

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad
San Cristóbal y cultivar Tambo. Pampa del Arco
2772 msnm, Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Gilber Jeremías Cisneros Lloclla**

Ayacucho - Perú

2018

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Igual forma, dedico esta tesis a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por constituir el alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, a la Escuela Profesional de Agronomía y Plana Docente quienes contribuyeron a mi formación profesional.

A mi asesor el Ing. M.Sc. José Quispe Tenorio, por su apoyo en la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Edgar Tenorio Mancilla e Ing. Eduardo Robles por su apoyo en el manejo del cultivo.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice general	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen	1
Introducción.....	3
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Importancia de la cebada.....	5
1.2. Taxonomía.....	6
1.3. Origen geográfico.....	6
1.4. Características botánicas.....	7
1.5. Variedades.....	8
1.6. Condiciones ecológicas y edáficas.....	9
1.7. plagas y enfermedades.....	9
1.8. Fertilización en la cebada.....	10
1.9. Fisiología de la producción de grano.....	10
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1 Ubicación.....	19
2.2 Características climáticas.....	19
2.3 Análisis físico químico del suelo.....	22
2.4 Material genético.....	22
2.5. Unidad experimental.....	25
2.6. Campo experimental.....	25
2.7 Diseño experimental.....	27
2.8 Parámetros evaluados.....	28
2.9 Conducción del experimento.....	30
2.10 Análisis de datos.....	32

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
3.1. Crecimiento y desarrollo.....	33
3.2. Variables de rendimiento.....	36
3.3 Mérito económico de los tratamientos.....	52
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	Contenido de calorías y proteínas en 100 g de cebada.....	6
Tabla 2.1	Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico 2013 estación meteorológica Pampa de Arco -UNSCH – Ayacucho...	20
Tabla 2.2	Características físicas y químicas del suelo de Pampa del Arco UNSCH – Ayacucho.....	22
Tabla 3.1	Peso fresco, peso seco y área foliar de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) según estado fenológico. Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	33
Tabla 3.2	Análisis de variancia de la altura de planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	36
Tabla 3.3	Prueba de Tukey de la altura de planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	37
Tabla 3.4	Análisis de variancia del número de macollos por planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	38
Tabla 3.5	Prueba de Tukey del número de macollos por planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	38
Tabla 3.6	Análisis de variancia del número de espigas por planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	40
Tabla 3.7	Prueba de Tukey del número de espigas por planta de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	40
Tabla 3.8	Análisis de variancia de la longitud de espiga de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	41

Tabla 3.9	Prueba de Tukey de la longitud de espiga de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	41
Tabla 3.10	Análisis de variancia del número de granos por espiga de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	42
Tabla 3.11	Prueba de Tukey del número de granos por espiga de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	43
Tabla 3.12	Análisis de variancia del peso de mil semillas de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	45
Tabla 3.13	Prueba de Tukey del peso de mil semillas de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	45
Tabla 3.14	Análisis de variancia del peso hectolítrico de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	46
Tabla 3.15	Prueba de Tukey del peso hectolítrico de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	47
Tabla 3.16	Análisis de variancia del rendimiento de grano de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	48
Tabla 3.17	Prueba de Tukey del rendimiento de grano de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	48
Tabla 3.18	Coefficientes de correlación simple entre caracteres de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho	51
Tabla 3.19	Costo de producción, rendimiento y rentabilidad de dos Variedades de cebada. (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Temperatura y balance hídrico 2013. Estación meteorológica de Pampa del Arco Ayacucho.....	21
Figura 3.1	Peso fresco por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del arco 2772 msnm – Ayacucho.....	34
Figura 3.2	Peso seco por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del arco 2772 msnm – Ayacucho.....	35
Figura 3.3	Área foliar por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Pampa del arco 2772 msnm – Ayacucho.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Costos de producción de una hectárea de cebada en Ayacucho Pampa del Arco a 2772 msnm.....	60
Anexo 2 Datos biométricos de la evaluación vegetativa y reproductiva de la Cebada. Pampa del Arco 2772 msnm.....	61
Anexo 3 Datos biométricos de las variables de rendimiento de la Cebada. Pampa del Arco 2772 msnm.....	61
Anexo 4 Panel fotográfico.....	62

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se condujo en el Centro Experimental de Pampa del Arco de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a 2772 msnm, la siembra se realizó el 08 de enero y la cosecha el 30 de mayo del 2013. La semilla proviene del Centro Experimental Canaán UNSCH. Los objetivos fueron: Conocer los estados fenológicos de la cebada variedad San Cristóbal y cultivar Tambo, evaluar el estudio de la calidad agronómica y productividad de la cebada variedad San Cristóbal y el cultivar Tambo, evaluar el mérito económico de la variedad de cebada San Cristóbal y el cultivar Tambo. El diseño experimental utilizado fue el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR) con cinco bloques y dos parcelas por bloque. Las conclusiones a la que se arribó en base a los resultados obtenidos fueron: El incremento del área foliar el cultivar Tambo cumple una mejor performance comparada a la variedad San Cristóbal. En las dos variedades de cebada la madurez fisiológica ocurre a los 122 días después de la siembra. El número de macollos por planta entre las variedades de cebada, existe una mayor diferencia siendo estas de 3.96 y 2.94 para el cultivar Tambo y San Cristóbal. En el número de espigas por planta entre las variedades de cebada mostraron diferencia numérica, siendo estas de 3.42 y 2.78 para el cultivar Tambo y San Cristóbal. La longitud de espiga variable relacionada con el rendimiento, muestra que no existe diferencia entre las variedades de cebada, siendo estas de 5.56 cm para las dos variedades. En el número de granos por espiga entre las variedades evaluadas de cebada, expresaron valores de 53.98 y 53.00 para las variedades Tambo y San Cristóbal. Los pesos de 1000 semillas entre las variedades de cebada mostraron valores de 51.25 y 48.99 g para el cultivar Tambo y San Cristóbal. El cultivar Tambo posee el mayor peso hectolítrico que fue de 58.50 kg/hl, mientras que la variedad San Cristóbal tiene 57.80 kg/hl. En el rendimiento de grano de cebada, el cultivar Tambo mostró una superioridad con 6.80 tn/ha frente a la San Cristóbal que expresó un promedio de 4.76 tn/ha. El mérito económico fue favorable para el cultivar tambo con 225 % de rentabilidad frente al cultivar San Cristóbal que reportó una rentabilidad 137 %.

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo de gran importancia debido a que se utiliza en la alimentación humana como molidos (morón, hojuelas) harinas (panes, ulpados) y derivados, también es utilizada por su precocidad en la alimentación animal como forraje en verde y seco incrementando la producción animal, siendo fuente de carbohidratos, proteínas, lípidos, aminoácidos esenciales, enzimas y algunos micro nutrientes de gran importancia. La cebada se extiende ampliamente en muchas partes del mundo, en el ambiente nacional los departamentos que más producen y en mayor cantidad son: La Libertad, Puno, Junín, Huancavelica, Huaras, Ancash, Cajamarca y Ayacucho.

Este cereal a llagado a convertirse en uno de los cultivos más importantes de la sierra por su amplia adaptación a diversas condiciones ambientales, así como su rusticidad, sin embargo no se tiene rendimientos satisfactorios, esto puede atribuirse a una serie de factores, (mal manejo agronómico, falta de abonamiento, sequias, heladas, uso de semillas no certificadas y variedades tradicionales de baja productividad), por lo tanto es necesario promover la investigación e introducción de nuevas variedades productivas y de calidad para convertir el cultivo en opciones más rentables para el productor.

Para su cultivo se recomienda elegir un campo que haya sido previamente sembrado con haba, papa, arveja o tarwi. El sistema de cultivo de la cebada en el departamento de Ayacucho y en la mayoría de la sierra peruana es de forma tradicional e intermedia, en áreas pequeñas, en la cual no existe uso de tecnología mejorada, además en su mayoría con una topografía irregular con pendientes mayores del 25%.

Los agricultores siembran la cebada, porque no necesita mucha inversión y como rotación de cultivo, generalmente para su consumo, el excedente es ofertado en los mercados a precios muy baratos. A nivel nacional el área de cultivo es de 145 000 ha, con una producción total de 227 000 t y rendimiento promedio de 1.1 t/ha. Por razones de bajo rendimiento se realizó el estudio de estas dos variedades, San Cristóbal y el cultivar Tambo para saber cuál de los dos posee mayor rendimiento y así dar una mejor opción que contribuya a la mayor producción e incremente la economía y alimentación del poblador andino.

Por las consideraciones expuestas se planteó la realización del presente experimento con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

1. Conocer los estados fenológicos de la cebada variedad San Cristóbal y cultivar Tambo, en las condiciones de Pampa del Arco a 2772 msnm.
2. Evaluar la productividad de la cebada variedad San Cristóbal y cultivar Tambo en las condiciones de Pampa del Arco a 2772 msnm.
3. Evaluar el mérito económico del cultivo de cebada variedad San Cristóbal y cultivar Tambo.

+

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. IMPORTANCIA DE LA CEBADA

Romero y Gómez (1996) manifiesta que la cebada es un cereal de alta rusticidad y de amplia distribución en todas las regiones del mundo. Se encuentra en todas las áreas desde el polo norte hasta el polo sur, gracias a su tolerancia a las condiciones climáticas diversas y adversas; la amplitud del cultivo de éste cereal se debe a su utilización principalmente en la alimentación humana.

Prats y Grandcourt (1969) señalan que la finalidad de este cultivo es la utilización del grano para la alimentación del hombre y los animales, así como para la malatería, para éste último recomienda que son preferenciales los del tipo de dos carreras que contienen menor proteína, endospermo más blando, harinoso y su cubierta es más delgada.

Gómez (2001) señala que la cebada es una nueva fuente de alimento para niños y adultos, las preparaciones se hacen en forma de hojuelas, gránulos, harinas especiales, etc. a todo ello se debe agregar su potencial como alimento pecuario, desde la paja, grano y residuos.

Palacios y Espinoza (1986) mencionan que la cebada en el país cumple una triple función, como alimento humano, alimento de animales y como insumo básico para la industria cervecera; como alimento humano se emplea principalmente en regiones alto andinas, después de la papa, el maíz, y el trigo, la cebada es el alimento básico se usa en forma de grano pelado, morón, harina, tostado machca, refrescos y otros.

Tabla1.1: Contenido de calorías y proteínas en 100 g de cebada

Carbohidratos	73.0 g
Proteínas	11.0 g
Cálcio	33.0 mg
Hierro	3.60 mg
Tiamina	0.46 mg
Riboflavina	0.12 mg

1.2 TAXONOMÍA

Según Rasmusson (1985) mencionado por Garófalo (2012) la clasificación taxonómica de la cebada es la siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Pooideae
Tribu	: Triticeae
Género	: Hordeum
Especie	: vulgare
Nombre Científico	: <i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre Común	: Cebada

1.3 ORIGEN GEOGRÁFICO

Garófalo (2012) refiere a Giménez y Tomaso (2004) quienes reportan que, en 1986, Bar Josef y Kislev en excavaciones realizadas en una aldea neolítica del valle del Jordán encontraron restos de *Hordeum vulgare* y *Hordeum spontaneum* con data entre 8260 y 7800 A.C. Correspondiendo este hallazgo a los comienzos de la agricultura.

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare*) desciende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en el Oriente Medio. En el antiguo Egipto se cultivaba la cebada y fue importante para su desarrollo; en el libro del Éxodo se cita en

relación a las plagas de Egipto (Giménez y Tomaso, 2004, mencionado por Garófalo, 2012)

Las cebadas cultivadas es una especie diploide ($2n=2x=14$); la espiga de este género tiene tres espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si sólo la espiguilla central es fértil, mientras abortan las laterales, se tiene la cebada de dos carreras perteneciente a la subespecie *distichum*; y si las tres espiguillas son fértiles tendremos la cebada de seis carreras perteneciente a la subespecie *hexastichum* (Giménez y Tomaso, 2004, mencionado por Garófalo, 2012)

1.4 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La cebada es una planta de hojas estrechas alargadas y envainadas, de color verde claro. El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1.20 m de profundidad (Giménez y Tomaso, 2004)

El tallo principal se origina en forma subterránea a partir del punto de crecimiento, el cual, inicialmente, se ubica en el lugar de unión del mesocotilo con el coleóptilo. El tallo principal permanece bajo el suelo, creciendo lentamente hasta alcanzar la superficie. El primer nudo sufre un ligero engrosamiento, iniciando la fase de encañado. El tallo es erecto, grueso, hueco y formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila entre 0.5 a 1.0 m (Agro Inversiones, 2010)

Las hojas de cebada son más largas y de un color más claro que las de trigo, siendo en general glabras y rara vez pubescentes. Están compuestas por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula (Agro Inversiones, 2010)

En la parte superior del tallo se desarrolla la espiga; esta inflorescencia se compone de un eje llamado raquis, formado por tres flores hermafroditas que presentan tres estambres y un ovario con estigma doble. La espiga a su vez está formada por

espiguillas, las cuales van dispuestas de a tres en forma alterna a ambos lados del raquis. Si todas las espiguillas se presentan fértiles originará una espiga de seis hileras; por otra parte, si solo resultan fértiles las espiguillas centrales, se originará una espiga de dos hileras. Cada flor se halla protegida por dos hojas modificadas llamadas palea y lemma. La mayor de las glumas termina en un apéndice denominado barba (Chase et al., 1971; Agro Inversiones, 2010)

El grano se encuentra vestido por la palea (cubre grano) y lemma (envuelve grano). El tamaño depende de las condiciones ambientales. La longitud máxima es de 9,5 mm y la mínima es 6,0 mm; ancho 2,5 y 3,0 mm. El peso específico es de 67,00 kg/ha (Agro Inversiones, 2010; Giménez y Tomaso, 2004)

1.5 VARIEDADES

Gómez y Marino (2002), señalan que en el cultivo de la cebada existen muchas variedades, éstas se presentan bajo diversas categorías que se encuentran en el mercado, desde básicas hasta comerciales, las variedades que podemos nombrar son: Zapata, Yanamucló, Centenario, UNA-95, UNA-96, UNA-80, INIA 411, San Cristóbal, Buena Vista, Malvinas, Romana, entre otras. Las variedades sembradas por los campesinos de la sierra son: Zapata, Malvinas y con más frecuencia la Romana, esta última llegando a una producción en el campo hasta de 2000 kg/ha.

Gómez (2008) señala que la variedad San Cristóbal es una variedad de buena capacidad de macollamiento, de color verde normal y de hojas anchas, de 6 hileras y con aristas largas. La altura de la planta varía de 70 a 120 cm. Se adapta muy bien desde los 2500 a los 3800 msnm, con un rendimiento potencial de 6000 kg/ha, en condiciones de sierra tiene un rendimiento de 2200 kg/ha y en la costa 4000 kg/ha, es tardía, madura entre los 150 a 180 días y tiene hábito primaveral. Los granos son grandes y alargados, su color varía de la crema al amarillo oscuro dependiendo de la zona del cultivo y tiene la cáscara medianamente gruesa. Es una variedad de doble propósito, se puede emplear tanto en la elaboración de morón, hojuelas, y harinas. Su calidad maltera es superior a la variedad zapata, pero, aún requiere mezclas con cebada de buena calidad para su uso industrial. Es moderadamente

resistente a la roya amarilla, muy sensible a la roya de la hoja, moderadamente susceptible a oidiosis. La densidad de siembra es de 125 kg/ha. En el abonamiento se puede optimizar el rendimiento en la siguiente dosis: 60-60-00 de N P K.

1.6 CONDICIONES ECOLÓGICAS Y EDÁFICAS

Cárdenas (1999) señala que la cebada es cultivada desde los 0 a los 3500 msnm y las necesidades hídricas de la cebada son muy elevadas sobre todo en el comienzo de su desarrollo. Según Parson (1978), los riegos en la cebada deben realizarse en casi todos los estados hasta el estado lechoso del grano. Requiere suelos con pH entre 6.0 a 6.5 la cual es adecuado para la asimilación del fósforo, son tolerantes a suelos alcalinos (pH 8.5), con adecuada proporción de N asimilable y de textura más fina (franco arcilloso, arcilloso-arenoso, limo-arcilloso, y otros).

1.7 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Molina (1987) con relación a las plagas, señala que los pulgones (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* y *Schizapis graminum*), producen importantes daños en la cebada, sobre todo el primero de ellos, pues es el principal vector del virus del Enanismo Amarillo (BYDV); asimismo, señala que el nemátodo (*Heterodera avenae*), es perjudicial al cultivo de la cebada, sobre todo en años de otoño poco lluviosos. Los síntomas del ataque de nematodos se presentan en zonas concretas de las parcelas infectadas formando rodales en los que las plantas se desarrollan con mucha dificultad, enanizándose y amarillando; si no mueren en esta fase, ahíjan muy poco y producen espigas pequeñas y deformadas.

Mont y Fernández (1978) con relación a las enfermedades, señalan que la roya parda (*Puccinia anomala*), produce pequeñas pústulas sobre las hojas de color pardo anaranjado y después de color negro, de donde se desprende polvillo del mismo color; mientras que la roya amarilla (*Puccinia glumarium*), afecta a las hojas y vainas produciendo pústulas amarillentas dispuestas en líneas paralelas y luego aparecen pústulas negras.

Señalan que el carbón desnudo (*Ustilago nuda*) ataca también a la cebada e incluso sus ataques son más intensos que en el trigo, sobre todo en algunas variedades. La

infección tiene lugar cuando se están desarrollando los granos en la espiga. Las esporas del hongo, transportadas por el aire, caen sobre los granos en crecimiento, germinan y penetran en ellos. Estos conservan su apariencia externa completamente normal, pero al sembrarlos la nueva planta que de ellos se origina está completamente invadida por el hongo, apreciándose la invasión en las espigas, quedando reducidas al raquis, cubierto de polvo negro, que se disemina por el aire, propagándose así la enfermedad. Asimismo, el carbón vestido (*Ustilago hordei*), se comporta de un modo parecido al tizón del trigo, las espigas atacadas presentan un aspecto externo normal, pero tienen los granos llenos de polvo negro. Cuando los granos infectados se siembran, las esporas que contienen penetran dentro de la plántula, invadiendo las zonas de crecimiento.

1.8 FERTILIZACIÓN EN LA CEBADA

Ibañez y Aguirre (1983) menciona que el nitrógeno, el fósforo y el potasio son los elementos de mayor importancia en especial en los cultivos que forman granos y los dos primeros forman parte de los elementos esenciales en los procesos vitales. El nitrógeno es absorbido por la cebada en forma de nitrato, el fósforo en ortofosfato primario y secundario; el potasio en ion potasio.

1.9 FISIOLÓGÍA DE LA PRODUCCIÓN DE GRANO

Molina (1989) Una propiedad importante de los cereales consiste en que cada etapa de su desarrollo está caracterizada por el crecimiento de unos determinados órganos. así, en el periodo vegetativo se produce el crecimiento de raíces y hojas junto con el ahijamiento y la organización del meristemo apical fenómenos cuya intensidad se encuentra regulada por la distribución de asimilados dentro de la planta. El periodo reproductivo recoge la diferenciación de la inflorescencia y la rápida elongación de los tallos, que se convierten en los principales competidores por los asimilados, aunque el crecimiento radical aun continua y se completa la expansión de las hojas superiores. El crecimiento de los tallos cesa pronto a la antétesis y, en el periodo de la maduración, los únicos órganos que se desarrollan son los granos, hacia los que se dirigen los carbohidratos fotosintetizados y los procedentes de las reservas almacenadas en los tallos y vainas foliares. A lo largo de estas etapas se producen una serie de cambios fisiológicos y morfológicos que

conducen a la sucesiva aparición de los distintos componentes de rendimiento: números de hijuelos fértiles por planta, números de granos por espiga y peso medio de los granos.

1.9.1 Crecimiento del dosel foliar y acumulación de materia seca

Inicialmente durante la germinación y arraigo de las plantas, la velocidad de crecimiento de la cebada es pequeña, aumenta progresivamente en la etapa de ahijamiento, con la formación de los tallos hijos y la expansión de las hojas y se hace muy rápida en la fase del encañado, cuando los tallos se alargan y su peso seco se incrementa de forma exponencial. Tras la antesis, el crecimiento de las partes vegetativas disminuye hasta quedar restringido a los granos en desarrollo.

Desde el punto de vista fisiológico, el crecimiento de un cultivo puede ser considerado como resultado de la cantidad de la radiación fotosintéticamente útil interceptada por el dosel foliar, de la eficiencia con que esta radiación es convertida en materia seca de las pérdidas de asimilados ocasionadas por la respiración de biomasa, y del reparto de asimilados entre los distintos órganos de la planta que lo componen.

La fracción de radiación interceptada por un cultivo depende de su índice de área foliar o superficie de las hojas presentes sobre una determinada área del terreno y, en menor medida, de la posición y ordenación de las hojas dentro del cultivo. En la cebada, el área foliar aumenta progresivamente con la elongación de los tallos y alcanza su máximo valor cuando emerge la hoja bandera. Posteriormente, la senescencia y muerte de las hojas desde la base hasta el ápice de los tallos provoca que, en el momento de la emergencia de la espiga, el área foliar haya disminuido hasta aproximadamente unos dos tercios del máximo. Sin embargo, la fotosíntesis en los cereales no está restringida a la lámina foliar, sino que otros órganos tales como los tallos, vainas y espigas son componentes importantes del sistema fotosintético. De esta forma si se añade el área verde de las vainas foliares y de los tallos al de los limbos, la superficie total se incrementa hasta la emergencia de la espiga hasta decaer después rápidamente hasta cero. La magnitud alcanzada por el

área foliar en los cereales depende del número de primordios foliares que se produzcan por el meristemo apical, de la duración del periodo durante el que estos primordios puedan diferenciarse en hojas, de la velocidad de crecimiento y expansión de esas hojas y finalmente del tiempo en que estas permanezcan verdes. La tasa de producción de la hoja en la cebada depende de la temperatura, así como de la velocidad de expansión de la lámina foliar que a su vez se relaciona linealmente con la temperatura del aire. La abundancia del nitrógeno y humedad también favorece la expansión de las hojas, por lo cual la fertilización nitrogenada incrementa el área foliar, mientras que la sequedad la deprime. Por el contrario, a partir de la expansión completa de las hojas, la elevada temperatura acelera su senescencia, disminuyendo el índice de área foliar y la interceptación de luz.

Con respecto a la eficiencia de su fotosíntesis, la cebada es un cereal de tipo C_3 , es decir, la casi totalidad del CO_2 externo captado por sus tejidos verdes es asimilado por la vía del enzima 1.5-Ribulosa bifosfato carboxilasa. Aunque la eficiencia fotosintética de las hojas de la cebada es muy variable según la radiación solar, humedad del suelo, temperatura de la hoja, estadio de crecimiento, posición en el dosel foliar y genotipo.

La producción de materia seca por un cultivo no depende exclusivamente por su capacidad de asimilación, sino que es producto del equilibrio entre los procesos de fotosíntesis y respiración. A efectos prácticos, puede considerarse que la respiración total de una planta o cultivo es resultado de la suma de dos componentes, la respiración de mantenimiento, asociada con la renovación y sustitución de las estructuras celulares y directamente relacionada con el peso seco de la planta, y la respiración de crecimiento, asociada con la síntesis y formación de nuevos materiales en el vegetal y que representa el coste metabólico de convertir los productos fotosintéticos trasladados en componentes estructurales citoplasmáticos o de reserva.

En los cereales, durante las primeras etapas del desarrollo, la respiración de mantenimiento es pequeña comparada con la de crecimiento, debido al escaso

tamaño de las plantas y a las temperaturas moderadas del final de invierno y comienzo de primavera. Más adelante a medida que se incrementa el peso seco del cultivo, la respiración de mantenimiento se hace cada vez mayor, mientras que la de crecimiento se amortigua, debido a que las plantas se aproximan al estado adulto. La respiración parece ser responsable de la pérdida de casi la mitad del carbono asimilado por los cereales durante su desarrollo, correspondiendo a la respiración de crecimiento más del 60% de esa cantidad. Por el contrario, la respiración de mantenimiento parece ser más pequeña en los cereales que en otros cultivos, tales como algodón o girasol, aunque representan un gasto notable de carbohidratos durante la maduración de los granos cuando las temperaturas nocturnas son elevadas.

1.9.2 El proceso de rendimiento

La cosecha de los cereales puede ser considerada como resultado del producto de ciertos parámetros o componentes, lo que permite estudiar con gran exactitud la contribución de las distintas partes de la planta a la producción de grano y las causas de variación en la cosecha final. Para la cebada, la cosecha grano (Y) puede representarse como:

$$Y = NE \times NG \times PG$$

Donde:

NE es el número de espigas por unidad de superficie

NG es el número de grano por espiga

PG representa el peso medio por grano en el momento de la recolección.

Estos componentes se determinan secuencialmente a lo largo del desarrollo de la planta, durante el periodo previo a la antítesis (número de espigas), en la antesis (número de granos por espiga) o entre la antesis y la madurez (tamaño de los granos) y son el resultado de procesos muy complejos. Así el número de espigas depende tanto de la cantidad de tallos hijos formados por la planta como la proporción de los mismos que puedan diferenciarse hacia una espiga fértil durante el espigado.

Los granos de espiga resultan del número de primordios florales formados por el meristemo apical, de la cantidad de ellos que puedan producirse una espiguilla fértil y del porcentaje de estas que sean fecundadas en la antesis para originar granos viables. Finalmente, el peso del grano es función tanto de la maduración como de la velocidad del crecimiento del grano, parámetros inversamente relacionados en la mayoría de las situaciones.

El hecho de que los componentes de rendimiento se determinan secuencialmente a lo largo del desarrollo, proporciona a los cereales la capacidad de compensar efectos adversos sobre los primeros componentes del rendimiento mediante elevación de los siguientes, si las condiciones ambientales lo permiten, logrando de esta manera equilibrar la cosecha bajo una gran diversidad de ambientes y circunstancias.

El producto de los dos primeros componentes del rendimiento representa lo que se conoce como capacidad de almacenamiento (es decir el número de granos por unidad de superficie de terreno), mientras que el tercero (el peso medio por grano), indica la medida en que esta capacidad de producción se transforma en rendimiento final.

1.9.3 Producción de espigas

En la cebada, el número final de espigas depende tanto de la cantidad de tallos formados durante el ahijado como en la proporción en que sobrevivan para desarrollar una espiga viable. Mientras la formación de tallos se encuentra influida principalmente por el genotipo, la climatología y la fertilidad del suelo, su supervivencia es el resultado, por una parte, de la competición entre los distintos órganos en crecimiento (raíces, tallos, hojas y meristemo apical) por un suministro limitado de asimilados y, por otra, del equilibrio entre las hormonas reguladoras de crecimiento.

1.9.4 Formación de tallos hijos

En la cebada existe una secuencia característica de producción y ordenación de tallos debido a que estos se originan a partir de yemas situadas en la axila de cada

hoja, incluyendo el coleóptilo, estas yemas no se forman en las hojas situadas en la base de aquellos entrenudos que elongaran durante el encañado, con excepción de la hoja del entrenudo más abajo y, ocasionalmente de la situada por encima de ella. Esta es la razón de que las cebadas de invierno ahíjen más que las de primavera, ya que para un mismo número de entrenudos poseen una mayor cantidad de hojas. En efecto mientras, mientras en las cebadas de primavera se forman de 2 a 5 tallos, en la de invierno normalmente aparecen entre 5 y 10. Analógicamente y dentro de una misma forma, las variedades de dos carreras ahíjan más que las de seis.

Los tallos formados en la axila de las hojas del tallo principal se denomina tallos primarios. En la axila de su primera hoja (denominado profilo) pueden originarse a su vez, yemas que darán lugar a nuevos tallos hijos, llamados secundarios, que normalmente solo originarán brotes herbáceos débiles o terminados por una pequeña espiga tardía. Eventualmente y en plantas muy espaciadas, sobre los tallos secundarios pueden desarrollarse incluso brotes terciarios.

El ahijamiento termina con la elongación de las vainas foliares y la erección de los pseudo tallos, encontrándose la espiga a 1 cm por encima del nudo de ahijamiento.

1.9.5 Evolución y supervivencia de los tallos hijos

Numerosos estudios han demostrado que, independiente de las condiciones ambientales y del genotipo, existe un modelo general para la evolución del ahijamiento de la cebada.

Cuando los hijuelos alcanzan un peso entre 4 y 7 ug entran en una fase de rápido crecimiento, sustentado por las hojas y raíces del tallo principal, ya que los hijos se independizan de este hasta desarrollar tres hojas maduras.

Sin embargo, las emergencias de los hijos no aseguran su supervivencia, ya que después de formados, una gran cantidad de tallos mueren frecuentemente en condiciones de campo. Para la cebada existe un periodo crítico en el que se decide el porcentaje de tallos que van a producir espiga. Bajo las condiciones de los secanos de Andalucía, se ha encontrado que para desarrollar espiga los tallos hijos

deben presentar al final del encañado un tamaño superior a la tercera parte del tallo principal, ya que en caso contrario no son lo suficientemente competitivos frente a otros órganos en crecimiento y mueren sin diferenciar espigas. Este fenómeno parece depender de que los tallos hijos sean capaces de situar sus hojas en las capas superiores mejor iluminadas del dosel foliar.

Los hijos que mueren sin producir espiga no solo supone una pérdida asimilados para para los que sobreviven, sino que consumen agua y interceptan radiación que podría llegar a los que producirán grano.

1.9.6 Factores que regulan la producción de espigas

La humedad del suelo incrementa el número de espigas al favorecer tanto la formación como la supervivencia de los tallos hijos. No obstante, trascurrido un periodo de sequía prolongado, el aumento de humedad, aunque eleva el número de tallos son inmaduros verdes y sin espiga.

Normalmente, la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta la producción de tallos y su supervivencia en la cebada. El aporte de este elemento en sementera estimula el crecimiento de las yemas laterales y la formación de tallos, mientras que su aplicación a inicios del ahijado favorece el crecimiento de los tallos hijos respecto al tallo principal, lo que aumenta sus posibilidades de supervivencia y el número de espigas por planta, las aplicaciones tardías de nitrógeno, por el contrario, no se traducen en aumento de cosecha si se realizan próximas al momento en que se decidirá el porcentaje de tallos que darán lugar a la espiga agravando además las tendencias del encamado. Por esta razón resulta lo más adecuado fraccionar equilibradamente las aportaciones de nitrógeno entre sementera y cobertura temprana (a inicio o mitad del ahijado).

El retraso en la fecha de siembra puede disminuir el ahijamiento, sobre todo con variedades con elevada formación de tallos. La densidad de siembra ejerce un potente efecto sobre el ahijamiento. En general, la formación de tallos se altera en forma débil por el aumento por el número de plantas, presumiblemente porque al

inicio del ahijado la competencia por la luz, agua y nutrientes aun no es muy importante, aunque si reduce notablemente el posterior desarrollo y supervivencia de esos tallos al igual la iniciación floral.

La profundidad de siembra también disminuye el número de tallos hijos principalmente porque elimina el ahijamiento del coleoptilo.

1.9.7 Número de granos por espiga

Este componente queda prácticamente fijado en el momento de la antesis, cuando una proporción variable de flores es fecundada para originar la serie de granos que inicia su desarrollo. A su vez, el número de flores en la cebada es un parámetro que depende tanto de la velocidad como de la duración de las fases de desarrollo del meristemo apical.

1.9.8 Tamaño final del grano

El peso final de los granos constituye el tercer y último componente del rendimiento en la cebada. Su magnitud se establece durante la fase de maduración, es decir desde la antesis hasta que la planta se encuentre completamente seca y lista para la recolección. Este componente depende de gran medida del número de células del endospermo, el cual es fijado en las fases iniciales del desarrollo del grano.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El presente trabajo experimental se condujo en el Centro Experimental Pampa del Arco en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, entre los paralelos 13° 08' 42.58" Latitud Sur, 74° 13' 14.42" Longitud Oeste, a una altitud de 2772 msnm, en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga y distrito de Ayacucho.

2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos climáticos fueron tomados del registro de datos meteorológicos de la Estación Meteorológica Pampa del Arco de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; se usaron los datos de temperatura y precipitación para hallar la evapotranspiración potencial utilizando el método propuesto por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONER 1979), tabla 2.1 y figura 2.1.

Tabla 2.1.1. Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico 2013, estación meteorológica Pampa de Arco -UNSCH –

año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROM
meses														
T° Máxima (°C)	24.3	22.0	22.1	23.1	24.0	23.5	24.3	24.8	25.1	26.9	26.7	22.8	24.1	
T° mínima (°C)	10.3	10.4	10.2	9.9	5.8	3.8	3.0	4.1	7.2	9.5	10.4	11.4	8.0	
T° media (°C)	17.3	16.2	16.2	16.5	14.9	13.7	13.7	14.5	16.2	18.2	18.6	17.1	16.1	
Factor	5.0	4.5	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0	
ETP (mm)	85.8	72.6	80.1	79.2	73.9	65.5	67.7	71.7	77.5	90.3	89.0	84.8	938.1	0.8
Precipitacion (mm)	95.8	125.8	140.5	70.6	5.4	11.4	0.7	2.6	36.1	28.6	58.7	148.1	724.3	
ETP Ajust. (mm)	66.3	56.0	61.9	61.2	57.1	50.6	52.3	55.3	59.9	69.7	68.7	65.5		
Deficit (mm)				-8.6	-68.5	-54.1	-67.0	-69.1	-41.4	-61.7	-30.3			
Exceso (mm)	10.0	53.2	60.4									63.3		

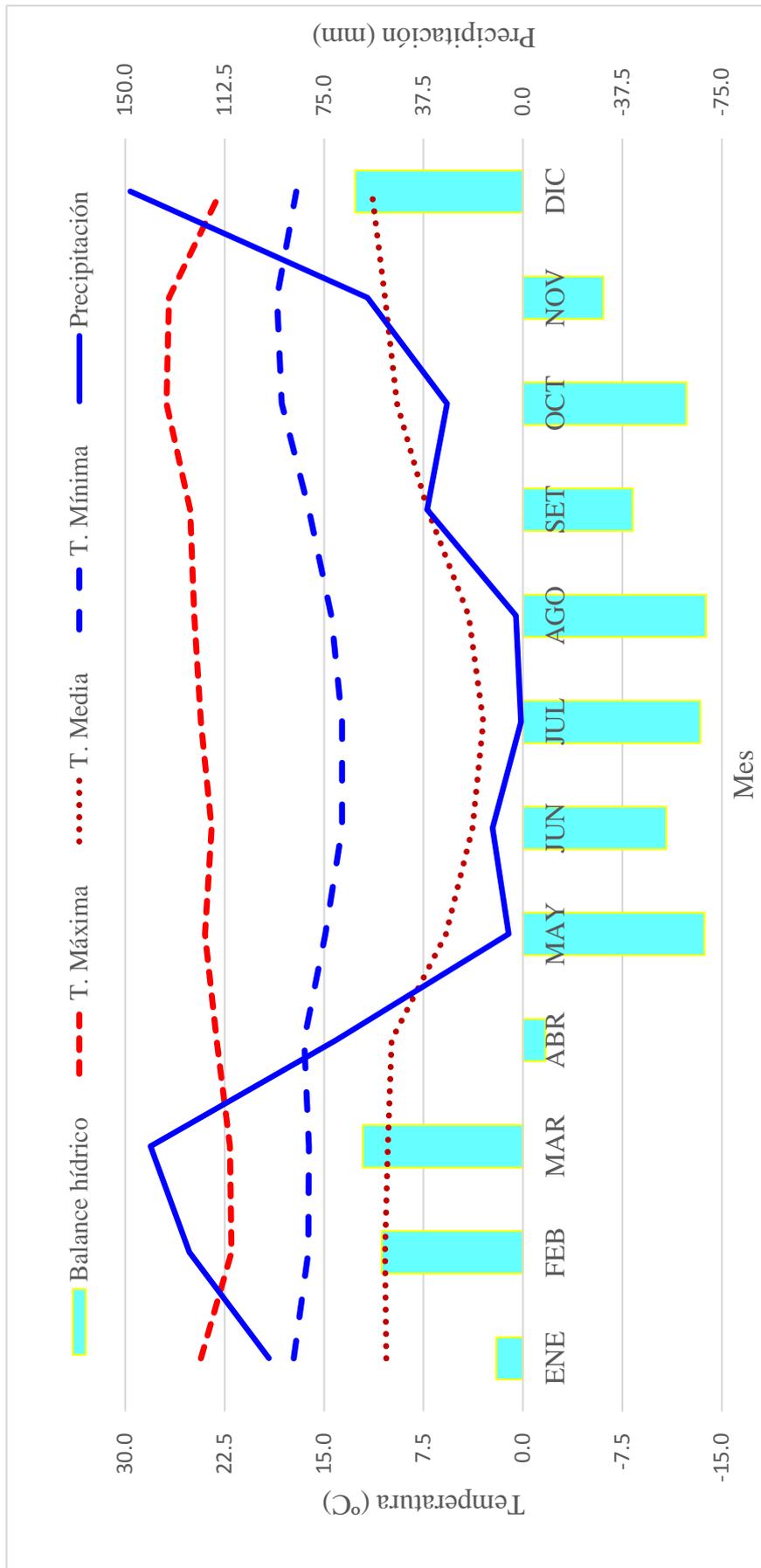


Figura 2.1. Temperatura y balance hídrico 2013, estación meteorológica Pampa de Arco -Ayacucho –

2.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO

Para el análisis del terreno experimental se tomó suelo de 20 cm de profundidad en diferentes puntos de la superficie del campo experimental, obteniendo una muestra compuesta representativa, la que se llevó para su análisis físico – químico al Laboratorio de Suelos del Programa de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.2. Características físicas y químicas del suelo de Pampa del Arco UNSCH – Ayacucho

Característica	Método	Valor	Interpretación
Arena (%)	Hidrómetro	23.1	
Limo (%)	Hidrómetro	19.8	
Arcilla (%)	Hidrómetro	57.1	
Textura	Triangulo textural		Franco Arcilloso
pH	Potenciómetro	7.96	Moder. Alcalino
Materia orgánica (%)	Walkley Black	1.4	Bajo
Nitrógeno total (%)	Kjeldahl	0.07	Bajo
Fósforo disponible (ppm)	Bray-Kurtz	5.8	Bajo
Potasio disponible (ppm)	Turbidimétrico	85.4	Bajo

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH.

De la tabla 2.2 se tiene que el nitrógeno total (0.07 %) es bajo, el fósforo disponible (5.8 ppm) bajo, el potasio disponible (85.4 ppm) es bajo, siendo la clase textural arcilloso. Considerando el análisis de suelo señalado, se determinó la fórmula de abonamiento de 125-210-10 de NPK, usando como fuente de abonamiento urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio.

2.4 MATERIAL GENÉTICO

Se utilizaron la variedad de cebada San Cristóbal y el cultivar Tambo.

2.4.1 Variedad San Cristóbal

La variedad de cebada **INIA 411 San Cristóbal** procede del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), se trata de la línea **CI 10622 / CI 5824** procedente de una cruce simple, cuyos progenitores son: Progenitor femenino CI 10622 y progenitor masculino CI 5824, Pedigree: II – 11720 – IIV – 3B. Recomendable su cultivo entre los 3000 a 3800 msnm.

Características agronómicas:

Cebada de 6 hileras

Macollamiento	: Regular
Nº promedio macollos/planta	: 5
Tipo de espiga	: Aristada
Densidad de espiga	: Intermedia
Tamaño de espiga (cm)	: 7.13
Color de grano	: Claro
Tamaño de semilla (mm)	: 5,7
Peso Hectolítrico kg/hl	: 60.3
Peso de mil semillas (g)	: 38
Altura de planta (cm)	: 102
Días a espigado	: 80
Días a madurez	: 145
Rendimiento potencial	: 6.87 t/ha
Rendimiento promedio en campo de agricultores	: 3.546 t/ha

Calidad de grano:

Características	Grano entero	Hojuela de cebada
Humedad (%)	7.51	10.66
Materia seca (%)	92.48	89.33
Proteína (%)	9.80	5.60
Nitrógeno (%)	1.56	0.90
Fibra (%)	6.00	1.80
Cenizas (%)	3.21	1.50

Grasa (%)	1.18	1.10
Energía (kcal/100g)	339.08	350.75

2.4.2 Cultivar Tambo

Cebada de 6 hileras

El cultivar de cebada Tambo procede de la localidad de Tambo, cultivada por los agricultores desde hace varias décadas. Recomendable su cultivo entre los 2700 a 3500 msnm

Características agronómicas:

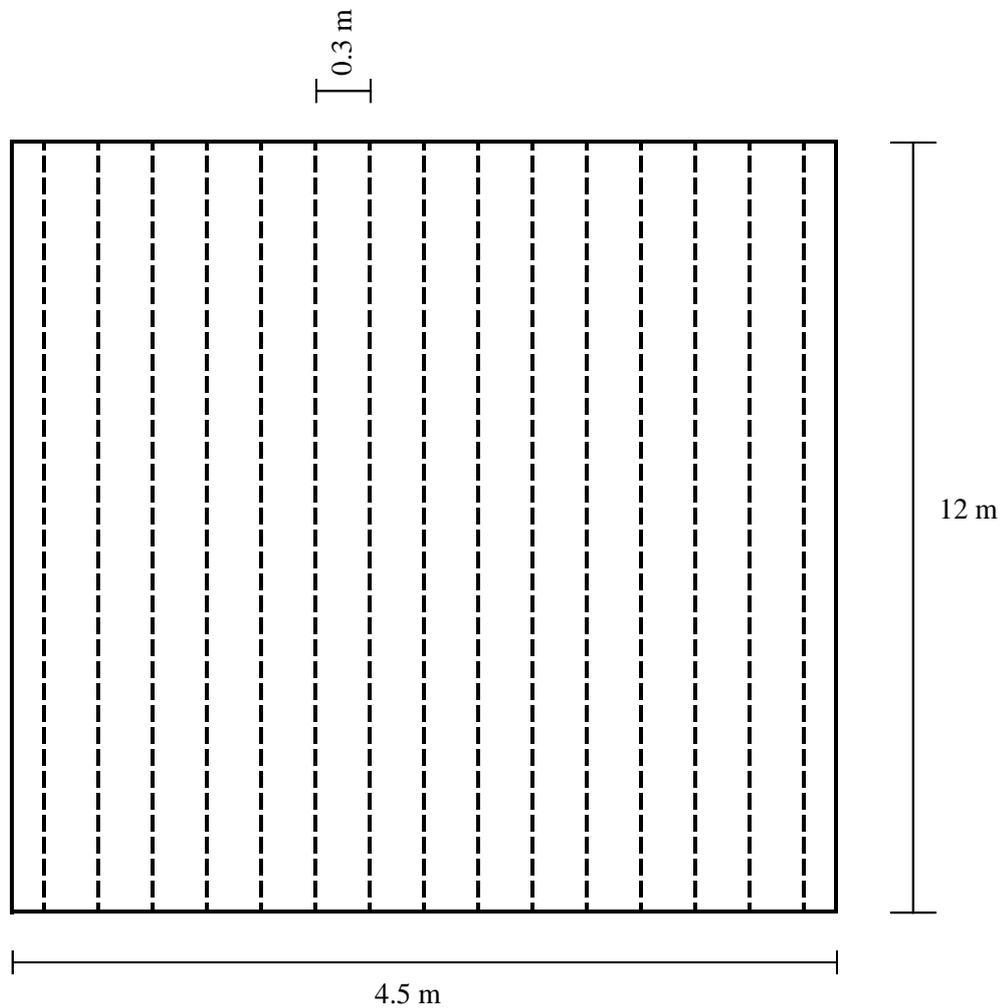
Nº promedio macollos/planta	: 5
Tipo de espiga	: Aristada
Densidad de espiga	: Intermedia
Número de granos / espiga	: 48
Color de grano	: Amarillo ambar
Peso Hectolítrico kg/hl	: 78
Peso de mil semillas (g)	: 41.90
Altura de planta (cm)	: 85.0
Días a espigado	: 77
Días a madurez	: 160
Rendimiento promedio en campo de agricultores	: 2,300 tn ha ⁻¹

Calidad de grano:

Humedad (%)	3.91
Materia seca (%)	96.09
Proteína (%)	14.32
Fibra (%)	1.27
Cenizas (%)	1.46
Grasa (%)	13.6
Energía (kcal/100g)	443.97

2.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo formada por una parcela con plantas de cebada, de las siguientes características

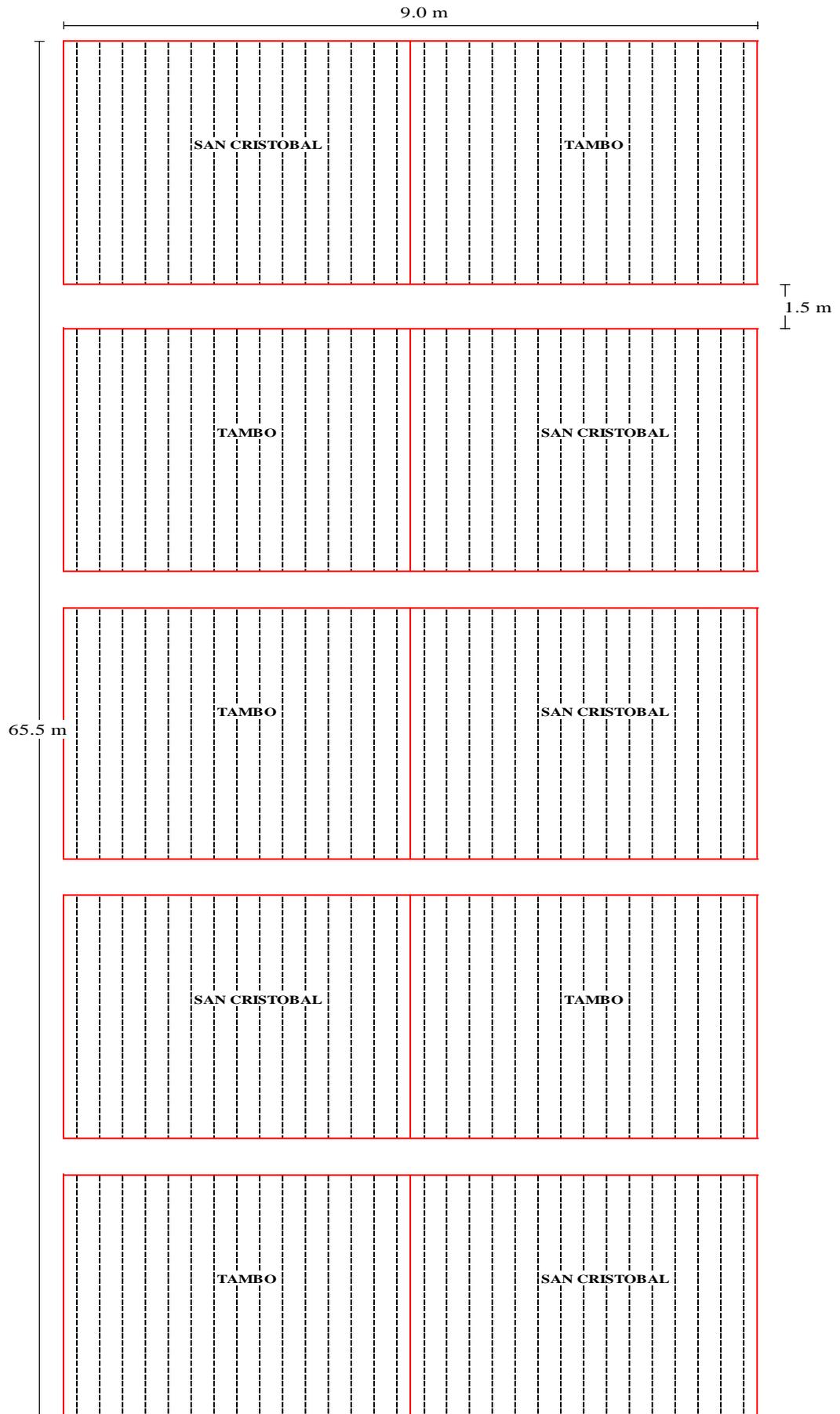


Unidad experimental (parcela)

Largo de parcela	12.0 m
Ancho de parcela	4.5 m
Área de parcela	54.0 m ²
Distancia entre surcos	0.3 m
Número de surcos por parcela	15

2.6. CAMPO EXPERIMENTAL

Se tiene el croquis del campo experimental en la que se incluye la randomización de los tratamientos (variedad de cebada San Cristóbal y cultivar Tambo)



Bloques

Número de bloques	5
Número de parcelas por bloque	2
Largo de bloques	12.0 m
Ancho de bloques	9.0 m
Área de bloque	108 m ²

Calles

Largo de calles	9.0 m
Ancho de calles	1.5 m
Área total del experimento	589.5 m ²

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo en el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR) con cinco bloques y dos parcelas por bloque, los bloques se formaron en forma perpendicular a la pendiente del terreno, el modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

Donde:

- Y_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento
- μ = Promedio general
- T_i = Efecto de la i-ésima variedad
- β_j = Efecto del j-ésimo bloque
- ε_{ij} = Error experimental en el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque

2.8 PARAMETROS EVALUADOS

Crecimiento y desarrollo

El crecimiento se evaluó como incremento en cada estado fenológico por planta del peso verde, peso seco y área foliar, mientras que el desarrollo se midió como el cambio de estado fenológico de las plantas de cebada.

Peso fresco y peso seco. - Se tomaron 10 plantas de cebada en cada parcela y estados fenológicos, peso fresco (g) y peso seco (g) y se pesaron en balanza eléctrica.

Área foliar. - Se evaluaron 10 plantas de cebada de cada parcela, en cada estado fenológico, se delineo con lápiz el molde de las hojas en papel bond, luego estos moldes se pesaron (g), se sacó el área del papel (cm²) y por regla de tres simple se halló el área foliar en cm².

Emergencia.- Se evaluaron 10 plántulas cuando emergieron más del 50% en un metro lineal. Este reconocimiento se realizó en forma visual

1 hoja. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos después de la siembra cuando el 50 % de las plantas presentaron 1 hoja.

2 hojas. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos después de la siembra cuando el 50 % de las plantas presentaron 2 hojas.

3 hojas. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos después de la siembra cuando el 50 % de las plantas presentaron 3 hojas.

Macollamiento. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas iniciaron con el ahijamiento o macollaje.

Encañado. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas iniciaron con el encañado.

Buche. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas iniciaron con el estado de buche, que indica la presencia de la inflorescencia.

Espigado. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas iniciaron con la salida de la espiga por encima de la hoja bandera.

Grano lechoso. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas mostraron granos llenos en estado lechoso.

Grano pastoso. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra cuando el 50 % de las plantas estuvieron el estado pastoso.

Madurez fisiológica. - Se evaluaron 10 plantas y se tomó el número de días transcurridos desde la siembra.

Productividad

Estas variables son producto de medidas y contadas de las variables relacionadas con el rendimiento de grano. En el caso de características tomadas a nivel de plantas, se tomaron 20 plantas de los surcos centrales en igual competencia por cada variedad y bloque.

Altura de planta. - Se tomó 20 plantas por parcela y se midió la altura (cm) a la madurez fisiológica, medido del cuello de la raíz al extremo distal de la espiga, sin considerar las aristas.

Número de macollos por planta. - Se tomó 20 plantas y se contó la cantidad de macollos por planta cuando todas las plantas habían completado la formación de macollos.

Número de espiga por planta. - Se tomó 20 plantas por parcela y se contó la cantidad de espigas por plantas a la madurez fisiológica.

Longitud de espiga. - Se tomó 20 plantas de la parte central de la parcela y se evaluó la longitud de espiga (cm) al momento de la cosecha.

Número de granos por espiga. - Se tomó 20 plantas y se evaluó la cantidad de granos por espiga al momento de la cosecha de las espigas consideradas en el paso anterior.

Peso de 1000 semillas. - se evaluó el peso de mil semillas (g) cuando se cumplió el proceso de la cosecha, de un total de lote mediante un separador de muestras.

Peso Hectolítrico.- Se tomó el peso hectolitrico (kg/hl) de las variedades y bloques del total del lote cosechado con una balanza hectolítrico.

Rendimiento. - Se pesó el grano (kg/parcela) cuando se terminó la cosecha de toda la unidad experimental.

Mérito económico. - Se obtuvo en base a los costos de producción y venta del producto

2.9 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Preparación del terreno

Se realizó una pasada de arado de discos y dos pasadas de rastra en forma cruzada dejando el terreno desterronado, mullido y nivelado, el surcado se realizó manualmente a una distancia 0.30 m. Esta se realizó el 2 de enero del 2013

Desinfección de la semilla

Luego de seleccionar la semilla se procedió a desinfectar con el producto Carboxin y Captan (Vitavax) a una dosis de 5 g/kg de semilla con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas, las semillas se humedecieron para luego espolvorear el producto removiendo constantemente hasta lograr que el producto cubra las semillas por completo por un tiempo de 3 a 5 minutos, finalmente se llevó a la sombra para el oreado.

Abonamiento

Las unidades experimentales (parcelas) recibieron un abonamiento de fondo fosfato di amónico y urea según la extracción del cultivo de cebada (3000 kg grano / ha), 125 N - 210 P₂O₅ - 10 K₂O. La mitad del abonamiento nitrogenado se aplicó a la siembra del cultivo y el resto de abonamiento en pleno macollamiento.

Siembra

La densidad de siembra fue de 120 kg/ha, depositando la semilla al fondo del surco a chorro continuo, finalmente se procedió al tapado con una pasada de azadón. Este procedimiento se realizó el 8 de enero del 2013.

Riegos

El primer riego se realizó inmediatamente terminado la siembra, el segundo al cuarto día después de la siembra, luego el intervalo de riego fue de dos veces por semana debido a la ausencia de precipitación, después los riegos se dieron a un intervalo de una vez por semana hasta la madurez fisiológica. El método de riego fue por aspersión.

Control de malezas

El deshierbo se realizó manualmente en dos oportunidades, el primero fue el 29 de enero y el segundo el 26 de febrero del 2013.

Control fitosanitario

Durante la emergencia de las plántulas se tuvo el problema del ataque de grillos, se fumigó el 24 de enero, en el espigado se tuvo el ataque de langostas en estado ninfa,

se fumigó el 19 de marzo y estado adulto, se fumigó el 21 de abril para lo cual se procedió a controlar con insecticida Cyperklin 25 CE.

Cosecha

Se realizó previa evaluación de la madurez de cosecha de los granos, se procedió a cortar los tallos de la cebada de cada parcela para llevarlos a secado en sombra, posterior trillado de granos y pesado. Esta labor se efectuó el 30 de mayo del 2013

2.10 ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de crecimiento y desarrollo se analizaron mediante estadística descriptiva, los caracteres de rendimiento se evaluaron utilizando el análisis de variancia, la prueba de Tukey de comparación de promedios y correlación de Pearson entre caracteres de interés con el rendimiento de grano.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Tabla 3.1. Peso fresco, peso seco y área foliar de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) según estado fenológico. Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

N° días después siembra	Estado	Peso fresco (g)/10 pl		Peso seco (g)/10 pl		Área foliar (cm ²)/10 pl	
		San Cristóbal	Tambo	San Cristóbal	Tambo	San Cristóbal	Tambo
16	1 hoja	0.802	0.877	0.129	0.120	1.476	0.700
18	2 hojas	1.897	1.407	0.288	0.241	5.254	5.025
22	3 hojas	2.954	2.897	0.446	0.399	11.934	12.659
32	Macollamiento	20.050	19.810	2.890	2.740	31.603	24.656
49	Encañado	73.430	121.147	13.755	25.623	67.748	88.931
67	Buche	107.420	137.260	45.200	32.100	178.372	191.018
71	Espigado	208.290	148.600	64.710	65.690	169.148	152.608
89	Lechoso	216.500	169.630	77.080	68.450	172.234	180.542
104	Pastoso	219.160	192.100	80.640	112.580	21.723	25.124
122	M fisiológica	238.500	218.700	119.300	113.740	34.173	31.934

El crecimiento como incremento de peso foliar fresco y peso foliar seco de la variedad San Cristóbal es mayor al crecimiento del cultivar Tambo, en el caso del incremento del área foliar el cultivar Tambo cumple una mejor performance comparada con la variedad San Cristóbal (tabla 3.1). En el peso fresco la variedad San Cristóbal alcanza 238.5 g. el cultivar Tambo logra 218.7 g. por planta a la madurez fisiológica. En el peso seco la variedad San Cristóbal alcanza 119.3 g el cultivar Tambo logró 113.7 g. a la madurez fisiológica. En ambas variedades de cebada el máximo área foliar se da en el estado de buche con 178.4 y 191 cm² para la variedad San Cristóbal y Tambo respectivamente. Las dos variedades de cebada

cumplen los estados fenológicos en las mismas fechas, la madurez fisiológica ocurre a los 122 días después de la siembra.

3.1.1 Peso fresco

El peso fresco por planta es mayor en la variedad San Cristóbal en los estados fenológicos espigado, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica, mientras que en los estados de encañado y buche el cultivar Tambo logra mayores valores, en general el crecimiento en peso fresco de la variedad San Cristóbal tiene mejor performance que el cultivar Tambo (figura 3.1). A la madurez fisiológica se alcanza un peso fresco de 238.5 y 218.7 g por planta para la variedad San Cristóbal y cultivar Tambo respectivamente. En ambas variedades la tendencia de crecimiento es cuadrática, con mejor ajuste del cultivar Tambo.

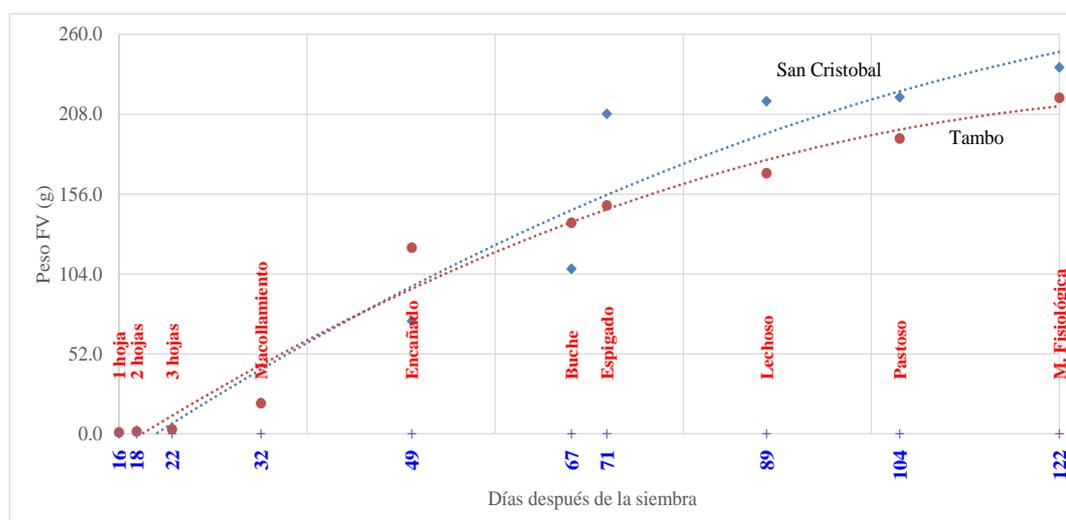


Figura 3.1. Peso fresco por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del arco 2772 msnm - Ayacucho

3.1.2 Peso seco

El peso seco por planta es mayor en la variedad San Cristóbal en los estados fenológicos buche, grano lechoso y madurez fisiológica, mientras que, en los estados de encañado, espigado y pastoso, el cultivar Tambo logra mayores valores, en general el crecimiento en peso seco de la variedad Tambo tiene mejor performance que la variedad San Cristóbal (figura 3.2). A la madurez fisiológica se alcanza un peso seco de 119.3 y 113.7 g por planta para la variedad San Cristóbal

y cultivar Tambo respectivamente. En las dos variedades la tendencia de crecimiento es lineal, con mejor ajuste del cultivar Tambo.

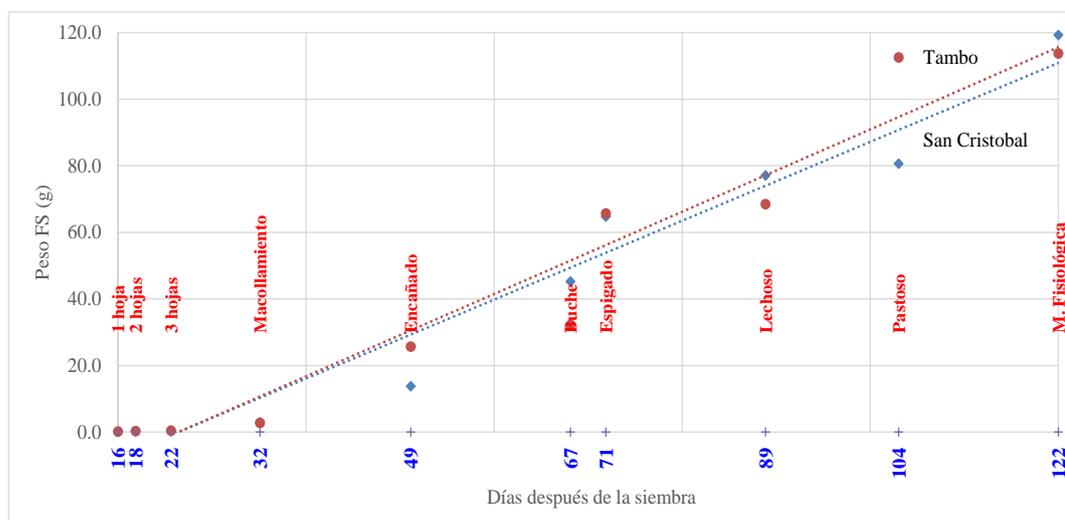


Figura 3.2. Peso seco por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del arco 2772 msnm - Ayacucho

3.1.3 Área foliar

El área foliar por planta es mayor en el cultivar Tambo en los estados fenológicos encañado, buche, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica, mientras que en los estados de macollamiento y espigado la variedad San Cristóbal logra mayores valores, en general el crecimiento en área foliar la variedad Tambo tiene ligeramente mejor performance que la variedad San Cristóbal (figura 3.3). El pico más alto área foliar se alcanza en el estado buche con 178.4 y 191.0 cm² por planta para la variedad San Cristóbal y cultivar Tambo respectivamente. En las dos variedades la tendencia de crecimiento es cuadrática.

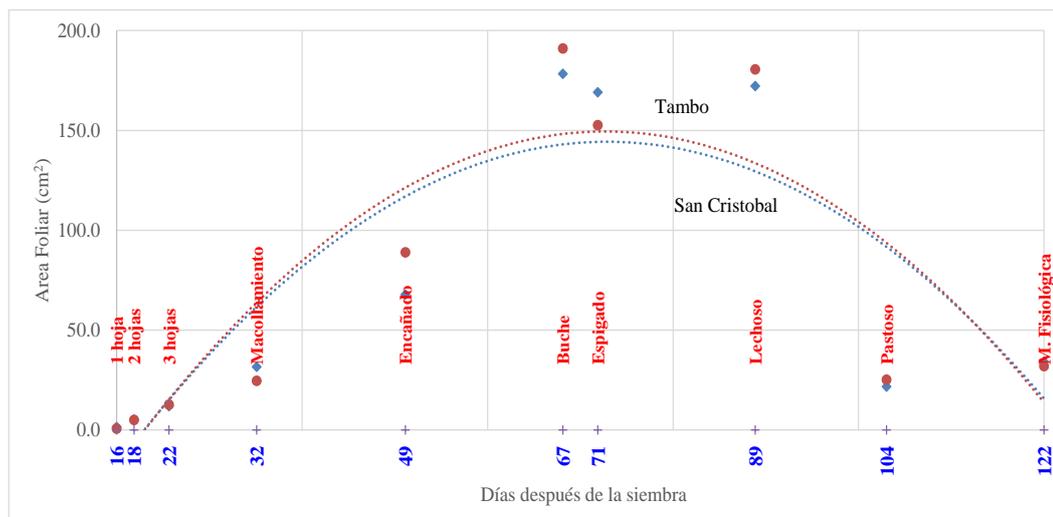


Figura 3.3. Área foliar por planta según estado fenológico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del arco 2772 msnm - Ayacucho

3.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

3.2.1 Altura de planta

Tabla 3.2. Análisis de variancia de la altura de planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	163.89	40.97	1.19	0.4346
Variedad	1	2.50	2.50	0.07	0.8008
Error	4	137.53	34.38		
Total corregido	9	303.92			
CV (%)	6.65				
Promedio	88.12				

No se encontró diferencia significativa para la altura de planta entre bloques y entre variedades, siendo el coeficiente de variación de 6.65 %, valor que se considera bueno. La altura de planta promedio de las variedades de cebada fue de 88.12 cm (tabla 3.2).

Tabla 3.3. Prueba de Tukey de la altura de planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Variedad	N	Altura de planta	Tukey 0.05
Tambo	5	88.62	a
San Cristóbal	5	87.62	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.3 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.2, muestra que no existe diferencia significativa en la altura de planta entre las variedades de cebada, siendo estas de 88.62 y 87.62 cm para el cultivar Tambo y San Cristóbal respectivamente. Las alturas de planta muestran uniformidad de las dos variedades, esta variable es de gran importancia debido a que a mayores alturas de planta son más susceptibles a la fisiopatía del tumbado (acame). Las dos variedades han mostrado muy poca susceptibilidad al tumbado presentándose solamente en un 5% de este problema fisiológico

Gómez y Marino (2006) explican que el nitrógeno incrementa el número y la longitud de tallo que compiten por la luz, agua, nutrientes del suelo y material fotosintetizado por el tallo principal. El tallo es generalmente de 5-7 nudos, los intersticios de longitud desigual. Los entrenudos más largos son de la parte superior. Dado que el crecimiento longitud de los entrenudos de plantas aumenta. Por tanto, son susceptibles al tumbado que disminuye tremendamente el rendimiento. Por lo mencionado se debe tener cuidado en el manejo de los niveles de abonamiento nitrogenado. La longitud de tallo es el factor de mayor importancia en la altura de planta, esto debido que en ella están las hojas que son componentes y responsables del llenado de grano.

3.2.2 Número de macollos

Tabla 3.4. Análisis de variancia del número de macollos por planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	0.56	0.14	0.38	0.8159
Variedad	1	2.60	2.60	7.01	0.0571
Error	4	1.48	0.37		
Total corregido	9	4.65			
CV (%)	17.66				
Promedio	3.45				

El número de macollos por planta no se diferencia significativamente entre bloques y entre variedades, la diferencia entre variedades se da si se considera valores de valor p menor a 0.06, sin embargo, se asumirá que no existe diferencia significativa, el coeficiente de variación fue de 17.66 %, valor que se considera bueno. El número de macollos por planta promedio de las variedades de cebada fue de 3.45 (tabla 3.4)

Tabla 3.5. Prueba de Tukey del número de macollos por planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Variedad	N	Nº macollos /planta	Tukey 0.05
Tambo	5	3.96	a
San Cristóbal	5	2.94	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.5 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.4, muestra que no existe diferencia significativa en el número de macollos por planta entre las variedades de cebada, siendo estas de 3.96 y 2.94 para el cultivar Tambo y San Cristóbal respectivamente.

El estado de macollo es de suma importancia en la cebada en esta se inicia la diferenciación del desarrollo vegetativo al reproductivo, estado donde se debe utilizar los herbicidas o el deshierbo manual, es el estado donde se inicia la formación del nudo formándose la pequeña espiga. A partir de los subnudos del eje principal se producen brotes secundarios llamados macollos, los cuales comienzan a emerger cuando las plantas presentan tres hojas; en la medida que crecen van generando su propio sistema de raíces, logrando así independizarse de la planta que les dio origen. La cebada presenta una producción de macollos similar a la del trigo, obteniéndose en el caso de las cebadas primaverales, que son las más cultivadas en Chile, un promedio de dos a tres macollos por planta. Sin embargo, la muerte de macollos más pequeños, una vez que se inicia la floración en el tallo principal, y la competencia por luz que se genera sobre los macollos que se encuentran atrasados en su desarrollo, determinan que en promedio 2 a 3 macollos.

(http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/macollo.htm)

En el presente experimento se alcanzó entre 2 a 4 macollos, proporcionando al cultivo una aceptable productividad.

García del Moral (1983) sostiene que las formaciones de tallos se encuentran influenciada principalmente por el genotipo y el clima, se ve favorecido por elevadas intensidades luminosas y la humedad, así como por la fertilidad del suelo. El desarrollo de los brotes parece estar regulado por el equilibrio hormonal de la planta y el suministro de asimilados.

3.2.3 Número de espigas por planta

Tabla 3.6. Análisis de variancia del número de espigas por planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm - Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	0.80	0.20	0.45	0.7706
Variedad	1	1.02	1.02	2.31	0.2035
Error	4	1.78	0.44		
Total corregido	9	3.60			
CV (%)	21.49				
Promedio	3.10				

No se encontró diferencia significativa para el número de espigas por planta entre bloques y entre variedades, siendo el coeficiente de variación de 21.49 %, valor que se considera aceptable. El número de espigas por planta promedio de las variedades de cebada fue de 3.10 (tabla 3.6)

Tabla 3.7. Prueba de Tukey del número de espigas por planta de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm - Ayacucho

Variedad	N	Nº espigas /planta	Tukey 0.05
Tambo	5	3.42	a
San Cristóbal	5	2.78	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.7 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.6, muestra que no existe diferencia significativa en el número de espigas por planta entre las variedades de cebada, siendo estas de 3.42 y 2.78 para el cultivar Tambo y San Cristóbal respectivamente.

La variable en mención coincide con el número de macollos por planta, esta evaluación se efectuó a la madurez fisiológica. Guberac (2000) menciona que una buena productividad de cebada se alcanza con un número de espigas por planta entre 2 a 3. Los resultados obtenidos en el experimento coinciden para una buena producción de cebada en grano

3.2.4 Longitud de espiga

Tabla 3.8. Análisis de variancia de la longitud de espiga de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc	
Bloque	4	1.75	0.44	7.02	0.0428	*
Variedad	1	0.00	0.00	0.00	1.0000	
Error	4	0.25	0.06			
Total corregido	9	2.00				
CV (%)	4.50					
Promedio	5.56					

No se encontró diferencia significativa para la longitud de espiga entre variedades y en la fuente de variación bloques se tiene diferencia significativa, siendo el coeficiente de variación de 4.50 %, valor aceptable. La longitud de espiga promedio por planta de las variedades de cebada fue de 5.56 cm (tabla 3.8). La respuesta nos indica gran uniformidad de longitud de espiga entre los cultivares Tambo y San Cristóbal

Tabla 3.9. Prueba de Tukey de la longitud de espiga de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm -Ayacucho

Variedad	N	Longitud de espiga	Tukey 0.05
Tambo	5	5.56	a
San Cristóbal	5	5.56	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.9 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.8, muestra que no existe diferencia estadística en la longitud de espiga por planta entre las variedades de cebada, siendo estas de 5.56 cm para las dos variedades.

Las variedades de cebada de seis hileras tienen una menor longitud de espiga en comparación con las variedades de dos carreras.

Sulca (1983) en un trabajo de investigación de cuatro variedades de cebada en dos localidades alto andinas, Arizona (3400 m.s.n.m) y Allpachaka (3450 m.s.n.m), encontró que las espigas de las variedades Abisinia y común, tuvieron mayor longitud; 6 a 6.8 cm., Mientras zapata y la UNA 80 Tuvieron longitudes que oscilan entre 4.3 a 4.5 cm. Además, se encontró que cada espiga tenía entre 35-51 granos. Estos resultados en variedades de cebada de seis hileras. Estos trabajos se asemejan a los obtenidos en el presente, aunque con un mayor valor de longitud; esto debido a la conducción adecuada, buen manejo en el riego y a las condiciones de un mayor promedio en la temperatura.

3.2.5 Número de granos por espiga

Tabla 3.10. Análisis de variancia del número de granos por espiga de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	146.07	36.52	2.09	0.2463
Variedad	1	2.40	2.40	0.14	0.7296
Error	4	69.87	17.47		
Total corregido	9	218.35			
CV (%)	7.81				
Promedio	53.49				

No se encontró diferencia significativa para el número de granos por espiga entre bloques y entre variedades, siendo el coeficiente de variación de 7.81 %, valor

aceptable. El número de granos por espiga promedio de las dos variedades fue de 53.49 (tabla 3.10)

Tabla.3.11. Prueba de Tukey del número de granos por espiga de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Variedad	N	Nº granos /espiga	Tukey 0.05
Tambo	5	53.98	a
San Cristóbal	5	53.00	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.11 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.10, muestra que no existe diferencia significativa en el número de granos por espiga entre las variedades de cebada, siendo estas de 53.98 y 53.00 para las variedades Tambo y San Cristóbal respectivamente. El número de granos por espiga es el componente de mayor importancia que está relacionada fuertemente con el rendimiento

Si bien la determinación del rendimiento ocurre durante todo el ciclo del cultivo, no todas las etapas tienen la misma importancia para la definición del rendimiento ante variaciones en la oferta de recursos. Dentro de la etapa encañazón-espigazón-antesis se encuentra el período crítico para la determinación del rendimiento tanto en trigo como en cebada. En dicho período se está determinando el principal componente del rendimiento, el número de granos por unidad de área (NG), como así también el peso potencial de estos granos. Considerando los subcomponentes del NG, el número de espigas/m² (NEP) depende de la supervivencia de macollos, mientras que el número de granos por espigas (NG/esp) está relacionado con la supervivencia de flores y el cuaje de granos. A su vez, el tamaño de los ovarios de las flores influye sobre el peso final de los granos (Calderini et. al. 2001), flores más grandes resultan en granos de mayor peso potencial. Durante este período crítico el cultivo debe contar con una adecuada disponibilidad de recursos para maximizar la determinación de estos componentes del rendimiento. El período crítico en trigo se ubica, dependiendo de las condiciones ambientales, desde

aproximadamente 3 semanas previas hasta 1 semana posterior a la antesis (Fischer 1985). En cebada ocurre más temprano abarcando aproximadamente las 4 semanas previas a antesis o aparición de las aristas (Arisnabarreta y Miralles, 2008). Esta pequeña diferencia radica en la plasticidad reproductiva de estos cultivos. El trigo tiene una espiga más plástica que cebada, dado que diferencia muchas flores por espiguilla, alcanzando entre 2 y 5 flores fértiles, mientras que cebada tiene una mayor capacidad de macollaje. Por lo tanto, en trigo la determinación del número de granos, depende tanto del número de espigas por planta.

García (2012) menciona que, dada la relevancia del período crítico, la mayoría de las medidas de manejo tienen como objetivo maximizar la tasa de crecimiento del cultivo durante dicho período. La elección de la fecha de siembra procura ubicar el período crítico en el mejor ambiente fototermal (alta radiación y moderada temperatura) e hídrico posible, evitando la ocurrencia de estreses abióticos como heladas, anegamiento o golpes de calor. La densidad de siembra debe asegurar la máxima captura de los recursos disponibles previo al inicio del período crítico, reduciendo el impacto de factores bióticos (por ejemplo, generación de microambiente proclive a la aparición de enfermedades) y/o abióticos (por ejemplo, fuerte consumo de agua en etapas previas en un ambiente con probable déficit hídrico o producción de tallos de diámetro reducido propensos al vuelco). Bajo condiciones libres de estreses el cultivo debe interceptar más del 95% de la radiación

Sulca (1983) en un trabajo de investigación, en el estudio de cuatro variedades de cebada en dos localidades alto andinas, Arizona (3400 m.s.n.m) y Allpachaka (3450 m.s.n.m), encontró que las espigas de las variedades Abisinia y común, tuvieron mayor longitud; 6 a 6.8 cm., Mientras zapata y la UNA 80 Tuvieron longitudes que oscilan entre 4.3 a 4.5 cm. Además, se encontró que cada espiga tenía entre 35 a 51 granos. Valores que pertenecen a cultivares de dos hileras y seis hileras.

3.2.6 Peso de 1000 semillas

Tabla 3.12. Análisis de variancia del peso de mil semillas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	92.18	23.05	2.61	0.1876
Variedad	1	12.72	12.72	1.44	0.2961
Error	4	35.30	8.83		
Total corregido	9	140.21			
CV (%)	5.93				
Promedio	50.12				

No se encontró diferencia significativa para el peso de 1000 semillas entre bloques y entre variedades, siendo el coeficiente de variación de 5.93 %, valor que se considera bueno. El peso de 1000 semillas promedio de las variedades de cebada fue de 50.12 g (tabla 3.12)

Tabla 3.13. Prueba de Tukey del peso de mil semillas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Variedad	N	Peso 1000 semillas (g)	Tukey 0.05
Tambo	5	51.25	a
San Cristóbal	5	48.99	a

La prueba de Tukey de la tabla 3.13 al igual que el análisis de variancia de la tabla 3.12, muestra que no existe diferencia significativa en el peso de 1000 semillas entre las variedades de cebada, siendo estas de 51.25 y 48.99 g para el cultivar Tambo y San Cristóbal respectivamente.

Miranda (1986) reporta en su trabajo de investigación realizad en Canaan Ayacucho, en estudio de cuatro variedades de cebada que el peso de 1000 semillas oscila entre 43.15 a 39.89 gr.

Sulca (1983) en un trabajo de investigación que realizó en Arizona y Allpachaka reporta que la variedad UNA 80, Común y Zapata, registraron pesos de 49.45, 45.45 y 44.7 gr.

El peso de 1000 semillas agrónomicamente está relacionado con el rendimiento de grano y esta expresado en la siguiente formula:

$$\text{Kg/ha} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de espigas/m}^2 \times \text{N}^\circ \text{ granos/espiga} \times \text{peso de 1000 semillas} \times 100}{1000\text{m}^2}$$

3.2.7 Peso hectolítrico

Tabla 3.14. Análisis de variancia del peso hectolítrico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm - Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	0.40	0.10	1.00	0.5000
Variedad	1	1.23	1.23	12.25	0.0249 *
Error	4	0.40	0.10		
Total corregido	9	2.03			
CV (%)	0.54				
Promedio	58.45				

No se encontró diferencia significativa para el peso hectolítrico entre bloques, entre variedades se encontró diferencia significativa, siendo el coeficiente de variación de 0.54 %, demostrando que este carácter es bastante estable pues este coeficiente es bajo. El peso hectolítrico promedio de las variedades de cebada fue de 58.45 kg/hl (tabla 3.14)

Tabla 3.15. Prueba de Tukey del peso hectolítrico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772msnm - Ayacucho

Variedad	N	Peso hectolítrico	Tukey 0.05
Tambo	5	58.50	a
San Cristóbal	5	57.80	b

El cultivar Tambo posee el mayor peso hectolítrico que fue de 58.50 kg/hl, mientras que la variedad San Cristóbal tiene 57.80 kg/hl, esta pequeña diferencia significativa se debe a que este carácter fue bastante homogéneo y el coeficiente de variación también fue muy bajo.

Camacho *et al* (2001) menciona en un experimento conducido en México sobre la evaluación de seis variedades cebada respecto a la densidad del grano. El límite mínimo de peso hectolítrico permitido por la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 para la cebada de seis hileras es 56 Kg/HL. Todas las variedades están por arriba del límite mínimo (60.8-77.6 Kg/HL). Lo cual representa que entre mayor sea el peso hectolítrico mayor es el rendimiento de la cebada y a su vez mayor calidad. Tomando como base lo anterior la variedad, Pastor Ortiz es la que tiene mayor rendimiento y calidad, por tener el mayor peso hectolítrico (77.6 Kg/HL). Sin embargo, la de menor rendimiento entre las variedades y es una cebada cervecera de dos hileras.

Romero, (1978) encuentra los siguientes promedios de peso hectolitrico en el valle del Mantaro 32.8kg a 50.8kg/ Hl.; en Cuzco 37.8 y 59.6 Kg/Hl.

Ascue (1999) reportó en una investigación realizada en comparar cuatro variedades de cebada en dos pisos altitudinales, Wallapampa – Ayacucho, que el peso hectolitrico fluctúa 59 kg a 63.2 kg/Hl. Los resultados expuestos en cuanto al peso hectolitrico de la cebada de seis hileras cumplen con los valores mencionados. Por tanto, podemos afirmar que los cultivares de cebada Tambo y San Cristóbal son de óptima calidad tratándose de variedades de seis hileras (*Hexastichum*)

3.2.8 Rendimiento de grano

Tabla 3.16. Análisis de variancia del rendimiento de grano de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm - Ayacucho

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Fc	Pr > Fc
Bloque	4	5.88	1.47	2.05	0.2523
Variedad	1	10.36	10.36	14.43	0.0191 *
Error	4	2.87	0.72		
Total corregido	9	19.11			
CV (%)	14.66				
Promedio	5.78				

Para el carácter rendimiento de grano por hectárea no se encontró diferencia significativa entre bloques, se encontró diferencia significativa entre variedades, siendo el coeficiente de variación de 14.66 %, valor considerado adecuado para investigaciones conducidas en campo experimental (tabla 3.16)

Tabla 3.17. Prueba de Tukey del rendimiento de grano de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm - Ayacucho

Variedad	N	Rendimiento	Tukey 0.05
Tambo	5	6.80	a
San Cristóbal	5	4.76	b

La diferencia del rendimiento de grano de cebada entre el cultivar Tambo y la variedad San Cristóbal se tiene en la tabla 3.17, el cultivar Tambo logra el mayor promedio que fue de 6.80 tn/ha y el rendimiento de la variedad San Cristóbal fue de 4.76 tn/ha, está mejor performance del cultivar Tambo con diferencia de 2.04 tn/ha demuestra la gran aptitud productiva de este cultivar en condiciones de Pampa del Arco.

Sulca (1983) reporta rendimientos de 4143 tn/ha en un estudio comparativo del rendimiento de cuatro variedades de cebada en dos comunidades altoandinas de Ayacucho. Las variedades utilizadas fueron de seis hileras UNA 80 y Zapata

Romero (1978) obtiene promedios de 3161 tn/ha, en un estudio comparativo de cebada; asimismo, muy superiores a los resultados obtenidos por Porres (1980), en una dosis de abonamiento de N-P-K (60-40-30) y densidad de siembra de 100 tn/ha en cangallo que alcanzó a 3104 tn/ha.

Prats y Grandcourt (1969) mencionan que el periodo de la maduración, depende de la evapotranspiración potencial, porque si es elevado, débil será la fotosíntesis en las últimas hojas, la cual hace disminuir sensiblemente el valor del peso de 1000 semillas; por tanto, si mediante la aplicación tardía del nitrógeno se prolonga la actividad funcional de las últimas hojas, el rendimiento podrá incrementarse.

Romero (1978) señala que la variación de los rendimientos de un lugar a otro y de un año a otro para la misma variedad son condicionados por a la gran variedad de microclimas y suelos. La humedad relativa temperatura y precipitaciones, influyen en la actividad fisiológica de las plantas, dando como resultado final un mayor y/o menor rendimiento según la acción positiva y negativa de todo el complejo de factores.

Gonzales (2001) afirma que la reducción en el rendimiento del grano en condiciones de estrés respecto al control con riego es importante. Los caracteres fenológicos y agronómicos que más influyen en la mejora del rendimiento en condiciones de estrés son: la precocidad, duración del llenado del grano, el peso de mil granos y el índice de cosecha. Por tanto, estos son los caracteres más interesantes a tener en cuenta en un programa de selección para mejorar el rendimiento en condiciones de sequía en cebada.

Existe un mecanismo de equilibrio del rendimiento entre los genotipos de dos y de seis carreras por el que se compensan el número de espigas por metro cuadrado y

el peso de mil granos mayores en los genotipos de dos carreras con el número de granos por espiga mayor en los genotipos de seis carreras. Los altos rendimientos encontrados en experimento conducido por el suscrito son debidos básicamente a la conducción bajo sistema de riego por goteo, evitando de este modo el estrés hídrico.

Los factores de regularidad de los rendimientos se pueden citar entre los más importantes tenemos:

Precocidad: es muy importante prestar atención a este factor, aunque la cebada es muy precoz, como tal especie, pero se presentan diferencias sensibles entre variedades. Dentro de los límites lógicos, marcados por las fechas medias en que se presentan heladas tardías, es preferible cultivar la variedad más precoz posible. La adecuada precocidad permitirá una mayor resistencia a la sequía.

Encamado: en general, la cebada es más sensible al encamado que el trigo. Deberá prestarse especial atención a este carácter, ya que, en tierras con suficiente fertilidad, en años lluviosos, el encamado puede producir disminución de la cosecha y favorecerá que se presenten problemas en la recolección.

Resistencia al frío: en general, las cebadas de ciclo corto son sensibles al frío, aunque existen diferencias varietales. Al sembrarse al final del invierno en zonas frías, generalmente, pueden escaparse de este accidente.

Resistencia a enfermedades y otros accidentes, la cebada frente a otros cultivos presenta mayor rusticidad.

(<http://canales.hoy.es/canalagro/datos/herbaceos/cereales/cebada.htm>)

más baja del cultivo quedan tapadas en un ambiente enmarañado y el cultivo se hace más susceptible a plagas y enfermedades. Durante las primeras etapas del encañado, el encamado tiene relativamente poco efecto sobre el rendimiento ya que el cultivo se puede enderezar retomando la estructura de la cubierta. Los nudos del

El rendimiento de grano de la cebada está asociado con alta significación estadística con el número de macollos por planta ($r = 0.798$) y el número de espigas por planta ($r = 0.813$), estas correlaciones son positivas lo que quiere decir que a mayor número de macollos por planta y número de espigas por planta el rendimiento se incrementa significativamente, en ese sentido el cultivar Tambo tiene el potencial adecuado en ambos caracteres aunque en el presente estudio no tiene diferencia significativa con la variedad san Cristóbal.

3.3 MÉRITO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

La tabla 3.19 muestra la rentabilidad de la cebada está basada en los costos de producción, rendimiento de grano de las variedades, precio por kg de grano y la utilidad neta. Los valores de rentabilidad obtenida fueron mayores para el cultivar Tambo con un valor de 225% valor considerado como una buena rentabilidad.

En la actualidad la cebada está tomando un impulso grande en la alimentación animal mediante la producción de forraje verde hidropónico, que es el proceso de germinación de granos de cereales y destinadas para alimentos de animales. El forraje hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 20 días) captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva., dependiendo las especies a la que queremos alimentar en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello.

Tabla 3.19 Costo de producción, rendimiento y rentabilidad de dos variedades de cebada. (*Hordeum vulgare* L.) Pampa del Arco 2772 msnm – Ayacucho

Variedad	Costo Producción	Rdto Kg/ha	Precio S/ kg	Valor Venta	Utilidad Neta	Renta. %
Cultivar Tambo	3469.30	6800	1.5	10200.0	7815.7	225
Variedad San Cristóbal	3469.30	4760	1.5	7140.0	4755.7	137

CONCLUSIONES

1. El incremento del área foliar el cultivar Tambo cumple una mejor performance comparada con la variedad San Cristóbal. En el peso fresco la variedad San Cristóbal alcanza 238.5 g, mientras que el cultivar Tambo logra 218.7 g. por planta a la madurez fisiológica. En el peso seco la variedad San Cristóbal alcanza 119.3 g. el cultivar Tambo logró 113.7 g. a la madurez fisiológica. En ambas variedades de cebada el máximo área foliar se da en el estado de buche con 178.4 y 191 cm² para la variedad San Cristóbal y Tambo respectivamente. Las dos variedades de cebada cumplen los estados fenológicos en las mismas fechas, la madurez fisiológica ocurre a los 122 días después de la siembra.
2. En la altura de planta no existe diferencia entre las variedades de cebada, siendo estas de 88.62 y 87.62 cm para el cultivar Tambo y San Cristóbal. El número de macollos por planta entre las variedades, existe diferencia significativa siendo estas de 3.96 y 2.94 para el cultivar Tambo y San Cristóbal. En el número de espigas por planta entre las variedades mostraron diferencia numérica, siendo estas de 3.42 y 2.78 para el cultivar Tambo y San Cristóbal. La longitud de espiga variable relacionada con el rendimiento, muestra que no existe diferencia significativa, siendo estas de 5.56 cm para las dos variedades. En el número de granos por espiga entre las variedades, expresaron valores de 53.98 y 53.00 para Tambo y San Cristóbal. El peso de 1000 semillas entre las variedades mostró valores de 51.25 y 48.99 g para el cultivar Tambo y San Cristóbal. El cultivar Tambo posee el mayor peso hectolítrico que fue de 58.50 kg/hl, la variedad San Cristóbal tiene 57.80 kg/hl. En el rendimiento de grano, el cultivar Tambo mostró una superioridad con 6.80 tn/ha frente a la San Cristóbal que expresó un promedio de 4.76 tn/ha.

3. El mérito económico fue favorable para el cultivar Tambo con 225 % de rentabilidad frente al cultivar San Cristóbal que reportó 137 % de rentabilidad.

RECOMENDACIONES

1. El cultivar Tambo es un genotipo de buenas características y con altos rendimientos se deberá evaluar en otros ambientes para determinar su plasticidad fenotípica
2. Bajo las condiciones ambientales donde se condujo el experimento recomendar la siembra del cultivar Tambo por su mérito económico alcanzado.
3. Al ser un cultivar de seis hileras evaluar el comportamiento del cultivar Tambo en la elaboración de morón cuyo consumo directo está popularizado en región andina
4. Producir semilla de calidad y garantizada dentro de un plan de semillero de la cultivar Tambo

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AGRO INVERSIONES S.A, 2010, Manual cervecera. Santiago, CI.41 p.
2. ARISNABARRETA S, MIRALLES DJ. 2008 Periodo crítico para el establecimiento del número de granos de cebada.
3. ASCUE, S. 1999. Informe de práctica. “Comparativo de cuatro variedades de cebada en dos pisos altitudinales, Pukuilca 3100 m.s.n.m. Y Wallapampa a 2450 m.s.n.m. Ayacucho”.
4. CALDERINI DF, ABELEDO LG, SLAFER GA (2001). Madurez fisiológica en trigo basado en kernel.
5. CAMACHO, R. N., DÍAZ, G. M., SANTILLO, H. M. Y VELÁSQUEZ M. O. (2001). Productos de cereales y leguminosas “Manual de prácticas”. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. pp. 1-12, 40-46
6. CARDENAS, G. 1999. Selección de cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por su resistencia a sequía. Tesis de Ing. Agro. Universidad Nacional de San Agustín. Carrera Profesional de Agronomía. Arequipa, Perú. 98 p
7. CHASE, A, 1971. Primer libro de las gramíneas. Caracas, VE. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, p.6-10
8. GARCIA, G 2012 Eco fisiología de los Cereales de Invierno. Curso Internacional- Red METRICE, CYTED. Universidad de la República de Uruguay. Consultas Web:
9. GARCIA DEL MORAL. 1983. Efectos de la salinidad sobre la cebada segunda edición. Madrid – España.
10. GARÓFALO, J. 2012. Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada (Tesis Pregrado). Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador
11. GIMENEZ, F. Y TOMASO, J.C. 2004. Mejoramiento genético: producción de haploides duplicados. IDIA XXI, 4(6): 217-219. [en línea]
12. GOMEZ, Z. 2001. “Niveles de abonamiento y densidad de siembra en el rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare*), Variedad UNA – 80 y relación porcentual con parcelas demostrativas”, en Canaán Ayacucho-Perú.
13. GÓMEZ, A. 2008. Plagas de las semillas recolectadas en el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. En: La Biodiversidad

- Agrícola. Conservación, Caracterización y políticas. Actas del Simposio Internacional de Conservación de la Biodiversidad Agrícola.
14. GOMEZ, P. y MARINO, R. 2002. "Cultivo de cebada en el Perú" UNAM. La Molina. Lima- Perú.
 15. GOMEZ, P. Y MARINO, R. 2006, "Manual de cultivo de cebada" UNAM. La Molina. Lima - Perú.
 16. GONZALES, A 2001, Estudio de Caracteres Fenológicos, Agronómicos, Morfológicos Y Fisiológicos En Relación con la Tolerancia al Estrés Hídrico en Cebada. Memoria presentada para optar el grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas.
 17. GUBERAC, J.; MARTINIC, S Y ROZMAN, V. 2000. Grain yield components of winter new cultivars in correlation with sowing rate. Cereal Res. Comm. 28: 307-314.
 18. IBAÑEZ, A. 19. MAURI ABLANQUE P. V.; VERGARA GARCÍA, G. 2010. Variedades del IMIA: cebada. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria (IMIA). Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid.
 19. IBAÑEZ Y AGUIRRE. 1983. Manual de práctica de fertilidad de suelos. UNSCH. Ayacucho- Perú.
 20. MIRANDA, I. 1986. Estudio factorial de variedades (4), por fertilización Nitrogenada (3), por fertilización Fosfatada (3) en el cultivo de Cebada *Hordeum vulgare* (Canaán 2750 m.s.n.m). Tesis Ing. Agrónomo UNSCH – Ayacucho
 21. MONT, K. y FERNANDEZ, R. 1978. Fitopatología Agrícola Tomo. II, UNAM. La Molina, Lima- Perú.
 22. MOLINA. 1989. Ministerio de Agricultura. Ediciones. MUNDI – PRENSA. España.
 23. O.N.E.R.N. 1979 "Mapa ecológico del Perú". Lima. Perú.
 24. PALACIOS O., J, y ESPINOZA, Z. P. 1981. Los cereales, proyecto del fomento de la producción de cebada y otros cereales como sustituto del trigo- en la alimentación humana. Ministerio de agricultura. I y II curso de cereales en Cusco y Cajamarca. Perú.

25. PRATS, J. y GRANDCOURT. 1969. "Los cereales". Edit. Mundi- Prensa. Madrid- España.
26. RASMUSOON.1985. Cebada Sociedad Americana de Agronomia: Editores , Madison Wisconsin 522p
27. ROMERO, L.M. 1978. "Mejoramiento de la calidad industrial de la cebada en el Perú. UNAM. La Molina. lima- Perú.
28. ROMERO, M. Y GÓMEZ, L. 1996. Cultivo de la cebada en el Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Cereales. Lima – Perú. Pag. 43
29. STAPPER, M. & FISCHER, RA. 1990b. Genotipo, fecha de siembra e influencia del espaciamiento de las plantas en el trigo de riego de alto, rendimiento y uso de nitrógeno. Aust. J. Agric. Res, 41: 1021- 1041.
30. SULCA, P. 1983, Comparativo de rendimiento de cuatro variedades de cebada, en dos comunidades altoandinas (3400 - 3650 m.s.n.m.) de Ayacucho- Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo, UNSCH.

ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción de una hectárea de cebada en Ayacucho Pampa del Arco a 2772 msnm

DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT	PRECIO UNIT	SUB TOTAL	VALOR TOTAL
I. COSTOS DIRECTOS					
A. MANO DE OBRA					
					S/ 560.0
1.Preparación de terreno					
Arado	Maq	1	200.0	200.0	
Rastra	Maq	5	40	200.0	
Surcado	jornal	8	20	160.0	
2. siembra					
Desinfección de semilla	Jornal	0.25	10	10.00	
Siembra manual	Jornal	2	20	40.0	
Tapado semilla	Maq	1	60	60.0	
3.labores culturales					
Riegos (aspersión)	jornal	6	20	120.0	
Deshierbo (2 veces)	Jornal	16	20	320.0	
Primer y segundo abonamiento	Jornal	3	20	60.0	
Fumigado	Jornal	5	20	100.0	
4.Cosecha					
Corte y siega	Jornal	6	20	120.0	
Carguio	Jornal	3	20	60.0	
Trillado	Jornal	8	20	160.0	
Venteadado	Jornal	8	20	160.0	
Ensayado y comercialización	Jornal	1	20	20.0	
B. INSUMOS					
					s/. 2205.0
1.Semillas					
Compra de semillas	Kg	120	2.5	300.0	
Vitavax	Lt	1	300	300.0	
Ciperclin	Lt	0.5	55.00	55.00	
2. Fertilización					
Urea	Kg	100	2.00	200.0	
Fosfato di amonico	Kg	587	2.3	1350.0	
C.TRANSORTE Y OTROS					
					s/. 330.0
Transporte de insumos	Kg	300	1.0	300.0	
Costales	Unid	30	1.0	30.0	
II. COSTOS INDIRECTOS					
					s/. 274.3
Asistencia técnica 5% C.D.				0.00	105.5
Gastos Administrativos 3% C.D.				0.00	63.3
Imprevistos 5% C.D.				0.00	105.5
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCION					S/ 3469.30

Anexo 2. Datos biométricos de la evaluación vegetativa y reproductiva de la Cebada. Pampa del Arco 2772 msnm

Variedad	Bloque	Altura de planta	numero de macollos/planta	numero de espigas/planta	longitud de espiga
		cm			Cm
S Cris	b1	90.5	3.3	3.1	5.5
S Cris	b2	94.5	2.6	2.6	5.1
S Cris	b3	73.0	2.6	2.3	5.7
S Cris	b4	92.8	3.3	3.1	5.4
S Cris	b5	87.3	2.9	2.8	6.1
Tambo	b1	87.3	3.1	2.4	5.5
Tambo	b2	89.5	4.8	4.3	5.1
Tambo	b3	87.8	3.7	3.3	5.2
Tambo	b4	88.5	4.1	3.2	5.4
Tambo	b5	90.0	4.1	3.9	6.6

Anexo 3. Datos biométricos de las variables de rendimiento de la Cebada. Pampa del Arco 2772 msnm

Variedad	Bloque	Peso de 1000 semillas	Peso hectolítrico	Nº plantas/m2	Rendimiento
		g	kg/hl		tn/ha
S Cris	b1	48.32	58.50	75	5.459
S Cris	b2	50.05	58.50	90	5.439
S Cris	b3	42.53	59.00	75	3.553
S Cris	b4	49.42	58.00	67	4.601
S Cris	b5	54.64	58.50	62	4.764
Tambo	b1	56.17	58.00	99	6.222
Tambo	b2	48.07	58.00	92	8.54
Tambo	b3	47.5	57.50	92	6.398
Tambo	b4	51.33	57.50	68	5.298
Tambo	b5	53.17	58.00	61	7.536

Anexo 4. Panel fotográfico

Foto 01 preparación del terreno agrícola



Foto 02 .crecimiento de cebada



Foto 03. crecimiento de cebada



Foto 04. abonamiento de cebada



Foto 05. macollamiento de cebada



Foto 06. macollamiento de cebada tambo



Foto 07 espigado de cebada



Foto 08 madurez de cosecha de la cebada



Foto 09 cosecha de la cebada san cristóbal y tambo



Foto 10 espiga de la cebada san cristóbal



Foto 11 espiga de la cebada tambo

