamiento y manejo a nivel de vivero de la especie Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*), a partir de 200 esquejes en condiciones de la ciudad de Potosí. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Potosí - Bolivia. 118 p.

**Guzmán, J. 2001.** Apuntes de Taller de Grado II. Facultad de Agronomía (UMSA). La Paz – Bolivia.

**Hartman, F. 1990.** Invernaderos y Ambientes Atemperados. Ed. Fundación para Alternativos de Desarrollo. La Paz – Bolivia. 131 p.

**Huang, Q. 1990.** Planes y técnicas requeridas para la forestación con Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*).

**Kong, Q. 1994.** Notable economic Benefit of artificial seabuckthorn forest in Jianping County, *Hippophae*. 54 p.

**MACA** (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios) y **COTECH** (Cooperación Técnica China), 2004. Proyecto de asistencia en las zonas piloto del cultivo Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) en Bolivia. Primera Edición. China – Bolivia. 15 p.

**MAGDR (Ministerio de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural), 1994.** El cultivo de Espina de Mar. Informe de viaje. La Paz – Bolivia. 10 p.

**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. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 105 p.

**Meneses, R. (Compilador) 2000.** Compendio de trabajos presentados por el proyecto Rhizobiología (Cochabamba) en eventos y publicaciones de otras instituciones, 1994 – 2000. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-UAW/DHV). Cochabamba, Bolivia 347p.

**Min, L. 1990.** Evaluación de la Calidad de los Producto de Seabuckthorn (Espina de Mar).

**Miranda, D. 2005.** Efecto del uso de abonos orgánicos liquidas y diferentes métodos de polinización sobre el rendimiento de variedades de tomate (*Lycopersicon sculentum*), en capas solares. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 137 p.

**Orsag, V. 2005.** Manejo y conservación de suelos. Ed. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz – Bolivia 305 p.

**PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 1998.** Proyecto de Desarrollo de Comunidades Rurales. Gobierno Municipal de Caquiaviri – Bolivia. 176 p.

**Rongsen, L. 1992.** Seabuckthorn a multipurpose plant species for fragile mountains. ICOMOD publication unit. Kathmandu. Nepal. 26 p.

**Rongsen, L. 1991.** Utilización y beneficios de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* Linn). Traducido del Ingles al español del documento SEABUCTHORN. Boletín Informativo. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Productivo Forestal. 6 p.

**Rousi, A. 1971.** Thegenus Hippophae a Taxonomy study. Ann Bot. Fennici. 109 p.

**Solonenko, P. 1993.** Seabuckthorn mutational breeding. Intern. Symp on Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides Linn*). Apr. Novosibirsk. 231 p.

**Tarima, J. 1996.** Manual de viveros. Módulos de Capacitación en Sistemas Agroforestales. 2 da Edición. Santa Cruz – Bolivia. 134 p.

**Vicente, J. J. 2001.** Guía Metodológica de Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía UMSA. La – Bolivia. 177 p.

**Zapata, E. 1998.** Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides Linn*) del próximo milenio para el altiplano Boliviano Experiencias del viaje a República Popular de China. 5 p.

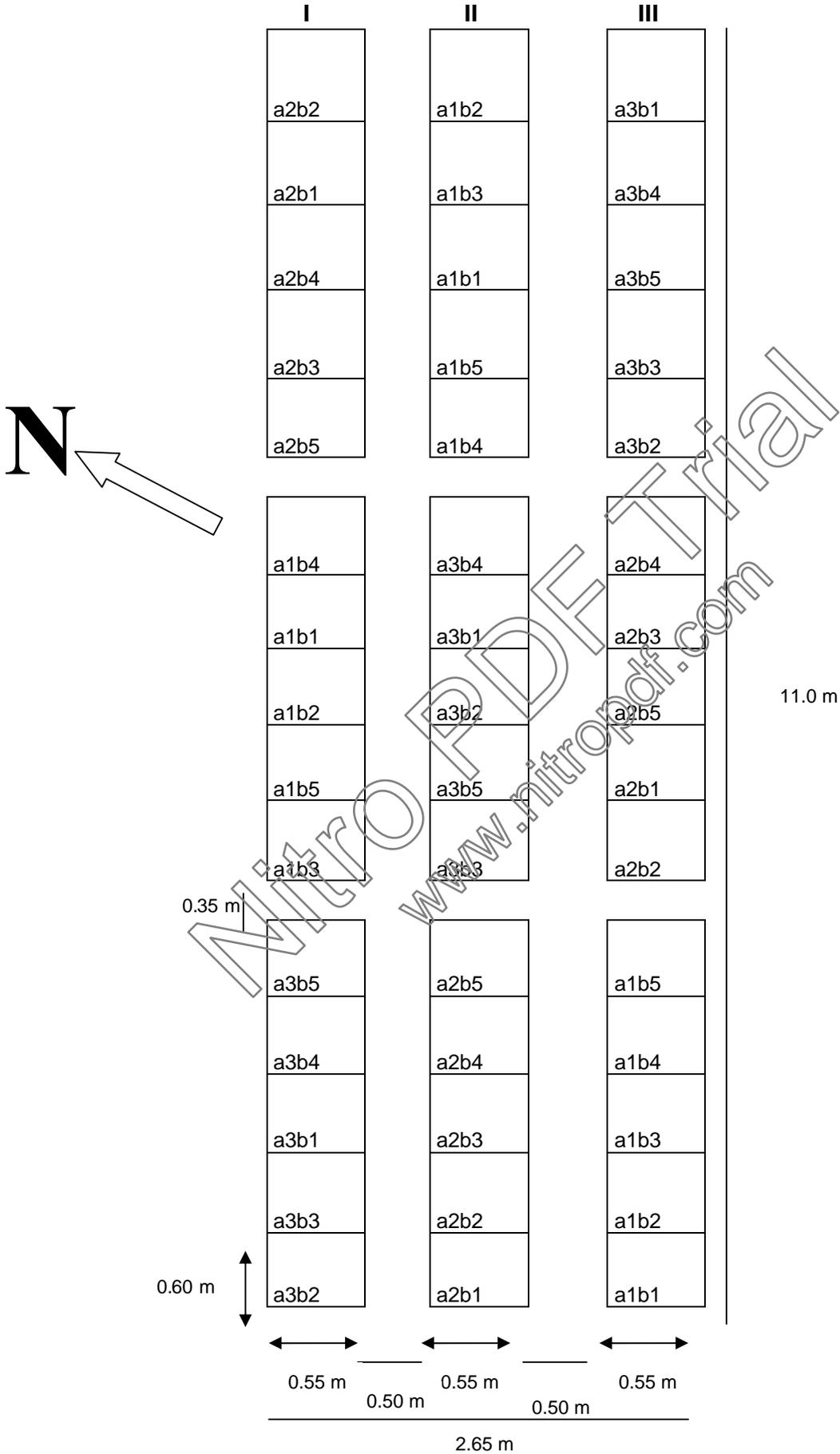
**Zhiben, M. 1987.** Publicación Experimentos y Estudios del uso del Seabuckthorn en China.

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

# ANEXOS

Nitro PDF Trial  
www.nitropdf.com

### Anexo1. Croquis del experimento



## Anexo 2. Análisis físico químico de suelo

Descripción	Cantidad	Unidad
Arena	16	%
Arcilla	49	%
Limo	35	%
Clase textural	Y	Arcilloso
Carbonatos libres	A	Ausente
Ph en agua 1:5	5.38	
CE 1:5	0.022	m mhos/cm
Al + H	0.007	meq/100 g suelo
Ca	4.46	meq/100 g suelo
Mg	3.81	meq/100 g suelo
Na	1.06	meq/100 g suelo
K	0.37	meq/100 g suelo
TBI	7.84	meq/100 g suelo
CIC	7.900	meq/100 g suelo
Saturación de bases	99.2	%
MO	2.65	%
N total	0.133	%
P asimilable	16.62	ppm

**Anexo 3. Temperaturas registradas en carpa solar en diferentes horas del día, durante el desarrollo del ensayo**

Día	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	7:30	14:00	7:30	14:00	7:30	14:00	7:30	14:00	7:30	14:00	7:30	14:00
1			-3.0	29.0	5.5	32.0			4.5	40.0		
2			-3.5	28.0	2.5	29.0			1.0	44.0		
3			-2.0	28.0	2.0	27.0	3.0	30.0	2.0	36.5		
4					4.5	27.0	-1.0	29.0	5.0	43.0	0.5	45.0
5			0.0	28,5	-4.0	27,5	2.0	29.0	3.0	40.0	0.5	42.0
6			1.0	28.0			-2.0	29.0			1.0	41.0
7			1.5	21.5		30.0	0.0	29.0			2.5	36.0
8	3.0	40.0			-1.0	30.0	0.0	31.0	4.0	37.0	2.0	32.0
9					-4.5	33.0	1.0	29.0	5.0	38.5	2.0	38.0
10			-3.5	22.5	1.0	33.0	-1.0	32.0	6.0	37.0		
11			2.0	30.0			1.0	37.0				
12			1.0				5.0	37.5				
13	5.0	40.0			-4.5		1.0	32.0	5.0	37.0		
14	7.0	38.0			-1.0	38.5	5.0	25.0	-0.5	37.5	-1.0	39.0
15	2.0	39.0			1.0	36.0	1.0	36.0	4.0	38.0	2.0	41.0
16	0.0	37.0	3.5	28.0	2.0	38.5	3.5	39.0	3.0	41.0	2.5	40.0
17	2.0	39.0	-1.0	27.5	-4.0	33.5	-0.5	40.0	2.0	40.5	3.0	39.5
18	-1.0	38.0			-2.0	30.0	3.0	37.5	3.0	36.0	6.0	42.0
19	2.0	36.0	-4.0				-1.0	33.5	4.0	38.5	5.0	41.0
20	1.0	36.0		26.0			1.0	32.0	4.5	38.0	4.0	38.0
21	0,5	37.5		24.0			3.0	34.0				
22	-2.0	38.0	3.0	24.5	-1.5	38.0	6.0	38.0				
23			5.0		-5.0	37.0	3.0	36.0				
24			1,5	20.0	-4.0	35,5	6.0	34.0			6.0	36.0
25	-2.0	38,5					3.0				-10.0	42.0
26							4.0					40.0
27			-2.0	29.0			-1.0		4.0	41.5	-5.5	39.0
28			-3.0	32.0	-2.0	31.0	-1.0	37.0	6.0	39.5	4.0	41.0
29			-1.0	31.5	-1.0	39.0	1.0	37.0	5.0	39.0	3.5	39.0
30					3.0	40.0	-3.5	43.5	4.0	37.0	4.5	40.5
<b>M</b>	<b>2.3</b>	<b>38.0</b>	<b>-2.3</b>	<b>27.0</b>	<b>-2.3</b>	<b>33.3</b>	<b>2.2</b>	<b>34.0</b>	<b>4.0</b>	<b>39.0</b>	<b>3.4</b>	<b>40.0</b>
<b>s</b>	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>	<b>±1.3</b>	<b>3.4</b>	<b>1.5</b>	<b>4.3</b>	<b>1.7</b>	<b>4.4</b>	<b>1.5</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>2.8</b>

**Anexo 4. Registro de datos de porcentaje de emergencia de plantines (%)**

Tamaño de bolsas	Tipos de sustrato	Bloques			$\sum X_{ij}$	Promedio
		I	II	III		
a1	S1	88.1	97.6	90.5	276.2	92.1
	S2	73.8	88.1	88.1	250.0	83.3
	S3	90.5	90.5	69.1	250.1	83.4
	S4	76.2	95.2	88.1	259.5	86.5
	S5	85.7	90.5	95.2	271.4	90.5
a2	S1	85.7	85.7	95.2	266.6	88.9
	S2	95.2	100.0	100.0	295.2	98.4
	S3	88.1	97.6	90.5	276.2	92.1
	S4	85.7	88.1	92.9	266.7	88.9
	S5	76.2	100.0	92.2	268.4	89.5
a3	S1	90.0	93.3	83.3	266.6	88.9
	S2	86.7	96.7	83.3	266.7	88.9
	S3	83.3	80.0	86.7	250.0	83.3
	S4	96.7	90.1	90.1	276.9	92.3
	S5	90.0	86.7	86.7	263.4	87.8
X..k		1291.9	1380.1	1331.9	4003.9	<b>88.9</b>

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j./ar
S1	276.2	266.6	266.6	809.4	89.9
S2	250.0	295.2	266.7	811.9	90.2
S3	250.1	276.2	250.0	776.3	86.3
S4	259.5	266.7	276.9	803.1	89.2
S5	271.4	268.4	263.4	803.2	89.2
Xi.	1307.2	1373.1	1323.6	4003.9	
Xi./br	87.1	91.5	88.2		<b>88.9</b>

### Anexo 5. Registro de datos de altura de planta (cm.)

Tamaño de bolsa	Tipos de Sustrato	Bloques			Xij	Promedio
		I	II	III		
a1	S1	36.2	31.0	28.0	95.2	31.7
	S2	21.0	27.8	27.8	76.6	25.5
	S3	27.0	25.3	31.0	83.3	22.8
	S4	25.1	33.0	34.6	92.7	30.9
	S5	28.0	25.7	30.2	83.9	27.9
a2	S1	29.6	28.3	32.0	89.9	29.9
	S2	26.0	29.0	33.6	88.6	29.5
	S3	37.8	28.9	30.1	96.8	32.3
	S4	28.9	28.0	34.4	91.3	30.4
	S5	32.7	24.2	31.5	88.4	29.5
a3	S1	30.8	36.8	32.6	100.2	33.4
	S2	32.8	34.0	30.3	97.1	32.4
	S3	31.0	34.0	32.9	97.9	32.6
	S4	30.5	37.6	33.9	102.0	30.4
	S5	29.6	34.7	38.2	102.5	34.2
X..k		447.0	458.3	481.1	1386.4	30.8

### Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j./ar
S1	95.2	89.9	100.2	285.3	31.7
S2	76.6	88.6	97.1	262.3	29.1
S3	83.3	96.8	97.9	278.0	30.9
S4	92.7	91.3	102.0	286.0	31.8
S5	83.9	88.4	102.5	274.8	30.5
Xi..	431.7	455.0	499.7	1386.4	
Xi./br	28.8	30.3	33.3		30.8

### Anexo 6. Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable altura de planta al 5% confianza

Tamaño de Bolsas	Promedio de Altura (cm)	Duncan 5%
a3 (16 x 27 cm)	33.3	<b>A</b>
a2 (12 x 24 cm)	30.3	<b>B</b>
a1 (13.5 x 18 cm)	28.8	<b>B</b>

Letras similares son significativamente iguales

### Anexo 7. Registro de datos de profundidad de raíz principal (cm.)

Tamaño de bolsas	Tipos de sustrato	I	II	III	Xij	Promedio
a1	S1	16.5	14.0	26.7	57.2	19.1
	S2	17.6	22.5	22.5	62.6	20.9
	S3	22.6	20.0	24.0	66.6	22.2
	S4	21.4	21.0	20.1	62.5	20.8
	S5	25.0	23.0	19.0	67.0	22.3
a2	S1	13.4	20.0	22.5	55.9	18.3
	S2	14.5	26.0	20.5	61.0	20.3
	S3	27.6	22.0	22.3	71.9	23.9
	S4	24.0	28.0	27.0	79.0	26.3
	S5	28.6	26.0	28.5	83.1	27.7
a3	S1	19.0	18.3	28.0	65.3	21.8
	S2	25.0	19.5	27.0	71.5	23.8
	S3	23.0	20.0	22.5	65.5	21.8
	S4	21.0	31.0	28.0	80.0	26.7
	S5	25.0	27.0	31.0	83.0	27.7
X..k		324.2	338.3	369.6	1032.1	<b>22.9</b>

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	Xj.	X.j./ar
S1	57.2	55.9	65.3	178.4	19.8
S2	62.6	61.0	71.5	195.1	21.7
S3	66.6	71.9	65.5	204.0	22.7
S4	62.5	79.0	80.0	221.5	24.6
S5	67.0	83.1	83.0	233.1	25.9
Xi..	315.9	350.9	365.3	1032.1	
Xi./br	21.1	23.4	24.4		<b>22.9</b>

**Anexo 8. Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustrato) en la variable profundidad de raíz principal, al 5% de confianza**

Tipos de sustrato	Promedio de prof. de raíz principal (cm)	Duncan 5 %
S5	25.9	<b>A</b>
S4	24.6	<b>A</b>
S3	22.7	<b>AB</b>
S2	21.7	<b>B</b>
S1	19.8	<b>B</b>

Letras similares son significativamente iguales

**Anexo 9. Registro de datos de extensión horizontal de raíz secundaria (cm.)**

Tamaño de bolsas	Tipos de sustrato	Bloques			X ij	Promedio
		I	II	III		
a1	S1	27.0	22.0	32.0	81.0	27.0
	S2	25.0	29.7	30.0	84.7	28.2
	S3	27.0	28.0	39.0	94.0	31.3
	S4	33.5	27.3	31.0	91.8	30.6
	S5	29.0	33.0	27.0	89.0	29.7
a2	S1	21.5	24.5	27.1	73.1	24.7
	S2	18.0	20.0	24.0	62.0	20.7
	S3	28.0	31.0	28.0	87.0	29.0
	S4	31.0	26.5	26.0	83.5	27.8
	S5	33.3	26.0	24.9	84.2	28.1
a3	S1	32.0	30.0	33.0	95.0	31.7
	S2	27.0	26.0	25.0	78.0	26.0
	S3	31.0	25.0	26.3	82.3	27.4
	S4	33.0	32.0	37.0	102.0	34.0
	S5	32.0	36	39.0	107.0	35.7
X..k		428.3	417.0	449.3	1294.6	<b>28.8</b>

**Efecto simple:(tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j./ar
S1	81.0	73.1	95.0	249.1	27.7
S2	84.7	62.0	78.0	224.7	24.9
S3	94.0	87.0	82.3	263.3	29.3
S4	91.8	83.5	102.0	277.3	30.8
S5	89.0	84.2	107.0	280.2	31.1
Xi..	440.5	389.8	464.3	1294.6	
Xi../br	29.4	25.9	30.9		<b>28.8</b>

**Anexo 10. Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable extensión horizontal de raíz secundaria al 5% de confianza**

Tamaño de bolsas	Promedio de raíz secundaria (cm)	Duncan 5 %
a3 (16 x 27 cm)	30.9	<b>A</b>
a1 (13.5 x 18 cm)	29.4	<b>A</b>
a2 (12 x 24 cm)	25.9	<b>B</b>

Letras similares son significativamente iguales

**Anexo 11. Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustrato) en la variable extensión horizontal de raíz secundaria, al 5%**

Tipos de sustrato	Promedio de raíz secundaria (cm)	Duncan 5%
S5	31.1	<b>A</b>
S4	30.8	<b>AB</b>
S3	29.3	<b>AB</b>
S1	27.7	<b>B</b>
S2	24.9	<b>C</b>

Letras similares son significativamente iguales

**Anexo 12. Registro de datos de longitud de hoja (cm.)**

Tamaño de bolsas	Tipos de sustrato	Bloques	X ij	Promedio
------------------	-------------------	---------	------	----------

		I	II	III		
a1	S1	4.9	5.0	5.3	15.2	5.1
	S2	5.1	4.6	5.0	14.7	4.9
	S3	4.0	4.5	4.1	12.6	4.2
	S4	3.8	3.9	4.1	11.8	3.9
	S5	4.2	3.6	3.9	11.7	3.9
a2	S1	5.2	4.8	5.4	15.4	5.1
	S2	5.0	4.7	4.6	14.3	4.8
	S3	4.4	3.9	4.1	12.4	4.1
	S4	4.3	3.9	4.2	12.4	4.1
	S5	4.1	4.2	4.4	12.7	4.2
a3	S1	5.7	5.6	5.2	16.5	5.5
	S2	4.7	5.7	5.2	15.6	5.2
	S3	5.5	5.3	5.0	15.8	5.3
	S4	4.7	4.8	4.4	13.9	4.6
	S5	4.2	4.3	4.5	13.0	4.3
X..k		69.8	68.8	69.4	208	4.6

**Efecto simple:(tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	X <sub>i.</sub>	X <sub>.j./ar</sub>
S1	15.2	15.4	16.5	47.1	5.2
S2	14.7	14.3	15.6	44.6	4.9
S3	12.6	12.4	15.8	40.8	4.5
S4	11.8	12.4	13.9	38.1	4.2
S5	11.7	12.7	13.0	37.4	4.2
X <sub>i.</sub>	66	67.2	74.8	208.0	
X <sub>.j./br</sub>	4.4	4.5	5.0		4.6

**Anexo 13. Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable longitud de hoja, al 5% de confianza**

Tamaño de Bolsas	Promedio de longitud de hoja en (cm)	Duncan 5 %
a3 (16 x 27 cm)	5.0	<b>A</b>
a2 (12 x 24 cm)	4.5	<b>B</b>
a1 (13.5 x 18 cm)	4.4	<b>B</b>

Letras similares son significativamente iguales

#### Anexo 14. Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustratos) en la variable longitud de hoja, al 5%

Tipos de sustrato	Promedios de longitud de hoja (cm)	Duncan 5 %
S1	5.2	<b>A</b>
S2	4.9	<b>A</b>
S3	4.5	<b>B</b>
S4	4.2	<b>C</b>
S5	4.2	<b>C</b>

Letras similares son significativamente iguales

#### Anexo 15. Registro de datos para ancho de hoja (cm.)

Tamaño de	Tipos de Sustrato	Bloques	X ij	Promedio
-----------	-------------------	---------	------	----------

bolsas		I	II	III		
a1	S1	1.2	1.0	0.9	3.1	1.0
	S2	1.2	1.4	1.0	3.6	1.2
	S3	0.7	0.8	0.9	2.4	0.8
	S4	0.8	0.7	0.8	2.3	0.8
	S5	0.8	0.9	0.7	2.4	0.8
a2	S1	1.0	0.9	0.8	2.7	0.9
	S2	1.3	1.3	1.1	3.7	1.2
	S3	0.7	0.6	0.7	2.0	0.7
	S4	0.8	0.7	0.9	2.4	0.8
	S5	0.8	0.9	0.8	2.5	0.8
a3	S1	1.3	1.0	1.4	3.7	1.2
	S2	1.5	1.6	1.5	4.6	1.5
	S3	1.3	0.9	1.0	3.2	1.1
	S4	0.9	0.8	1.0	2.7	0.9
	S5	0.9	0.8	0.9	2.6	0.9
X..k		15.2	14.3	14.4	43.9	0.9

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	A1	a2	a3	X <sub>i.</sub>	X <sub>.j./ar</sub>
S1	3.1	2.7	3.7	9.5	1.1
S2	3.6	3.7	4.6	11.9	1.3
S3	2.4	2.0	3.2	7.6	0.8
S4	2.3	2.4	2.7	7.4	0.8
S5	2.4	2.5	2.6	7.5	0.8
X <sub>i.</sub>	13.8	13.3	16.8	43.9	
X <sub>.j./br</sub>	0.9	0.8	1.1		0.9

**Anexo 16. Prueba de Duncan para Factor A (tamaño de bolsas) en la variable ancho de hoja, al 5%**

Tamaño de Bolsas	Promedio de ancho de hoja (cm.)	Duncan 5 %
a3 (16 x 27cm)	1.1	A
a1 (13.5 x 18cm)	0.9	B
a2 (12 x 24cm)	0.8	B

Letras similares son significativamente iguales

**Anexo 17. Prueba de Duncan para Factor B (tipos de sustratos) en la variable diámetro de hoja, al 5%**

Tipos de sustrato	Promedios de Diámetro de hoja (cm)	Duncan 5 %
S2	1.3	A
S1	1.1	B
S3	0.8	C
S5	0.8	C
S4	0.8	C

Letras similares son significativamente iguales

**Anexo 18. Registro de datos de número de nódulos**

Tamaño de bolsas	Tipos de sustrato	Bloques	X ij Promedio
------------------	-------------------	---------	---------------

		I	II	III		
a1	S1	3	3	2	8	2.6
	S2	2	3	4	9	3.0
	S3	2	3	3	8	2.6
	S4	3	2	3	8	2.6
	S5	3	3	3	9	3.0
a2	S1	2	3	4	9	3.0
	S2	2	3	3	8	2.6
	S3	4	2	3	9	3.0
	S4	4	2	2	8	2.6
	S5	3	2	3	8	2.7
a3	S1	2	2	3	7	2.3
	S2	3	3	2	8	2.6
	S3	2	4	3	9	3.0
	S4	2	3	3	8	2.6
	S5	2	4	2	8	2.7
X..k		39	42	43	124	2.8

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	(X <sub>j</sub> )	X <sub>j</sub> ./ar
S1	8	9	7	24	2.6
S2	9	8	8	25	2.7
S3	8	9	9	26	2.8
S4	8	8	8	24	2.6
S5	9	8	8	25	2.7
Xi..	42	42	40	124	
Xi../br	2.8	2.8	2.6		2.8

**Anexo 19. Registro de datos de número de hijuelos**

Tamaños de Bolsas	Tipos de sustratos	Bloques			X ij	Promedio
		I	II	III		
	S1	7	4	7	18	6.0

a1	S2	13	9	5	27	9.0
	S3	12	12	14	38	12.7
	S4	15	15	4	34	11.3
	S5	14	13	12	39	13.0
	S1	13	15	6	34	11.3
a2	S2	12	13	13	38	12.7
	S3	15	14	16	45	15.0
	S4	8	16	8	32	10.7
	S5	15	10	9	34	11.3
	S1	16	14	7	37	12.3
a3	S2	15	7	8	30	10.0
	S3	9	10	9	28	9.3
	S4	16	10	8	34	11.3
	S5	13	9	12	34	11.3
	X..k		193	171	138	502

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j/Var
S1	18	34	37	89	9.9
S2	27	38	30	95	10.6
S3	38	45	28	111	12.3
S4	34	32	34	100	11.1
S5	39	34	34	107	11.9
Xi..	156	183	163	502	
Xi./br	10.4	12.2	10.9		<b>11.2</b>

## Anexo 20. Registro de datos de ramificaciones de raíz secundaria

Tamaños de Bolsas	Tipos de sustratos	Bloques			X ij	Promedio
		I	II	III		
a1	S1	9	7	9	25	8.3
	S2	7	9	8	24	8.0
	S3	10	9	10	29	9.7
	S4	8	9	11	28	9.3
	S5	9	8	8	25	8.3
a2	S1	8	9	9	26	8.7
	S2	9	8	9	26	8.7
	S3	8	10	8	26	8.7
	S4	8	9	8	25	8.3
	S5	10	8	8	26	8.7
a3	S1	9	9	9	27	9.0
	S2	8	11	11	30	10.0
	S3	7	7	9	23	7.7
	S4	8	9	10	27	9.0
	S5	9	9	10	28	9.3
X..k		127	131	137	395	<b>9.0</b>

### Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j./ar
S1	25	26	27	78	8.7
S2	24	26	30	80	8.9
S3	29	26	23	78	8.7
S4	28	25	27	80	8.9
S5	25	26	28	79	8.8
Xi..	131	129	135	395	
Xi../br	8.7	8.6	9.0		<b>9.0</b>

## Anexo 21. Porcentaje de sobrevivencia

Tamaños de Bolsas	Tipos de sustratos	Bloques			X ij	Promedio
		I	II	III		
a1	S1	100.0	100.0	83.9	283.9	94.6
	S2	86.5	67.6	68.9	223.0	74.3
	S3	94.4	96.6	67.7	258.1	86.0
	S4	100.0	83.8	93.1	276.9	92.3
	S5	76.3	100.0	93.9	270.2	90.1
a2	S1	97.5	83.3	77.8	258.6	86.2
	S2	92.9	70.4	100.0	263.3	87.8
	S3	100.0	81.1	73.2	254.3	84.8
	S4	100.0	87.1	72.9	260.0	86.7
	S5	89.7	75.0	71.4	236.1	78.7
a3	S1	100.0	100.0	82.8	282.8	94.3
	S2	100.0	89.7	66.7	256.4	85.5
	S3	92.6	87.0	65.5	245.1	81.7
	S4	92.6	96.3	100.0	288.9	96.3
	S5	100.0	96.2	100.0	296.2	98.7
X..k		1329.9	1313.5	1217.8	3861.2	
<b>X../ba</b>		<b>88.7%</b>	<b>87.6%</b>	<b>81.2%</b>		<b>85.8 %</b>

**Efecto simple: (tamaño de bolsas por tipos de sustrato)**

Xij	a1	a2	a3	X.j.	X.j./ar
S1	283.9	258.6	282.8	825.2	91.7
S2	223.0	263.3	256.4	742.7	82.5
S3	258.1	254.3	245.1	757.4	84.2
S4	276.9	260.0	288.9	825.8	91.8
S5	270.2	236.1	296.2	802.7	89.2
Xi..	1312.1	1272.0	1369.5	3861.2	
<b>Xi../br</b>	<b>87.5</b>	<b>84.8</b>	<b>91.3</b>		<b>85.8%</b>

**Anexo 22. Costo general de manejo**

DETALLE	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
---------	--------	----------	----------------------	-------------------

**MANO DE OBRA**

Extracción de tierra de lugar	Jornal	2	30	60,00
Tamizado de tierra de lugar	Jornal	1 ½	30	45,00
Lavado de arena	Jornal	2	30	60,00
Tamizado de arena	Jornal	2	30	60,00
Tamizado de estiércol	Jornal	1 ½	30	45,00
Preparación de sustratos	Jornal	2	30	60,00
Desinfección de sustratos	Jornal	1 ½	30	45,00
Embolsado de sustratos	Jornal	4	30	120,00
Ubicación en bloques	Jornal	2	30	60,00
Siembra	Jornal	½	15	15,00
Riego	Jornal	3	30	90,00
Mantenimiento y deshierbe	Jornal	3	30	90,00
Control de plagas	Jornal	3	30	90,00
<b>Sub total</b>				<b>840,00</b>

**INSUMOS**

Semilla	Gramos	22.20	0.80	17,80
Bolsas de polietileno	Paquetes	21.00		132,09
Formol	Litros	2.00	20.00	40,00
Estiércol ovino	Carretillas	20.00	4.00	80,00
Arena	Carretillas	20.00	2.00	40,00
Tierra de lugar	carretillas	22.00	2.00	44,00
<b>Sub total</b>				<b>353,89</b>
<b>Costo total de manejo</b>				<b>1193,89</b>

**Costo según el área**

Especie	% área ocupada en carpa solar	Costo de establecimiento (Bs)	Costo según el área (Bs)
Espina de mar	7.7 % (29 m <sup>2</sup> )	13.000	1001,00

**Costo total de producción de plantines**

$$CTPE = 1193,89 + 1001,00 = 2194,89 \text{ Bs}$$

**Costo por planta**

$$\text{Costo por planta} = \frac{2194,89 \text{ Bs}}{1710 \text{ plantas}} = 1,28 \text{ Bs / planta}$$

**Anexo 23. Costo total de manejo en tamaños de bolsas a1 (13.5 x 18 cm)**

DETALLE	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
<b>MANO DE OBRA</b>				

Extracción de tierra de lugar	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de tierra de lugar	Jornal	½	15.0	15,00
Lavado de arena	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de arena	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de estiércol	Jornal	½	15.0	15,00
Preparación de sustratos	Jornal	½	15.0	15,00
Desinfección de sustratos	Jornal	½	15.0	15,00
Embolsado de sustratos	Jornal	1	30.0	30,00
Ubicación en bloques	Jornal	½	15.0	15,00
Siembra	Jornal	1/4	5.0	5,00
Riego	Jornal	1	30.0	30,00
Mantenimiento y deshierbe	Jornal	1	30.0	30,00
Control de plagas	Jornal	1	30.0	30,00
<b>Sub total</b>				<b>245,00</b>
<b>INSUMOS</b>				
Semilla	Gramos	7.4	0.8	5,92
Bolsas de polietileno	Paquetes	7.0	5.6	39,20
Formol	Litros	0.5	10.0	10,00
Estiércol ovino	Carretillas	5.0	4.0	20,00
Arena	Carretillas	5.0	2.0	10,00
Tierra de lugar	carretillas	6.0	2.0	12,00
<b>Sub total</b>				<b>97,12</b>
<b>Costo total de manejo</b>				<b>342,12</b>

#### Costo según el área

Especie	% área ocupada en carpa solar	Costo de Establecimiento (Bs.)	Costo según el área (Bs.)
Espina de mar	2.4 % (9 m <sup>2</sup> )	13.000	312,00

#### Costo total de producción de plantines

$$CTPE = 342,12 + 312,00 = 654,12 \text{ Bs}$$

#### Costo por planta

$$\text{Costo/ planta} = \frac{654,12 \text{ Bs}}{630 \text{ plantas}} = 1,04 \text{ Bs / planta}$$

## Anexo 24. Costo total de manejo en tamaños de bolsas a2 (12 x 24 cm)

DETALLE	Unidad	Cantidad	Costo Unitario(Bs)	Costo Total (Bs.)
<b>MANO DE OBRA</b>				
Extracción de tierra de lugar	Jornal	1/2	15.0	15,00
Tamizado de tierra de lugar	Jornal	1/2	15.0	15,00
Lavado de arena	Jornal	1/2	15.0	15,00
Tamizado de arena	Jornal	1/2	15.0	15,00
Tamizado de estiércol	Jornal	1/2	15.0	15,00
Preparación de sustratos	Jornal	1/2	15.0	15,00
Desinfección de sustratos	Jornal	1/2	15.0	15,00
Embolsado de sustratos	Jornal	1 1/2	30.0	45,00
Ubicación en bloques	Jornal	1/2	15.0	15,00
Siembra	Jornal	1/4	5.0	5,00
Riego	Jornal	1	30.0	30,00
Mantenimiento y deshierbe	Jornal	1	30.0	30,00
Control de plagas	Jornal	1	30.0	30,00
<b>Sub total</b>				<b>260,00</b>
<b>INSUMOS</b>				
Semilla	Gramos	7.4	0.8	5,92
Bolsas de polietileno	Paquetes	7.0	6.6	46,20
Formol	Litros	0.7	14.0	14,00
Estiércol ovino	Carretillas	7.0	4.0	28,00
Arena	Carretillas	7.0	2.0	14,00
Tierra de lugar	carretillas	7.5	2.0	15,00
<b>Sub total</b>				<b>123,12</b>
<b>Costo total de manejo</b>				<b>383,12</b>

### Costo según el área

Especie	% área ocupada en carpas solar	Costo de establecimiento	Costo según el área (Bs)
Espina de mar	2.1 % (8 m <sup>2</sup> )	13.000	273,00

### Costo total de producción de plantines

$$CTPE = 383.12 + 273,00 = 656,12 \text{ Bs}$$

### Costo por planta

$$\text{Costo/ planta} = \frac{656,12 \text{ Bs}}{630 \text{ plantas}} = 1,04 \text{ Bs / planta}$$

## Anexo 25. Costo total de manejo en tamaños de bolsas a3 (16 x 27 cm)

DETALLE	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
<b>MANO DE OBRA</b>				
Extracción de tierra de lugar	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de tierra de lugar	Jornal	½	15.0	15,00
Lavado de arena	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de arena	Jornal	½	15.0	15,00
Tamizado de estiércol	Jornal	½	15.0	15,00
Preparación de sustratos	Jornal	½	15.0	15,00
Desinfección de sustratos	Jornal	½	15.0	15,00
Embolsado de sustratos	Jornal	1 ½	30.0	45,00
Ubicación en bloques	Jornal	½	15.0	15,00
Siembra	Jornal	¼	5.0	5,00
Riego	Jornal	1	30.0	30,00
Mantenimiento y deshierbe	Jornal	1	30.0	30,00
Control de plagas	Jornal	1	30.0	30,00
<b>Sub total</b>				<b>260,00</b>
<b>INSUMOS</b>				
Semilla	Gramos	7.4	0.80	5,90
Bolsas de polietileno	Paquetes	7.0	6.67	46,69
Formol	Litros	0.8	16.0	16,00
Estiércol ovino	Carretillas	8.0	4.0	32,00
Arena	Carretillas	8.0	2.0	16,00
Tierra de lugar	carretillas	8.5	2.0	17,00
<b>Sub total</b>				<b>133,59</b>
<b>Costo total de manejo</b>				<b>393,59</b>

### Costo según el área

Especie	% área ocupada en carpa solar	Costo de establecimiento	Costo según el área (Bs)
Espina de mar	2.9 % (11 m2)	13.000	377,00

### Costo total de producción de plantines

$$CTPE = 393.59 + 377,00 = 770,59 \text{ Bs}$$

### Costo por planta

$$\text{Costo/ planta} = \frac{770,59 \text{ Bs}}{450 \text{ plantas}} = 1,71 \text{ Bs / planta}$$

### Anexo 26. Cantidad de insumos en carretillas por tamaño de bolsas

Detalle	Tierra de lugar	estiércol ovino	Arena	Total
A3 (16 x 27 cm)	8.5	8.0	8.0	24.5
A2 (12 x 24 cm)	7.5	7.0	7.0	21.5
A1 (13.5 x 18 cm)	6.0	5.0	5.0	16.0
Total carretillas	22.0	20.0	20.0	62.0
Peso aproximado en carretillas (kg)	50.0	15.0	70.0	
Sub total (kg)	1100	300	1400	2.800

### Anexo 27. Costo aproximado de insumos por sustratos

Sustratos	Tierra de lugar (2 Bs/carretilla)	Estiércol ovino (4 Bs/carretilla)	Arena (2 Bs/carretilla)	Costo por sustrato (Bs)
S1	0	4	4	24,00
S2	4	4	0	24,00
S3	3	3	2	22,00
S4	3	2	3	20,00
S5	4	0	0	16,00

### Anexo 28. Prueba de porcentaje de germinación, en ambiente I

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

### Anexo 29. Prueba de 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	<b>94 %</b>	<b>92 %</b>	<b>96 %</b>	<b>96 %</b>	<b>97 %</b>

**Anexo 30. Embolsado de sustratos**



**Anexo 31. Ubicación en bloques**



**Anexo 32. Vista general de bloques**



### Anexo 33. Emergencia



### Anexo 34. Selección de muestras



### Anexo 35. Etapa de crecimiento



### Anexo 36. Plantines a los 70 días después de la siembra



**Anexo 37. Vista general del ensayo a los 90 días después de la siembra**



**Anexo 38. Vista general del ensayo**



**Anexo 39. Plantines a los 105 días después de la siembra**



**Anexo 40. Raíz de Espina de Mar**

