

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



**TESIS DE GRADO**

**ADAPTABILIDAD DE LA ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides* L.), BAJO RIEGO POR GOTEO CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BIOL - BOVINO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA - VIACHA**

**EDUARDO JOSE CLAVIJO PARI**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2017**

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

**ADAPTABILIDAD DE LA ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides* L.), BAJO RIEGO POR GOTEO CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BIOL - BOVINO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA - VIACHA**

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

**EDUARDO JOSE CLAVIJO PARI**

**ASESORES:**

Ing. M Sc. Paulino Ruiz Huanca .....

Ing. Marcelo Tarqui Delgado .....

**REVISORES:**

Ing. Bernardo Ticona Contreras .....

Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas .....

Ing. M.Sc. Fanny Bertha Arragan Tancara .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2017**

### **DEDICATORIA**

QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO, A DIOS Y A TODA MI FAMILIA, EN ESPECIAL A MIS PADRES MIGUEL CLAVIJO H. Y JUANA PARÍ A MIS HERMANOS(AS) NANCY, ROGELIO, ARMINDA Y ISAAC CLAVIJO PARÍ.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a DIOS, por colmarme de bendiciones quien me dio la fe, la fortaleza, la salud, la esperanza y la sabiduría para la culminación de este trabajo.

Agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés, por todos los conocimientos adquiridos, especialmente a la Facultad de Agronomía y a todo el plantel de Docentes.

Expresar mi agradecimiento al Proyecto Validación del forraje Espina de Mar y Maralfalfa en la Estación Experimental Choquenaira, por darme la oportunidad de realizar la Tesis de Grado.

Agradecimientos a todo el plantel de la Estación Experimental Choquenaira por la ayuda prestada en la realización del trabajo.

A mis asesores Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca, Ing. Marcelo Tarqui Delgado, por su asesoramiento y apoyo constante para la culminación del presente trabajo.

De la misma manera un agradecimiento especial a mis tribunales Ing. Bernardo Ticona Contreras, Ing. M.Sc. Juan José Vicente, Ing. M.Sc. Fanny Bertha Arragan Tancara, por las revisiones, observaciones y sugerencias realizadas para mejorar el presente trabajo.

Un agradecimiento especial a mis padres, Miguel Clavijo y Juana Pari, por el apoyo incondicional brindado para mi formación académica, mis hermanos, Nancy, Rogelio, Arminda y Isaac Clavijo Pari, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

Agradezco a mi padrino Jaime Jiménez Larrea por su apoyo incondicional brindado, consejos y darme los ánimos para seguir adelante con mi carrera universitario.

A mis compañeros, amigos, estudiantes, trabajadores y docentes de la facultad de agronomía y de la Estación Experimental Choquenaira, gracias por su amistad, consejos y ayudas.

## ÍNDICE

	<b>Paginas</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación.....	2
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
3.1. Importancia de la espina de mar.....	3
3.1.1. Origen y distribución.....	4
3.1.2. Espina de mar en Bolivia.....	4
3.2. Clasificación taxonómica.....	6
3.3. Características medio ambientales de la Espina Mar.....	7
3.3.1. Temperatura.....	7
3.3.2. Precipitación.....	7
3.3.3. Suelo y salinidad.....	7
3.4. Morfología de la planta.....	8
3.5. Propagación de la Espina de Mar.....	11
3.5.1. Propagación por vía semilla.....	11
3.5.2. Propagación por vía rebrotes.....	11
3.5.3. Propagación por vía esquejes.....	11
3.6. Enfermedades y plagas.....	12
3.6.1. Enfermedades.....	12
3.6.2. Plagas.....	12
3.7. Fijador de Nitrógeno.....	13
3.8. Análisis bromatológico.....	13
3.9. Usos y beneficios.....	13
3.9.1. Medicinal.....	13
3.9.2. Forraje.....	14
3.9.3. Utilización de residuos de frutas y semillas de Espina de Mar.....	15

3.9.4.	Conserva el suelo y el agua.....	15
3.9.5.	Leña.....	15
3.9.6.	Otros.....	16
3.10.	Siembra.....	16
3.11.	Épocas de plantación.....	16
3.11.	Asociación con otras especies.....	16
3.12.	Abonos orgánicos líquidos.....	17
3.12.1.	Cualidades del abono líquido.....	18
3.12.2.	Efecto del abono orgánico líquido sobre los cultivos.....	18
3.13.	Biodigestor.....	18
3.13.1.	Tipo de Biodigestores.....	19
3.13.2.	Formación del Biol.....	19
3.14.	Biol.....	20
3.14.1.	Ventajas y desventajas del biol.....	20
3.14.1.1.	Ventajas del Biol.....	20
3.14.1.2.	Desventajas.....	21
3.14.2.	Método de aplicación.....	21
3.15.	Uso de fertilizantes foliares.....	21
3.16.	Nutriente.....	22
3.16.1.	Clasificación de los nutrientes.....	22
3.16.2.	Valoración nutritiva de los alimentos.....	22
3.16.3.	Análisis Bromatológico.....	22
3.17.	Nutrición foliar.....	23
3.17.1.	Absorción de nutrientes mediante las hojas.....	23
3.17.2.	Factores que afectan la absorción foliar.....	24
3.17.3.	Ventajas de la absorción de fertilización líquida sobre los sólidos..	25
3.18.	Riego.....	25
3.18.1.	Riego por goteo.....	25
2.18.2.	Ventajas y desventajas del riego localizado.....	25
3.18.3.	Componentes del sistema de riego por goteo.....	27

<b>4.</b>	<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1.	Ubicación geográfica.....	29
4.2.	Características del a zona.....	30
4.2.1.	Clima.....	30
4.2.1.1.	Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo.....	30
4.2.2.	Fisiografía y vegetación.....	31
4.2.3.	Suelo.....	31
4.2.4.	Recursos hídricos.....	32
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
5.1.	Materiales.....	32
5.1.1.	Material de origen biológico.....	32
5.1.2.	Material de campo.....	33
5.1.3.	Material de gabinete.....	33
5.1.4.	Material de laboratorio.....	34
5.1.5.	Materiales de riego.....	34
5.2.	Metodología.....	34
5.2.1.	Método inductivo.....	34
5.2.1.1.	Delimitación del área de investigación.....	34
5.2.1.2.	Prueba de infiltración.....	35
5.2.1.3.	Toma de muestras de suelo.....	35
5.2.1.4.	Toma de muestra de biol.....	36
5.2.1.5.	Toma de muestra de agua.....	37
5.2.1.6.	Preparado del terreno.....	37
5.2.1.7.	Trasplante de los plantines de espina de mar.....	37
5.2.1.8.	Instalación del sistema de riego por goteo.....	38
5.2.1.9.	Labores culturales.....	38
5.2.1.10.	Riego.....	39
5.2.1.11.	Determinación de humedad.....	40
5.2.1.12.	Carguío de los biodigestores y obtención de biol.....	41
5.2.1.13.	Aplicación de biol.....	41
5.3.	Condiciones climáticas.....	42

5.3.1.	Temperatura.....	43
5.3.2.	Precipitación.....	44
5.4.	Diseño experimental.....	44
5.4.1	Modelo lineal aditivo.....	45
5.4.2.	Factor de estudio.....	45
5.4.3.	Características del campo experimental.....	45
5.4.4.	Croquis experimental.....	46
5.4.4.1.	Croquis de la distribución de tratamientos.....	46
5.5.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	47
5.5.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	47
5.5.1.1.	Altura de planta.....	47
5.5.1.2.	Diámetro de tallo.....	47
5.5.1.3.	Número de ramas primarias.....	47
5.5.1.4.	Número de ramas secundarias.....	47
5.5.1.5.	Número de hojas.....	48
5.5.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO.....	48
5.5.2.1.	Rendimiento en materia seca.....	48
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
6.1.	Análisis de agua.....	49
6.2.	Características del Biol – Bovino.....	50
6.3.	Análisis Físico – Químico del suelo.....	51
6.3.1.	Análisis Físico.....	51
6.3.2.	Análisis Químico.....	52
6.4.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	53
6.4.1	Porcentaje de prendimiento	53
6.4.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	54
6.4.1.1.	Altura de planta.....	54
6.4.1.2.	Ramas primarias.....	56
6.4.1.3.	Ramas secundarias.....	58
6.4.1.4.	Numero de hojas.....	60
6.4.1.5.	Diámetro del tallo.....	62

6.4.2.	Bromatología.....	62
6.4.2.1.	Proteína.....	63
6.4.2.2.	Valor energético.....	64
6.4.2.3.	Carbohidratos.....	65
6.4.2.4.	Fibra.....	66
6.4.3.	Rendimiento de materia seca (Kg/ha).....	67
7.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	69
8.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	71
9.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	72
10.	<b>ANEXOS</b> .....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Paginas</b>
<b>Cuadro 1</b>	Composición química de diferentes partes de Espina de Mar...	13
<b>Cuadro 2</b>	Dosis de aplicación de biol.....	42
<b>Cuadro 3</b>	Descripción de los tratamientos.....	45
<b>Cuadro 4</b>	Detalle del área experimental.....	46
<b>Cuadro 5</b>	Resultados del análisis químico del agua de riego.....	49
<b>Cuadro 6</b>	Resultados del análisis químico del Biol – Bovino.....	50
<b>Cuadro 7</b>	Resultado del análisis físico del suelo.....	51
<b>Cuadro 8</b>	Resultados del análisis químico del suelo.....	52
<b>Cuadro 9</b>	Análisis de varianza para la altura de planta.....	55
<b>Cuadro 10</b>	Análisis de varianza para el número de ramas primarias de la planta.....	56
<b>Cuadro 11</b>	Comparaciones de medias del número de ramas primarias por planta por Duncan para Niveles de Biol.....	57
<b>Cuadro 12</b>	Análisis de varianza para el número de ramas secundarias de la planta.....	58
<b>Cuadro 13</b>	Comparaciones de medias del número de ramas secundarias por planta por Duncan para Niveles de Biol.....	59
<b>Cuadro 14</b>	Análisis de varianza para el número de hojas por planta.....	60
<b>Cuadro 15</b>	Comparaciones de medias del número de hojas por planta por Duncan para Niveles de Biol.....	61
<b>Cuadro 16</b>	Análisis de varianza para el diámetro de planta.....	62
<b>Cuadro 17</b>	Análisis de varianza para la materia seca.....	67
<b>Cuadro 18</b>	Comparaciones de medias del rendimiento de materia seca Kg/ha por Duncan para Niveles de Biol.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Paginas
<b>Figura 1</b>	Componentes del análisis Bromatológico de los alimentos.....	23
<b>Figura 2</b>	Ubicación geográfica del área de estudio en la Estación Experimental Choquenaira.....	29
<b>Figura 3</b>	Condiciones climáticas registrada en la Estación Experimental Choque naira.....	30
<b>Figura 4</b>	Prueba de infiltración con los anillos infiltrómetros.....	35
<b>Figura 5</b>	Cuarteo de la muestra de suelo.....	36
<b>Figura 6</b>	Toma de muestra de biol.....	36
<b>Figura 7</b>	Realizado de hoyos con la maquinaria.....	37
<b>Figura 8</b>	Trasplante de plantines de espina de mar.....	38
<b>Figura 9</b>	Desmalezado de la parcela.....	39
<b>Figura 10</b>	Riego de la Espina de Mar.....	39
<b>Figura 11</b>	Muestreo de suelo.....	40
<b>Figura 12</b>	Variación de la humedad del suelo.....	41
<b>Figura 13</b>	Aplicación de biol con la mochila fumigadora a la espina de mar	42
<b>Figura 14</b>	Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas registradas en la Estación Experimental Choquenaira.....	43
<b>Figura 15</b>	Precipitación registrada mensualmente en la Estación Experimental Choquenaira.....	44
<b>Figura 16</b>	Croquis de la distribución de tratamientos.....	46
<b>Figura 17</b>	Porcentaje de prendimiento de la espina de mar.....	54
<b>Figura 18</b>	Promedio de la altura entre los cuatro Niveles de Biol.....	55
<b>Figura 19</b>	Promedio de ramas primarias.....	57
<b>Figura 20</b>	Promedio de ramas secundarias.....	59
<b>Figura 21</b>	Promedio de número de hojas.....	61
<b>Figura 22</b>	Variación del contenido proteico (%) de la espina de mar con cuatro niveles de biol.....	63

<b>Figura 23</b>	Variación del contenido del valor energético (Kcal/100g) de la espina de mar con cuatro niveles de biol.....	64
<b>Figura 24</b>	Variación del contenido carbohidratos (%) de la espina de mar con cuatro niveles de biol.....	65
<b>Figura 25</b>	Variación del contenido de fibra (%) de la espina de mar con cuatro niveles de biol.....	66
<b>Figura 26</b>	Promedios del rendimiento de materia seca (MS) kg/ha.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Paginas</b>
<b>Anexo 1</b>	Calidad de agua de riego..... 78
<b>Anexo 2</b>	Características del biol – bovino..... 79
<b>Anexo 3</b>	Análisis físico – químico del suelo..... 80
<b>Anexo 4</b>	Promedios de la altura de planta de la espina de mar..... 81
<b>Anexo 5</b>	Promedios del número ramas primarias de la espina de mar ... 81
<b>Anexo 6</b>	Promedios del número de ramas secundarias de la espina de mar..... 81
<b>Anexo 7</b>	Promedios del número de hojas por planta de la espina de mar 82
<b>Anexo 8</b>	Promedios del diámetro del tallo de la espina de mar..... 82
<b>Anexo 9</b>	Promedios del rendimiento de materia seca..... 82
<b>Anexo 10</b>	Imágenes..... 83
<b>Imagen 1</b>	Trasplante de los plantines de espina de mar..... 83
<b>Imagen 2</b>	Planta de espina de mar..... 83
<b>Imagen 3</b>	Toma de datos de la altura de planta..... 83
<b>Imagen 4</b>	Prendimiento de la espina de mar..... 84
<b>Imagen 5</b>	Parcela de la Espina de Mar..... 84
<b>Anexo 11</b>	Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 1... 85
<b>Anexo 12</b>	Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 2... 86
<b>Anexo 13</b>	Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 3... 87
<b>Anexo 14</b>	Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 4... 88

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Choquenaira, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, ubicado dentro del municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.

El objetivo del estudio fue evaluar la adaptabilidad de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* L.), bajo riego por goteo con la aplicación de diferentes niveles de biol-bovino en la Estación Experimental Choquenaira – Viacha. Las Variables de estudio fueron: Variables agronómicas, variables bromatológicas y variables de rendimiento.

Para la evaluación de la presente investigación se efectuó un diseño de bloques completamente al azar, el cual está compuesto por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, donde el factor de estudio del presente trabajo de investigación fueron los diferentes niveles de aplicación del Biol – Bovino: T1 0 %, T2 25 %, T3 50 % y T5 75 % de solución.

En las variables agronómicas se obtuvieron los siguientes resultados: Mayor altura de planta T4 (75 % de biol - bovino), con 53,6 cm, mayor número de ramas primarias T4 (75 % de biol - bovino), con 13,7 ramas, mayor número de ramas secundarias T4 (75 % de biol - bovino), con 13,7 ramas, mayor número de hojas por planta T4 (75 % de biol - bovino), con 1077,4 hojas.

En la variable bromatológica tenemos el T2 (25% de biol - bovino) que presento mayores contenidos de Proteína con 16,52 %, Valor energético con 324,57 % y Carbohidratos con 51,73 %, en el contenido Fibra cruda el T1 (0% de biol - bovino) es el que sobresale con 16,79 %.

En el rendimiento de materia seca, el T4 (75% de biol – bovino) presento un mayor rendimiento con 1075.4 kilogramos de materia seca por hectárea, también se observa que el T1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor rendimiento con 607,3 kilogramos de materia seca por hectárea.

## 1. INTRODUCCIÓN

Bolivia ha dedicado poca atención al manejo y conservación de sus recursos naturales, donde se explota un bien al máximo hasta dejarlo sin posibilidades de recuperación, existiendo poco apoyo gubernamental en el manejo y conservación de suelos, y que la erosión de los suelos en nuestro país actualmente llega a 41.05 % de superficie, y que progresivamente va en aumento.

Bajo esta realidad, es muy importante la búsqueda de alternativas que puedan garantizar la conservación y mejoramiento del recurso de suelo, proporcionar seguridad alimentaria para la población y generar excedentes redituables. Con este propósito se ha planteado la posibilidad de introducir las especies de “Sea buckthorn”, que en español se denomina “Espina de Mar” en las zonas altas y laderas de Bolivia.

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

La Espina de Mar, es una especie que ofrece beneficios ecológicos, contribuye al mejoramiento del medio ambiente, así también a la cobertura la conservación y nutrición del suelo. Es posible generar nuevos ingresos, con la industrialización de sus frutos, lograr ganancias de peso (carne y fibra) en los animales alimentados con esta planta, que es apetecida y palatable por los animales.

La particularidad de sus raíces gemíparas favorece el repoblamiento natural aún sin la producción de semilla por lo que las perspectivas para el aprovechamiento múltiple en los sistemas de montaña frágil y semi - árida son alentadores (Rongsen, 1992).

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).

### **1.1 Justificación.**

El presente trabajo busca la introducción de cultivos no tradicionales, representa un reto en el proceso de diversificar la actividad agrícola, siendo su adaptabilidad un parámetro importante a determinar. La información conseguida mediante el presente trabajo de investigación está dirigida al productor de las zonas altiplánicas de Bolivia, ya que la Espina de Mar es una planta con bastantes beneficios ecológicos, contribuyendo así al mejoramiento del medio ambiente, a la cobertura y conservación de suelos, y además se les puede proporcionar como forraje verde a los ganados de esta manera evitar la pérdida de la producción ganadera en épocas de sequía. Es posible generar nuevos ingresos con la industrialización de los frutos.

La Espina de Mar es una especie importante, porque se puede establecer en zonas totalmente marginales y degradadas así mismo mejora las condiciones medio ambientales a través de la conservación de suelos fijando nitrógeno al suelo.

El altiplano de La Paz se caracteriza por tener climas diferentes, poco favorables para el desarrollo agrícola y pecuario, debido a factores producidos por la naturaleza y el hombre los cuales son: erosión eólica y erosión hídrica, elevada evapotranspiración, déficit hídrico, precipitaciones escasas, temperaturas extremas, sobre explotación de cultivos, sobre pastoreo y la falta de una cultura de conservación y manejo de suelos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general.**

- Evaluar la adaptabilidad de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* L.), bajo riego por goteo con la aplicación de diferentes niveles de Biol - bovino en la Estación Experimental Choquenaira - Viacha.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la adaptabilidad de la Espina de Mar mediante variables agronómicas, con la aplicación de cuatro niveles de Biol – bovino y una lámina de riego.
- Determinar la calidad nutricional de la Espina de Mar para fines alimenticios.
- Determinar el rendimiento de la Espina de Mar en materia seca, con la incorporación de cuatro niveles de Biol – bovino.

## **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Importancia de la Espina de Mar**

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 está 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).

Rongsen (1992), 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. Esta especie no es una leguminosa pero tiene la capacidad de fijar nitrógeno, produce frutos que son bayas ricas en vitamina C, la semilla posee alto contenido de aceites y el follaje de la planta constituye una buena fuente de forraje para los animales.

Las especies de Hippophae presentan alta capacidad de adaptarse a condiciones adversas medioambientales de clima y suelo. Pueden crecer satisfactoriamente desde pocos metros hasta los 5.200 msnm., igualmente, pueden resistir temperaturas bajas hasta los - 30 °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 otras pueden crecer bien en suelos salinos (Rongsen, 1992).

La Espina de Mar puede ser propagada por diferentes formas, sin embargo, los métodos de multiplicación por semilla, por esquejes y cortes de brote son los más importantes.

### **3.1.1. Origen y distribución**

Rongsen (1992), la Espina de Mar es una planta originaria de la República Popular China, sus raíces ayudan a controlar suelos erosionados por el agua, recupera los suelos y hace que aumente la producción de otros cultivos; sus hojas sirven como forraje para los ganados, sus frutos sirven para la industrialización de productos como medicamentos, jugos, alimentos, cosméticos, vinos, etc.

Asimismo se considera que la región montañosa del Himalaya es el probable centro de origen del género Hippophae L. La Espina de Mar, es la planta típica del continente Euroasiático, distribuida en su totalidad de la región (Yu,1989; citado por Rongsen 1992).

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).

### **3.1.2. Espina de Mar en Bolivia**

En Bolivia a iniciativa del Ministro de Recursos Hidráulicos de la República Popular de China, envía a expertos para realizar estudios para la recuperación de suelos erosionados en los departamentos de La Paz, Potosí y Tarija. Durante la visita a las

mencionadas regiones, descubren lugares con distinto nivel de erosión a consecuencia del agua, viento y sobrepastoreo, sorprendiéndose por las inmensas y extensas tierras no cultivadas existentes y que estos no proporcionaban ningún beneficio a las comunidades indígenas de Bolivia (M.A.C.A. y CO.TE.CH., 2004).

En este sentido, mediante Convenio con el Gobierno de Bolivia, entre 1997 y 2001, se decide realizar la siembra de plantines de Espina de Mar (*Hippophae Ramnoides* Linn) en 7 regiones de los 3 departamentos de forma experimental. Al concluir el Convenio, se concluye que el Altiplano es óptimo para la plantación y desarrollo de la Espina de Mar.

La Espina de Mar es una planta fuerte porque puede sobrevivir en condiciones severas de la naturaleza, como las que presenta el Altiplano boliviano, ya que puede desarrollarse desde pocos metros de altura hasta los 5.200 msnm y resistir temperaturas desde 43 °C bajo cero hasta 40 °C y que prosperan en suelos con un promedio de pH de 5,5 a 8,3 y una precipitación entre los 400 a 600 mm por año.

En el año 2002, el Servicio de Desarrollo Agropecuario (SEDAG) identifica al Municipio de Santiago de Callapa (Provincia Aroma) como el territorio que presenta más del 70 % de su recurso suelo sensible a la erosión, es así que mediante coordinación con el Concejo Municipal de Santiago de Callapa se traslada los plantines sembrados en Patacamaya a la localidad de Santiago de Callapa en 80 hectáreas, aprovechando los suelos marginales de la región.

Sin embargo, hasta finales del 2004 se había comprobado que solo el 50 % de los plantines se habían desarrollado adecuadamente (alcanzando una altura promedio de 20 cm) y el resto había muerto debido a la falta de manejo del arbusto. Tres años más tarde, se observa que estos plantines ya eran arbustos muy prósperos, ya que contaban con una altura de entre 1,20 m y 1,80 m, con bastante fruta y follaje.

### 3.2. Clasificación taxonómica

**Reino:** Vegetal

**Clase:** Magnoliopsida

**Sub clase:** Rosidae

**Orden:** Rosales

**Familia:** Elaeagnaceae

**Género:** Hippophae

**Especie:** Rhamnoides

**Nombre botánico:** *Hippophae rhamnoides* Linn.

**Subespecie:** Sinensis Rousi o China

**Nombre común:** Espina de Mar (español)

Seabuckthorn (Ingles)

Saji (chino)

El botánico taxonomista Finlandés Arne Rousi, fue quien estudio y clasifico estas especies en 1971, dándole el nombre botánico de *Hippophae rhamnoides* Linn. De la subespecie Sinensis Rousi. Este género presenta diversidad en especies y subespecies entre las cuales las más importantes es la *Hippopae rhamnoides* Linn. más conocida como la Espina de Mar.

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

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

Fuente: Rongsen (1992)

### **3.3. Características medioambientales de la Espina Mar**

La espina de mar es una planta muy resistente, que puede sobrevivir en condiciones severas de la naturaleza, como las que presenta el altiplano boliviano (Rongsen, 1992).

#### **3.3.1. Temperatura**

Según Rongsen, (1992), la espina de mar, pertenece al grupo de plantas termófilas. Las especies de Hippophae presentan alta capacidad de adaptarse a condiciones adversas, puede resistir temperaturas bajas hasta menos 43°C a mayores de 30°C.

#### **3.3.2. Precipitación**

Rongsen indica que 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 por año (Rongsen, 1992).

#### **3.3.3. Suelo y salinidad**

La Espina de Mar puede desarrollarse en altitudes de 700 hasta 4.000 msnm. En China han demostrado que esta especie prospera en suelos con un pH promedio, desde 6 a 7, también mayores y menores a este promedio, esto indica que la acidez y la alcalinidad no son elementos limitantes para el desarrollo de esta especie (Rongsen, 1992).

En su medio natural, las plantas de 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 se han desarrollado satisfactoriamente en suelos arenosos, pedregosos, con contenido de arcilla pesada, que son apropiados en algunas regiones siempre que exista un buen drenaje (Kong, 1994).

### **3.4. 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).

- **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).

**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).

#### **e) Semilla**

La semilla está 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 más agua y abonos que otras especies de plantas (Rongsen, 1992).

El mismo autor indica que el sistema de la raíz en amplía, 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.

### **3.5. Propagación de la Espina de Mar**

La espina de mar se puede propagar por semilla, esquejes y por rebrotes o llamado los hijuelos.

#### **3.5.1. Propagación por vía semilla**

La obtención 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 comparados con los esquejes (Tan et al, 1994).

#### **3.5.2. Propagación por vía 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 un 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).

#### **3.5.3. Propagación por vía esquejes**

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).

Los esquejes de los pequeños retoños, no tienen 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).

Los esquejes deben ser cortados de 15 a 20 cm. de largo con un diámetro del grosor del lápiz estos deben ser recolectados de plantas madres, los esquejes también pueden ser conservados en agua durante una semana sin perder su capacidad de enraizar.

### **3.6. Enfermedades y plagas**

#### **3.6.1. Enfermedades**

El principal problema en el cultivo de la espina de mar es una enfermedad causada por una bacteria, *Pseudomonas syringe* que causa el marchitamiento de la planta y posterior muerte de la misma (Yu, 1989).

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).

#### **3.6.2. Plagas**

La plaga más común en la planta *Hippophae*, es el gusano de las clases Tsherbinka-1, Vitaminnaya y Maslichnaya. Solamente causa daño foliar de poca importancia para el rendimiento de la planta (Hu, 1995).

### 3.7. 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).

### 3.8. 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 1. 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 (%)
Pulpa	22,90	7,17	780,90	1,10	7,70	4,40	2,05	0,40	0,50
Semilla	82,80	5,84	149,00	6,35	3,30	0,95	8,36	19,60	3,96
Fruto	26,00	6,29	741,00	1,79	7,30	4,35	2,20	1,20	0,57

Fuente Zhiben, 1987.

### 3.9. Usos y beneficios

#### 3.9.1. 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 más 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, está siendo utilizada 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).

### **3.9.2. 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).

### **3.9.3. 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, micro elementos, 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).

### **3.9.4. Conserva el suelo y el agua**

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

### **3.9.5. 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.

### **3.9.6. 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 - 1.000 mg por 100 g de fruto, puede ser tan rica y alta como 2.000 mg por 100 mg, el cual es muy alto comparado con cualquier otra fruta y hortaliza cultivada (MAGDR, 1994).

### **3.10. 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).

### **3.11. 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 más bajo que aquellos plantados en primavera (Rongsen, 1992).

### **3.11. 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).

### **3.12. Abonos orgánicos líquidos**

Son abonos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles (en biodigestores). Obtenidos en base a la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican foliarmente (Gomero, 1999).

Los desechos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas, se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos en concentración de 20 y 50% estimulan el crecimiento, mejoran la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas.

Las mismas pueden ser aplicadas al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Cuchman y Riquelme (1993) mencionan que los abonos o biofertilizante líquidos son los fertilizantes a corto plazo por excelencia, se usan principalmente como complementos del riego y para corregir deficiencias en aplicaciones foliares. No hay

que desconocer de sus excelentes propiedades preventivas y repelentes contra hongos y plagas en general.

Quispe (2003) indica que funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas. Pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

### **3.12.1. Cualidades del abono líquido**

Según Restrepo (2001), el abono líquido actúa como repelente fungicida foliar, tiene las propiedades de las hormonas de crecimiento vegetal y mejora la vida en el suelo, además desarrollan resistencia a las enfermedades de origen viral. Los cultivos responden bien al abono líquido, incluso en suelos contaminados e inactivados por el uso de venenos, cuando se aplica en cultivos deficientes nutricionalmente, el efecto de la aplicación es visible a las 24 horas. Para la aplicación del abono líquido es preferible utilizar hojas de leguminosas, por su elevado contenido de nitrógeno.

### **3.12.2. Efecto del abono orgánico líquido sobre el desarrollo de los cultivos**

La presencia de biofertilizante actúa regulando la movilización de almidones y azúcares en las plantas, importantes para mantener el estado de equilibrio nutricional en los vegetales, lo que favorece al aumento de la resistencia contra el ataque de insectos plaga y enfermedades (Restrepo, 2001).

### **3.13. Biodigestor**

El Biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar, éste en biogás y fertilizante líquido, el biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas o iluminaciones y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad (Marti, 2008).

El biodigestor es un tipo de bioreactor en condiciones anaeróbicas diseñado para propiciar un ambiente adecuado a las bacterias que degradan la materia orgánica convirtiéndolo finalmente en biogás y dejando efluentes utilizados como fertilizantes líquidos agrícolas (Marti, 2008)

### **3.13.1. Tipo de Biodigestores**

Según Schlafli (2010) clasifica a los biodigestores de acuerdo al tipo de alimentación:

- Sistemas discontinuos, conocidos también como de carga fija ya que se carga solo una vez en forma total y luego se cierra herméticamente por unos 20 a 50 días, donde se descarga después que deje de producir gas. El modelo tipo Batch es el más conocido de este sistema.
- Sistema semicontinuo, son pequeños o de mediana escala, de uso urbano o rural, presenta buena eficiencia de producción de biogás diaria. Los modelos que destacan en este sistema son el tipo Hindú, Chino y otro de menor costo del tipo manga de polietileno.
- Sistema continuo, tienen flujo constante de biomasa activa en su interior, son grandes sistemas sofisticados, donde emplean equipos comerciales para alimentarlos, dando calefacción, agitación y control.

### **3.13.2. Formación del Biol**

Suquilanda (1996), manifiesta que para conseguir un buen funcionamiento del digestor, debe cuidarse la calidad de la materia prima o biomasa, la temperatura de la digestión (25 a 35 °C), la acidez (pH) que debe estar alrededor de 7.0 y las condiciones anaeróbicas del digestor que se da cuando esté herméticamente cerrado. Es importante considerar la relación de materia seca y agua que implica el grado de partículas en la solución. La cantidad de agua debe normalmente situarse alrededor del 90% en peso del contenido total. Tanto el exceso como la falta de agua son perjudiciales. La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación.

### **3.14. Biol**

Es un abono orgánico líquido, una mezcla líquida elaborado por descomposición o fermentación en ausencia de oxígeno o anaeróbica, cuyo producto es un residuo líquido y otro sólido. El residuo líquido es el biol, que se utiliza como fertilizante foliar (Estrada, 2007).

El biol es un abono natural, denominado también biofertilizante líquido, puede ser utilizado para diferentes cultivos, principalmente hortalizas, y plantas de ciclo cortó. En plantas que ha sufrido daños por heladas, granizadas, bajas temperaturas, quemaduras de diferente naturaleza y en plantas desnutridas, los efectos del biol son muy rápidos y verificables (Estrada, 2007).

Álvarez (2010), menciona que es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha). El mismo autor indica que el biol contiene nutrientes de valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas.

#### **3.14.1. Ventajas y desventajas del biol**

##### **3.14.1.1. Ventajas del Biol**

- El biol no es tóxico y no contamina el medio ambiente
- Tiene bajo costo de producción
- Es fácil de elaborar
- Mejora el vigor de los cultivos y le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades y los efectos adversos del clima (sequías, heladas, granizadas).
- Es rápida absorción para las plantas, por su alto contenido de hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitamina (Arana, 2011).

### **3.14.1.2. Desventajas**

- Tiene un periodo de elaboración de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar su producción en el año para encontrar follaje verde de los insumos y poder usarlo durante la campaña agrícola, (Arana, 2011).

### **3.14.2. Método de aplicación**

Las soluciones de biol al follaje, deben aplicarse en los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas con unos 400 a 800 lt/ha dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico (Goytia, 2007).

Este fitoestimulante líquido cuando se aplica al follaje, debe realizarse en momentos de mayor actividad fisiológica mediante la aplicación de aspersiones (Goytia, 2007).

Colque *et.al.,.* (2005), indican que su aplicación con parte efluente puede ser dirigidos al follaje, y con el lodo se puede aplicar al suelo, a la semilla y/o a la raíz.

### **3.15. Uso de fertilizantes foliares**

La fertilización foliar es una práctica que está tomando auge, en vista de haber obtenido buenos resultados en los trabajos que se han llevado a cabo; sin embargo es poco lo que se ha trabajado en este aspecto (Chilon, 1991).

Existen casos en que las plantas no pueden satisfacer sus necesidades nutritivas por absorción radicular por múltiples causas tal como lesiones en las raíces, carencia de elementos nutritivos en el suelo, efectos antagónicos de nutrientes, sequias muy prolongadas, elementos de poca solubilidad, etc., que repercuten en el desarrollo de la planta, notándose en algunos casos en forma acentuada, síntomas de deficiencia, en estas circunstancias, lo más conveniente para corregir estas deficiencias es mediante la fertilización foliar, existiendo en el comercio gran cantidad de fertilizantes, cuyo consumo se va incrementando día a día (Chilon, 1991).

La aplicación foliar de fertilizantes, se realiza con aspersiones aéreas por medio de pulverizadores específicos. Estas aspersiones se pueden convenir con prácticas terapéuticas del cultivo tales como el uso de insecticidas y fungicidas. La aplicación

foliar es tanto una forma de corrección complementaria de fertilización como una forma única de suministro de algunos elementos principalmente los micronutrientes (Domínguez, 1989).

### **3.16. Nutriente**

Un nutriente es un elemento constitutivo de las sustancias alimenticias, ya sean de procedencia vegetal o animal, que ayuda a mantener la vida. Un nutriente puede ser un elemento simple como el hierro o la proteína puede ser un compuesto químico (Church y Pond, 1992).

#### **3.16.1. Clasificación de los nutrientes**

De acuerdo a Cañas (1995) los nutrientes se pueden clasificar en:

- Según su origen en: (Carbohidratos, Grasas, Proteínas, Vitaminas), e inorgánicos (Agua, Sales minerales).
- Según su Misión Principal: (Carbohidratos y Lípidos), Plásticos y energéticos (Proteínas), Biorreguladores (Macro elementos minerales).

#### **3.16.2. Valoración nutritiva de los alimentos**

La composición química de los alimentos indica la calidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad (Church, 1988).

#### **3.16.3. Análisis Bromatológico**

En análisis bromatológico es el más utilizado para determinar las sustancias alimenticias, pueden presentarse como el esquema químico utilizando frecuentemente para la descripción de un alimento, aunque este análisis posee limitaciones como indicador de propiedades nutritivas (Boada, 1998).

Investigaciones de la Estación Experimental de Weende (Alemania) Presentan el siguiente esquema:



**Figura 1.** Componentes del análisis Bromatológico de los alimentos

### 3.17. Nutrición foliar

#### 3.17.1. Absorción de nutrientes mediante las hojas

Los nutrientes se aplican a las hojas porque pueden penetrar la cutícula por difusión. Estos atraviesan la cutícula, penetrando a la hoja a través de las células de la epidermis por unas finas estructuras submicroscópicas, que se extienden desde la superficie interna de la cutícula hasta la membrana citoplasmática a través de las paredes celulares de la epidermis. Una vez que el nutriente está en contacto con la membrana citoplasmática de la célula, el mecanismo de entrada es similar al que ocurre en las células de las raíces (Armas, 1988).

La absorción de los elementos minerales por parte de las plantas mediante las raíces requiere en la mayor parte de los casos un gasto de energía metabólica para que estos penetren, en contra del gradiente de concentración, en las células (Vásques y Torres, 1985).

No obstante, existe cierta parte de los elementos que puede penetrar las plantas de forma pasiva, sin gasto de energía. La entrada de muchos nutrientes en la vacuola de la célula requiere del concurso de sustancias transportadoras, las teorías que

implican el paso de elemento con gasto de energía hacia la célula son: la teoría de Lundegardh o “bomba de los citocromos”, la teoría del mecanismo de absorción con intervención de ATP y la teoría de las enzimas de transporte; las dos últimas parecen ser las más aceptadas (Vásques y Torres, 1985).

La efectividad de la fertilización foliar en gran medida de la calidad absorbida del elemento a través de la superficie (siendo importante la composición química de las hojas) y de su traslado por los conductos floemáticos, requerido en gasto de energía metabólica. Estos elementos nutritivos deben atravesar la cutícula, las paredes (primaria y secundaria) y la membrana plasmática hasta llegar al interior de la hoja (Rodríguez, 1989).

### **3.17.2. Factores que afectan la absorción foliar**

Los factores que afectan la absorción foliar son las siguientes: (Rodríguez, 1989).

- Temperatura: a medida que aumenta la temperatura, por ejemplo, entre 20 a 26 °C la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada. Después a los 28 °C comienza a producirse en secado superficial, disminuyendo la absorción de la solución.
- Humedad Relativa: al aumentar la humedad relativa ambiental la permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar es mayor, aumentando la probabilidad de su absorción.
- Edad de la hoja: las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción que las hojas viejas.
- Características de la solución aplicada: se difunden a nivel foliar en un mayor grado, los fosfatos y nitratos de potasio, que los cloruros y nitratos de potasio.
- Luz: este factor es importante para una óptima fotosíntesis, en consecuencia habrá una energía disponible para la absorción activa de los nutrientes.

### **3.17.3. Ventajas de la absorción de fertilización líquida sobre los sólidos**

Las ventajas atribuidas a los abonos líquidos sobre los sólidos son las siguientes: distribución más uniforme de los nutrientes, absorción inmediata en el suelo incluso en épocas de sequía, posibilidad de añadir ciertos pesticidas y fungicidas (Simpson, 1991).

La fertilización foliar, comparada con la clásica, presenta las siguientes características: una más rápida utilización de los nutrientes por parte de la planta; es flexible en el número de aplicaciones; las dosis empleadas son menores; no se presentan los problemas de suelo (Rodríguez, 1989).

### **3.18. Riego**

Chipana (1996), indica que el riego es básicamente una alternativa del hombre de alterar el ciclo hidrológico a nivel local y promover el incremento de la producción agrícola. En otras palabras el riego es el suministro oportuno de la cantidad adecuado de agua a los cultivos de tal manera que estos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daños al medio ambiente.

#### **3.18.1. Riego por goteo**

Aplica el agua gota a gota mediante orificios denominados emisores en la proximidad de la zona radical de los cultivos para que se utilice eficientemente. Cuando se habla de riego por goteo, se hace referencia al riego localizado, que se caracteriza por el uso de: micro tubos, mangueras, cintas de exudación y goteo (Serrano, 2012).

#### **2.18.2. Ventajas y desventajas del riego localizado**

Fuentes (1998), indica que el riego localizado ofrece una serie de ventajas e inconvenientes. Las ventajas frente a los sistemas de riego tradicional son las siguientes:

- Mejor aprovechamiento de agua
- Posibilidad de utilizar aguas con un índice de salinidad más alto
- Mayor uniformidad de riego

- Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- Aumento de la cantidad y calidad de las cosechas
- Menor infestación por malas hierbas, debido a menor superficie de suelo humedecida.
- Posibilidad de aplicación de fertilizantes, correctores y pesticidas con el agua de riego.
- Facilidad de ejecución de las labores agrícolas, al permanecer seca una buena parte de la superficie del suelo y ahorro de mano de mano de obra.

Los inconvenientes son los siguientes:

- Se necesitan un personal bien calificado
- Hay que hacer un análisis inicial de agua
- Cuando se maneja mal el riego existe riesgo de salinización del bulbo húmedo.
- Es preciso hacer un control de las dosis de agua, fertilizante, pesticidas y productos aplicados al agua de riego.
- Exige una mayor inversión inicial.

Para Chipana (1996), las ventajas y desventajas del riego localizado son los siguientes:

Ventajas:

- Asegura una uniforme distribución de agua y fertilizantes
- Puede ser instalados en superficies irregulares
- Es un sistema permanente ser automático, economizando mano de obra
- El agua es conducida directamente a las raíces, eliminándose las pérdidas por percolación y evaporación
- Pueden ser aplicado a casi a todo tipo de suelo;
- No requiere sistematización de tierras, pudiendo emplearse en áreas de topografía irregular
- Existe un ahorro de mano de obra y energía
- No interviene con otras prácticas agrícolas

- Baja incidencia de malezas
- Eleva eficiencia de aplicación (85 a 95 %)

Desventajas:

- Elevada inversión inicial
- Requiere necesariamente de un sistema de filtro
- Posibilidad de obstrucción de los emisores
- Necesita de personal capacitado para operar el sistema
- Las investigaciones sobre riego localizado para Bolivia son casi inexistentes.

### **3.18.3. Componentes del sistema de riego por goteo**

Medina et al. (2005), menciona que los componentes de un sistema de riego son las siguientes:

#### **a. Fuente de presión**

Puede ser una bomba, o tal vez un estanque que se encuentre ubicado por lo menos 10 metros sobre el nivel del terreno a regar, o una red comunitaria de agua presurizada.

#### **b. Línea de presión**

Constituido por una tubería de PVC, cuyo diámetro depende del tamaño de la parcela a la que se le aplicará este tipo de riego y que permite conducir las aguas desde los pozos existentes o desde la bomba hacia los cabezales, presurizando en su recorrido el agua al ganar presión hidrodinámica gracias a la topografía del lugar al tener pendiente a favor.

#### **c. Cabezal de riego**

Constituido por accesorios de control y filtrado. Los cabezales constan básicamente de: válvula compuerta, válvula de aire, filtro de anillos y arco de riego con válvula de bola.

#### **d. Porta regantes**

Tubería de PVC que permite conducir el agua hacia cada uno de los laterales donde se instalarán las cintas de goteo.

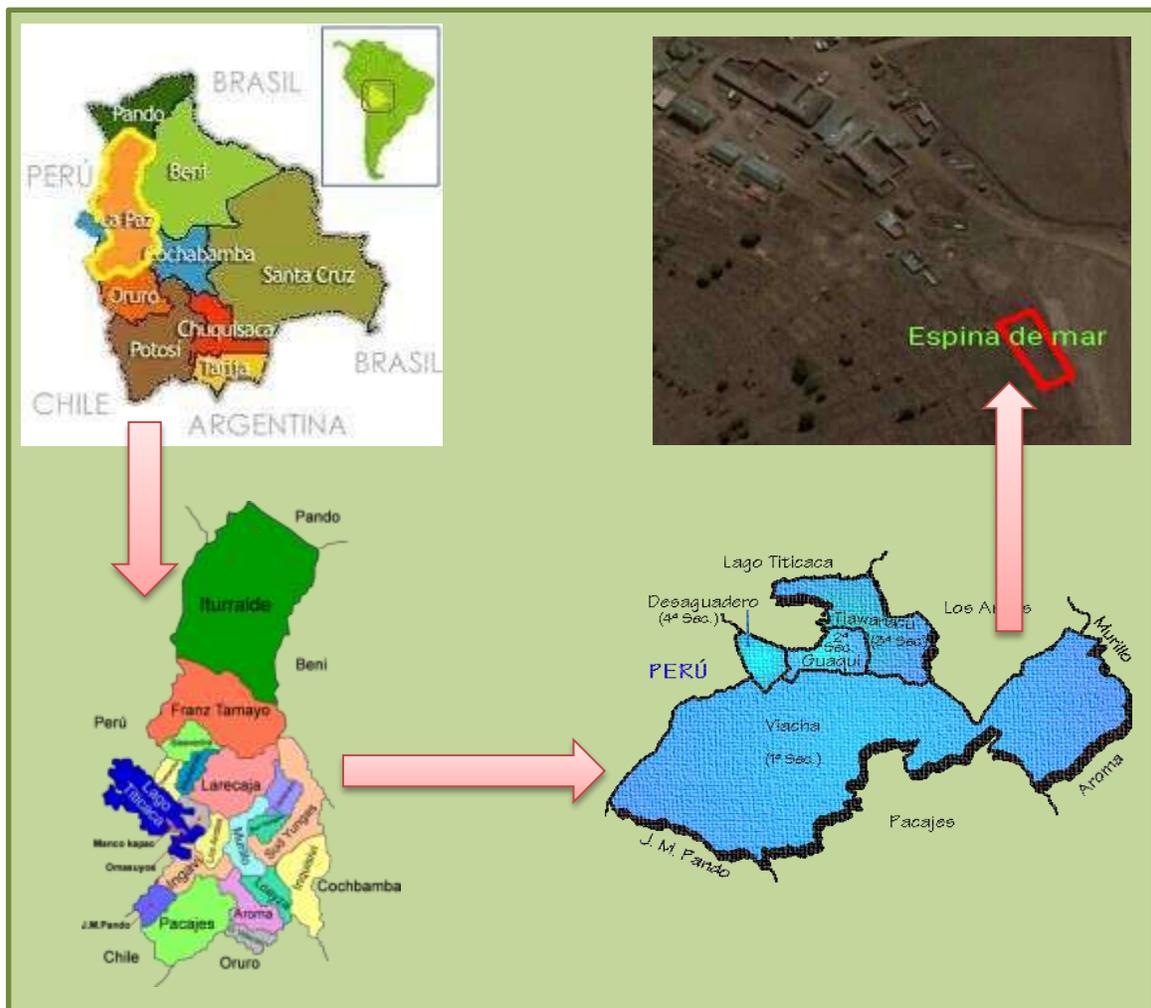
#### **e. Emisores**

Constituidos por las cintas de goteo, que permiten emitir caudales de aproximadamente 1 a 2 litros por hora por cada gotero (ubicados cada 20 cm, o más). Las cintas trabajan con presiones nominales de hasta 10 metros de columna de agua.

## 4. LOCALIZACIÓN

### 4.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Choquenaira dependiente de la Facultad de Agronomía - UMSA, ubicada en la comunidad de Choquenaira, a 8 km de la población de Viacha, Provincia Ingavi y a 32 km de la ciudad de La Paz; a una altitud de 3870 m.s.n.m., geográficamente se halla a 14°16'45" latitud Sur y a 65°34'23" longitud Oeste, el camino que comunica Viacha y las comunidades son de tierra y ripiadas; en época de lluvias existe anegamiento en los caminos de tierra (Mamani, Céspedes, 2012).



**Figura 2** .Ubicación geográfica del área de estudio en la Estación Experimental Choquenaira.

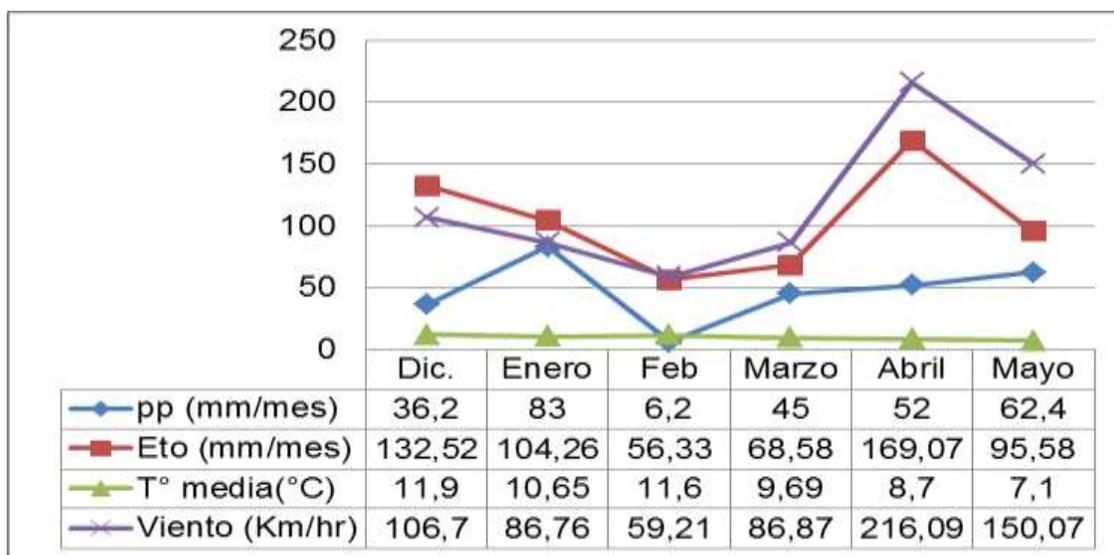
## 4.2. Características de la zona

### 4.2.1. Clima

El altiplano se caracteriza por presentar variaciones climáticas, la presencia de heladas es muy frecuente y la poca precipitación origina épocas de sequía prolongadas teniendo como consecuencia una sola producción al año. La temperatura promedio anual es 7,7 °C; las precipitaciones son estacionales e irregulares en intensidad y periodicidad, en los últimos años las precipitaciones se concentran en los meses de diciembre a marzo, alcanzando el 72% de toda la precipitación con un promedio anual de 349,10 mm (Mamani, Céspedes, 2012).

#### 4.2.1.1. Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo

En la figura 3, se detalla las precipitaciones, evapotranspiración, temperatura y vientos mensuales registrados por una consola climático automático instalado en la Estación Experimental Choquenaira, durante la investigación del cultivo Espina de Mar desde Diciembre de 2016 hasta Mayo 2017.



**Figura 3.** Condiciones climáticas registrada en la Estación Experimental Choquenaira

#### 4.2.2. Fisiografía y vegetación

En aspectos fisiográficos de la región, está dada aproximadamente en un 21 % por serranías y 79 % de planicies que constituye la cuenca lechera y forrajera, aptos para la producción de cultivos agrícolas como también la crianza de animales mayores y menores.

La vegetación corresponde a bosque húmedo montano sub tropical, donde la vegetación primaria dominante de las plantas xerofíticas y mesofíticas; las especies más representativas que componen la comunidad vegetal son de tipo herbáceos anuales, plurianuales y algunos de tipo arbustivas.

Las plantas que predominan en las praderas nativas son las gramíneas y otras especies de importancia forrajera que desarrollan de manera irregular en altura y en poco volumen de fito masa; en estos campos existen el sobre pastoreo del ganado bovino ovinos y camélidos (Mamani y Céspedes, 2012).

Según Paye (2006), en la región de Letanías existen especies tales como: Cebadilla, Ichu, Cola de ratón, Thola, Muni muni (*Bidens pilosa*), Lirio lirio (*Sisyrinchium andicola*), Reloj reloj (*Erodium cicutarum*), Diente de león (*Taraxacum officinalis*), k'anapaqu (*Sonchus oleraceus*), Paiqu (*Chenopodium ambrosoides*), Quinoa silvestre (*Chenopodium sp.*) y otras especies menores.

El mismo autor señala que existen otras especies forrajeras introducidas que son cultivadas como: Avena, Alfalfa (*Medicago sativa*), Triticale (*Triticale sp.*), Otras en menor escala como el Atriplex (*Atriplex halimus*).

#### 4.2.3. Suelo

Fernández (2006), sostiene que la Estación Experimental Choquenaira presenta suelos de origen aluvio - coluviales de formación reciente, destacan dos planicies una planicie no inundable la cual es apta para la producción de cultivos como la papa, cebada, quinua, forrajeras y hortalizas. En cambio la planicie más baja o anegadizas expone limitaciones en la preparación del suelo para las labores agrícolas debido a su mayor humedad por la proximidad a la napa freática de 45 a 50

cm, y a las frecuentes inundaciones por tiempos cortos; lo que limita su uso solamente para pastos nativos y algunos arbustos de porte bajo.

Callisaya (1994), describe el suelo con una profundidad efectiva de 25 a 32 cm, color gris en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo. Textura arcillo limoso y franco arcilloso limoso. Estructura bloque subangular, consistencia adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. el subsuelo presenta una elevada cantidad de arcilla.

#### **4.2.4. Recursos hídricos**

Se constituye en la cuenca media del río Jachajahuira - Pallina, en la cuenca alta se observan procesos de reducción de la cobertura vegetal que sumada a la concentración de lluvias estacionales, provocan el incremento de la erosión hídrica y transporte de sedimentos. Los ríos que se encuentran a los alrededores son: Río Khala, Río Achicala, Río Kusilluni, Río njiskha, Río Pallina, Río Wilaque, Río Challa y Río Sallani (Revista en Imágenes EECh. 2011).

La fuente principal del agua de la Estación Experimental Choquenaira es de origen subterránea y de pequeños manantiales, las precipitaciones pluviales son las encargadas de la recarga de los acuíferos (Mamani y Céspedes, 2012).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Material de origen biológico**

- Para el estudio se utilizó plantines de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides L.*), que se trajo de la fundación PROINPA.
- Se utilizó el abono líquido orgánico Biol, en los diferentes niveles de aplicación, el cual se obtuvo de los biodigestores que están instalados en la Estación Experimental Choquenaira.

### **5.1.2. Material de campo**

Los materiales utilizados en campo son:

- Pala
- Rastrillo
- Estacas
- Pintura
- Marbetes
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de campo
- Cilindros infiltrómetros
- Regla métrica
- Estuco
- Picota
- Tractor agrícola
- Letreros
- Lienzo o cuerdas
- Flexómetro
- Planillas de registro
- Bolsas plásticas de muestreo
- Barreno muestreador
- Wincha de 50 M
- Chuntillos.

Materiales utilizados en la incorporación de biol son:

- Mochila aspersor de 20 Litros
- Baldes
- Tela Tul

### **5.1.3. Material de gabinete**

Entre los materiales de gabinete utilizados son los siguientes:

- Computadora
- Lápices
- Croquis Experimental
- Flas Memori
- libreta de bolsillo
- Impresora
- Bolígrafos
- Cuaderno De Campo
- Hoja Bon
- Marcadores.

#### **5.1.4. Material de laboratorio**

- Balanza analítica de precisión
- Mufla
- Termómetro
- Vasos metálicos.

#### **5.1.5. Materiales de riego**

Los materiales utilizados en la instalación de riego son:

- Tubería pvc e-40
- Codos
- Reductores
- Tes
- Niples macho
- Niples hembra
- Uniones universales
- Válvula bola
- Ventosa
- Filtro de anillas
- Inyector ventury
- Tubería corrugado
- abrazaderas (silleta)
- Tapones
- Manguera cinta con gotero integrado
- Teflón
- Llaves de bola

### **5.2. Metodología**

#### **5.2.1. Método inductivo**

Este método se utilizó para la parte agronómica del cultivo, en base a ello se realizó las siguientes técnicas:

##### **5.2.1.1. Delimitación del área de investigación**

Se realizó un reconocimiento visual de los terrenos de la Estación Experimental para establecer la ubicación de la parcela de investigación verificando que exista provisión constante de agua con una superficie de 240 m<sup>2</sup>, la misma que fue estaqueada con la utilización de cinta métrica, lienzo, y estacas.

### 5.2.1.2. Prueba de infiltración

Primeramente se procedió a elegir un lugar representativo para cada par de cilindros, en el que no exista ninguna alteración física del suelo. Luego se instaló el cilindro pequeño en el lugar determinado uniformemente de manera que no exista una inclinación del cilindro. Se golpeó los cilindros haciendo penetrar 10 a 15 cm. Luego se realizó la misma operación con los cilindros grandes que cumplía la función de tampón, para que no exista movimiento lateral horizontal del agua dentro del suelo.

Finalmente se hizo el aporte de agua a ambos cilindros pero a una altura de lámina mayor al cilindro interno, se midió el nivel de agua y se realizaron mediciones periódicas; estos datos se registraron en la planilla y mediante ellos se obtuvo la evolución de la velocidad de infiltración básica de dicho suelo hasta obtener el valor de infiltración a saturación.



**Figura 4.** Prueba de infiltración con los anillos infiltrómetros

### 5.2.1.3. Toma de muestras de suelo

Las muestras de suelo tomada para análisis físico y químico, se colectaron antes de la preparación del terreno, por el método del zigzag obteniendo una muestra compuesta a una profundidad de 30 centímetros, y después del cuarteo, se obtuvo una muestra simple de 1 kg, para el análisis físico (textura, densidad aparente, densidad real) y químico (pH, conductividad eléctrica, N, P, K).



**Figura 5.** Cuarteo de la muestra de suelo

#### **5.2.1.4. Toma de muestra de biol**

La muestra se recolecto con la ayuda del muestreador de biol, se obtuvo una muestra de 2 litros en un envase de pet, del tanque de agua donde se cosecha el biol, a una profundidad de 50 centímetros para su respectivo análisis.



**Figura 6.** Toma de muestra de biol – bobino

#### **5.2.1.5. Toma de muestra de agua**

La muestra se recolecto con la ayuda del muestreador de agua, se obtuvo una muestra de 2 litros en un envase pet de plástico a una profundidad de 50 centímetros del estanque de riego para su respectivo análisis, agua que proviene de una fuente natural que es bombeada al estanque de concreto.

#### **5.2.1.6. Preparado del terreno**

La preparación del área experimental se hizo lo suficientemente anticipada al trasplante, realizando el marcado de los hoyos para luego proceder a la cavación con un diámetro de 0.40 m y una profundidad de 0.40 m dicha actividad se realizó manualmente y con la ayuda de maquinaria retroexcavadora para realizar los hoyos con una distancia de (1 m x 1 m).



**Figura 7.** Realizado de hoyos con la maquinaria

#### **5.2.1.7. Trasplante de los plantines de espina de mar**

El trasplante de los plantines de Espina de Mar se lo realizó de manera manual con ayuda de picotas y palas, se trasplanto 16 plantines por unidad experimental con una densidad entre plantas de (1 m x 1 m).



**Figura 8.** Trasplante de plantines de espina de mar

#### **5.2.1.8. Instalación del sistema de riego por goteo**

La instalación de riego localizado en el área de investigación se lo realizo con todos sus componentes fundamentales, el cual tiene el cabezal del riego un filtro para detectar posibles impurezas, la red de distribución las tuberías principales desde el fuente de almacenamiento de agua. Para las instalaciones de líneas secundarias se utilizaron tuberías de polietileno, y los accesorios utilizados fueron simples como la unión universal, codos, paso de llaves y los emisores, (goteros).

#### **5.2.1.9. Labores culturales**

Durante la evaluación del cultivo de espina de mar, se realizó el control de malezas, procediendo al desmalezado de la parcela de investigación con el chuntillo y el azador sacando toda la maleza que se encontraba presente alrededor de las plantas, que ocasiona una competencia de nutrientes, el espacio, agua y que pueden reducir el crecimiento y desarrollo de la espina de mar, también se realizó el rastrillado de las piedras fuera de la parcela por ser un suelo pedregoso.



**Figura 9.** Desmalezado de la parcela

#### **5.2.1.10. Riego**

El riego se realizó inmediatamente después del trasplante para evitar la deshidratación de las plantas de espina de mar bajo el método de riego por goteo, mediante el cual se aplicó el riego en forma uniforme a toda la parcela experimental, de acuerdo al requerimiento y al diseño agronómico, dependiendo de la fase fenológica y el coeficiente del cultivo. El volumen total de agua aplicado en el área experimental de la investigación fue de 16,69 m<sup>3</sup>.



**Figura 10.** Riego de la espina de mar

### 5.2.1.11. Determinación de humedad

El muestreo de suelo se realizó con la ayuda del barreno muestreador antes y después del riego, para la determinación de la humedad del suelo de los diferentes unidades experimentales, seguidamente se procedió al pesado en una balanza analítica de precisión, obteniendo así la masa de suelo húmedo en gramos, luego se procedió a llevarlo a la mufla a una temperatura de 105 °C durante 48 horas, para la obtención del peso de suelo seco; posterior se llega a realizar los cálculos correspondientes de la determinación de humedad de suelo.



**Figura 11.** Muestreo de suelo

De acuerdo a Miranda (2004), la ecuación para determinar la humedad del suelo, la relación obedece a la siguiente formula:

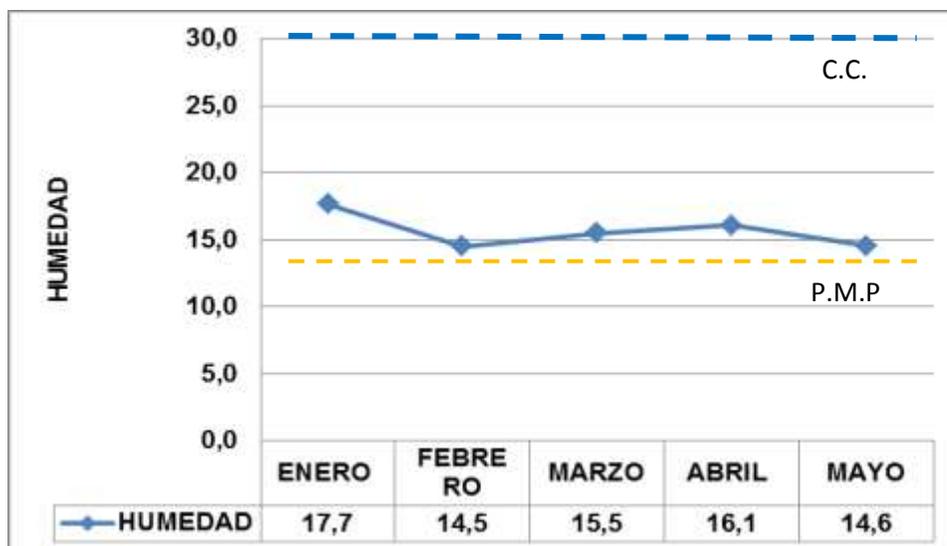
$$\%Hg = \frac{MSH - MSS}{MSS} \times 100$$

Dónde:

% Hg= Humedad gravimétrica (%)

MSH = Masa de suelo húmedo (g)

MSS = Masa de suelo seco (g)



**Figura 12.** Variación de la humedad del suelo.

En la figura 12. En base a los muestreos de suelo obtenidas en campo, y registradas a una profundidad promedio de 30 cm, se observa, que la humedad se mantuvo por encima del punto de marchitez permanente (P.M.P.), por lo cual se puede indicar que la planta, tuvo disponibilidad permanente de agua para su desarrollo.

#### **5.2.1.12. Carguío de los biodigestores y obtención de biol**

El carguío de biodigestores se lo realizó semanalmente con el objetivo de obtener el respectivo biol – bovino, con una relación de 3:1 de agua y estiércol. A los biodigestores de tipo chino con un volumen de 13 kilos de estiércol y 39 litros de agua y la tubular con 20 kilos de estiércol y 60 litros de agua, con diferentes capacidades de 9 m<sup>3</sup> y 90 m<sup>3</sup>.

También se realizó la cosecha de biol – bovino al tanque de 1.200 litros, que se efectuó de la piscina del desembocamiento de los biodigestores instalados.

#### **5.2.1.13. Aplicación de biol**

La aplicación de biol – bovino a las plantas de Espina de Mar se lo realizó por vía foliar, cada dos semanas, con la ayuda de una mochila fumigadora de 20 litros de capacidad, pero antes de la incorporación se realizó la filtración del biol con la tela tul para evitar taponamientos. La aplicación de biol se realizó a distintas dosis de acuerdo a los tratamientos en estudio.

**Cuadro 2:** Dosis de aplicación de biol.

<b>Solución</b>	<b>Biol/litro</b>	<b>Agua/litro</b>	<b>Total/litros</b>
<b>0%</b>	0	0	0
<b>25%</b>	1	3	4
<b>50%</b>	2	2	4
<b>75%</b>	3	1	4

La aplicación se realizó a cada tratamiento con sus respectivas dosis de biol, aplicando un volumen total de 4 litros de solución por tratamiento, el volumen utilizado por mes fue de 24 litros de biol.



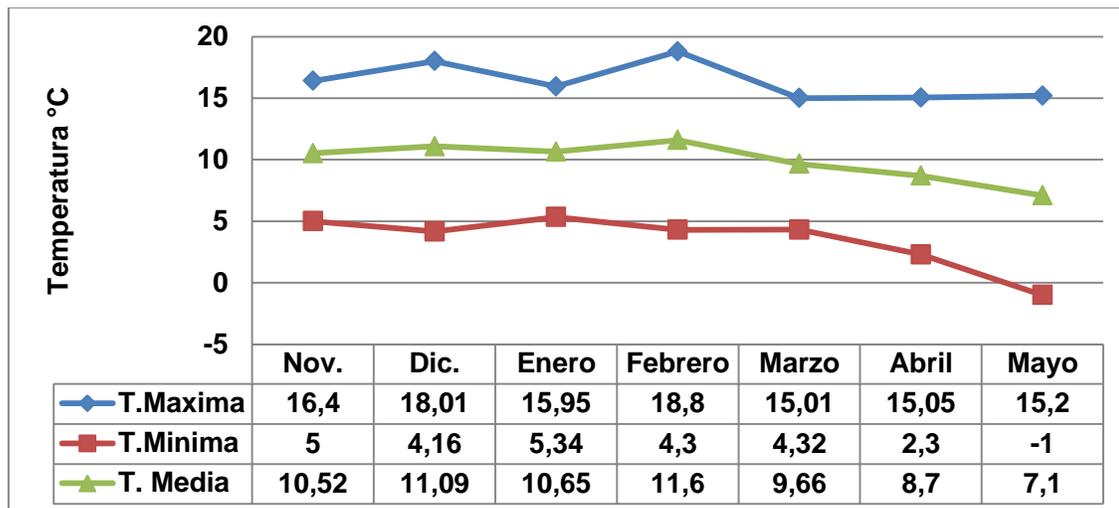
**Figura 13.** Aplicación de biol con la mochila fumigadora a la espina de mar

### **5.3. Condiciones climáticas**

Es necesario conocer aquellos factores que participaron de manera directa en la respuesta del cultivo, como las condiciones ambientales que se produjeron durante el periodo en el que se desarrolló la investigación.

Con base a la información obtenida de una consola instalada en la Estación se presenta los parámetros climáticos:

### 5.3.1. Temperatura



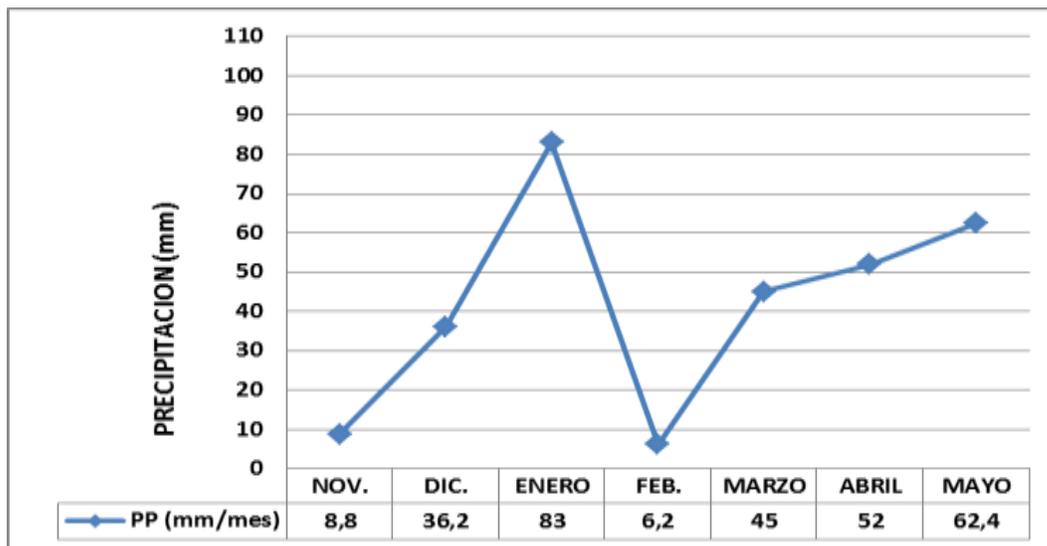
**Figura 14.** Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas registradas en la Estación Experimental Choquenaira.

En la figura 14, se muestran las temperaturas promedio de máximas, mínimas y media mensualmente, la máxima registrada durante la investigación fue de 18,8 °C en el mes de Febrero, mientras la temperatura promedio mínima registrada durante el ensayo fue de 2,3 °C y -1 °C bajo cero en el mes de Mayo, las bajas temperaturas no presentaron ningún efecto negativo sobre las plantas de espina de mar. Del mismo modo se observa la temperatura media máxima que se presentó en el mes de Febrero con 11,6 °C, así mismo la temperatura media baja se presentó en el mes de Mayo con 7,1 °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).

Según Rongsen, (1992), la espina de mar, pertenece al grupo de plantas termófilas. Las especies de Hippophae presentan alta capacidad de adaptarse a condiciones adversas, puede resistir temperaturas bajas hasta menos 43 °C a mayores de 30 °C.

### 5.3.2. Precipitación



**Figura 15.** Precipitación registrada mensualmente en la Estación Experimental Choquenaira.

En la Figura 15, se presenta la curva de precipitación registrada durante el periodo de investigación, donde muestra la precipitación más alta en el mes de Enero con 83 mm y la menor precipitación se registró en el mes de Febrero con 6,2 mm.

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).

### 5.4. Diseño experimental

Para la evaluación de la presente investigación se efectuó un diseño de bloques completamente al azar, el cual estará compuesto por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones donde el factor se representó por los diferentes niveles de biol – bovino.

#### 5.4.1. Modelo lineal aditivo

De acuerdo a Ochoa (2008), el modelo lineal empleado obedece a la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media común

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

#### 5.4.2. Factor de estudio

El factor de estudio del presente trabajo de investigación fueron los diferentes niveles de biol – bovino.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos

T1 =	0% niveles de biol
T2 =	25% niveles de biol
T3 =	50% niveles de biol
T4 =	75% niveles de biol

#### 5.4.3. Características del campo experimental

El área experimental donde se llevó a cabo la investigación se detalla de la siguiente manera:

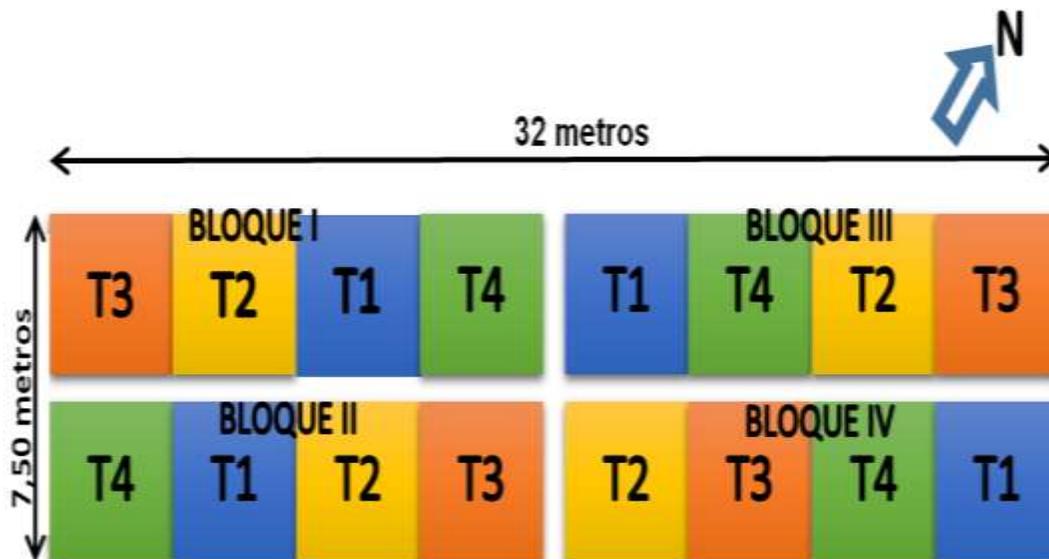
**Cuadro 4.** Detalle del área experimental

DETALLE DEL ÁREA EXPERIMENTAL	
Área total del campo experimental	240 m <sup>2</sup>
Área de la unidad experimental	12,25 m <sup>2</sup>
Ancho de la unidad experimental	3,50 m
Largo de la unidad experimental	3,50 m
Distancia entre unidades experimentales	0,50 m
Número de unidades experimentales	16
Distancia entre tratamientos	0,50 m
Superficie de los bloques	84

#### 5.4.4. Croquis experimental

##### 5.4.4.1. Croquis de la distribución de tratamientos

La figura 16. Presenta la distribución de las unidades experimentales del estudio.



**Figura 16.** Croquis de la distribución de tratamientos

## **5.5. Variables de estudio**

Dentro de cada unidad experimental, se tomaron los siguientes datos:

- Variables agronómicas
- Variables bromatológicas
- Variables de rendimiento

### **5.5.1. Variables agronómicas**

#### **5.5.1.1. Altura de planta**

Esta variable se evaluó cada dos semanas hasta la finalización del experimento, se evaluó por bloque de acuerdo al diseño experimental empleadas en campo, las mediciones se tomaron desde el cuello de la raíz hasta la parte superior de la planta, y fue expresado en centímetros con la ayuda del flexometro.

#### **5.5.1.2. Diámetro de tallo**

Se denomina diámetro de tallo, a la medición realizada en la base de la planta al ras del suelo, es decir en el tercio inferior de la planta.

El diámetro de tallo se midió en milímetros, en la parte del tercio inferior de la planta al ras del suelo. Esta variable durante la investigación fue registrada cada dos semanas con la ayuda de un vernier digital.

#### **5.5.1.3. Número de ramas primarias**

Las ramas primarias son las que brotan del tallo principal. Dato obtenido mediante el conteo de ramas por planta cada dos semanas hasta la finalización del experimento.

#### **5.5.1.4. Número de ramas secundarias**

Las ramas secundarias son las que brotan de las ramas primarias. Esta variable se evaluó cada dos semanas mediante el conteo de ramas secundarias por planta hasta la finalización del experimento.

### 5.5.1.5. Número de hojas

El número de hojas se obtuvo de las plantas ya seleccionadas para la evaluación, realizando el conteo de la cantidad de hojas por planta.

## 5.5.2. Variables de rendimiento

### 5.5.2.1. Rendimiento en materia seca

La cosecha oportuna de la espina de mar fue relacionado con el desarrollo fisiológico de la planta. Para la determinación del rendimiento de la materia seca (MS), se tomó 100 g de la muestra de forraje verde, muestra que fue a secarla en una mufla, por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105 °C, hasta obtener un peso constante.

La ecuación empleada para determinar la materia seca fue por Torrez (2010).

$$RMS = \frac{PSSM}{PHSM} * PHTM * 10$$

Dónde:

RMS = Rendimiento de materia seca (tn/ha).

PSSM = Peso seco de la submuestra (g).

PHSM = Peso húmedo de la submuestra (g).

PHTM = Peso húmedo de la muestra (kg) del área cosechada (m<sup>2</sup>).

10 = Factor de transformación (tn/ha).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio se analizan a continuación con el objeto de mostrar el efecto de los diferentes niveles de biol – bovino y los factores que influyeron en la adaptabilidad de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.).

### 6.1. Análisis de agua

El siguiente Cuadro hace referencia a los resultados obtenidos del análisis correspondiente del agua, obtenido del laboratorio de IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia Tecnología Nuclear).

**Cuadro 5.** Resultados del análisis químico del agua de riego

Parámetros	Resultados	Unidades
PH	8,80	
Conductividad eléctrica	277,00	μS/cm
Sodio	29,56	mg/L
Potasio	8,53	mg/L
Calcio	16,13	mg/L
Magnesio	4,71	mg/L
Cloruros	9,50	mg/L
Carbonatos	38,25	mg/L
Bicarbonatos	0,00	mg/L
Sulfatos	51,45	mg/L
Solidos suspendidos	6,00	mg/L
Solidos totales	70,36	mg/L
Solidos disueltos	62,55	mg/L
Boro	0,70	mg/L

Fuente: laboratorio IBTEN, 2017

Según la observación en el cuadro 5, muestra que el agua de riego en la Estación Experimental Choquenaira es de buena calidad y apta para el riego, según los

valores obtenidos en los análisis químico con una conductividad eléctrica de 277 micro siemens que corresponde a una calidad de agua excelente.

Pavón (2005), mide la concentración de sales en el agua de riego, dando con este contenido su calidad. Para caracterizar la conductividad eléctrica del agua de riego, toma en cuenta la siguiente relación: 0 – 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Excelente, 1000 –3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Bueno a marginal y > 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Inaceptable.

## 6.2. Características del biol – bovino

En el cuadro, se detalla los resultados del análisis químico del biol – bovino, que se realizó en el laboratorio del IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia Tecnología Nuclear), mostrando los siguientes parámetros:

**Cuadro 6.** Resultados del análisis químico del Biol - Bovino

Parámetro	Resultados	Unidades
Nitrógeno	0,049	% N
Fosforo	0,020	% P
Potasio	0,161	% K
Carbono Orgánico	0,204	%
Calcio	0,017	% Ca
Magnesio	0,009	% Mg
Sodio	0,025	%Na
Hierro	5,62	ppm Fe
Manganeso	1,19	ppm Mn
Zinc	1,42	ppm Zn
Cobre	0,61	ppm Cu
PH	8,85	–
Conductividad Eléctrica	7,75	mS/cm

Fuente: laboratorio IBTEN, 2017

En el cuadro 6, se observa que el biol contiene 0,049 %N, presenta un contenido bajo lo cual indica que el aporte de nitrógeno del biol al suelo y al cultivo no es significativo. Así mismo el fósforo disponible de 0,020 %P y el potasio intercambiable con un contenido de 0,161 %K, presentan valores bajos.

Fuentes (1999), indica que cuando se utiliza fertilizantes foliares no se suele aplicar la cantidad exacta de nitrógeno, fósforo y potasio, debido a que para suministrar la cantidad requerida haría falta hacer un número elevado de aplicaciones, estas pulverizaciones se pueden considerar únicamente como un complemento del abonado del suelo.

### 6.3. Análisis Físico – Químico del suelo

#### 6.3.1. Análisis Físico

Se realizó el análisis físico del suelo antes del trasplante de la espina de mar, a una profundidad de 0,30 m. efectuado en el laboratorio de IBTEN, a continuación se muestran los siguientes resultados en el cuadro:

**Cuadro 7.** Resultado del análisis físico del suelo

Parámetros analizados	Unidad	Resultados
Arena	%	45
Limo	%	29
Arcilla	%	26
Textura	F	Franco
Grava	%	7,4
$\Theta$ c.c.	%	17,27
$\Theta$ p.m.p.	%	7,04
Porosidad	%	43,01
Densidad aparente	g/ml	1,51
Densidad real	g/ml	2,65

**Fuente:** laboratorio IBTEN, 2017

En el cuadro 7, se observan las proporciones de arena, limo, arcilla y grava juntamente capacidad de campo, punto de marchitez permanente, porosidad densidad aparente y densidad real; presentando una clase textural de Franco, con 45 % de arena, 29 % de limo y 26 % de arcilla con una porosidad de 43,01 %.

Por otro lado la densidad aparente es de 1,51 g/ml menor a 1,9 g/ml, lo cual no es un suelo compacto, favoreciendo a las raíces, que necesitan poca energía para su desarrollo y poco oxígeno (Miranda, 2004).

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).

### 6.3.2. Análisis Químico

Los resultados del análisis químico del suelo, efectuado en el laboratorio del IBTEN, se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8.** Resultados del análisis químico del suelo.

Parámetros	Resultados	Unidades
PH	6,49	
Conductividad eléctrica	0,179	dS/m
Calcio	6,86	meq/100g
Magnesio	1,08	meq/100g
Sodio	0,14	meq/100g
Potasio	600,6	Ppm
Materia orgánica	2,44	%
Nitrógeno total	1000	Ppm
Fosforo asimilable	66,89	Ppm

**Fuente:** laboratorio IBTEN, 2017

En el cuadro 8, se muestra los resultados de análisis químico del suelo, mostrando un pH ligeramente neutro con 6,49, valor que representa una característica lo cual es ventajoso por los requerimientos de la espina de mar.

Al respecto FDTA- Valles (2006), revela que valores de nitrógeno por debajo de 600 ppm, se consideran bajos; entre 600 y 1000 ppm son considerados medios y por encima de mil altos. Al mismo tiempo también sostiene que el fósforo debe encontrarse entre los rangos 3,6 a 8 ppm que son considerados medios y menores a 3,5 ppm son bajos, por lo cual la muestra se considera como bajos.

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).

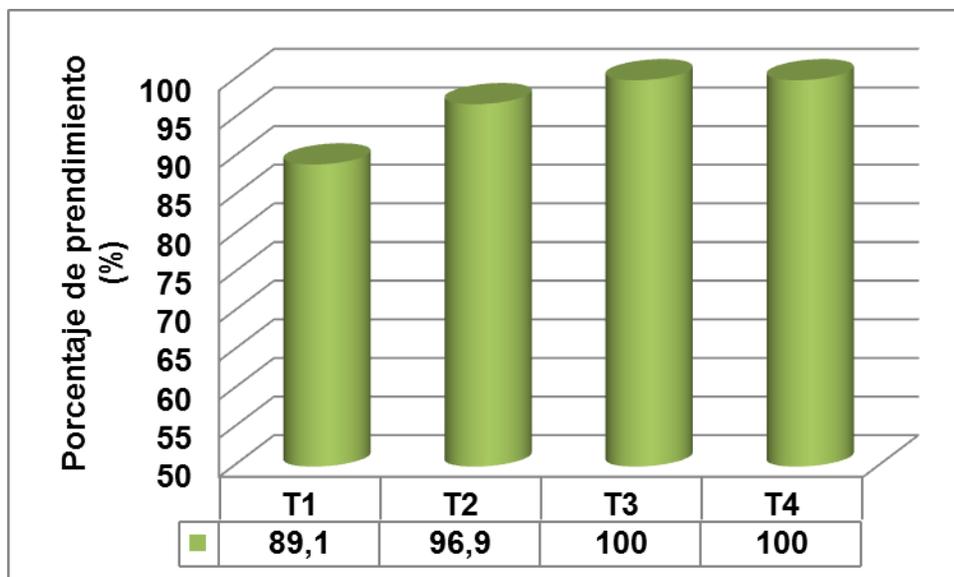
Min (1990), con respecto a la acidez y a la alcalinidad de los suelos menciona que éstos no se consideran como factor limitante ya que luego de un análisis de pH se puede observar que en suelos con pH de 5,5 a 8,3 se observa plantas con excelente productividad y desarrollo.

#### **6.4. Variables de respuesta**

##### **6.4.1. Porcentaje de prendimiento**

Para la obtención del porcentaje de prendimiento de la Espina de Mar, se observó el número de plantas prendidas por tratamiento, dato que se tomó una vez finalizado el experimento mediante el conteo.

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número de plantas totales}} \times 100$$



**Figura 17.** Porcentaje de prendimiento de la espina de mar

En la figura 17. Se observa el porcentaje de prendimiento de la Espina de Mar, en la cual el tratamiento T4 (75% de biol – bovino) y el tratamiento T3 (50% de biol – bovino) presentaron el mayor porcentaje de prendimiento con el 100% de plantas prendidas, el tratamiento T2 (25% de biol – bovino) con 96,9% de prendimiento, así mismo también se observa que el tratamiento T1 (0% de biol – bovino) es el que presentó menor porcentaje de prendimiento con 89,1% de plantas prendidas.

#### **6.4.2. Variables agronómicas**

La evaluación de las variables agronómicas de la Espina de Mar se evaluó según su fase fenológica, con la incorporación de los diferentes niveles de biol – bovino estudiados. A continuación se muestran los siguientes resultados de la investigación.

##### **6.4.2.1. Altura de planta**

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta se muestran en el siguiente cuadro:

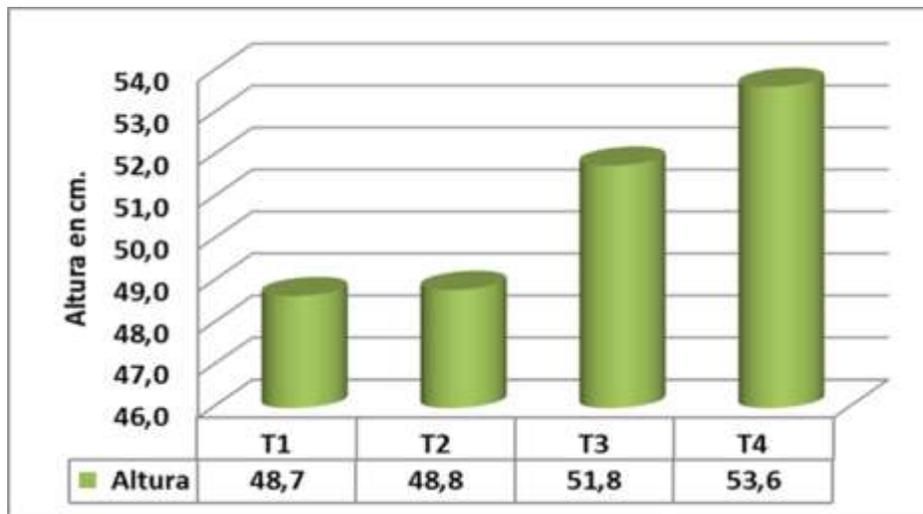
**Cuadro 9.** Análisis de varianza para la altura de planta

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F	SIG.
Bloque	3	146,552	48,850	0,79	0,530	NS
Niveles	3	69,502	23,168	0,37	0,774	NS
Error	9	557,043	61,894			
Total	15	773,098				

Coefficiente de variación = 15,50%

Con un coeficiente de variación de 15,50 %, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

En el cuadro 9 del análisis estadístico para altura de planta de la Espina de Mar, se determinó que no existen diferencias significativas entre los niveles de biol - bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad.



**Figura 18.** Promedio de la altura entre los cuatro Niveles de Biol

En la figura 18. refleja los datos de la altura de planta en promedio, en la cual el T-4 (75% de biol –bovino) presentó un mayor crecimiento con 53,6 cm de altura, así

mismo también se observa que el T-1 (0% de biol –bovino) es el que presento menor crecimiento con 48,7 cm de altura.

Según Ronen (2010), la fertilización foliar es una forma de fertilización de más rápida absorción de las plantas por los estomas de las hojas y que principalmente ayuda en el proceso de crecimiento de las plantas, además es un repelente natural contra el pulgón y plagas.

#### 6.4.2.2. Ramas primarias

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable número de ramas primarias de la planta se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para el número de ramas primarias de la planta

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>SIG.</b>
Bloque	3	13,624	4,541	2,65	0,113	NS
Niveles	3	46,271	15,424	8,99	0,004	**
Error	9	15,435	1,715			
Total	15	75,330				

Coefficiente de variación = 11,52%

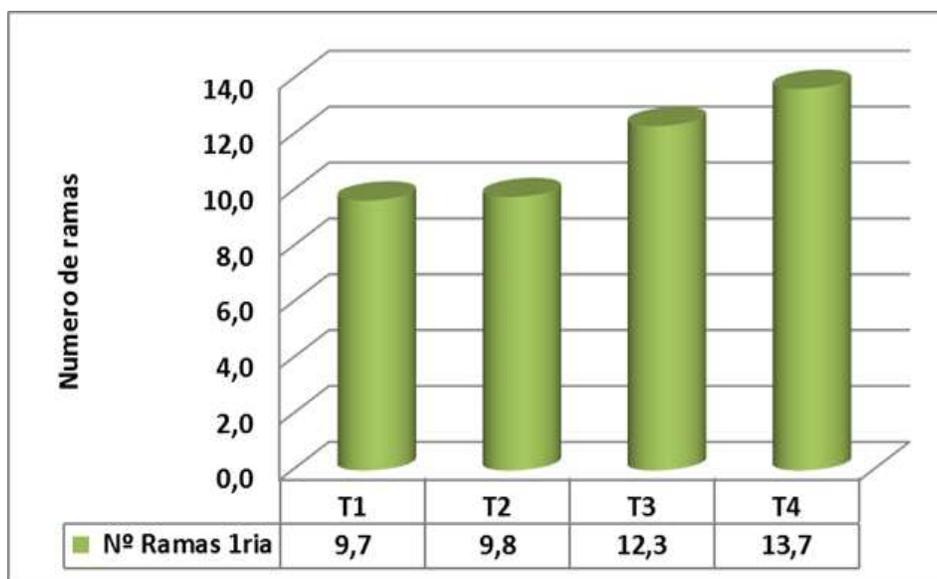
Con un coeficiente de variación de 11,52 %, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

En el cuadro 10 del análisis estadístico para el número de ramas primarias de la planta de Espina de Mar, se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los niveles de biol - bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias.

**Cuadro 11.** Comparaciones de medias del número de ramas primarias por planta por Duncan para Niveles de Biol.

Duncan Grupos	Media	N	Niveles de biol
A	13,65	4	75%
A	12,35	4	50%
B	9,78	4	25%
B	9,67	4	0%

En el cuadro 11, se observa la prueba de Duncan al 5 %, el efecto especificativo para la variable Niveles de Biol, la aplicación al 75 % de biol es la mejor registrando un mayor número de ramas primarias con un total de 13,65 ramas, seguido de 50 % de biol con 12,35 ramas que es la recomendable ya que no existe una diferencia con el primero y correspondiendo al menor número de ramas primarias por planta más baja al 0 % de biol con 9,67 ramas.



**Figura 19.** Promedio de ramas primarias

En la figura 19. refleja los datos del número de ramas primarias de la planta en promedio, en la cual el T-4 (75% de biol – bovino), presento un mayor número de

ramas primarias con 13,7 ramas, así mismo también se observa que el T-1 (0% de biol - bovino) es el que presento menor número de ramas primarias con 9,7 ramas.

El biol es considerado como un fitoestimulante complejo que al ser aplicado a las semillas o al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de las raíces e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando así sustancialmente la producción y calidad de las cosechas (Medina 1992).

#### 6.4.2.3. Ramas secundarias

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable número de ramas secundarias de la planta se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para el número de ramas secundarias de la planta

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>SIG.</b>
Bloque	3	50,260	16,753	1,340	0,321	NS
Niveles	3	163,595	54,532	4,360	0,037	*
Error	9	112,485	12,498			
Total	15	326,340				

Coefficiente de variación = 28,42%

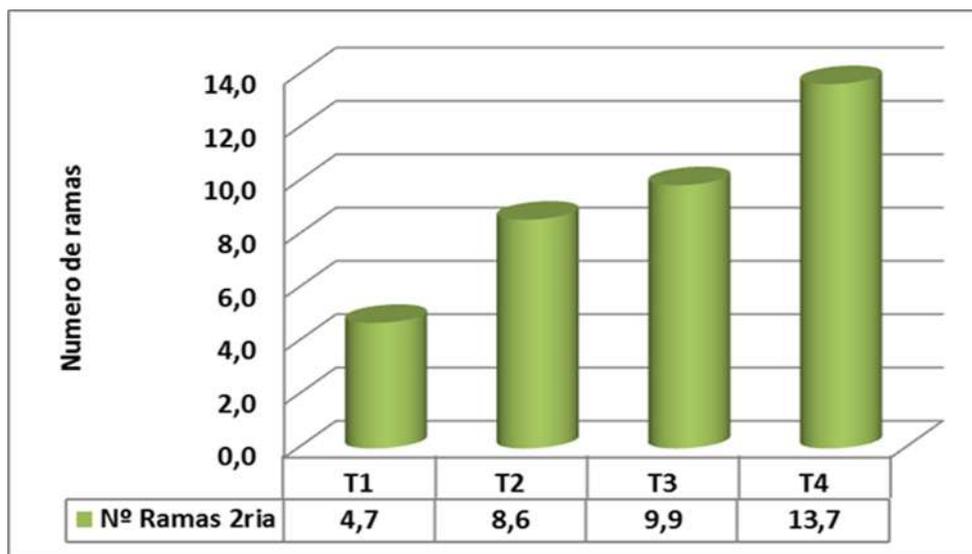
Con un coeficiente de variación de 28,42 %, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

En el cuadro 12 del análisis estadístico para el numero de ramas secundarias de la planta de Espina de Mar se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de biol \_ bovino, a un nivel de 5% de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias.

**Cuadro 13.** Comparaciones de medias del número de ramas secundarias por planta por Duncan para Niveles de Biol.

Duncan Grupos	Media	N	Niveles de biol
A	13,65	4	75%
B	9,87	4	50%
B	8,57	4	25%
B	4,70	4	0%

En el cuadro 13, se observa la prueba de Duncan al 5 %, el efecto especificativo para la variable Niveles de Biol, la aplicación al 75 % de biol es la más recomendable registrando un mayor número de ramas secundarias con un total de 13,65 ramas, seguido de 50 % de biol con 9,87 ramas y correspondiendo al menor número de ramas secundarias por planta más baja al 0 % de biol con 4,7 ramas.



**Figura 20.** Promedio de ramas secundarias

En la figura 20. refleja los datos del número de ramas secundarias de la planta en promedio, en la cual el T-4 (75% de biol – bovino) presento un mayor número de ramas secundarias con 13,7 ramas, así mismo también se observa que el T-1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor número de ramas secundarias con 4,7 ramas.

El biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas (Sánchez, 2003).

Para Marti, J. (2008), principalmente el uso del Biol es como promotor y fortalecedor de crecimiento de la planta, raíces y frutos.

#### 6.4.2.4. Número de hojas

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable número de hojas por planta se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para el número de hojas por planta

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F	SIG.
Bloque	3	149404,845	49801,615	0,99	0,439	NS
Niveles	3	639932,385	213310,795	4,25	0,039	*
Error	9	451539,400	50171,044			
Total	15	1240876,63				

Coefficiente de variación = 29,34%

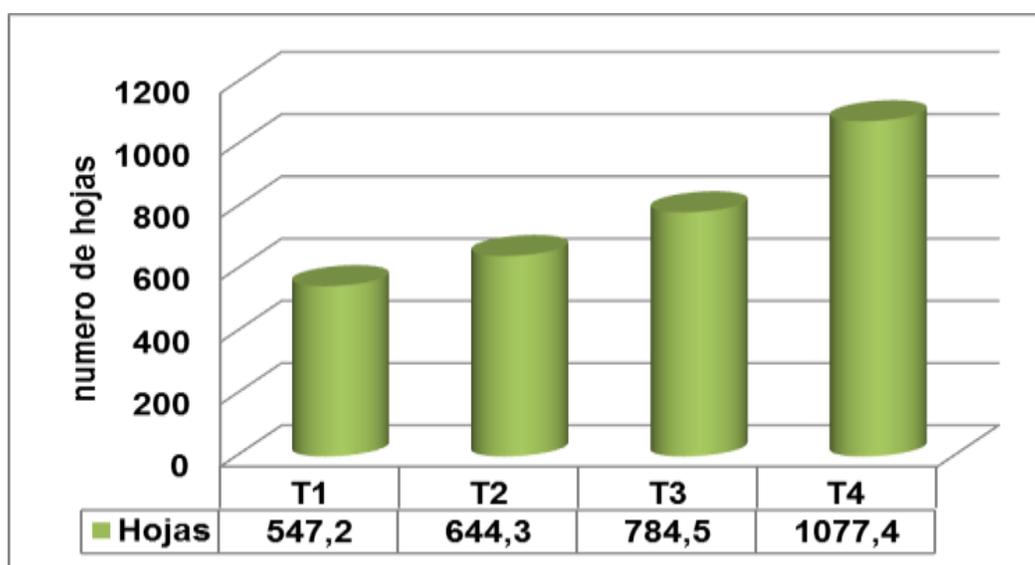
Con un coeficiente de variación de 29,34 %, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

En el cuadro 14 del análisis estadístico para el número de hojas por planta se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de biol – bovino, a un nivel de 5% de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias.

**Cuadro 15.** Comparaciones de medias del número de hojas por planta por Duncan para Niveles de Biol.

Duncan Grupos	Media	N	Niveles de biol
A	1077,4	4	75%
B	784,5	4	50%
B	644,3	4	25%
B	547,2	4	0%

En el cuadro 15, se observa la prueba de Duncan al 5 %, el efecto especificativo para la variable Niveles de Biol, la aplicación al 75 % de biol es la más recomendable registrando un mayor número de hojas con un total de 1077,4 hojas, seguido de 50 % de biol con 784,5 hojas y correspondiendo al menor número de ramas por planta más baja al 0 % de biol con 547,2 hojas.



**Figura 21.** Promedio de número de hojas

En la figura 21, se refleja los datos de numero de hojas en la planta en promedio, en la cual el T-4 (75% de biol – bovino) presento un mayor número con 1.077,4 hojas, así mismo también se observa que el T-1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor número de hojas con 547,2.

Medina, (1992) menciona que el efecto de Biol aplicado de manera foliar a las plantas, dan resultados satisfactorios para desarrollo de las hojas debido al aporte de fitohormonas, presentes en el Biol.

#### 6.4.2.5. Diámetro del tallo

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable Diámetro por planta se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para el diámetro de planta

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>SIG.</b>
<b>Bloque</b>	3	0,175	0,058	0,18	0,908	NS
<b>Niveles</b>	3	1,145	0,382	1,17	0,373	NS
<b>Error</b>	9	2,930	0,326			
<b>Total</b>	15	4,250				

Coefficiente de variación = 10,33 %

Con un coeficiente de variación de 10,33 %, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

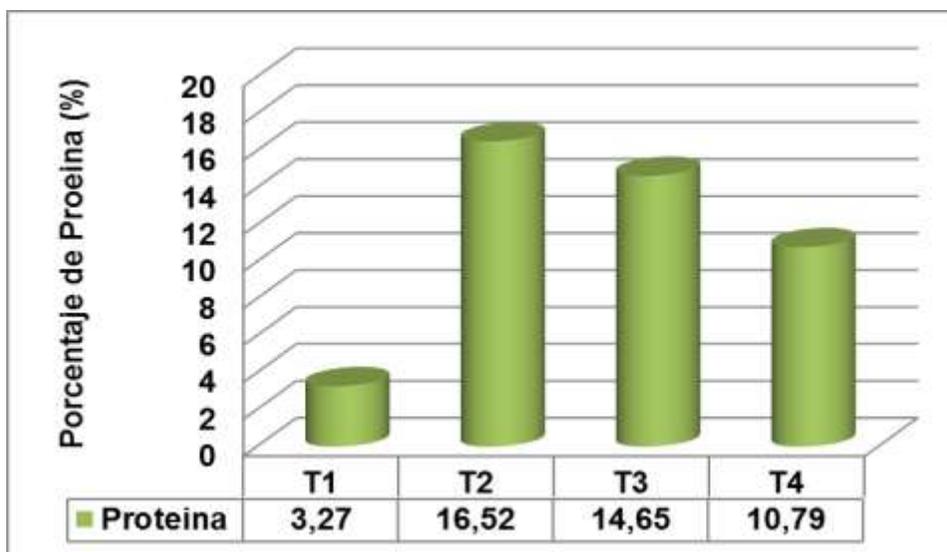
En el cuadro 16 del análisis estadístico para el diámetro de la planta de espina de mar se determinó que no existen diferencias significativas entre los niveles de biol – bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad.

#### 6.4.3. Bromatología

En los Anexos 11 al 14, se presentan los resultados del análisis bromatológico, del contenido de Proteína, Fibra cruda, Valor Energético y Carbohidratos, obtenido del laboratorio de bromatología (SELADIS) instituto de servicios de laboratorio de diagnóstico e investigación en salud dependiente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas - UMSA.

### 6.4.3.1. Contenido de proteína

Para la evaluación del contenido de proteína en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS), los análisis se realizaron respecto a la absorción de los cuatro niveles de biol - bovino como se muestra en la siguiente figura.



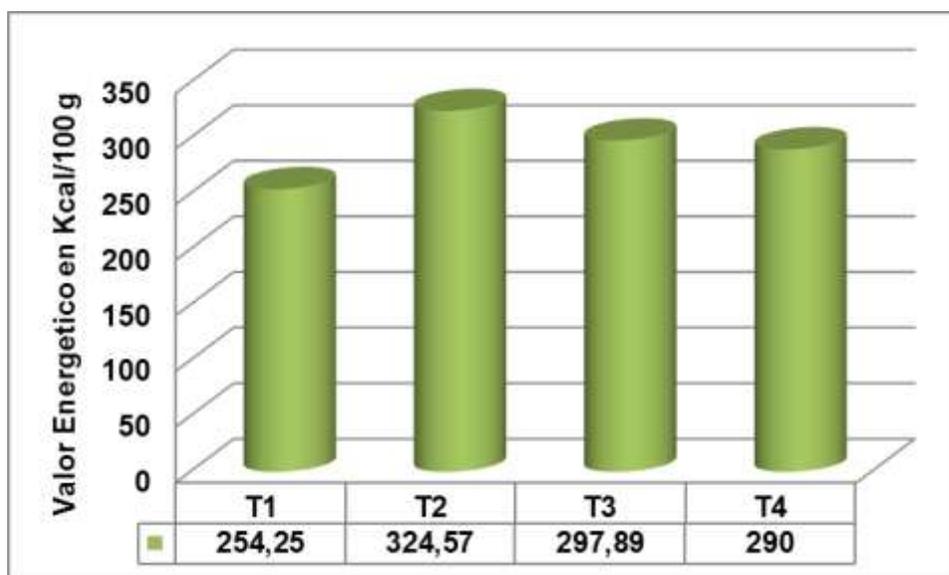
**Figura 22.** Variación del contenido proteico (%) de la espina de mar con cuatro niveles de biol.

En la figura 22. Refleja los contenidos de proteína de los diferentes tratamientos expresados en porcentajes (%) obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de proteína se obtuvieron en el tratamiento T2, (25 % de biol – bovino) que sobresale con 16,52 % de proteína, seguido del tratamiento T3 (50 % de biol – bovino) con 14,65 % de proteína, el tratamiento T4 (75 % de biol – bovino) con 10,79 % de proteína, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de proteína fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 3,27 % de proteína.

Estos resultados nos indican que la incorporación del Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de proteína. También se observa que a mayor disolución del biol, mayor absorción y mayor contenido de proteína en la Espina de Mar.

### 6.4.3.2. Valor energético

Para la evaluación del contenido del valor energético en Kcal/100 g, los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS) los análisis se realizaron respecto a la absorción de niveles de Biol como se muestra en la siguiente figura.



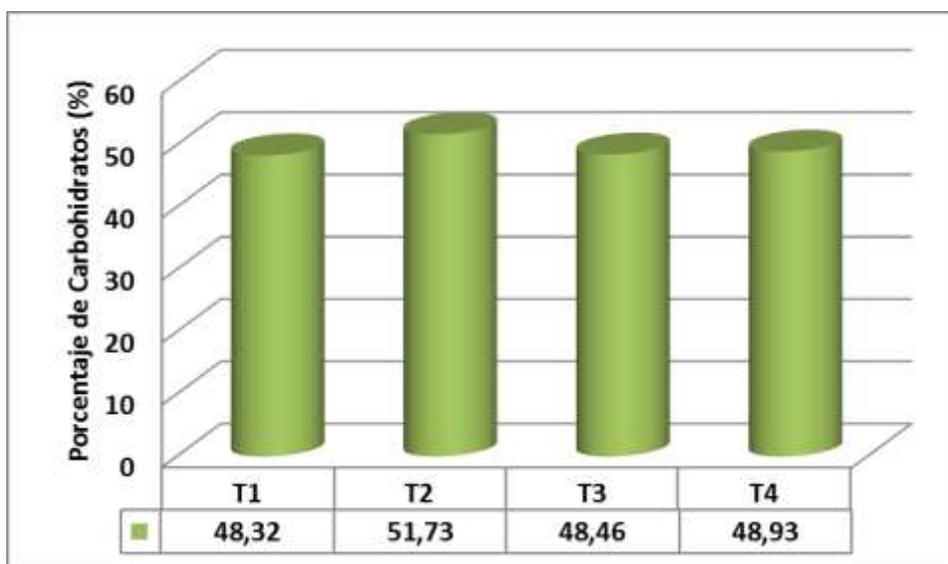
**Figura 23.** Variación del contenido del valor energético (Kcal/100 g) de la espina de mar con cuatro niveles de Biol.

En la figura 23. Refleja el contenido del valor energético de los diferentes tratamientos expresados en Kcal/100 g. obtenidos con los diferentes niveles de Biol – bovino, los valores más altos en el contenido del valor energético se obtuvieron en el tratamiento T2 (25 % de Biol – bovino) que sobresale con 324,57 Kcal/100 g de valor energético, seguido del tratamiento T3 (50 % de Biol – bovino) con 297,89 Kcal/100 g de valor energético, el tratamiento T4 (75 % de Biol – bovino) con 290 Kcal/100 g de valor energético, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de valor energético fue el tratamiento T1 (0 % de Biol – bovino) con 254.25 Kcal/100 g.

Estos resultados nos indican que la incorporación de Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de valor energético. También se observa que a mayor disolución del Biol, mayor absorción y mayor contenido de valor energético en la Espina de Mar.

### 6.4.3.3. Carbohidratos

Para la evaluación del contenido de carbohidratos en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología (SELADIS), los análisis se realizaron respecto a la absorción de los cuatro niveles de Biol - Bovino como se muestra en la siguiente figura.



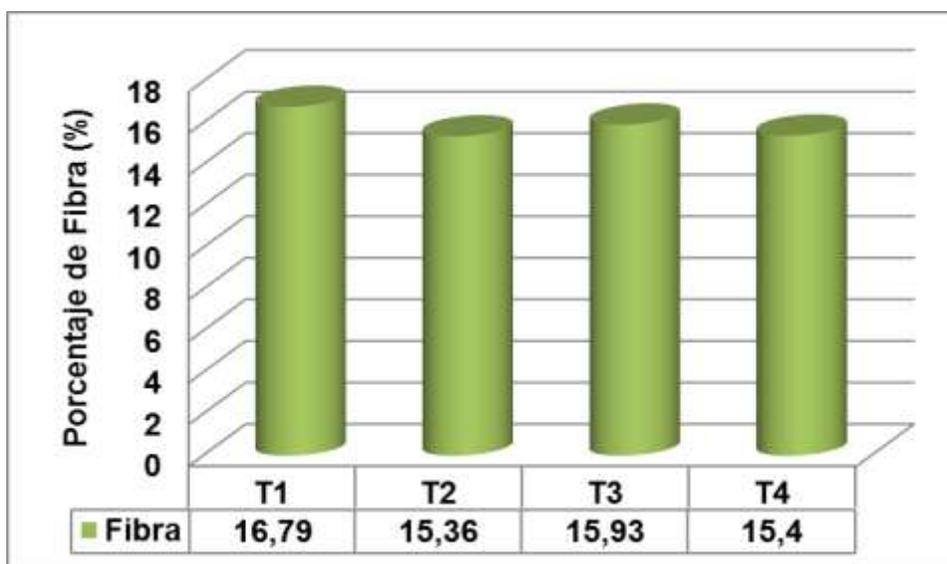
**Figura 24.** Variación del contenido carbohidratos (%) de la Espina de Mar con cuatro niveles de Biol.

En la figura 24. Refleja los contenidos de carbohidratos de los diferentes tratamientos expresados en % obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de carbohidratos se obtuvieron en el tratamiento T2 (25 % de biol – bovino) que sobresale con 51,73 %, seguido del tratamiento T4 (75 % de biol – bovino) con 48,93 % de carbohidratos, el tratamiento T3 (50 % de biol – bovino) con 48,46 % de carbohidratos, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de carbohidratos fue el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) con 48,32 %.

Estos resultados nos indican que la incorporación del Biol - Bovino es beneficiosa para la obtención de mayor cantidad de carbohidratos. También se observa que a mayor disolución del biol, mayor absorción y mayor contenido de carbohidratos en la espina de mar.

#### 6.4.3.4. Fibra

Para la evaluación del contenido de fibra cruda en porcentaje (%), los resultados de los análisis se obtuvieron del laboratorio de bromatología de (SELADIS) los análisis se realizaron respecto a la absorción de los cuatro niveles de Biol - Bovino como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 25.** Variación del contenido de fibra (%) de la Espina de Mar con cuatro niveles de biol.

En la figura 25. Refleja los contenidos de Fibra cruda de los diferentes tratamientos expresados en porcentajes (%) obtenidos con los diferentes niveles de Biol – Bovino, los valores más altos en el contenido de Fibra cruda se obtuvieron en el tratamiento T1 (0 % de biol – bovino) que sobresale con 16,79 %, seguido del tratamiento T3 (50 % de biol – bovino) con 15,93 % de Fibra cruda, el tratamiento T4 (75 % de biol – bovino) con 15,4 % de Fibra cruda, comparando los resultados el que obtuvo menor cantidad de Fibra cruda fue el tratamiento T2 (25 % de biol – bovino) con 15,36 %.

Estos resultados nos indican que la incorporación del biol no tuvo efecto para la obtención de mayor cantidad de fibra cruda.

#### 6.4.4. Rendimiento de materia seca (Kg/ha)

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de materia seca Kg/ha se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para la materia seca

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F	SIG.
<b>Bloque</b>	3	113652,175	37884,0583	0,89	0,4835	<b>NS</b>
<b>Niveles</b>	3	509505,565	169835,188	3,98	0,0465	*
<b>Error</b>	9	383900,59	42655,621			
<b>Total</b>	15	1007058,33				

Coefficiente de variación = 26,37

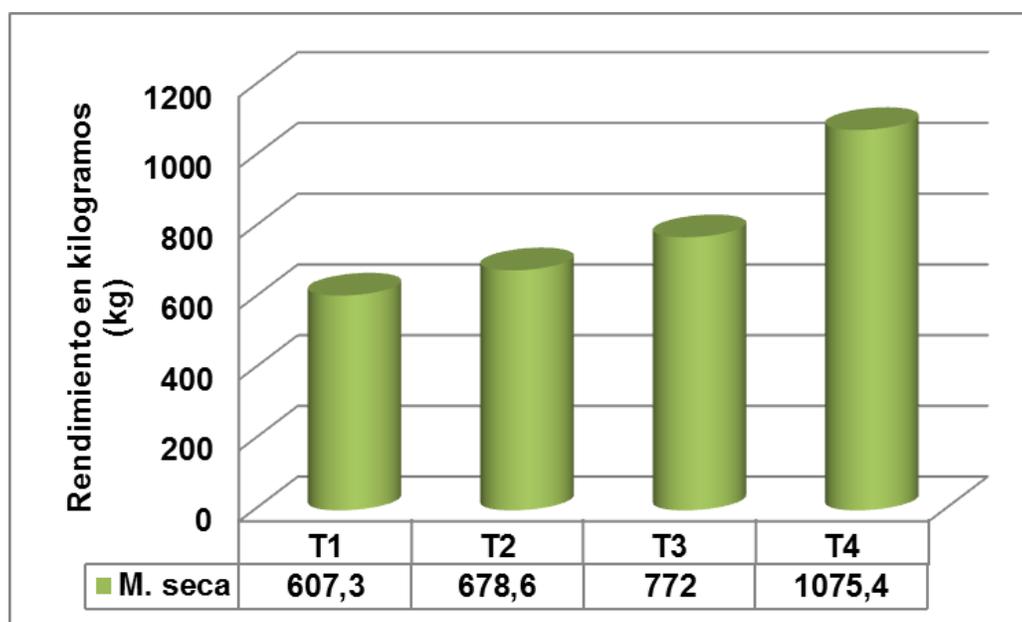
Con un coeficiente de variación de 26,37%, indicando que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse en los rangos permisibles de variabilidad.

En el cuadro 17 del análisis estadístico para el rendimiento de materia seca en Kg/ha se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de biol - bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias.

**Cuadro 18.** Comparaciones de medias del rendimiento de materia seca Kg/ha por Duncan para Niveles de Biol.

Duncan Grupos	Media Kg/ha	N	Niveles de biol
<b>A</b>	1.075,4	4	75%
<b>B A</b>	772	4	50%
<b>B</b>	678,6	4	25%
<b>B</b>	607,4	4	0%

En el cuadro 18, se observa la prueba de Duncan al 5 %, el efecto especificativo para la variable Niveles de Biol, la aplicación al 75 % de biol es la más recomendable registrando un mayor rendimiento de materia seca con 1.075,4 Kg/ha, seguido de 50 % de biol con 772 Kg/ha y correspondiendo al menor rendimiento de materia seca al 0 % de biol con 607,4 Kg/ha.



**Figura 26.** Promedios del rendimiento de materia seca (MS) kg/ha.

En la figura 26, Se muestra los resultados de los rendimientos de materia seca en kg/ha en promedio, los valores más altos del rendimiento de materia seca se obtuvieron en el T4 (75% de biol – bovino) presento un mayor rendimiento con 1.075,4 kilogramos de materia seca por hectárea, así mismo también se observa que el T-1 (0% de biol – bovino) es el que presento menor rendimiento con 607,3 kilogramos de materia seca por hectárea.

Restrepo (2001), menciona que el Biol presenta agentes Fitoreguladores que aceleran el desarrollo de las plantas y posteriormente un buen rendimiento en los cultivos.

Según Martí (2008), en la producción agropecuaria, el productor dispone de un fertilizante natural y ecológico que significa aumento en el rendimiento de cultivos.

## 7. CONCLUSIONES

Después de haber obtenidos los datos de la investigación, de campo y una vez efectuados los análisis e interpretaciones estadísticos, se tienen las siguientes conclusiones:

Temperatura, durante la investigación la temperatura máxima en promedio fue de 18,8 °C en el mes de Febrero, mientras la temperatura promedio mínima registrada fue de 2,3 °C y -1 °C bajo cero en el mes de Mayo, las bajas temperaturas no presentaron ningún efecto negativo sobre las plantas de Espina de Mar.

En análisis de varianza para la variable altura de planta se determinó que no existen diferencias significativas entre los niveles de Biol – bovino, en la altura de planta el T-4 (75% de biol – bovino) presento un mayor crecimiento con 53,6 cm de altura.

En el análisis de varianza para la variable número de ramas primarias de la planta de Espina de Mar se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los niveles de Biol – bovino, a un nivel de 5% de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias. En las ramas primarias de la planta el T-4 (75% de biol – bovino) presento un mayor número de ramas primarias con 13,7 ramas.

En el análisis de varianza para la variable número de ramas secundarias de la planta de Espina de Mar se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de biol – bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias. En las ramas secundarias de la planta el T4 (75% de biol – bovino) presento un mayor número de ramas secundarias con 13,7 ramas.

En análisis de varianza para la variable número de hojas por planta se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de Biol - bovino, a un nivel de 5% de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de biol existen diferencias. El resultado de número de hojas en la planta el T-4 (75% de biol –bovino) presento un mayor número con 1077,4 hojas.

En la variable bromatológica tenemos al tratamiento T2 (25% de biol – bovino) que presento mayores contenidos de Proteína con 16,52 %, Valor energético con 324,57 % y Carbohidratos con 51,73 %, y en la Fibra cruda, se obtuvo mayor cantidad en el T-1 (0% de biol – bovino) que sobresale con 16,79 %.

En análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en Kg/ha de la Espina de Mar se determinó que existen diferencias significativas entre los niveles de biol - bovino, a un nivel de 5 % de probabilidad, por lo tanto se realizó la prueba de Duncan para determinar entre que niveles de Biol existen diferencias. El resultado más sobresaliente del rendimiento de materia seca en kg/ha, se obtuvieron en el T4 (75% de biol – bovino), con 1.075,4 kilogramos de materia seca por hectárea.

## 8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidos se realiza las siguientes recomendaciones:

- A las respuestas obtenidas con la aplicación de Biol y riego, incrementa el desarrollo de la Espina de Mar, por lo tanto se recomienda la replicación del presente estudio en las zonas del altiplano.
- Utilizar diferentes tipos de estiércoles (ovino, bovino y camélido), para la elaboración del biol y con ello realizar nuevos estudios en el manejo del cultivo y tener nuevas alternativas de producción de forraje de alto contenido proteico.
- Se recomienda realizar trabajos de seguimiento y adaptación para ver su desarrollo y su efecto en recuperación de suelos, control de cárcavas, así como alimento para el ganado.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ÁLVAREZ F. (2010). Preparación y uso de Biol 1 ed. Soluciones prácticas. Lima, Perú. 30 p.
- ARANA, S., (2011). Manual de elaboración de Biol. Cusco; Soluciones Prácticas. 40 p.
- ARMAS, C., A., (1988). Fisiología Vegetal. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 118 – 134.
- BOADA, S., B., (1998). Nutrición y alimentación. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero. México D. F. 468 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.
- CALLIZAYA, I. (1994). Caracterización de las tierras de la Estación Experimentación de Choquenaira, según su capacidad y uso y aptitud para riego. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. P 77-80.
- CHILON, E. (1997). Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Ediciones CIDAT. La Paz Bolivia. Pp 34-112.
- CHIPANA, R. (2003). Principios de Riego y drenaje IRTEC 1ra ed. Universidad mayor de Sana Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia 210 p.
- CHUCH,D., C., y POND, W., G., (1992). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México. 45 p.
- CHURCH, D., C., (1988). El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 641 p.

CLAROS, M. (2001). Crecimiento y comportamiento fonológico 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.

COLQUE T.; MUJICA A.; APAZA V.; RODRÍGUEZ D.; CAÑAHUA A.; Y JACOBSEN E. (2005). Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico. ILLPA-PUNO. Puno, Peru. 16 p.

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

DOMÍNGUEZ, A., (1989). Tratado de fertilización, 2da Edición Mundi Prensa, Madrid España; p 601.

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.

ESTRADA, P., J., J., (2007). Guía para la elaboración de Biol. Proyecto agricultura urbana- Oruro. 26 p.

FERNANDEZ P. (2006). Análisis de la Infiltración y su aplicación para diseño en el valle inferior del Rio Colorado. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 29 p.

FUENTES, Y., J., L., (1998). Curso de Riego para Regantes. 2da Edición. Mundi Prensa. Madrid. pp. 59 – 69.

FUENTES, J., (1999). Manual práctico sobre utilización y uso de fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca Alimentación. Ed. Mundi Prensa, Mundi España. Pp 49 – 105.

GOMERO, O. (1999). Manejo ecológico de suelos, conceptos y técnicas. Ed. Grafica Esteffan. Lima – Perú. 189 – 201 pp.

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.

GOYTIA R., A., (2007). Introducción de diez líneas y/o variedades de cebada (*hordeum vulgare* L), para la producción de forraje y grano en dos comunidades de la provincia bolívar de Cochabamba 20 p.

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

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

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

MAMANI R., CÉSPEDES R., (2012). Revista en Imágenes Estación Experimental de Choquenaira. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 11,12 p.

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

MARTÍ, J. (2008). Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano, Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares, GTZ PROAGRO, Bolivia.

MEDINA J., ALVARADO L., HIMEUR Y., ROMERO J. Y ZÚÑIGA C., (2005). Manual elaborado en el marco del Proyecto:” Prevención y Preparación en Comunidades Alto Andinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa”. Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por Goteo. Fondo Editorial PREDES. Primera Edición. Arequipa-Peru. p. 8,9.

MEDINA, A. (1992) “el Biol y Biosol en la Agricultura”Ed. Programa Especial de Energía. UMSS-GTZ Cochabamba Bolivia, 1-47pp.

MIRANDA, C., R., (2004). Introducción a la geología agrícola. La Paz – Bolivia. 29 p.

PAYE, F. (2006). Evaluación agronómica y comparación de rendimiento en seis especies forrajeras plurianuales, bajo condiciones de secano, en Letanías, provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. P220, 221.

QUISPE, R. (2003). Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en Cañahua. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia. 24 – 61 p.

RESTREPO R. (2001). Manual Práctico. El ABC de la agricultura orgánica. Printex Managua – Nicaragua. 98 – 100 pp.

RESTREPO, JAIRO. (2001) “Elaboración de abonos orgánicos fermentados biofertilizantes foliares” san José-costa rica. IICA. Pag. 1-56

REVISTA EN IMÁGENES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA. (2011). Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. Choquenaira, La Paz – Bolivia.

RODRÍGUEZ, F., (1989). Fertilizantes – Nutrición Vegetal; De. AGT. Editor, S.A. México D.F.; pp 123 – 125.

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 Inglés al español del documento SEABUCTHORN. Boletín Informativo. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Productivo Forestal. 6 p.

SÁNCHEZ, R. C. 2003. Abonos Orgánicos Lombricultura. Editorial Ripalme. Lima Perú. 58 p.

SCHLAEFLI, F. (2010). Tratamiento de residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM en un biodigestor semicontinuo para la producción de biogás y biol, Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Perú.

SERRANO C. GENARO. (2012). Ingeniería del Riego y Drenaje. La Paz, Bolivia. 181 p.

SIMPSON, K., (1991). Abonos y Estiércoles Trad. RAMIS, Rev. Terrenos J. Ed. Acibia, S. A. Zaragoza, España: pp 121 – 152.

SUQUILANDA M. (1996). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Quito. 654p.

TAN, ZHUREN ET AL. (1994). Ecological effects of artificial seabuckthorn forest in the improvement of micro-environmen in Jianping County Hippophae. 145p.

TORREZ, M., M., (2010). Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), Quipaquipani, Viacha. Tesis de grado. La Paz – Bolivia. 91 p.

VAQUES, E., TORRES, S., (1985). Fisiología Vegetal, Ed. Pueblo y Educación. La Habana Cuba; pp 462- 463.

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.

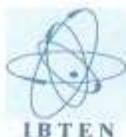
ZHIBEN, M. (1987). Publicación Experimentos y Estudios del uso del Seabuckthorn en China.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Calidad de agua de riego.

	<b>MINISTERIO DE ENERGÍAS</b> INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL			
<b><u>ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS</u></b>				
INTERESADO : <i>PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE</i>	Nº SOLICITUD: <i>120 / 2017</i>			
PROCEDENCIA : <i>Departamento LA PAZ,</i>	FECHA DE RECEPCION : <i>28 / Junio / 2017</i>			
<i>Provincia INGAVI</i>	FECHA DE ENTREGA : <i>26 / Julio / 2017</i>			
<i>ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA</i>				
<b>PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA</b>				
PRODUCTO : <i>MUESTRA DE AGUA; Municipio de Viacha</i>				
Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
361-01 2017	pH	8,80	-	Potenciometría
361-02 2017	Conductividad eléctrica	277,00	µS/cm	Conductancia
361-03 2017	Sodio	29,56	mg / L	Fiamometría
361-04 2017	Potasio	8,53	mg / L	Fiamometría
361-05 2017	Calcio	16,13	mg / L	Absorción atómica
361-06 2017	Magnesio	4,71	mg / L	Absorción atómica
361-07 2017	Cloruros	9,50	mg / L	Método argentométrico
361-08 2017	Carbonatos	38,25	mg / L	Volumetría
361-09 2017	Bicarbonatos	0,00	mg / L	Volumetría
361-10 2017	Sulfatos	51,45	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
361-11 2017	Sólidos Suspendedos	6,00	mg / L	Gravimétrico
361-12 2017	Sólidos Totales	70,46	mg / L	Gravimétrico
361-13 2017	Sólidos Disueltos	62,55	mg / L	Gravimétrico
361-14 2017	Boro	0,70	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
OBSERVACIONES				
				
		RESPONSABLE DE LABORATORIO JORGE CHUNDARA C.		
<small>Of. Av. 6 de Agosto 2905, Telf.: 2433481 - 2430309 - 2433677 - 2128383 Fax: (0591-2) 2432063, La Paz - Bolivia/Casilla 4821, Telf.: 2800095 CIN/Viacha, E-mail: <a href="mailto:ibten@entelnet.bo">ibten@entelnet.bo</a> * Página Web: <a href="http://www.ibten.gob.bo">www.ibten.gob.bo</a></small>				

## Anexo 2. Características del biol – bovino



### MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

## ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE ABONOS

INTERESADO : *PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE*

Nº SOLICITUD: *119 / 2017*

PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

FECHA DE RECEPCION : *28 / Junio / 2017*

*Provincia INGAVI*

FECHA DE ENTREGA : *26 / Julio / 2017*

*ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA*

*PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA*

PRODUCTO : *MUESTRA DE BIOL; CHOQUENAIRA*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
360-01 /2017	Nitrógeno	0,049	% N	Kjeldahl
360-02 /2017	Fósforo	0,020	% P	Espectrofotometría UV-Visible
360-03 /2017	Potasio	0,161	% K	Emisión atómica
360-04 /2017	Carbono orgánico	0,204	%	Walkley Black
360-05 /2017	Calcio	0,017	% Ca	Absorción Atómica
360-06 /2017	Magnesio	0,009	% Mg	Absorción Atómica
360-07 /2017	Sodio	0,025	% Na	Emisión atómica
360-08 /2017	Hierro	5,62	ppm Fe	Absorción Atómica
360-09 /2017	Manganeso	1,19	ppm Mn	Absorción Atómica
360-10 /2017	Zinc	1,42	ppm Zn	Absorción Atómica
360-11 /2017	Cobre	0,61	ppm Cu	Absorción Atómica
360-12 /2017	pH	8,85	-	Potenciometría
360-13 /2017	Conductividad eléctrica	7,75	mS / cm	Potenciometría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base húmeda.*



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUÑGARA C.

### Anexo 3. Análisis físico – químico del suelo



## MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

### ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE*  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia INGAVI*  
*ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA*

NO SOLICITUD: *121A / 2017*  
FECHA DE RECEPCION : *28 / Junio / 2017*  
FECHA DE ENTREGA : *26 / Julio / 2017*

**PROYECTO VALIDACION DEL FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA**

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Choquenaira; Fecha de muestreo 08 - 11 - 16*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
362-01 /2017	T E X T U R A	ARENA	45	%	Hidrómetro de Bouyoucos
362-02 /2017		ARCILLA	26	%	Hidrómetro de Bouyoucos
362-03 /2017		LIMO	29	%	Hidrómetro de Bouyoucos
362-04 /2017		CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
362-05 /2017		GRAVA	7,4	%	Gravimetría
362-06 /2017	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
362-07 /2017	pH en agua 1:5	6,49	-	Potenciometría	
362-08 /2017	pH en KCl 1:5	6,50	-	Potenciometría	
362-09 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,179	dS/m	Conductancia	
362-10 /2017	C A T I O N E S	Acidez de cambio (Al + H)	0,06	meq/100 g	Volumetría
362-11 /2017		Calcio	6,86	meq/100 g	Absorción atómica
362-12 /2017		Magnesio	1,08	meq/100 g	Absorción atómica
362-13 /2017		Sodio	0,14	meq/100 g	Emisión atómica
362-14 /2017		Potasio	1,54	meq/100 g	Emisión atómica
362-15 /2017	Suma de Bases	9,62	meq/100 g	Suma de bases	
362-16 /2017	Capacidad de Intercambio Catiónico	9,68	meq/100 g	Volumetría	
362-17 /2017	% de Saturación	99,4	%	Cálculo numérico	
362-18 /2017	Materia orgánica	2,44	%	Walkley Black	
362-19 /2017	Nitrógeno total	0,10	%	Kjeldahl	
362-20 /2017	Fósforo asimilable	66,89	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	
362-21 /2017	Hierro	38,65	ppm	Absorción atómica	
362-22 /2017	Densidad Real	2,85	g / ml	Gravimetría	
362-23 /2017	Densidad Aparente	1,51	g / ml	Gravimetría	
362-24 /2017	Porosidad	43,01	%	Gravimetría	
362-25 /2017	Capacidad de Cambio	17,27	%	Ollas de presión	
362-26 /2017	Punto de Marchitez Permanente	7,04	%	Ollas de presión	

OBSERVACIONES,-

\*\* Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.

C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.

CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

#### CLASE TEXTURAL

F : Franco

L : Limoso

A : Arenoso

FA : Franco Arenoso  
AL : Franco Arcilloso  
FL : Franco Limoso  
FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso

AF : Arenosos Franco

FY : Franco Arcilloso

YL : Arcilloso Limoso

FYL : Franco Arcilloso Limoso

FL : Franco limoso



*[Handwritten Signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Of. Av. 6 de Agosto 1077 - La Paz - Bolivia - 2435877 - 2128585 Fax: (0591-2) 2433061 - La Paz - Bolivia/Casilla 4821, Telf. 2800095 CIN-Viacha, E-mail: [ibten@extelnet.bo](mailto:ibten@extelnet.bo) \* Página Web: [www.ibten.gov.bo](http://www.ibten.gov.bo)

**Anexo 4.** Promedios de la altura de planta de la espina de mar

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	46,3	62,0	45,7	40,7	48,7
T2	43,1	49,7	52,8	49,8	48,8
T3	48,9	60,3	50,6	47,3	51,8
T4	46,0	46,2	55,4	67,0	53,6

**Anexo 5.** Promedios del número ramas primarias de la espina de mar

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	8,2	10,8	10,5	9,2	9,7
T2	8,3	12,0	10,3	8,5	9,8
T3	12,3	13,7	13,7	9,7	12,3
T4	12,2	13,3	13,8	15,3	13,7

**Anexo 6.** Promedios del número de ramas secundarias de la espina de mar

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	5,8	4,0	5,0	4,0	4,7
T2	8,2	7,0	11,3	7,8	8,6
T3	14,2	12,2	8,3	4,8	9,9
T4	10,8	10,8	22,2	10,8	13,7

**Anexo 7.** Promedios del número de hojas por planta de la espina de mar

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	530,7	664,2	553,6	440,4	547,2
T2	586,9	677,0	830,0	483,4	644,3
T3	1106,9	959,8	428,8	642,5	784,5
T4	1291,0	802,8	1338,8	877,2	1077,4

**Anexo 8.** Promedios del diámetro del tallo de la espina de mar

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	5,7	5,5	5,4	5,0	5,4
T2	5,3	5,0	5,3	5,0	5,2
T3	5,4	6,9	5,2	5,4	5,7
T4	5,8	5,1	6,4	6,0	5,8

**Anexo 9.** Promedios del rendimiento de materia seca

	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	582,9	753,5	581,5	511,5	607,3
T2	596,2	762,9	821,0	534,2	678,6
T3	1031,7	954,0	460,9	641,3	772,0
T4	1197,2	855,3	1377,7	871,4	1075,4

**Anexo 10. Imágenes**



**Imagen 1.** Trasplante de los plantines de espina de mar



**Imagen 2.**  
Planta de Espina de Mar



**Imagen 3.**  
Toma de datos de la altura de planta



**Imagen 4.** Prendimiento de la espina de mar



**Imagen 5.** Parcela de la Espina de Mar

## Anexo 11. Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 1

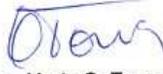
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
Informe N°:	121/17			
Producto:	FORRAJE ESPINA DE MAR T1-0% DE BIOL			
Marca:	S/M	Razón Social	PROYECTO: VALIDACION DE FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA DE LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA	
Procedencia	Estación Experimental Choquenaira			
Fecha de recepción muestra:	2017/06/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/08/30	
Fecha de inicio de ensayos:	2017/06/30			

### RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	254.25.-	CALCULO
PROTEINA	%	3.27.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	48.32.-	FEHLING
FIBRA	%	16.79.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección

  
 Dra. María O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

## Anexo 12. Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 2

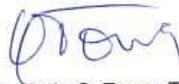
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
Informe N°:	122/17			
Producto:	FORRAJE ESPINA DE MAR T2-25% DE BIOL			
Marca:	S/M	Razón Social	PROYECTO: VALIDACION DE FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA DE LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA	
Procedencia	Estación Experimental Choquenaira			
Fecha de recepción muestra:	2017/06/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/08/30	
Fecha de inicio de ensayos:	2017/06/30			

### RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	324.57.-	CALCULO
PROTEINA	%	16.52.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	51.73.-	FEHLING
FIBRA	%	15.36.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección

  
 Dra. Maria O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

### Anexo 13. Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 3

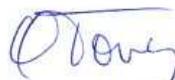
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
Informe N°:	123/17			
Producto:	FORRAJE ESPINA DE MAR T3-50% DE BIOL			
Marca:	S/M	Razón Social	PROYECTO: VALIDACION DE FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA DE LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA	
Procedencia	Estación Experimental Choquenaira			
Fecha de recepción muestra:	2017/06/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/08/30	
Fecha de inicio de ensayos:	2017/06/30			

#### RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	297.89.-	CALCULO
PROTEINA	%	14.65.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	48.46.-	FEHLING
FIBRA	%	15.93.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección



Dra. Maria O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

## Anexo 14. Análisis bromatológico de la Espina de mar – Tratamiento 4

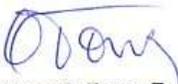
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO: 74504-74505	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
Informe N°:	124/17			
Producto:	FORRAJE ESPINA DE MAR T4-75% DE BIOL			
Marca:	S/M	Razón Social	PROYECTO: VALIDACION DE FORRAJE ESPINA DE MAR Y MARALFALFA DE LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA	
Procedencia	Estación Experimental Choquenaira			
Fecha de recepción muestra:	2017/06/28	Fecha de emisión de resultados:	2017/08/30	
Fecha de inicio de ensayos:	2017/06/30			

### RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGETICO	Kcal/100g	290.0.-	CALCULO
PROTEINA	%	10.79.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	48.93.-	FEHLING
FIBRA	%	15.4.-	HIDROLISIS ACIDO-BASE

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección

  
 Dra. Maria O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio, NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical