



UNIVERSIDAD DE LA SERENA

Facultad de Ciencias

Escuela de Agronomía

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD PRODUCTIVA Y  
ECONÓMICA DE UTILIZAR BAGAZO DE MALTA (BSG) EN LA  
ELABORACIÓN DE BOKASHI EN SECTOR PAN DE AZÚCAR,  
REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE.

Seminario de Título para optar al Título de Ingeniera Agrónoma

Profesora guía

Constanza Jana Ayala, Ing. Agr. M Sc. PhD

CAMILA ALEJANDRA GALLEGUILLOS CONTRERAS

2023

## INDICE DE MATERIAS

Materia	Página
1. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1 Situación de los suelos en la región de coquimbo.....	9
1.2 Uso de enmiendas orgánicas.....	10
1.2.1 Tipos de enmiendas orgánicas sólidas .....	11
1.3 Bagazo de malta, un residuo de la elaboración de cerveza .....	16
1.3.1 Propiedades del BSG.....	20
1.3.2 Usos del bagazo de malta.....	21
1.4 Importancia de la elaboración de cerveza y BSG .....	23
1.5 Función y factibilidad económica de BSG y afrechillo .....	25
1.6 Bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico ( <i>Rhizobium spp.</i> ).....	27
1.7 Características y requerimientos del cultivo de habas .....	29
2. OBJETIVOS.....	31
2.1 Objetivo general.....	31
2.2 Objetivos específicos .....	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
3.1 Sitio de estudio .....	32

3.2 Manejos del cultivo .....	33
3.2.1 Riego .....	33
3.2.2 Sanidad y nutrición vegetal .....	34
3.3 Diseño experimental .....	35
3.4 Tratamientos.....	36
3.5 Elaboración de bokashi.....	37
3.6 Determinación de dosis de bokashi a aplicar .....	39
3.7 Parámetros evaluados del cultivo .....	42
3.7.1 Porcentaje de emergencia .....	42
3.7.2 Fracción de cobertura vegetal.....	42
3.7.3 Capacidad de retención de humedad del suelo.....	44
3.7.4 Componentes del rendimiento del cultivo.....	45
3.7.5 Características fisicoquímicas del suelo.....	47
3.7.6 Factibilidad económica del uso de BSG .....	48
3.7.7 Registro de nódulos en raíces: ( <i>Rhizobium spp.</i> ) .....	48
3.8 Análisis de datos.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51

4.1	Porcentaje de emergencia .....	51
4.2	Fracción de cobertura vegetal.....	52
4.3	Capacidad de retención de humedad del sustrato .....	53
4.4	Componentes del rendimiento .....	56
4.4.1	Biomasa de la planta: Vaina, semillas, parte aérea y radical.....	58
4.5	Caracterización química y física de los sustratos.....	59
4.6	Factibilidad económica del uso de BSG en la confección de bokashi ....	65
4.7	Nódulos en raíces: Bacterias fijadoras de nitrógeno ( <i>Rhizobium spp.</i> )..	68
4.7.1	Número de nódulos.....	68
4.7.2	Color de los nódulos .....	70
4.7.3	Distribución de nódulos en la profundidad de la rizósfera. ....	71
4.7.4	Presencia de nódulos en tipo de raíz .....	72
5.	CONCLUSIONES .....	74
6.	LITERATURA CITADA.....	75
7.	ANEXOS.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1: Aporte de cada materia prima en la elaboración de bokashi.....	15
2: Valorización (\$) de subproductos para elaborar bokashi.....	26
3: Producción de litros de cerveza mensual.....	26
4: Coeficiente de cultivo de habas (Kc).....	33
5: Descripción de los tratamientos.....	36
6: Cantidad de insumos requeridos para la elaboración de bokashi.....	37
7: Proceso de confección de bokashi en base a afrechillo.....	38
8: Cálculo de dosis a aplicar de bokashi en camas de 15 m <sup>2</sup> .....	39
9: Caracterización química y física de enmiendas.....	40
10: Antecedentes del cultivo de habas sobre el cual se desarrolló el estudio.....	43
11: Resumen estadístico de evolución humedad gravimétrica (%).....	55
12: Resumen estadístico de componentes del rendimiento.....	56
13: Resumen estadístico de componentes del rendimiento.....	57
14: Resumen estadístico de parámetros de biomasa evaluados.....	59
15: Caracterización química inicial de los sustratos.....	60
16: Caracterización química macronutrientes de los sustratos post cosecha.....	63
17: Caracterización química micronutrientes de los sustratos post cosecha.....	63
18: Densidad aparente (g cc <sup>-1</sup> ).....	65
19: Costo de insumos para elaboración de bokashi.....	66

20: Análisis económico para la producción de bokashi .....	67
21: Análisis económico para determinar el posible ingreso BSG .....	67
22: Análisis económico para determinar el posible ingreso cervecería .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1: Diagrama de proceso de elaboración de cerveza artesanal.....	18
2: Esquema del proceso de extracción del BSG .....	19
3: Producción mundial de cerveza .....	19
4: Sección longitudinal del grano de planta de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ).....	20
5: Esquema de posibles usos del BSG .....	21
6: Evolución del consumo de cerveza (L) .....	24
7: Fenología del cultivo de habas .....	30
8: Cartografía parcela experimental Pan de Azúcar, INIA Intihuasi.....	32
9: Diseño experimental y distribución de los tratamientos en terreno.....	35
10: Esquema de proceso de elaboración de bokashi.....	38
11: Diagrama de proceso para la medición de densidad aparente.....	41
12: Área a medir de 1 m x 0,5 m, para registrar FCV.....	43
13: Esquema de sustrato con área seleccionada de plantas cosechadas.....	46
14: Esquema de metodología utilizada en nódulos .....	49
15: Porcentaje de emergencia de semillas var. Reina blanca .....	52
16: Evolución de la Fracción de cobertura (%) por tratamiento .....	53
17: Evolución de la humedad gravimétrica (%) del suelo por tratamiento .....	54
18: Cantidad de nódulos en raíces por tratamiento.....	69
19: Color del promedio de 10 nódulos por repetición de raíces .....	70

20: Distribución de nódulos en raíces de habas.....	72
21: Presencia de nódulos en raíces.....	73

## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1: Resultados de análisis de la varianza entre tratamientos bajo el parámetro de porcentaje de germinación. ....	88
2: Resumen estadístico de resultados de fracción de cobertura vegetal, entre tratamientos. ....	88
3: Registro de datos para biomasa; aéreo, radical, vaina y semilla. ....	89



## RESUMEN

Se evaluó la factibilidad del uso de bagazo de malta (BSG) en la elaboración de bokashi y su efecto en un cultivo de habas (*Vicia faba L.*) var: Reina Blanca en condiciones agroclimáticas del sector de Pan de Azúcar, Región de Coquimbo, Chile. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron: bokashi T2 100% Afrechillo, bokashi T3 100% BSG y bokashi T4 75% BSG + 25% Afrechillo. Las variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo fueron: fracción de cobertura vegetal (FCV) y capacidad de retención de humedad; y a cosecha componentes del rendimiento, características fisicoquímicas del sustrato, la presencia y ubicación de nódulos de *Rhizobium spp.* en raíces y factibilidad económica. Los resultados demostraron que, en las variables FCV, capacidad de retención de humedad, componentes del rendimiento, y características fisicoquímicas los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas; en las variables nódulos de *Rhizobium spp.* en raíces y factibilidad económica fue mejor para T3 100% BSG. Con base en estos resultados se demuestra la factibilidad del uso de BSG en la elaboración de bokashi en reemplazo del afrechillo, permitiendo fomentar el reciclaje de residuos contaminantes, agregando valor al BSG mediante la elaboración de una enmienda orgánica eficiente, posibilitando un ingreso potencial adicional a la industria cervecera, a través de la comercialización del BSG crudo o bien en la elaboración de bokashi.

**Palabras clave:** Bokashi; Bagazo de malta; Enmiendas orgánicas; agroecología; Habas (*Vicia faba L.*).

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 SITUACIÓN DE LOS SUELOS EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

De acuerdo a sus características climáticas y fitogeográficas, la Región de Coquimbo se encuentra clasificada como una zona árida (CIREN, 2012), y desde enero de 2022 decretada zona de escasez hídrica (DGA, 2022), con altos niveles de degradación. El 96% del territorio se encuentra en condición de desertificación grave y media, mientras que el resto se encuentra en riesgo de desertificación leve (CIREN, 2012; CONAF, 2021). La grave situación actual de los suelos de la región se atribuye al cambio climático, pero principalmente a las actividades antrópicas, condición originada en un principio por una fuerte explotación de leña para producción de carbón y posteriormente, desde fines del siglo XX, a causa del alza de la superficie plantada, motivada por el auge agroexportador (CIREN, 2010; CONAF, 2021). En este sentido, el aumento de la demanda de productos agrícolas, en conjunto con la tecnificación del riego y la fertilización de cultivos, han hecho posible la habilitación de nuevos suelos para el desarrollo de éstos, desplazando especies nativas presentes en dichos espacios, modificando los sustratos y promoviendo la destrucción del ecosistema (Jorquera, 2001).

En el caso de los suelos de uso agrícola de la región de Coquimbo, se caracterizan por ser frecuentemente salino- sódicos, de gran variabilidad espacial, pedregosos y con bajo o nulo contenido de materia orgánica (AGRIMED, 2017). Por su manejo a lo largo de la historia, presentan un alto grado de erosión, desencadenando una importante pérdida de materia orgánica. En este sentido, la fertilidad del suelo se deteriora y pierde estructura, lo que implica un aumento de la densidad aparente, es decir, una mayor compactación de suelo y complejidad para el desarrollo radical de los cultivos (CIREN, 2000). El preocupante estado de los suelos de la región hace necesario buscar e idear

diferentes métodos para mitigar o reparar en lo posible la degradación y el deterioro de los suelos y más aún de los ecosistemas (Silva *et al.*, 2021).

## **1.2 USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS**

Dentro de un sistema de producción orgánico, el manejo de la fertilidad de suelo es la base para una buena producción; esto se logra principalmente bajo el concepto de respetar las exigencias y capacidades naturales no solo de la planta, sino que además de los animales y el paisaje, a diferencia de un sistema de producción convencional, que prioriza únicamente los requerimientos del cultivo (González *et al.*, 2010).

El uso de enmiendas orgánicas es una práctica alternativa a la agricultura convencional, que mejora la condición física, química y biológica del suelo, actuando como fuente de carbono y otros nutrientes; a su vez estimula y diversifica la biota edáfica creando así un medio adecuado para el crecimiento de las plantas (Rotondo *et al.*, 2009).

Estudios realizados por los mismos autores, mostraron un incremento en la materia orgánica y el potencial microbiano, luego de la aplicación anual de compost de distinto origen en un período de dos años. En sistemas intensivos, la adición de materia orgánica, mediante compost o abonos verdes, es imprescindible para el mantenimiento de la reserva de carbono y nitrógeno del suelo. No obstante, la respuesta a la incorporación de enmiendas orgánicas es variable y depende del cultivo, tipo de suelo, factores climáticos, prácticas de manejo y de las características del material utilizado (González *et al.*, 2010).