

UNIVERSIDAD ADVENTISTA DE CHILE
Facultad de Ingeniería y Negocios
Licenciatura en Agronomía

UNIVERSIDAD
ADVENTISTA
DE CHILE



EFECTO DE TRES PRODUCTOS AGROECOLÓGICOS EN LA
PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO DE
TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

TRABAJO FINAL INTEGRADOR
Presentado en cumplimiento final
de los requisitos para optar el título de
Ingeniero Agrónomo y grado de
Licenciado en Agronomía

Por:
Alexis Antonio Medel Parra

Profesor guía: Víctor Leonardo Cárcamo Ferrada

Chillán, agosto de 2017

RESUMEN

En el Fundo San Pedro ubicado en la comuna de Vilcún de la Región de la Araucanía, se realizó una investigación con el objetivo de determinar los efectos de tres productos agroecológicos en el cultivo de trigo variedad Maxi Baer, segunda generación (C2).

Los productos agroecológicos utilizados en presente investigación son, Comcat que es un bioestimulante elaborado con extractos de plantas silvestres, que estimula la producción de ATP en la planta, Ecofungi en base a micorrizas, que estimula la absorción de nutrientes por la raíz aumentando el flujo de nutrición para las plantas y Zumsil que es un mejorador de suelo natural a base de ácido monosilícico.

El diseño experimental utilizado fue BCA (Bloques Completamente al azar) con 5 tratamientos y 4 repeticiones, en 20 parcelas de 24m². Los tratamientos evaluados fueron Testigo (T0), Ecofungi (T1), Comcat (T2), Zumsil (T3), Comcat + Ecofungi (T4), los cuales fueron aplicados con una mezcla fertilizante, de 400 kg/ha de la mezcla 9-41-12 de ANAGRA.

Los resultados obtenidos indican que los productos agroecológicos (Ecofungi, Comcat y Zumsil) tuvieron efectos potenciadores en los parámetros de desarrollo, calidad y componentes de rendimientos del cultivo del trigo.

En el parámetro de desarrollo Zumsil predominó con una media de 98,1 mm y en el diámetro ecuatorial de tallos con una media de 4,5 mm fue Ecofungi, obteniendo una diferencia de 5 mm comparado al tratamiento testigo.

En los parámetros de calidad, las variables sedimentación y gluten húmedo no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos, en cambio el peso de hectolitro, sí mostró diferencias estadísticas donde Zumsil fue el que obtuvo el mayor peso de todo los tratamientos.

En los componentes de rendimiento hubo efectos representativos en cada una de sus variables, en donde en la variable de medida de la espiga todos los tratamientos, estuvieron sobre el tratamiento testigo. El conteo de espiguillas tuvo una media de 20 espiguillas por espiga en el tratamiento a base de micorrizas (Ecofungi). En el conteo lineal de plantas todos tuvieron un efecto potenciador, excepto el tratamiento testigo que fue el más depresivo. Finalmente en la variable de rendimiento la aplicación de Comcat (T 2), generó aumento de un 20% más de producción respecto al tratamiento testigo, producto del efecto que provocan las hormonas vegetales que este producto contiene.

PALABRAS CLAVE: Comcat, Ecofungi, Zumsil, Trigo, Productos agroecológicos.

ABSTRACT

At the farm field San Pedro located at the commune of Vilcún in the Araucania region, was made an investigation with the objective of determinate the effects of three agroecological products in the wheat crop Maxi Bear variety, second generation (C2)

The agroecological products used in this investigation are Comcat that is a biostimulant made by wild plants extracts, that stimulates the product of ATP on the plant, Ecofungi based on mycorrhizal that stimulates the uptake of nutrients by the root increasing the nutrition flow to the plant and Zumsil that is a natural soil improver based on monosodium acid.

The experimental design used was BCA (block completely randomized) design with 5 treatments and 4 replications in 20 plots of 24m². The treatments evaluated were witness (T0), Ecofungi (T1), Comcat (T2), Zumsil (T3), Comcat + Ecofungi (T4), those were applied with a fertilizer mixture, made by 400 kg/ha of the mixture 9-41-12 of Anagra.

The results obtained shows that the agroecological products (Ecofungi, Comcat y Zumsil) had potentiating effects on development parameters, quality and components of wheat crop yields.

In the development parameter Zumsil predominated in an average of 4,5 mm was Ecofungi showing a difference of 5 mm compared to the witness treatment.

In the quality development, the variables sedimentation and wet gluten doesn't got important differences between treatments, instead the weight of hectoliter, shows statistical differences where Zumsil was the one that gained the greatest weight of all treatments.

In the components of performance were representative effects on each of the variables, where in the spikelet's measure variable all the treatments, were over the witness treatment. The spikelet count had an average of 20 spikelets per spike in mycorrhizal (Ecofungi) treatment. In the linear count of plants all had a potentiating effect, except the control treatment that was the most depressive. Finally, in the performance variable, the application of Comcat (T 2) generated a 20% increase in production compared to the control treatment, as a result of the effect caused by the vegetable hormones that this product contains.

Key words: Comcat, Ecofungi, Zumsil, Wheat, Agroecological products.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme brindado ímpetu en los momentos de desafíos y obstáculos que se me presentaron durante este periodo de aprendizaje. A mis padres Florín Medel y Aida Parra quienes me dieron la vida y que jamás han dejado de creer en mí, transformándose en el pilar fundamental en mi vida. A mis hermanos Érica, Marcelo y Ariel, por ser mis segundos padres, entregándome protección y motivación. A mis amigos que fueron el sostén emocional durante este periodo y finalmente a cada uno de mis profesores que me forjo como profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS.....	vii
----------------------	-----

LISTA DE FIGURAS.....	viii
-----------------------	------

CAPÍTULO I: Introducción

1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Declaración del problema	2
1.3 Preguntas a ser contestadas.....	2
1.4 Delimitaciones y Limitaciones	2
1.5 Hipótesis	3
1.6 Objetivos.....	3
1.7 Propósito de la investigación	3
1.8 Justificación	4
1.9 Definición de términos.....	5

CAPÍTULO II: Marco Teórico

2.1 Botánica y aspectos fisiológicos de la planta	6
2.2 Requerimientos Edafoclimáticos.....	10
2.3 Fertilización.....	11
2.4 Productos agroecológicos.....	12
2.5 componentes de rendimiento del trigo.....	14
2.6 Factores de calidad evaluados en el grano.....	14
2.7 Determinación de las aptitudes de las harinas	15
2.8 Plagas y Enfermedades.....	16
2.9 Cosecha.....	16

CAPÍTULO III: Materiales y Métodos

3.1 Ubicación del ensayo.....	17
3.2 Diseño experimental.....	17
3.3 Descripción de semilla.....	18
3.4 Descripción del suelo.....	19
3.5 Materiales e insumos.....	19
3.6 Establecimiento de ensayo.....	19
3.7 Cosecha.....	20
3.8 Variables evaluadas.....	21
3.9 Análisis estadístico.....	22

CAPÍTULO IV: Resultados y Discusiones

4.1 Desarrollo.....	23
4.2 Componentes de calidad.....	26
4.3 Componentes de rendimiento.....	29

CAPÍTULO V: Conclusiones

Lista de referencias.....	37
----------------------------------	-----------

LISTA DE TABLAS

1. Tratamientos Utilizados por ensayo.....	18
2. Fertilización investigación	18
3. Test LSD, largo de raíces (mm) en diferentes tratamientos de fertilización	24
4. Test LSD, diámetro ecuatorial de tallos en diferentes tratamientos de fertilización.....	25
5. Test LSD, peso de hectolitro en diferentes tratamientos de fertilización.....	26
6. Test LSD, medida espiga en diferentes tratamientos de fertilización	29
7. Test LSD, espiguillas por espiga en diferentes tratamientos de fertilización.....	31
8. Test LSD, conteo lineal de plantas en diferentes tratamientos de fertilización.....	32
9. Test LSD, rendimiento en diferentes tratamientos de fertilización.....	34

LISTA DE FIGURAS

1. Esquema de diseño estadístico utilizado en el ensayo	17
2. Cosecha y cosecha de grano.....	21
3. Medias de los tratamientos en la variable largo de raíces	23
4. Medias de los tratamientos en la variable diámetro ecuatorial de tallos	25
5. Medias de los tratamientos en la variable peso de hectolitro	26
6. Medias de los tratamientos en la variable gluten húmedo.....	27
7. Medias de los tratamientos en la variable sedimentación	28
8. Medias de los tratamientos en la variable de medida espiga.....	29
9. Medias de los tratamientos en la variable de espiguillas por espiga	30
10. Medias de los tratamientos en la variable conteo lineal de plantas	32
11. Medias de los tratamientos en la variable rendimiento	33

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En Chile, el trigo es el cereal más sembrado en la agricultura chilena, ocupando una superficie de 241.114 hectáreas, de las cuales la región de la Araucanía representa un 47,2% de la superficie sembrada generando 598.673 toneladas y aportando el 44,9% de la producción total a nivel país. (ODEPA, 2012).

El trigo reviste una gran importancia en la alimentación y necesidad de proporcionar mayores volúmenes de alimentos para la población mundial especialmente del tercer mundo, que cada vez aumenta su población. Según las proyecciones de la ONU, se estima que la población mundial aumentará a los 8.200 millones para el año 2025 (Plataforma urbana, 2013).

La demanda de este cereal cada vez va en ascenso lo que pone como objetivo en los productores, obtener un producto de excelente calidad y rendimiento.

La fertilización se ha transformado en una necesidad en el área agrícola, pero a su vez este factor tan determinante en la producción agrícola ha sido cuestionado debido a los crecientes niveles de deterioro que causa en los ecosistemas, lo que ha conllevado a la obligación de la sociedad a buscar alternativas más amigables al medio ambiente. Este problema global, ha generado alternativas sustentables y ecológicas, destacando a la agricultura agroecológica con un creciente desarrollo, tanto en el ámbito nacional como mundial (SAG, 2011).

Según informes de la FAO (2015), se menciona que el uso mundial de fertilizantes podría aumentar por encima de los 200,5 millones de toneladas en 2018, lo que es un 25% más que el registro que se llevó a cabo en el año 2008.

La necesidad de restituir los elementos químicos que se extraen del suelo con los cultivos va implicando y dañando ciertos recursos que ya no se reponen, lo que conduce a la degradación de la tierra y la disminución de los rendimientos.

Lo anterior hace pensar que los daños a la sustentabilidad de nuestro ecosistema obliga a tomar decisiones lo más rápido posible, buscando alternativas para alcanzar una agricultura equilibrada. El modelo de la FAO de ahorrar para crecer y el primer principio de construir una visión común para la alimentación y la agricultura sostenible es conocer formas de mantener o restablecer la salud del suelo (FAO, 2015).

En los últimos años una alternativa que ha generado gran demanda han sido los productos ecológicos, que aparte de cubrir las necesidades del cultivo y usarse como complemento en la

fertilización convencional (García, Cegarra, Roig, & Abad, 1994; Madejon, López, Murillo, & Cabrera, 2001; Arancón, Edwards, Lee, & Yardim, 2004), han permitido aumentar la biodiversidad de la flora y fauna del suelo permitiendo una mejor interacción de los cultivos a través de la protección y sanidad de los mismos.

Es por eso que la presente investigación tiene como finalidad aplicar tres productos agroecológicos (Ecofungi, Comcat y Zumsil), en un cultivar de *Triticum aestivum*, aplicados de forma complementaria a la fertilización convencional y así determinar si las aplicaciones mencionadas generan efectos productivos en dicho cultivo.

1.2 Declaración problema

¿Los productos agroecológicos Ecofungi, Comcat y Zumsil, mejoran los componentes de rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo de trigo variedad Maxi Baer?

1.3 Preguntas a ser contestadas

- ¿Ecofungi, Comcat y Zumsil generan un aumento de los componentes del rendimiento, de la calidad y del desarrollo del cultivo de trigo?
- ¿Cuál es la combinación de los tres productos agroecológicos que genera más beneficios al cultivo de trigo, en su rendimiento, calidad y desarrollo?

1.4 Delimitaciones y limitaciones

1.4.1 Delimitaciones. El estudio estará delimitado, a la variedad Maxi Baer de trigo, a los productos utilizados en los ensayos, Ecofungi, Comcat y Zumsil, con los ingredientes activos y proporciones establecidas en 2017, además de la fertilización convencional utilizada como tratamiento testigo. El estudio está delimitado a realizarse en un periodo de 12 meses.

1.4.2 Limitaciones. Es de suma importancia considerar que este tipo de estudio se encontrara limitado por condiciones de campo del sitio donde se desarrolle la investigación (precipitaciones, temperaturas), condiciones edáficas del suelo (Nutrientes del suelo) lo que se limitara al cultivo de trigo variedad Maxi Baer.

1.5 Hipótesis

Los productos agroecológicos tienen un efecto positivo en los componentes de rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo del trigo, al ser comparados con una fertilización convencional.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general. Analizar la respuesta del cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) en la variedad Maxi Baer, a las aplicaciones de los productos agroecológicos Ecofungi Zumsil y Comcat.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las micorrizas (Ecofungi) en los componentes de rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo de trigo.
- Comparar el efecto del ácido monosilícico (Zumsil) en los componentes de rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo de trigo.
- Evaluar el efecto de los extractos vegetales (Comcat) en los componentes de rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo de trigo.
- Establecer la aplicación o combinación ideal de los productos agroecológicos para los componentes del rendimiento, para la calidad y para el desarrollo del cultivo de trigo.

1.7 Propósito de la investigación

El propósito principal de esta investigación es evaluar los componentes de rendimiento del cultivo del trigo sujeto a la aplicación de tres productos agroecológicos y determinar la acción individual y complementaria que estos productos generan en el cultivo.

Con los resultados obtenidos se busca establecer alternativas viables y sostenibles para mejorar e incrementar la producción del cultivo del trigo, utilizando técnicas que son respetuosas con el medio ambiente, permitiendo una mayor sustentabilidad de nuestros suelos y que podría implicar una disminución de los costos de producción.

1.8 Justificación

El cultivo del trigo es el cereal más sembrado en Chile (Mellado, 2007), ya que tiene una gran importancia socioeconómica. El cultivo del trigo es uno de los principales rubros de la agricultura familiar, ya que es cultivado mayoritariamente por pequeños productores y se utiliza en la elaboración del pan, alimento fundamental de nuestro país. Este alimento posee diversas ventajas y virtudes, entre ellas: su alto valor nutritivo, principal alimento en el mundo, diversidad de variedades.

Además, el trigo es una opción viable de alimento ante la crisis alimentaria que existe a nivel mundial, generando empleos rurales, especialmente para las familias que se dedican a su producción, dinamizando la economía local y constituyendo un elemento importante en la economía del país. Sin embargo la labor que sostienen los pequeños productores para generar un producto conforme a las demandas del mercado, genera un arduo trabajo en obtener rendimientos apropiados.

Sin embargo las altas dosis de fertilizantes convencionales son la respuesta a producir alimentos y cultivos comerciales de mejor calidad, pero a la vez, genera un aumento de explotación excesiva de los recursos naturales y contaminación de los ecosistemas, lo que ha llevado a crear alternativas para crear un sistema más equilibrado entre el producto final y sustentabilidad del ecosistema.

Hoy en día la práctica de una agricultura más limpia ha alcanzado un significativo reconocimiento, tanto como por los agricultores y consumidores, lo que la utilización de productos agroecológicos se ha convertido en un mercado sólido y atractivo para la producción agrícola. Estos abonos orgánicos son considerados como fertilizantes y acondicionadores de suelo, dependiendo de su efecto en la nutrición vegetal. Los fertilizantes son fuentes de nutrientes en el crecimiento de la planta, en cambio los acondicionadores de suelo mejoran las propiedades físicas, como: retención de agua, aireación, estructura y drenaje, propiedades que están relacionadas con la prevención de la erosión y recuperación de suelos degradados (Castellanos, Márquez-Ortiz, Etchevers, Aguilar-Santelices, & Salinas, 1996; Cooperband, 2002). También favorece la actividad microbiológica del suelo (Neely, Beare, Hargrove, & Coleman, 1991), y prevenir el ataque de patógenos del suelo (Van Bruggen, & Grúnwald, 1996; Romero-Lima, Trinidad-Santos, García-Espinoza, & Ferrera-Cerato, 2000).

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar el comportamiento que una fertilización a base de productos ecológicos cumple con los estándares potenciadores en el desarrollo y crecimiento del trigo (*Triticum aestivum*). Comcat, Ecofungi y Zumsil son productos agroecológico que cumplen con los roles mencionados anteriormente. Comcat es un bioestimulante elaborado con extractos de plantas silvestres que optimizan el uso del oxígeno por parte de la planta estimulando la mayor producción de ATP, energía vital en la planta para la producción de sustancias bioquímicas, que tienen como función coordinar el crecimiento de diferentes órganos.

Por otro lado, Ecofungi es un inoculante de micorrizas que estimula la propagación de bacterias fijadoras de nitrógeno, que colonizan la raíz desarrollando una matriz de micelio que se extiende en el suelo incrementando el área de absorción de las raíces, lo que permite una mayor obtención de nutrientes, mejora el suelo y aumenta la productividad de los cultivos agrícolas (Alarcón y Ferrera, 2000; Álvarez & Anzueto, 2004; Barrer, 2009).

Finalmente, Zumsil a base de ácido monosilícico, tiene como rol fundamental estar en los procesos de formación de suelo, especialmente en la transformación de rocas y minerales secundarios generando nutrientes biogeoquímicamente activos.

1.9 Definición de términos

- Comcat: Es un biocatalizador elaborado con extractos de plantas vegetales silvestres que optimizan el uso del oxígeno de ATP, energía vital en la planta para la producción de sustancias bioquímicas, las que dan señales de coordinar el crecimiento de diferentes órganos.
- Zumsil: Es un potencializador natural que aumenta la conductividad eléctrica en suelos, generando una mayor capacidad de intercambio catiónico, incorporando minerales insolubles, estimulando la actividad microbiana en el suelo, mejora la estructura de los suelos y por ende el manejo de agua. Lo que por ende las plantas acceso a más nutrientes e incrementar la producción.
- Ecofungi: Es un inoculante de micorrizas vesiculares arbusculares (VAM), que genera uniformidad en el desarrollo de plantas, formación temprana de flores, reducción en los requisitos de abono.
- Rendimiento: Es la relación total de un cierto cultivo cosechado por hectáreas de terreno utilizada (se mide en toneladas por hectáreas). El rendimiento consta de componentes, como el peso del grano, espiguillas por espiga, medida espiga, conteo de plantas.
- *Triticum aestivum*: Es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas, cultivada por todo el mundo obteniendo granos para la producción harinera principalmente.
- Productos agroecológicos: Productos sin la utilización de productos químicos, que se basa en normativas que buscan el cuidado y la protección del medio ambiente.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2. 1 Botánica y aspectos fisiológicos del trigo

2.1.1 Generalidades. El trigo conocido como el cereal del pueblo originado en las civilizaciones asiáticas comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates, en la zona de Mesopotamia es el tercer cereal más consumido en el mundo, siendo el alimento básico de las principales civilizaciones de Europa, Asia, y Norte de África durante más de 8000 años.

Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo del trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Iraq, donde una mutación o una hibridación ocurrieron en el trigo silvestre, dando por resultado una planta con semillas más grandes. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero y huellas de granos en barro cocido en Jarmo, que datan del año 6700 a.C.

El trigo es una gramínea que prospera en climas sub tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. La temperatura óptima para su crecimiento está entre 10 y 25°C, pero puede llegar a crecer a temperaturas entre 3 y 33°C. En cuanto a la humedad, es deseable a que sea alta durante la etapa del espigado, mientras que en la etapa de maduración, sea baja para facilitar el secado del grano. (Dupont, & Altenbach, 2003; Serna-Saldívar, 2009).

La calidad del trigo harinero dependerá de la dureza del grano, ya que a mayor dureza, mayor es el contenido proteico (Chang, Zhang, Xu, Li, Liu, You, & Li, 2006).

De acuerdo con su volumen de producción, el trigo ocupa el segundo lugar en el mundo, aunque para consumo humano es el grano que tiene mayor relevancia. Alrededor del 75% del trigo se consume de manera directa, en productos como pan, harina y pastas alimenticias, el 15% de forma indirecta en productos animales y el resto se emplea como semilla.

Los cereales constituyen un conjunto de plantas de gran importancia para el hombre debido a su aporte energético y de nutrientes. Entre los cereales de mayor producción mundial se encuentra el maíz, el arroz y el trigo, que abastecen el 80% de la producción total de alimentos, este último es el cereal más consumido por el hombre occidental y es cultivado en 115 países haciéndolos principales productores China, Estados Unidos e India; una gran extensión de cultivos se encuentra en Rusia, Europa, Canadá, Australia y Argentina (Serna-Saldívar, 2009).

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia al proceso que se sigue para separar la semilla de su cascarilla. El grano de trigo es fácil de transportar y almacenar, utilizándose para obtener una gran variedad de productos, tales como harina, harina integral, sémola, y malta, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración

de otra gran variedad de productos alimenticios. Además, en Europa fue importante también para la fabricación de papel y cartón (Serna-Saldívar, 2009).

2.1.2 Botánica de la planta. El trigo es una monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Poaceas, poseen una raíz densa y fasciculada, desarrollada a partir de la corona que puede profundizar más de 150 cm según las características del suelo (Mellado, 2007).

La parte aérea se compone de una serie de unidades repetidas de fitómeros, cada uno teniendo un nudo, una hoja, un entrenudo alargado y un brote en la axila de la hoja. Una hoja se inserta en cada nudo, las hojas basales usualmente mueren o desaparecen.

Desde el eje principal se originan varios macollos, estos después de la tercera a cuarta hoja, generan sus propios sistemas de raíces adventicias. Los macollos comienzan a independizarse progresivamente, hasta llegar a comportarse como una planta individual. Estos tienen su origen en la base de la planta a partir de una yema que da lugar al crecimiento de ellos. El número total de macollos por planta puede llegar hasta veinte, dependiendo principalmente del cultivar, fertilidad de suelo, fecha de siembra, densidad de población y abastecimiento hídrico (Faiguenbaum, 1987).

La inflorescencia corresponde a la espiga que está compuesta de 15 a 25 espiguillas, estas son sésiles y se presentan en torno al raquis. Cada espiguilla presenta externamente dos brácteas denominadas glumas y contienen de tres a cinco antecios sobre una raquilla. Cada antecio está compuesto por una lemma, una palea y de una flor. Normalmente uno a dos antecios son estériles, generando, un máximo de dos a cuatro flores fértiles en cada espiguilla. En algunos cultivares las lemmas se prolongan en forma de arista, originándose espigas barbadas (Kirby, 1994; FAO, 2002).

Cada flor está compuesta por tres estambres y dos estigmas plumosos que nacen del ovario, en la base de la flor se localizan dos estructuras transparentes llamadas glumélas; toda la estructura de la flor se encuentran protegidas por dos brácteas: lemma, la más externa y paléa, las más interna. La flor que se autopoliniza, proyecta sus estambres al exterior del antecio una vez que ocurre la antesis (Kirby, 1994; FAO 2002).

La semilla de trigo es una cariósipide, en el cual las paredes del ovario y la testa, están estrechamente unidas siendo inseparables. El fruto es de carácter indehiscente y contiene una sola semilla (FAO, 2002).

2.1.3 Semilla. La semilla debe estar constituida por granos sanos, limpios, con un buen porcentaje de germinación y de características homogéneas, además debe corresponder a una variedad recomendada por centros de mejoramientos genéticos. Esto implica que la variedad debe tener buenas cualidades agronómicas. Pueden producirse semillas certificadas de primera (C1), segunda (C2) o tercera (C3). (SAG, 1999).

2.1.4 Estructura del grano de trigo. El tamaño de los granos de trigo tienen un peso en promedio de 35 miligramos con una longitud de 8 milímetros, su parte dorsal es redonda y lisa e excepción al surco que se encuentra sobre el área del germen (Hoseney, 1991). El grano consiste en tres partes atómicas principales, que son el salvado, embrión y endospermo.

2.1.4.1 Salvado. Es la parte externa del grano, que constituye el 14% del grano. Está formado por el pericarpio, cubierta de la semilla y epidermis nuclear y se caracteriza por su alto contenido de fibra.

2.1.4.2 Germen. Es la fracción más pequeña representando en 2.3-2.5 del grano. Se establece en el dorsal del grano y está compuesto por el embrión y el escutelo, los cuales tienen como función, almacenar nutrientes. El germen carece de almidón y por su elevado contenido de aceite. Además, genera la gran parte de las enzimas para el proceso de germinación. (Hoseney, 1991).

2.1.4.3 Endospermo. Está compuesto por almidón y proteínas, constituye el 83% del grano, está formado por tres tipos de células, las periféricas, prismáticas y centrales.

2.1.5 Ontogenia. Fases reproductiva del trigo, desde germinación a madurez de cosecha adaptado de la escala de Feekes (Large, 1954).

2.1.5.1 Germinación. La radícula y coleóptilo emerge de la semilla.

2.1.5.2 Estado de plántula. Desde la primera a tercera hoja.

2.1.5.3 Etapa de macolla. Se inicia después que el tallo principal ha desarrollado tres hojas y se forman a partir de yemas ubicadas en las axilas de las hojas basales. El tallo principal es el primero en formarse y el que más contribuye al rendimiento en relación a los que se desarrollan posteriormente.

2.1.5.4 Alargamiento del tallo o encañado. Durante el macollaje los nudos están comprimidos en la corona; cuando se forma la cuarta hoja, aparece el primer nudo, y con la quinta hoja el segundo nudo; cuando empieza el encañado los entrenudos se alargan y los nudos se empiezan a la parte superior de la planta, y la pequeña espiga ya tiene todas sus espiguillas, es decir, se ha producido la etapa reproductiva. Cuando las plantas han encañado, las hojas están unidas al tallo por sus vainas. Este periodo termina con la aparición de la hoja bandera.

2.1.5.5 Estado de bota, vaina engrosada o embuche. La espiga se desarrolla dentro de la vaina de la hoja bandera y tiene lugar de meiosis de los granos de polen en las anteras.

2.1.5.6 Espigadura. Comienza a aparecer a través de la vaina de la hoja bandera u hoja superior.

2.1.5.7 Floración o antesis y grano acuoso. Ocurre la polinización y fecundación. En unos tres a cinco días revientan todas las anteras de una espiga. Se forma el grano acuoso de color blanquecino con alrededor de 64% de humedad (15-20 días).

2.1.5.8 Grano lechoso. El grano aumenta de tamaño y tiene entre 45 y 50% de humedad. Técnicamente al presionar el grano se observa un líquido blanquecino pero las envolturas se encuentran formadas y el tamaño determinado.

2.1.5.9 Grano pastoso. Se completa la formación del grano y tiene entre un 40 y 45% de humedad. En esta etapa el grano comienza a perder su tonalidad verdosa y empieza a tomar una tonalidad amarillenta adquiriendo consistencia pastosa o granulosa en su endosperma.

2.1.5.10 Grano semiduro. Termina el transporte de nutrientes desde las hojas, tallos y espiga, hacia el grano. se ha alcanzado el estado de madurez fisiológica. El contenido de humedad del grano es alrededor de 35 - 40% y la coloración es amarillenta.

2.1.5.11 Madurez del grano. La planta se seca de abajo hacia arriba y puede cosecharse cuando la humedad de los granos desciende a 12-14%. Este proceso dura alrededor de ocho días. Cuando la planta está madura y seca, el único órgano vivo es el grano o semilla.

2.1.6 Tipos de variedades. En Chile el trigo se cultiva bajo diferentes condiciones ambientales, lo que determina el tipo de variedad y la fecha en la cual la variedad debe ser sembrada. Es por esto que es muy importante que el agricultor conozca los tipos de variedades que se cultivan en nuestro país y las características de cada una de ellas.

Según su hábito de desarrollo y requerimientos de temperatura las variedades de trigo se clasifican en variedades invernales, de hábito alternativo y primaveral.

2.1.6.1 Variedades invernales. Estas variedades requieren de vernalización para poder pasar la etapa vegetativa a la etapa reproductiva, es decir, necesitan estar bajo condiciones de frío para poder espigar y producir grano. Generalmente presenta un crecimiento inicial rastrero, y un largo periodo

vegetativo. Por ello, estas variedades deben ser sembradas entre los meses de mayo y junio (INIA, 2004).

2.1.6.2 Variedades de hábito alternativo. Son variedades que tienen menos requerimientos de frío para poder espigar en comparación con las variedades de invierno, pero requieren más frío respecto a una variedad de primavera. Presentan un hábito de crecimiento inicial semi erecto y un periodo vegetativo intermedio entre las variedades de hábito invernal y de primavera. Se siembra desde mayo hasta julio, e incluso agosto (INIA, 2004).

2.1.6.3 Variedades primaverales. Son variedades que no tienen requerimientos de frío para poder pasar de su fase vegetativa a la fase reproductiva. Presentan un hábito de crecimiento inicial erecto y un corto periodo vegetativo. Estas variedades en general se siembran desde julio hasta septiembre (INIA, 2004).

2.1.6.4 Características de las variedades. Las actuales variedades de invierno y hábito alternativo presentan una altura de planta que fluctúa entre 90 y 115 cm, y las de primavera entre 80 cm y 110 cm. En general tienen tallos resistentes al vuelco, por lo que bajo condiciones normales de crecimiento y de manejo no deberían presentar problemas de tendadura. En cuanto a color de grano, existen variedades con grano café, ámbar y blanco (INIA, 2004).

2.2 Requerimientos edafoclimáticos

Las condiciones ideales para el cultivo del trigo se encuentran en zonas templadas, con inviernos bien marcados y temperaturas en alzas dentro de la etapa reproductiva. Una excelente condición para la germinación, debe tener temperaturas iguales o superiores a 3 a 4° C. el trigo resiste las heladas durante todo el periodo vegetativo, pero no en la etapa reproductiva.

2.2.2 Requerimientos hídricos. Es de suma importancia en cualquier cultivo mantener la humedad en los primeros 30 cm de suelo, ya que en esta estrata del suelo se concentra un 60% del agua disponible para el cultivo, además en esta zona se concentra alrededor de un 75% de la masa radicular de la planta (Mellado, 2001).

2.2.3 Requerimientos del suelo. Si bien el cultivo del trigo se adapta a una gran gama de suelos, donde mejor se adapta es a suelos planos, fértiles, de texturas medias, buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica. Faiguenbaum (1987) menciona que el trigo se puede adaptar en suelos con pH desde 5,5 a 7,0.

2.2.4 Época de siembra. Para las regiones IX y X la siembra va desde abril hasta fines de agosto dependiendo de la precocidad de las variedades. Las de épocas invernales se siembran entre el 15 de abril y el 30 de junio y los alternativos entre mayo y agosto (Faiguenbaum, 1987).

2.3 Fertilización

El rendimiento y la calidad del cultivo del trigo se verá limitado por aquel nutriente que sea deficitario en el suelo, por eso es de suma importancia el análisis físico y químico del suelo. (Mellado, 2001).

2.3.1 Elementos Nutritivos. Las plantas consumen numerosos nutrientes, denominados algunos esenciales, porque no pueden faltar y otros que son suministrados por el suelo a la planta de trigo. Dentro de los esenciales se encuentra el carbono (C) que lo adquiere la planta mediante la fotosíntesis, representando el 18% de la materia viva; hidrógeno (H) y oxígeno (O) aportados por el agua. Los suministrados por el suelo y absorbidos por el sistema radicular son bastantes pero los primordiales son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). (Devlin, 1975; Gooding & Davies, 1997).

2.3.2 Nitrógeno. Es el elemento nutritivo que el trigo demanda en mayor cantidad y a la vez el más deficitario en los suelos, debido a su baja nitrificación, su facilidad de lixiviación y las elevadas extracciones que realiza el cultivo (Etchevers, Longeri, & Venegas, 1978).

Cuando el nitrógeno disponible en el suelo se encuentra a un nivel adecuado, la planta presenta hojas de buen tamaño, color verde intenso, su macollaje es estimulado aumenta la altura de la planta, las espigas son de buen tamaño y aumenta considerablemente el rendimiento y la calidad del grano.

Para determinar una dosis adecuada, antes de debe determinar el nitrógeno disponible en el suelo y el nivel de materia orgánica, ya que aporta N mineralizable. Lo recomendable es aplicar una dosis que tenga relación con la naturaleza del suelo, ya que un exceso puede provocar tendadura, aumentar presencia de enfermedades (Carrillo, Mellado y Wulf, 1975).

2.3.3 Fósforo. Las plantas de trigo deficientes en P, presenta falta de vigor y desarrollo, escasa cantidad de macollas, tallos delgados, atraso la madurez y espigas pequeñas. Este nutriente es de bajo movimiento en el suelo y se debe aplicar en su totalidad en la siembra, cerca de la semilla, para aumentar su eficiencia en un 15 a 20 % (White, & Collins, 1982). Esto baja eficiencia se debe a las pérdidas originadas por la inmovilización del P, a causa de la formación de compuestos de baja solubilidad.

En las etapas ontogénicas de germinación y espigadura la planta de trigo absorbe un 95% del fósforo disponible, periodo en donde la planta ha alcanzado un 80% de su materia seca total. Benton, (1998) señala que alrededor del 70 a 80% del fósforo en la planta, se deposita en el grano.

2.3.4 Potasio. El potasio (K) es un elemento de suma importancia en las funciones del transporte de aguas, lo que contribuye a soportar sequías, turgencia en las células, formación y transporte de carbohidratos (Devlin, 1975; Gooding & Davies, 1997). Las deficiencias de K en el cultivo del trigo se expresan con áreas foliares descoloridas y hojas viejas necrotizadas en el borde.

A diferencia del nitrógeno y fósforo, la paja de trigo es rica en potasio lo que contribuye resistencia a la tendadura y es de suma importancia descomponer o incorporar la paja en el suelo, para integrar una parte considerable de potasio al suelo.

El K intercambiable en el suelo debe ser superior a 75 mg/kg para satisfacer las necesidades de los cereales, especialmente al trigo. La época de aplicación de este macronutrientes debe aplicarse parcializado, a la cosecha y a la macolla.

2.4 Productos agroecológicos

Los productos ecológicos son productos naturales sin la utilización de productos químicos, transformándose en los últimos años en una alternativa productiva de variados cultivos. Además de satisfacer las necesidades de los cultivos, se basa en la recuperación de suelos, estímulo a control natural de plagas, activación de microorganismos y aprovechamiento de recursos vegetales.

2.4.1 Ecofungi. Es un inoculante de micorrizas vesiculares que está constituido por endomicorrizas, ectomicorrizas, ascophyllum y microorganismos. Trappe (1994), menciona que las micorrizas son órganos de absorción dobles que se forman cuando estas colonizan los órganos de absorción sanos, ósea, raíces, rizomas o talos. En esta asociación la planta le proporciona al hongo carbohidratos para abastecer su ciclo de vida, mientras que el hongo permite a la planta una mejor captación de agua y minerales presentes en el suelo, principalmente fósforo, siendo ambos mutuamente beneficiados, lo que se considera como mutualismo. Dos de los ingredientes activos de Ecofungi pertenecen a los tipos de micorrizas que son las endomicorrizas y ectomicorrizas, las ectomicorrizas se forman principalmente de árboles forestales y se caracterizan por formar en las células corticales una red de micelio denominada red de Hartig. Los hongos ectomicorrizos contribuyen a la biomasa de los ecosistemas del bosque teniendo capacidad saprofita, pueden absorber fósforo y nitrógeno de fuentes inorgánicas y orgánicas (Bledsoe, 1992).

Las endomicorrizas crece dentro de las células corticales de la raíz (Currah, 1991), las cuales se originan del suelo y al tener contacto con las micorrizas mejoran el crecimiento de la planta, debido a la explotación radial de sus raíces al absorber y acumular ciertos nutrientes, especialmente fósforo, también las raíces alimentadoras son más resistentes a la infección que provocan algunas enfermedades del suelo (Agrios, 2002).

También estas estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas en suelos de baja fertilidad (Barea, Azcón y Aguilar, 2002).

2.4.2 Comcat. Los extractos de plantas pueden ser una alternativa o un complemento en algunas explotaciones agrarias para las exigencias productivas y de calidad que tienen los cultivos.

Comcat es un bioestimulante elaborado con extractos de plantas silvestres que optimizan el uso del oxígeno por parte de la planta, estimulando la mayor producción de ATP. En las plantas las señales bioquímicas toman la función de coordinar el crecimiento de diferentes órganos. Dentro de los efectos de este producto agroecológico es que promueve el uso eficiente del oxígeno a nivel mitocondrial mejorando la oxidación de metabolitos y la obtención de ATP mediante la fosforilación oxidativa, mejora el proceso de respiración de la planta reduciendo la energía de activación de las reacciones químicas y fuerza la catalización enzimática del proceso de biosíntesis.

Como consecuencia Comcat acelera la absorción de nutrientes e intensifica su asimilación, incrementa la producción de proteínas, hormonas y aminoácidos, mejora la translocación de nutrientes en floración y llenado de grano, activa sus mecanismos de defensa contra factores de estrés.

2.4.3 Zumsil. Es un potencializador natural a base de ácido monosilícico, su principal efecto es que mejora la textura del suelo generando una mayor capacidad de intercambio catiónico, estimula la actividad microbiana en el suelo, por lo cual las plantas tienen acceso a más nutrientes, resistiendo mejor el estrés e incrementa notablemente la producción.

Matichenkov y ammosova, (2001) mencionan que el ácido monosilícico tiene interacción con los fosfatos en el suelo y que además puede fijar físicamente por adsorción, nitrógeno, fósforo y potasio móviles y mantenerlos en una forma disponible para la planta.

2.5 Componentes de rendimiento del trigo

El cultivo del trigo, tiene una gran cantidad de ciclos donde se puede observar a simple vista los componentes de rendimiento de este cultivo a través de sus cambios externos y otros que mediante la disección de la planta se pueden observar. La etapa reproductiva es la más importante en términos de componentes de rendimiento. Durante esa etapa queda definido el número de espigas/m², plantas/m² y el número de espiguillas/espiga (Slafer, Miralles, Savín, Whitechurch & González, 2003; Miralles, 2004), peso del grano, número de granos por m² (Abbate, Andrade & Culot, 1994).

2.6 Factores de calidad evaluados en el grano

2.6.1 Peso del hectolitro. Parámetro que está relacionado con la forma, tamaño y el llenado de grano, determinando granos libre de impurezas en una balanza de Schooper de 250 cm³.

Con este factor podemos ver las características de distintas variedades genéticas que se ven reflejadas en el empaquetamiento de las células en el endospermo que está relacionado con el rendimiento de la harina.

El peso de hectolitro promedio de granos grandes es de 82,65 Kg/hL⁻¹, comparado con un valor de 72,13 Kg/hL⁻¹ en granos chicos (Mellado, 2007).

Este valor es de suma importancia porque se determina que tan sano se encuentra el grano, entre mayor son sus aptitudes, mayor será la proporción de almidón en el grano y mejor será la separación del endospermo del resto del grano. El peso del hectolitro es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera.

2.6.2 Dureza del grano. Es una característica físico-química importante del grano de trigo que permite clasificarlo para un uso específico determinado ya que se encuentra relacionado con la fuerza de adhesión entre la superficie de los gránulos de almidón y la proteína de reserva que los rodea. El índice de dureza es expresado en porcentaje de un 30%, si el porcentaje de desgaste es mayor, indica que el grano es blando. Los índices de dureza en granos de trigo se clasifican en trigos duros, los cuales su índice de perlado es menor al 20%, los trigos semiduros, su perlado está entre 20-30% y finalmente, los trigos blandos con un índice de perlado mayor a 30%.

La dureza del grano tiene relación con la intensidad de compactación entre los gránulos de almidón y la matriz proteica, esto quiere decir que si mayor sea la adhesión entre el endosperma vítreo y el endospermo almidonoso, más duro será el grano. (Hoseney, 1991).

2.6.3 Impurezas. Las principales impurezas provienen de las malezas, es posible que se justifique limpiar el grano de trigo antes de su comercialización ya que granos sobre 1,5 % de impurezas se castiga, y a medida que aumenta el porcentaje mayor es la reducción del valor de pago.

2.7 Determinación de aptitudes de las harinas

Los métodos estándares establecidos por la Asociación Americana de Química de cereales (AACC, 2000), que son utilizadas en el país con la finalidad de clasificar las harinas en distintos grupos de acuerdo a los valores que exhiben en sus características más importantes, se toma en cuenta las Proteínas, Gluten y Sedimentación.

2.7.1 Proteínas. Estas son polímeros orgánicos que contienen cantidades de lisina, aminoácido esencial para la alimentación debido a que regula el valor proteico del grano; este se encuentra distribuido principalmente en el endospermo del grano. Respecto a los niveles de este aminoácido se desarrollan dos condiciones que afectan su contenido. El primero ocurre en la etapa de la molienda o desmenuzado del grano, donde se pierde un porcentaje importante de lisina, y en segundo, mientras mayor sea el porcentaje de proteína en la harina, habrá más gluten, lo que lleva a una relación inversa entre los porcentajes de proteínas y lisina, algo relacionado a lo que ocurre entre rendimiento del grano y contenido de proteína.

Según Hosenev 1991, las proteínas que tiene el trigo, un 15% son proteínas solubles en agua y el restante 85% está constituido por el gluten que representa la porción insoluble de las proteínas.

En nuestro país se han analizados una gran cantidad de muestras diferentes de distintas variedades, donde se ha verificado que los rangos de proteínas en los trigos invernales se mueven de un 8 a 11%, en cambio en variedades de trigos primaverales es de 9 a 13%.

2.7.2 Gluten. La mayor concentración de proteínas que se encuentra en el endosperma, está constituida por gluten o también llamada proteínas de reserva del grano. (2004) menciona que las proteínas del gluten constituyen un 80 a 85% de la proteína total del trigo. Dentro de las aptitudes más importantes que tiene el gluten, es que otorga la calidad al pan.

Dalla, Díaz, Vázquez y Castro (2005) señalan que el gluten está compuesto por dos grupos principales de proteínas que son la gluteninas y gliadinas que constituyen entre 10 y 14% del grano.

2.7.3 Sedimentación. Esta característica mide la calidad y cantidad de gluten de la harina a través del hinchamiento de la materia proteica al agregarle el ácido láctico. Si la capacidad de hidratación

del gluten es a mayor concentración en la solución acuosa, los niveles o valores de sedimentación serán mayores, por lo que conlleva a mejorar la calidad panadera del trigo.

Basado en la norma Chilena Oficial, que es de carácter voluntario, sobre comercialización de trigo (INN, 2000) los trigos se clasifican en tres categorías según los valores de sedimentación. Trigos fuerte: iguales o mayores a 33 cm³; trigos intermedios: entre 27 y 32,9 cm³ y trigos suaves entre 17 y 26,9 cm³.

2.8 plagas y enfermedades

Las principales enfermedades que afectan al cultivo del trigo son, las Royas (*Puccinia spp*), Septoriosis (*Septoria tritici*), Oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*), Carbón volador (*Ustilago tritici*) y Mal del pie (*Gaeumannomyces graminis var. tritici*).

En cuanto a las plagas encontramos al pulgón, pololo verde (*Hylamorpha elegans*), gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius*). (Mellado, 2007).

2.9 Cosecha

La cosecha de método tradicional es a través del corte de la planta de trigo a través de una echona, este proceso se realiza cuando el trigo no esté completamente desarrollado fisiológicamente, ya que el tiempo que toma esta labor es suficiente para que todas las plantas se sequen y el grano baje su humedad a un nivel adecuado.

A través del tiempo la modernización se ha ido desarrollando, según la historia agrícola, ya en los años 1871 en Chile ya había existencia de máquinas trilladoras estacionarias (Arancibia y Yavar, 1994). Actualmente las cosechas se realizan con máquinas automotrices donde se obtienen granos limpios en un solo proceso continuo, esto se realiza cuando la humedad del grano haya bajado los 14%.

METODOLOGIA

CAPÍTULO III

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo investigativo se llevó a cabo en el predio del agricultor Enrique Palomeras, ubicado en la comuna de Vilcún, región de la Araucanía, Chile. (Latitud: 38°26'59" S Longitud: 72°31'44" O). La zona es de secano de pre cordillera y se caracteriza por un predominio de suelos andisoles o trumaos, derivados de cenizas volcánicas. La duración que tuvo el ensayo en dicha localidad fue desde el 20 de julio 2015 hasta el 25 de febrero 2016.

3.2 Diseño experimental

El diseño utilizado fue un BCA (Bloques Completamente al azar), con 5 tratamientos y 4 repeticiones, en 20 parcelas de 24 m² (4m de ancho por 6m de largo). Ocupando un área total para establecer el estudio de 648 m² (24,0 m de ancho por 27,0 m de largo).

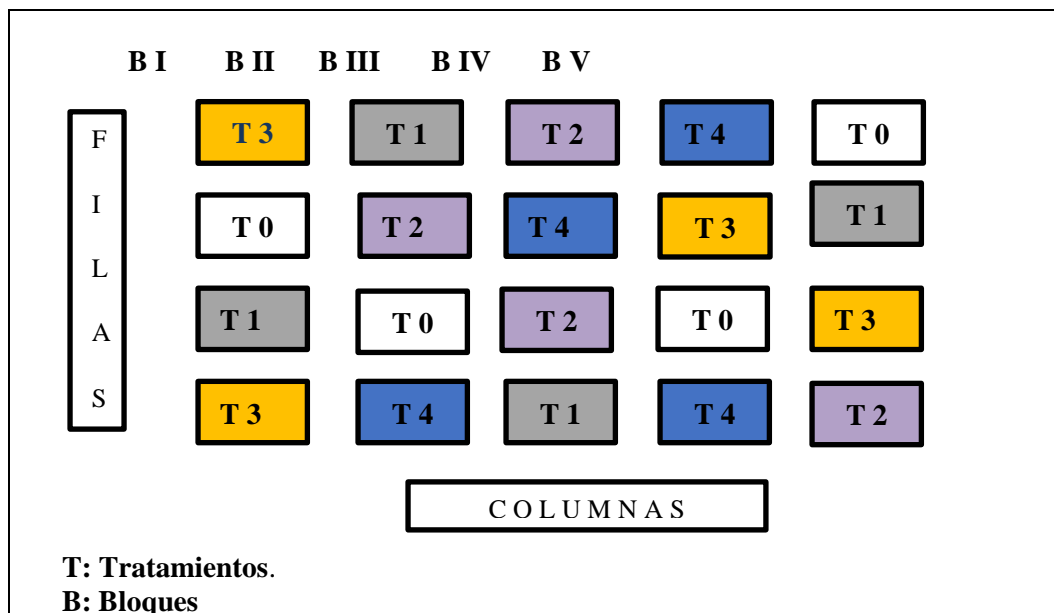


Figura 1. Esquema del diseño estadístico utilizado en el ensayo.

3.2.1 Tratamientos

Tabla 1.

Tratamientos utilizados en ensayo

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
T0	Testigo	4
T1	Ecofungi	4
T2	Comcat	4
T3	Zumsil	4
T4	Ecofungi + Comcat	4

Tabla 2.

Fertilización Investigación

Tratamiento	Descripción fertilización
Testigo	400 kg/ha Mezcla 9-41-12 + 160 kg de N en estado plántula + 200 Kg N en macolla.
Ecofungi	400 kg/ha Mezcla 9-41-12 + 300 gr Ecofungi + 160 kg de N en estado de plántula + 200 kg N en macolla.
Comcat	400 kg/ha Mezcla 9-41-12 + 30 gr de Comcat en semilla + 160 kg de N en estado de plántula + 30 gr de Comcat vía aplicación foliar en macolla + 200 kg de N en macolla.
Zumsil	400 kg/ha Mezcla 9-41-12 + 160 kg de N en estado de plántula + 330 cc de Zumsil en macolla + 200 kg de N en macolla.
Ecofungi + Comcat	400 kg/ha Mezcla 9-41-12 + 300 gr Ecofungi + + 30 gr Comcat en semilla + 160 kg de N en estado de plántula + 30 gr vía aplicación foliar en macolla + 200 kg de N en macolla.

3.3 Descripción de semilla

Se utilizó la semilla de trigo variedad Maxi Baer segunda generación (C 2), apta para época invernal. Dentro de sus características principales; su hábito de crecimiento es alternativo tardío, su tipo de crecimiento es semi erecto, macollador, su altura está dentro de los márgenes de 90-100 cm y sus espigas son compactas, inclinada a la madurez.

3.4 Descripción de suelo

El suelo correspondiente a la zona, son suelos Andisoles o más bien conocidos como trumaos, derivados de las cenizas volcánicas. Estos suelos se caracterizan por tener un buen drenaje, buena estructura, elevado contenido de materia orgánica, buena retención de agua, gran poder de fijación de fosfatos y con grandes contenidos de aluminio.

3.5 Materiales e insumos.

- Comcat, Zumsil, Ecofungi
- Fungicida (Priori- Azoxistrobina)
- Controladores de malezas (MCPA - dimetilamonio y AJAX- Metsulfuron-metilo)
- Semilla de trigo variedad maxi baer
- Mezcla fertilización 9-41-12
- Urea
- Huincha
- Pie de metro
- Pesa analítica
- Bolsas muestrales
- Balanza Schooper
- Marco de madera 1 m²
- Echona
- Maquina cosechadora estacionaria
- Tractor
- Máquina sembradora

3.6 Establecimiento de ensayo

3.6.1 Siembra. Una vez desinfectadas las semillas de trigo que incluía los productos ecológicos se procedió a la siembra que se realizó el día 20 de julio del 2015, con el método cero labranzas, que consiste en preparar la cama de semilla sin disturbar el suelo, es decir, sin que mueva o invierta en el suelo, haciendo una siembra mecanizada directa donde la semilla que depositaba a 3 centímetros bajo el suelo.

3.6.2 Riego. En la investigación no se presentó un método de riego determinado, debido a que se ubicaba en una zona de secano de pre cordillera, el método con cual se abasteció el cultivo fue a través de las precipitaciones naturales.

3.6.3 Control de malezas. Los controles de maleza se realizaron en la etapa pre-emergencia del cultivo, es decir, entre la siembra y antes que emerge el cultivo. La aplicación busco controlar las malezas de hoja ancha y gramínea, donde se le aplicó MCPA 750 SL (MCPA-dimetilamonio) + AYAX (Metsulfuron-metilo). Las dosis de aplicación fueron De 0,5 l/ha de MCPA (MCPA-dimetilamonio) y 10 gr/ha de AJAX (Metsulfuron-metilo).

3.6.4 Control de plagas y enfermedades. Durante el periodo de crecimiento no se presentó la existencia de alguna enfermedad o plaga, pero si se realizaron aplicaciones preventivas para el inminente control de Septoria (*Septoria tritici*) y Royas (*Puccinia graminis*). Estos controles constan de dos aplicaciones, el primero en la etapa de la tercera hoja del cultivo donde se aplicó PRIORI (Azoxistrobina), fungicida sistémico, una dosis de 0,5 l/ha y la segunda aplicación fue en la etapa de hoja bandera, donde sus dosis fue de 1 l/ha.

3.7 Cosecha

La cosecha se realizó el día 17 de febrero, 2016, cuando el cultivar completo su expresión fisiológica, se hizo a través del método tradicional, donde se cosechó un metro cuadrado de cada tratamiento y repeticiones correspondientes, ejecutándose con una echona y un marco de madera de 1m². La cosecha se realizó el día 3 de marzo del año 2016 en las dependencias de la Universidad de Concepción (UdeC), para hacer la cosecha de granos a través de una máquina trilladora estacionaria.



Figura 2. Cosecha



Figura 3. Cosecha de grano

3.8 Variables evaluadas

Dentro de las variables a evaluar en la investigación y así poder determinar las diferencias entre tratamientos se recogieron mediciones de: largo de raíces, diámetro ecuatorial de tallos, medida espiga, número de espiguillas por espiga, conteo lineal de plantas (1m), peso hectolitro y rendimiento, realizadas en el laboratorio de la Universidad Adventista de Chile, Chillán. Además se realizaron en las dependencias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), mediciones de gluten húmedo y sedimentación.

3.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa Excel, para luego ser analizados a través del programa estadístico Statgraphics.

Las variables se analizaron los datos registrados comprobando su normalidad, luego se realizó un ANOVA al 95% o análisis de varianza de un factor, y encontrando diferencias significativas se ejecutó un test LSD de Fisher con un porcentaje de error de 5%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Desarrollo

4.1.1 Largo de raíces. La importancia de esta variable es que las raíces son órganos responsables del proceso de nutrición, almacenando agua, minerales y carbohidratos.

Registrado los datos de la medida de largo de raíces de los distintos tratamientos en estudio, se realizó un análisis de varianza de un factor (F: 7,00; Gl: 15; p= 0,05 .El andeva arrojó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos. En la figura 4 se presentan las medias de los tratamientos.

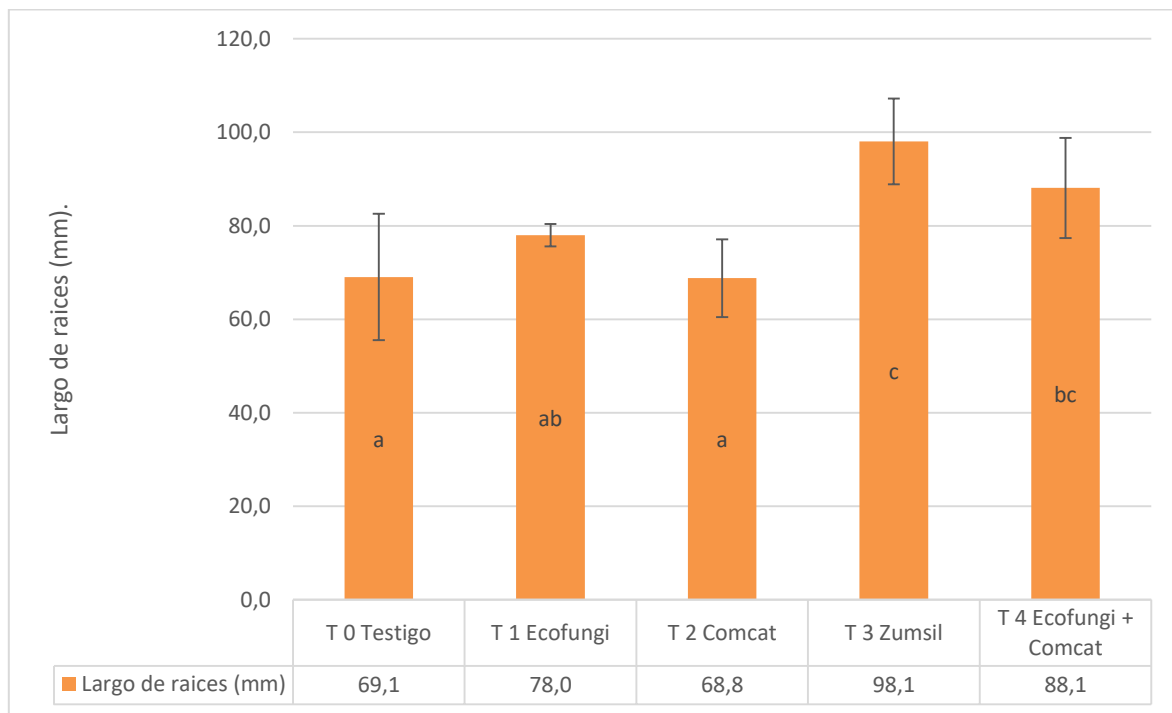


Figura 4. Medias de los tratamientos en la variable largo de raíces.

Tabla 3.

Test LSD de Fisher, largo de raíces (mm) en diferentes tratamientos de fertilización

Tratamientos	n	Largo de raíces (mm)
T2	4	68,8 a*
T0	4	69,1 a
T1	4	78,0 ab
T4	4	88,1 bc
T3	4	98,1 c

Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p = 0,05$ LSD de Fisher.

El test LSD (Tabla 3) indica que el tratamiento con Zumsil (T3) obtuvo el mayor desarrollo radicular con una media de 98,1 mm promedio, seguido por el T4 correspondiente a los productos Ecofungi/Comcat con una medida de 88,1 milímetros de largo. Los cuales muestran diferencias significativas con el testigo, lo que permite señalar que estos productos tienen un efecto estimulante en el desarrollo del sistema radicular en este cultivo.

De igual forma, cabe señalar que el T1 en base a micorrizas no se manifiesta en este parámetro mostrando resultados similares al testigo.

Cabe destacar que el Zumsil alcanza diferencias en promedio de aproximadamente 30 mm más que el tratamiento testigo, lo cual implica que estas plantas tienen una mayor capacidad de exploración del sitio.

Según Matichenkov, Ammosova y Bocharnikova (2008), en presentes investigaciones mencionan que el ácido monosilícico (Zumsil) forma un sistema radicular más desarrollado, los cuales refuerzan la estabilidad de la planta.

4.1.2 Diámetro ecuatorial de tallos. Otra variable para medir es el diámetro ecuatorial de tallos, es de suma importancia ya que es la vía de minerales de las plantas, ya sea de la raíz al follaje y viceversa. Los tallos son un importante consumidor de recursos minerales para sustentar la producción de tejidos vasculares y almacenamientos de reservas.

Tras comprobar la condición de normalidad se realizó el análisis de varianza de un factor (F: 2,06; Gl: 15; $p = 0,05$), la andeva arrojó que si hay diferencias significativas entre sus medias. En la tabla 4 se presenta el test de LSD de Fisher del diámetro ecuatorial de tallos. Mientras que en la figura 5 se presenta las medias de los tratamientos.

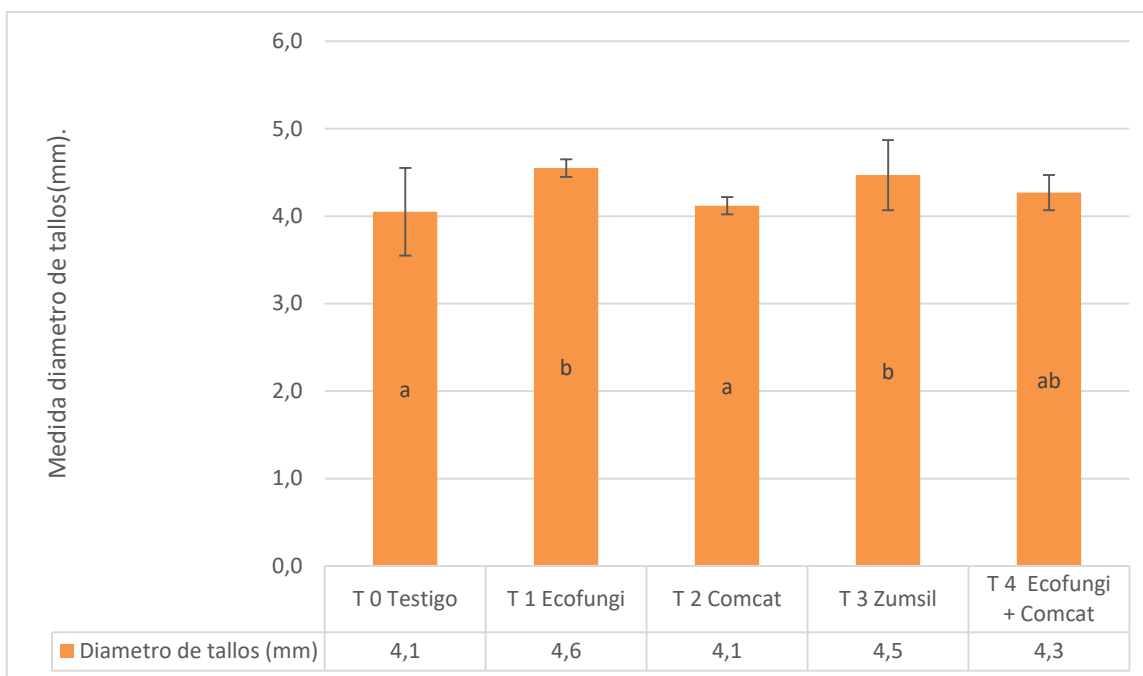


Figura 5. Medias de los tratamientos en la variable de diámetro ecuatorial de tallos.

Tabla 4.

Test LSD de Fisher, diámetro ecuatorial de tallos (mm) en diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	N	Diámetro ecuatorial tallos (mm)
T0	4	4,1 a*
T2	4	4,1 ab
T4	4	4,3 ab
T3	4	4,5 ab
T1	4	4,6 b

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p = 0,05$ LSD de Fisher.

Los tratamientos que mejor comportamiento mostró, con respecto al diámetro ecuatorial del tallo de la planta de trigo fueron Ecofungi con 4,6 mm y Zumsil con 4,5 mm (T1 y T3) respectivamente, los cuales arrojaron diferencias significativas, comparada al tratamiento testigo (T0).

Estos resultados permiten señalar que Ecofungi y Zumsil alcanzan diferencias en sus medias de 5 mm más que el tratamiento testigo en el diámetro ecuatorial del tallo de la planta.

Esto concuerda con lo que menciona Behl, Sharma, Kumar y Shing (2003), que el trigo inoculado por micorrizas incrementan las medidas del tallo, debido a la mayor absorción de nutrientes, debido a la estimulación del área radicular.

4.2 Calidad

4.2.1 Peso hectolitro. Parámetro de suma importancia, ya que permite estimar en un solo valor, que tan sano es el grano de trigo. Según lo que arrojó el análisis de varianza, si existen diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento, las cuales se analizaron mediante una ANDEVA de un factor (F: 1,94; Gl: 15; p=0,05) lo que se realizó un test de LSD de Fisher para determinar sus diferencias (Tabla 5). En la figura 6 se puede apreciar las medias de cada tratamiento en el peso de hectolitro.

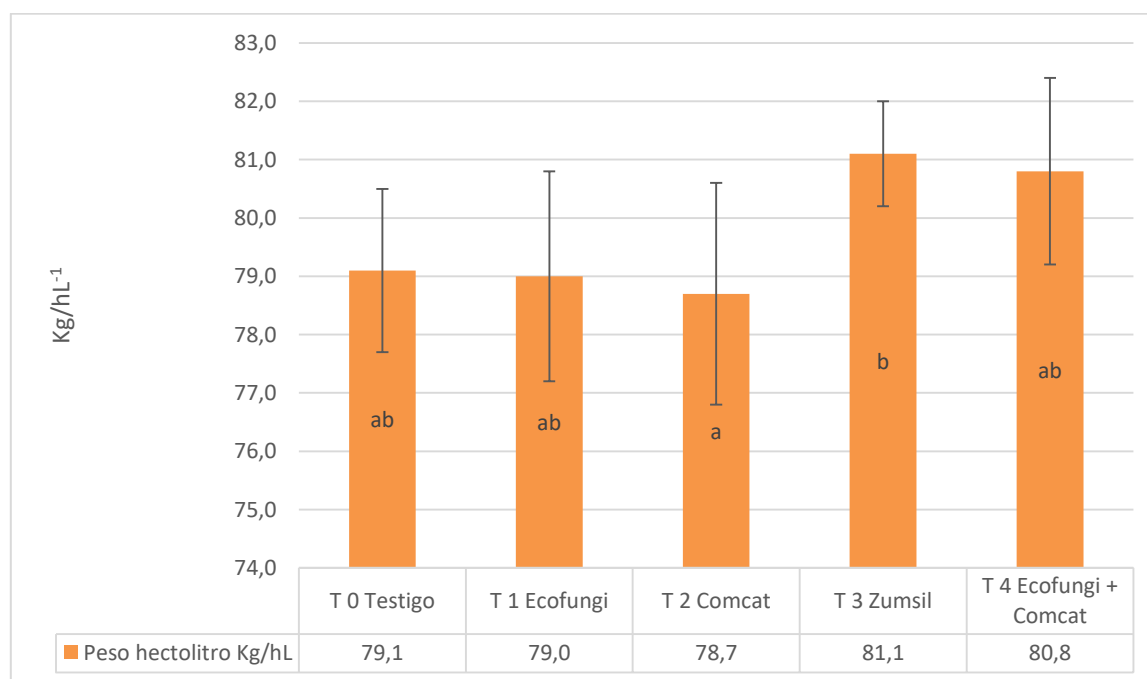


Figura 6. Medias de los tratamientos en la variable peso hectolitro.

Tabla 5.

Test LSD de Fisher, peso de hectolitro, en diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	n	Kg/hL ⁻¹
T0	4	78,7 a*
T1	4	79,0 ab
T2	4	79,1 ab
T4	4	80,8 ab
T3	4	81,1 b

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p = 0,05$ LSD de Fisher.

Realizado el test de LSD, arrojó diferencias entre tratamientos, Zumsil correspondiente al tratamiento 3, obtuvo el mayor peso con 81,1 kg/hL⁻¹. El segundo tratamiento que tuvo efectos positivos fue el T4 con 80,8 kg/hL⁻¹. En cambio los tratamientos T1, T2 y T4, estadísticamente son iguales, encontrándose con valores similares a T0 y T3, y no teniendo diferencias significativas con estos. Cabe mencionar que los valores obtenidos se encuentran dentro de las exigencias de comercialización de consumo. (Mellado, 2007).

4.2.2 Análisis de gluten húmedo. El gluten es la proteína que predomina en el grano de trigo y es de suma importancia ya que otorga la calidad del pan. Los datos provenientes de INIA Quilamapu, se analizaron mediante un análisis de varianza de un factor (F: 0,53; Gl: 15; p =0,05), el cual no arrojó diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. En la figura 7 se presentan los resultados de las medias de cada tratamiento.

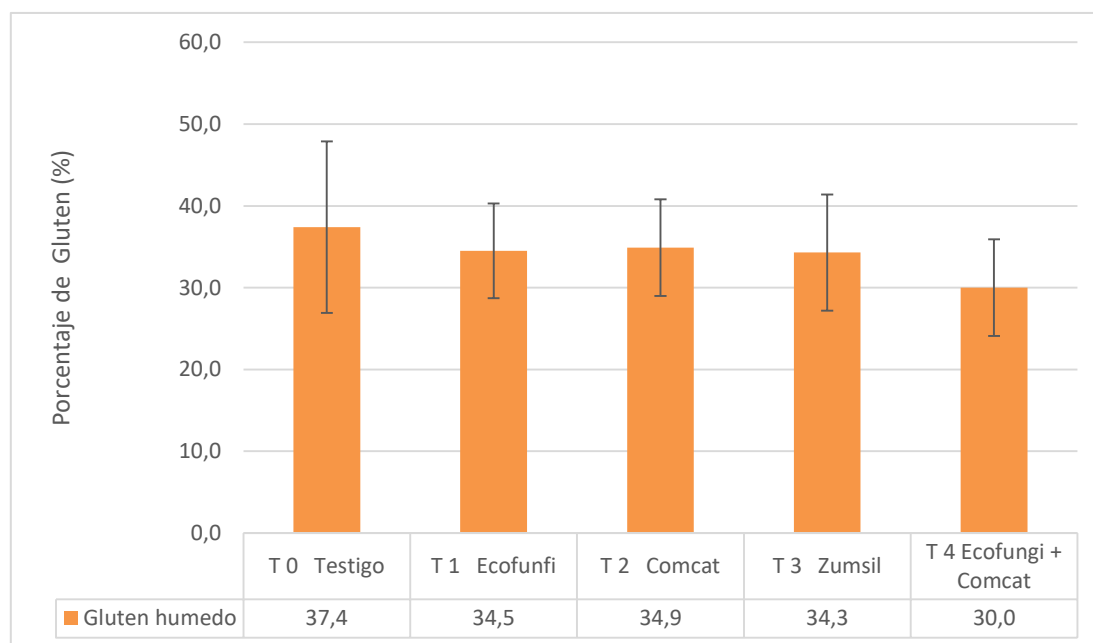


Figura 7. Medias de los tratamientos en la variable gluten húmedo.

Este parámetro predominó por el tratamiento testigo (T0) con un porcentaje de 37,42 %. El porcentaje de gluten más bajo lo arrojó el tratamiento 4 que corresponde a Ecofungi + Comcat con 30,05 %.

Los productos agroecológicos (Ecofungi, Comcat y Zumsil) tuvieron un efecto deprimente en el porcentaje de gluten húmedo comparado al tratamiento testigo, lo que cabe mencionar que estos

productos no potencian el porcentaje de gluteninas y gliadinas en el grano de trigo variedad Maxi Baer.

4.2.3 Sedimentación. La sedimentación mide la calidad y cantidad de gluten de la harina. Una vez obtenidos los datos provenientes del departamento de cereales de INIA Quilamapu, chillan.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza de un factor (F: 0,91; Gl: 15; p=0,05). El cual no hay diferencias significativas entre sus medias. En la figura 8 se presenta la gráfica de las medias de los tratamientos.

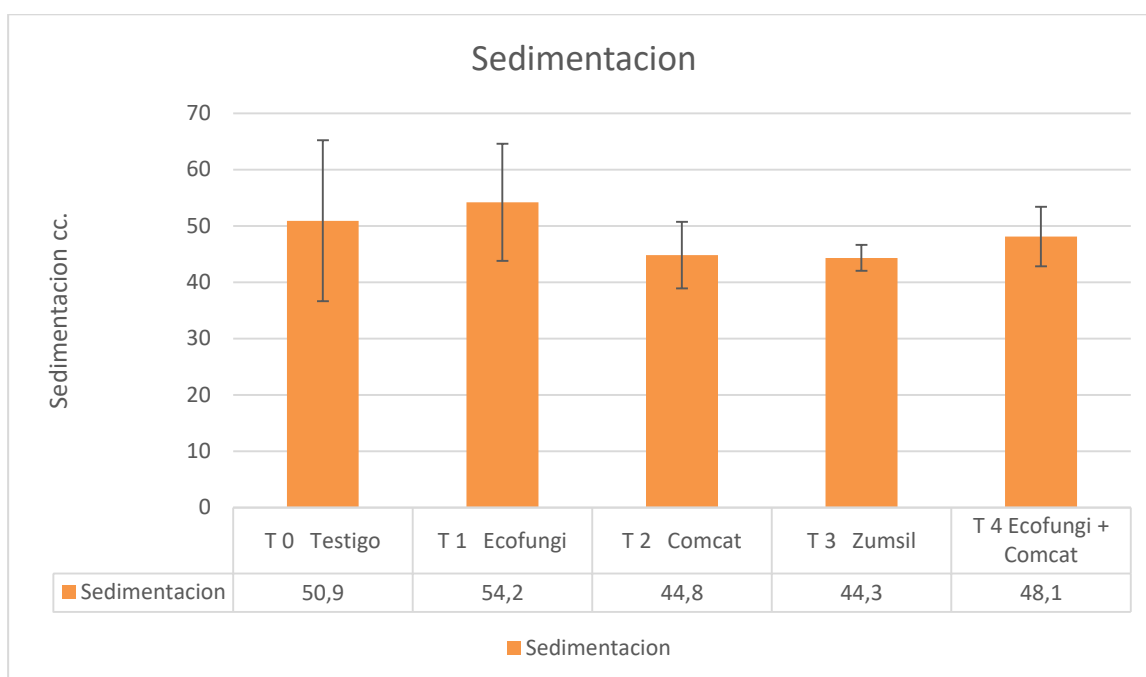


Figura 8. Medias de los tratamientos en la variable sedimentación.

Los tratamientos en el parámetro de sedimentación, las medias se dispersaron entre 44, cm³ que fue el más deprimente correspondiente al Zumsil (T 3) y 54,3 cm³, valor más alto que corresponde a Ecofungi (T 1). En cambio Comcat (T 2) obtuvo una sedimentación de 44,8 cm³ y el complemento de Comcat + Ecofungi (T 4) con 48,1 cm³. Finalmente el tratamiento testigo (T 0) obtuvo un valor de 50,9 cm³.

Según la comercialización de trigo (INN, 2000) Chile, los datos obtenidos indican que están clasificados como trigos fuertes, ya que superen el índice de 33 cm³.

4.3 Componentes del rendimiento

4.3.1 Medida de espiga. La medida de la espiga es un factor ligado al rendimiento y uniformidad del cultivo. Se realizó un análisis de varianza de un factor (F: 4,85; Gl: 15; p= 0,05). Según el análisis presentó diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. En la figura 9 se muestran las medias de los tratamientos.

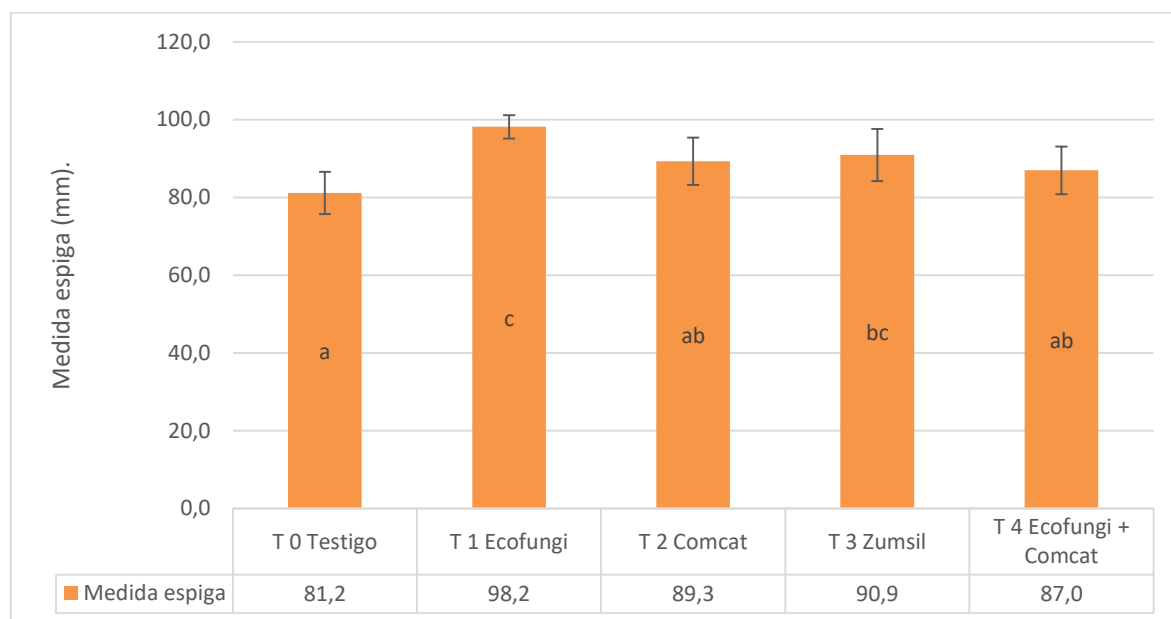


Figura 9. Medias de los tratamientos en la variable medida de espiga.

Tabla 6.

Test LSD de Fisher, medida de espiga (mm) en diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	n	Medida de espiga (mm)
T0	4	81,2 a*
T4	4	87,0 ab
T2	4	89,3 ab
T3	4	90,9 bc
T1	4	98,2 c

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel p =0,05 LSD de Fisher.

Al realizar el test de LSD (Tabla 6) el tratamiento que obtuvo la mayor medida de espiga correspondió a Ecofungi (T 1) con 98,2 mm, arrojando una diferencia estadísticamente significativa comparada con el tratamiento testigo (T 0) el cual obtuvo la menor medida con 81,2 mm. Cabe indicar

que Ecofungi a base de micorrizas si tiene efecto en la estimulación del raquis y grano, entregado una buena carga y uniformidad.

Destacar que los tratamientos T2, T3 y T4 están sobre la media del tratamiento testigo, lo que se afirma que tienen incidencia como potenciador en este parámetro.

Según Johansen, Jakobsen y Jenssen (1994), mencionan que las micorrizas a nivel planta realiza un mayor crecimiento, debido a un incremento en la absorción de nutrientes, estimulando la formación temprana de flores y frutos, incrementando su uniformidad, cantidad y calibre de grano comercial.

4.3.2 Número de espiguillas por espiga. En el número de espiguillas por espiga se puede estimar el conteo de carga de granos de la espiga y su desarrollo. Una vez cumplida la condición de normalidad, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de un factor (F: 3,89; Gl: 15; p= 0,05) lo que presentó una diferencia estadísticamente significativa entre las medias para determinar las diferencias se realizó un test de LSD de Fisher presentados en la tabla 7. En la figura 10 se muestran las medias de el parámetro, espiguillas por espiga.

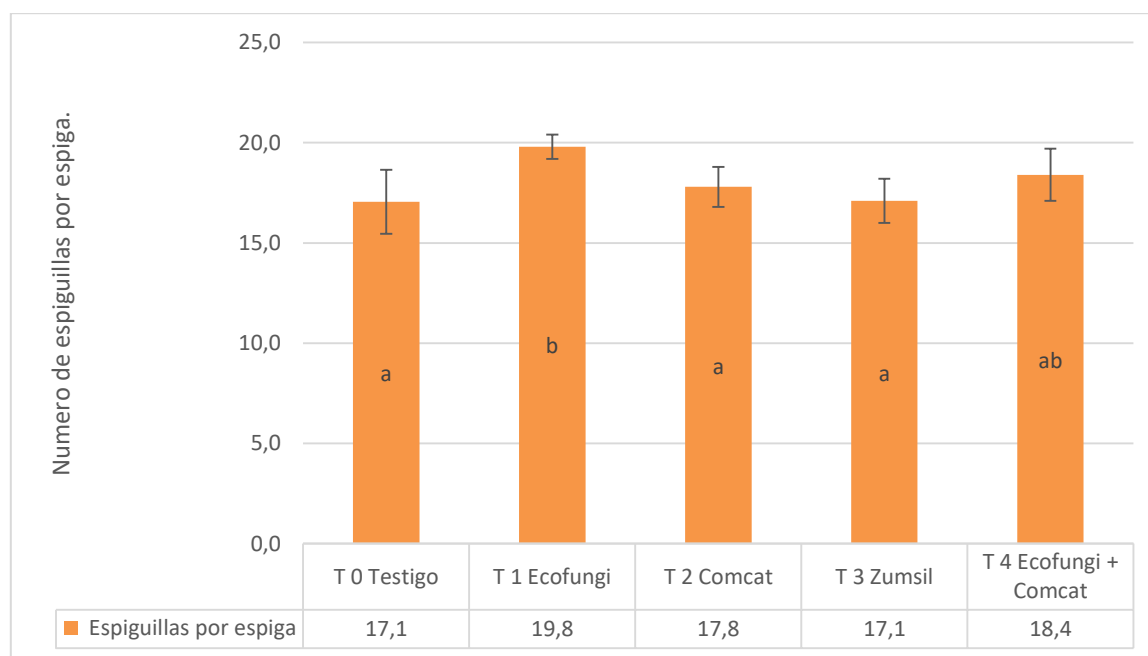


Figura 10. Medias de los tratamientos en la variable número de espiguillas por espiga.

Tabla 7.

Test LSD de Fisher, número de espiguillas por espiga, en diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	n	Espiguillas por espiga
T0	4	17,1 a*
T3	4	17,1 a
T2	4	17,8 a
T4	4	18,4 ab
T1	4	19,8 b

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p=0,05$ LSD de Fisher.

Una vez realizado el conteo de espiguillas se ejecutó un test LSD con un nivel de confianza de 95%, arrojó que el tratamiento con el valor más alto corresponden a Ecofungi (T1) con una media de 19,8 espiguillas por espiga, seguido por (T4) Ecofungi + Comcat con una media de 18,4 espiguillas por espiga, lo que estadísticamente es una diferencia significativa comparada al tratamiento testigo que solo obtuvo una media de 17,1 espiguillas, siendo el más depresivo de todos los tratamientos medidos. Estos resultados permiten afirmar que Ecofungi tuvo un efecto incrementativo de granos, ya sea por sí solo y complementado con Comcat. Esto hace coincidente que la colonización de micorrizas en la raíz de la planta difiere en el transporte de nutrientes y agua hacia el área foliar, haciéndose expresar en la uniformidad y cantidad de granos.

En cambio Zumsil y Comcat no se manifestaron en este parámetro, ya que obtuvieron medias similares al testigo. Cabe destacar que Ecofungi tiene una media de aumento de 3 granos aproximadamente más que el tratamiento testigo, lo que es de suma importancia para la carga de la espiga y rendimiento.

Los resultados obtenidos se asemejan a investigaciones realizadas por Behl, Sharma, Kumar y Singh (2003), mencionan que el trigo inoculado con *G. fasciculatum* incrementó el área foliar de la hoja bandera como el número de granos.

4.3.3 Conteo lineal de plantas (1m). Tras cumplir con la condición de normalidad los valores de la muestra se analizaron mediante un ANOVA de un factor (F: 6,12; Gl: 15; $p=0,05$) el cual arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Para determinar sus diferencias se realizó un test de LSD de Fisher (tabla 8). En la figura 11 se muestran los resultados obtenidos en el conteo de plantas por metro lineal.

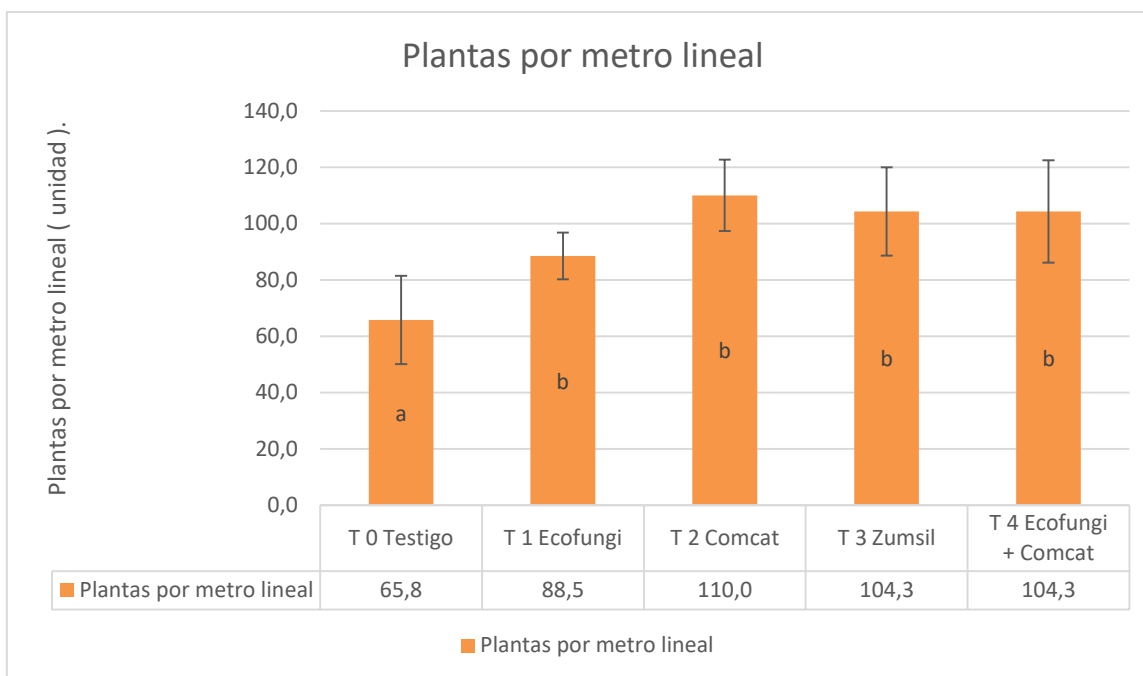


Figura 11. Medias de los tratamientos en la variable conteo lineal de plantas (1 m).

Tabla 8.

Test LSD de Fisher, plantas por metro lineal en diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	n	Plantas por metro lineal
T0	4	65,8 a*
T1	4	88,5 b
T3	4	104,3 b
T4	4	104,3 b
T2	4	110,0 b

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p = 0,05$ LSD de Fisher.

Una vez realizado el test de LSD se determinó que si existe una diferencia significativa, en donde se determinó que los tratamientos T 1, T 2, T 3 y T 4 correspondiente a los productos agroecológicos, si tuvieron una incidencia en la emergencia y desarrollo de la planta, comparada al tratamiento testigo (T 0).

El mayor conteo lineal de plantas de trigo fue en el T 2, correspondiente a Comcat con un total de 110 plantas en un metro lineal, lo que coincide con sus efectos de preemergencia, que gracias a la sustancias que inducen a la resistencia y a la activación de mecanismos de defensa contra factores de estrés bióticos y abióticos, otorga un mayor porcentaje de germinación. Asimismo los tratamientos

correspondientes a Ecofungi (T 1), Zumsil (T 3) y Ecofungi + Comcat (T 4) se comportaron de igual manera. Cabe mencionar que Comcat superó en promedio en 44 plantas al testigo, lo que implica que tiene un mayor porcentaje de germinación.

Vaidyanathan y Eagle en 1991 mencionan que las funciones de derivados de material orgánico, como los extractos de plantas vegetales, estimulan el crecimiento de las plantas, debido a la presencia de sustancias que activan los mecanismos fisiológicos de factores bióticos y abióticos en las primeras instancias del cultivo ayudando a mantener un sistema ecológico equilibrado.

4.3.4 Rendimiento. Finalmente el rendimiento determina el potencial máximo que obtendrá un cultivo bajo distintas condiciones. Tras cumplir con la condición de normalidad los valores de la muestra se analizaron mediante un ANOVA de un factor ($F: 3,03; Gl: 15; p=0,05$) el cual no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Para determinar sus diferencias se realizó un test de LSD de Fisher. En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos en rendimiento.

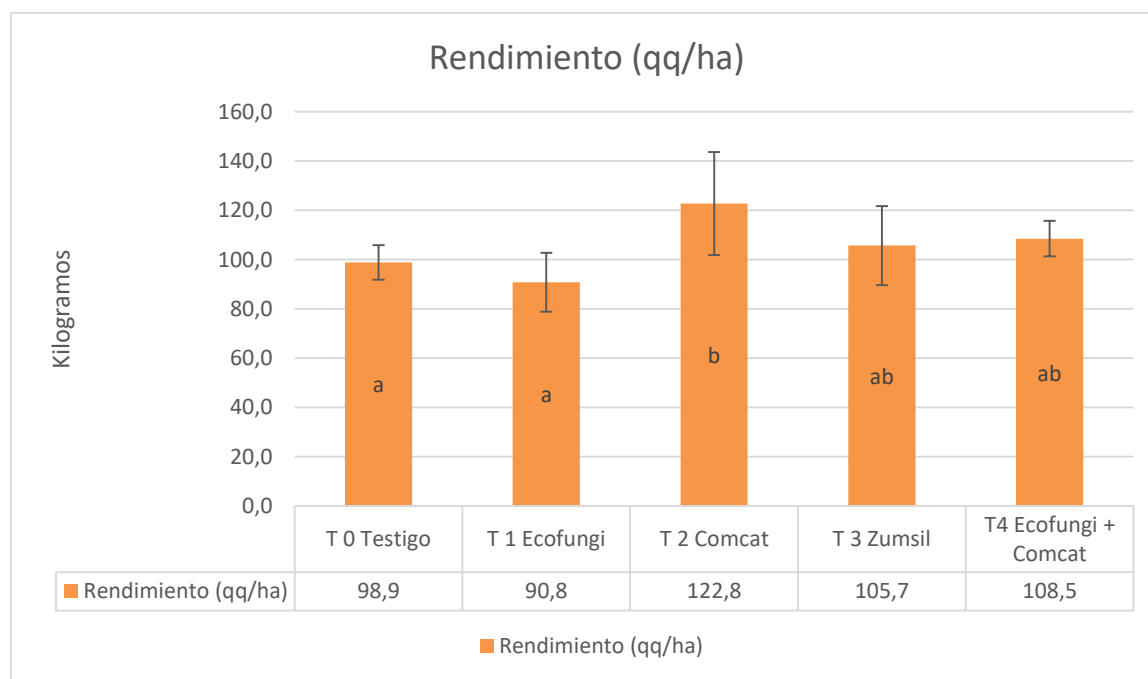


Figura 12. Medias de los tratamientos en la variable rendimiento (qq/ha).

Tabla 9.

Test LSD de Fisher, rendimiento qq/ha en diferentes tratamientos de fertilización

Tratamiento	n	Rendimiento (qq/ha)
T1	4	90,8 a*
T0	4	98,9 a
T3	4	105,7 a
T4	4	108,5 ab
T2	4	127,9 b

*Letra distinta indica diferencia significativa al nivel $p = 0,05$ LSD de Fisher.

Una vez realizado el test LSD de Fisher (Tabla 9), con un nivel de confianza del 95%, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos, se concluyó que el tratamiento que presentó el mayor rendimiento fue Comcat a base de extractos de plantas (T 2), con un peso de 122,8 qq/ha, seguido por el tratamiento 4 (T4), Ecofungi + Comcat, con un peso de 108,5 qq/ha. Los que tuvieron un efecto potenciador en el peso del grano, ya que superaron ampliamente al tratamiento testigo (T 0) que adquirió un peso de 98,9 qq/ha.

El rendimiento obtenido por el tratamiento a base de extractos de plantas silvestres, se debe a los efectos que tienen las hormonas vegetales a la estimulación de crecimiento, lo que permitió en un aumento de número de macollos por plantas.

Esto hace concordancia con estudios realizados por Hirzel, Rodríguez y Zagal (2004), que la fertilización complementada con suplementos orgánicos sobre el cultivo de maíz logra un mayor incremento de rendimiento.

El tratamiento 1 correspondiente a Ecofungi obtuvo un rendimiento depresivo, lo que no tuvo efecto en este parámetro, ya que estadísticamente es similar al tratamiento testigo. Cabe destacar que Comcat superó en 23,9 qq/ha al tratamiento testigo, lo que es muy significativo en lo productivo.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Basándose en los datos obtenidos en la presente investigación y en las diferentes variables evaluadas se concluye.

La respuesta del cultivo frente a los tratamientos con los productos agroecológicos fue positiva ya que se obtuvieron valores significativamente mayores en todas las variables de componentes del rendimiento y desarrollo del cultivo por sobre la fertilización convencional (tratamiento testigo). Mientras que en la calidad, sólo fue significativa su superioridad en el peso del hectolitro.

Se determinó que la aplicación de micorrizas en el cultivo de trigo destacó sustancialmente en los componentes del rendimiento del trigo, en la variable tamaño de espiga obtuvo una medida de 98,2 mm superando en 17 mm al tratamiento testigo, en el conteo de espiguillas obtuvo una media de 20 espiguillas por espiga, en cambio el testigo solo una media de 17 espiguillas del mismo modo predominó en diámetro ecuatorial del tallo, obteniendo una medida de 4,6 mm, comparada a 4,1 mm que obtuvo el tratamiento testigo. Sin embargo, esto no se reflejó, debido a que fue el que obtuvo un menor rendimiento en *qq/ha*.

La aplicación de ácido monosilícico generó un mayor desarrollo radicular, lo que se traduce en una mayor exploración del sitio, esto refleja un mayor rendimiento, superando en un 10% al tratamiento testigo, dejando disponible para la planta los nutrientes antes inmóviles.

En cuanto a la aplicación ideal para el uso de los productos agroecológicos, se estableció en que el uso de cada uno otorga beneficios significativos para cada variable, de este modo se pudo apreciar que en los componentes del rendimiento, destacaron los tratamientos T1 Ecofungi, y T3 Comcat en la medida de espiga. Caso muy similar al número de espiguillas donde destacó T1 Ecofungi con T4 Ecofungi + Comcat, Para el conteo lineal de plantas todos los tratamientos con productos ecológicos fueron superior al testigo. Y finalmente en esta área T2 Comcat y T4 Ecofungi + Comcat obtuvieron los rendimientos más altos, superando en un 20% al tratamiento testigo. En cuanto a la calidad sólo en el peso del hectolitro se observó una mejora con el uso de los productos agroecológicos. Por otro lado en el aspecto de desarrollo el uso de Zumsil (T3) generó una mejor exploración de raíces, y el uso de estos bioestimulantes aumentó significativamente el diámetro ecuatorial de los tallos.

Se recomienda a partir de la presente tesis, el uso de Ecofungi, Comcat, Zumsil, en el cultivo de trigo, ya que su aporte es significativo a la hora de cuantificar el aumento en las variables de los componentes del rendimiento, la calidad y el desarrollo del cultivo. a la vez la realización de otra investigación para darle un punto de vista económico al uso de los productos y paralelamente dar

explicaciones a las interrogantes planteadas respecto a los efectos reales que provoca la aplicación de micorrizas a este cultivo.

LISTA DE REFERENCIAS

- AACC. (2000). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC)*. 10th ed. AACC, St. Paul, Minnesota, USA.
- Agrios, G. (2002). *Fitopatología*. Academic Press Inc. México, D.F. pp 838.
- Abbate, P.E., F.Andrade & J.P. Culot (1994). *Determinación del rendimiento de trigo*. Boletín Técnico N° 133, INTA EEA Balcarce; Bs. As., Argentina: 5-17.
- Alarcón, A. & Ferrera. C. R. (2000). *Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutículas*. Terra. 17 (3):179-191.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, S. S. Lee & E. Yardim. (2000). Management of plant parasitic nematode populations by use of vermicomposts. Ohio State University. 47:741-744.
- Álvarez, S. J. D. y Anzueto, M. M. de J. (2004). *Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México*. Agrociencia. 38:13-22.
- Arancibia, P y M. Yavar. (1994). *La agronomía en la agricultura chilena*. FAO/Colegio de Ingenieros agrónomos, 265 p. Santiago, Chile.
- Barea, J. M., Azcón, R., Azcón-Aguilar, C. (2002). *Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality*. Antonie van Leeuwenhoek 81: 343-351.
- Barrer, B. E. (2009). *El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 7(1):124-132.
- Benton, J. (1998). *Plant nutrition manual*. 149 p. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Bledsoe, CS. (1992). *Physiological ecology of ectomycorrhizae: implications for field application. Mycorrhiza functioning: an integrative plant fungal process*. Ed. Michael F. Allen. Routledge, Chapman & Hall, Inc. p. 424-437.
- Behl RK, Sharma H, Kumar V, Singh KP. *Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and Azobacter choroococcum on above flag leaf caracteres in Wheat*. Agronomy & Soil Sci 2003; 49(1):25-31.
- Biel K., Matichenkov V., Fomina I. (2008). Protective role of silicon in living system // *Funtional foods for chronic diseases*, Ed. D. Martirosian, D&A Inc., Richardson, TX, pp. 208-231
- Castellanos, J. Z., J. J. Márquez-Ortiz, J. D. Etchevers, A. Aguilar-Santelices y J. R. Salinas. (1996). *Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of northern Mexico*. Terra 14: 151-158.
- Carrillo, R., M. Mellado, y H.Wulf. (1975). *Efecto de los áfidos Metopolophium dirhodum y Sitobion avenae y del nitrógeno y potasio sobre el rendimiento, componentes de rendimiento y algunas características morfológicas de un cultivar de trigo*. Agro Sur 3:109-116.

- Chang, C., Zhang, H., Xu, J., Li, W., Liu, G., You, M., Li, B. (2006). Identification of allelic variations of puroindoline genes controlling grain hardness in wheat using a modified denaturing PAGE. *Euphytica*, 152, 225-234.
- Cooperband, L. (2002). *Building soil organic matter with organic amendments*. Center for integrated agricultural system. University of Wisconsin-Madison. Madison, WI, USA.
- Currah, R.S. (1991). *Taxonomic and developmental aspects of the fungal endophytes of terrestrial orchid mycorrhizae*. *Lindleyana* 6: 211-213.
- Dalla, M., P. Diaz, D. Vasquez, and M. Castro. (2005). *Use of SE-HPLC for quality analysis of uruguayan Wheat*. p. 263. In 7th International Wheat conference. Nov. 27-Dec.2, 2005. National Institute of Technology for Agriculture and Animal Husbandry (INTA), Mar del Plata, Argentina.
- Devlin, R. (1975). *Plant Physiology*. 306 p. 3er. Ed. D. Van Nostrand Company, New York, USA.
- Dupont, F. M. y Altenbach, S. B. (2003). *Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis*. *Journal of Cereal Science*, 38, 133-146.
- Etchevers, J., L.Longeri, y J.Venegas. (1978). *Nitrificación en suelos de Ñuble, Concepción y Bio Bio*. *Agric. Tec (Chile)* 38:89-93.
- Faiguenbaum, H. (1987). *Producción de cultivos en Chile*. Santiago, Chile. Publicitaria Torrelodones Ltda. 332 p.
- FAO (2015). *Uso de fertilizantes*. Organización de las naciones Unidas. Obtenido de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/>.
- FAO, (2002). *Bread Wheat: Improvement and production*. Roma, 554 p.
- García, D., J. Cegarra, A. Roig, M. Abad. (1994). *Effects of the extraction temperature on the characteristics of a humic fertilizer obtained from lignite*. *Biores. Technol.* 47:103-106.
- Gooding, M., and W. Davies. (1997). *Wheat production and utilization*. 355 p. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K.
- Hirzel J., Rodríguez, N., Zagal, E. (2004). *Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente inorgánica (estiércol de broiler) sobre la producción de maíz y la fertilidad del suelo*. *Chile: Agricultura técnica* 64(4): 365-374.
- Hoseney, R. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. 321 p. Acribia, Zaragoza, España.
- INN. (2000). Norma Chilena oficial N° 1237 Of 2000. *Trigo Harinero-Requisitos*. 16 p. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- INIA (2004). *Variedades*. Capítulo 1. Ministerio de Agricultura. Obtenido de: www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31874.pdf

- Johansen, A.; Jakobsen, I.; Jenssen, E.S. (1994). *Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cumber grown at three nitrogen levels*. Plant and Soil 160:1-9.
- Kirby, E., Appleyard, M., Simpson, N. (1994). *Coordination of stem elongation and Zadoks growth stage with leaf emergence in Wheat and barley*. Journal Agriculture Science, 122: 21-29.
- Large, E. C (1954). *Growth stages in cereals*. Ilustration oh the Feekes Scale. Plant Pathology 3:128-129.
- Matichenkov V.V., Ammosova Y.M., Bocharnikova E.A. (2001). *Influence of silicon fertilizers on plants and soil // Agrokhimiya (Agrochemistry) [in Russian]* 12: 30-38.
- Madejon, E., R. López, J. M. Murillo, F. Cabrera. (2001). *Agricultural use of three (sugarbeet) vinasse composts: Effect on crops and chemical properties of a cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain)*. Agric. Ecosyst. Environm. 84: 55-65.
- Mellado, M. (2001). *Capitulo XII, Cereales: Trigo, centeno y triticale*. Agenda del Salitre. Soquimich Comercial, Santiago, Chile, pp. 553-559.
- Mellado, M. (2007). *El trigo en Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Centro de Investigaciones Quilamapu. Chillán. Chile.
- Neely, C. L., M. H. Beare, W. L. Hargrove y D. C. Coleman. (1991). *Relationships between fungal and bacterial substrate-induced respiration, biomass and plant residue decomposition*. Soil Biol. Biochem. 23: 974-954.
- ODEPA. (2012). *Mercado del trigo en Chile*. Producción y comercialización en la temporada 2011/2012. Obtenido de: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/6105.pdf>
- Plataforma urbana. (2013). *Nuevas estimaciones de la ONU para la población mundial en 2100*. Obtenido de: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2013/07/01/nuevas-estimaciones-de-la-onu-para-la-poblacion-mundial-en-2100/>.
- Romero-Lima, R., Trinidad-Santos, A., García-Espinoza, R. & Ferrada-Cerrato, R. (2000). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales*. Agrociencia 34: 261-269.
- SAG. (1999). *Normas generales y específicas de certificación de semillas*. 109 p, Santiago, Chile.
- SAG. (2011). *Agricultura Orgánica Nacional. Bases Técnicas y Situación Actual*. Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile. Obtenido de: http://www.opia.cl/static/website/601/articulos-74978_archivo_01.pdf
- Serna-Saldívar, S. (2009). *Química almacenamiento e industrialización de los cereales*. D.F. México: AGT Editor.
- Slafer, G.A., D. Miralles, R. Savín, E.M. Whitechurch & F.G. González (2003). *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo* (Cap. 7: 100-132). In:

- E.H. Satorre et al. (eds.), *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*; Edit. FAUBA; Bs. As., Argentina: 783 p.
- Trappe, J.M. (1994). *What is a mycorrhiza?* Proceedings of the Fourth European Symposium on Mycorrhizae, Granada, Spain, July, 1994. En: Johnson, N.C.; J.H. Graham et F.A. Smith. 1997. Functioning of mycorrhizal association along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist*. 135: 575-585.
- Van Bruggen, A. H. C, y N. J. Grunwald. (1996). *Test for risk assessment of root infection by plant pathogens*. pp. 293-310. In: Doran, J. W. y A. J. Jones (eds.). *Methods for assessing soil quality*. Special Publication 49. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- Van Der Borght, A., H. Goesaert, W.S. Veraverbekem, and J. A. Delcour. (2004). *Fractionation of Wheat and Wheat Flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved*. *J. of Cereal Science* 26:1-17.
- Vaidyanathan, L.V. y Eagle, D.J. (1991). *The influence of organic matter and clay on adsorption of atrazine by top soils*. En «Advances in organic matter research: the impact on agriculture and the environment», 381-391. Ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge (Reino Unido).
- White, W., & D. Collins (eds.). 1982. *The fertilizer handbook*. 274 p. The Fertilizer Institute, Washington D.C., USA.