

# 3

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# EFECTO DE CUATRO ESPACIAMIENTOS ENTRE SURCOS EN LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y BIOMASA SECA CON FINES DE COBERTURA EN CEREALES DE INVIERNO EN ALGARROBAL MUNICIPIO DE YACUIBA

---

\*Recibido: 28 de Octubre de 2022 \*Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

---

**Autor:**

<sup>1</sup> **Sulca Rivera Franz Dany**

**Co autor:**

<sup>2</sup> **Sulca Rivera Leonel Adan**

<sup>1,2</sup> Ingeniería Agronómica

Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología  
UAJMS.

Correspondencia de los autores:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.  
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

## RESUMEN

El departamento de Tarija y principalmente la región del Gran Chaco, es la principal productora de soya, maíz y en los últimos años de trigo; Sin embargo, se observan bajos rendimientos y mala calidad del grano debido a factores climatológicos adversos como a la degradación física y química del suelo. El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de cuatro espaciamientos de siembra entre surcos en la producción de grano y biomasa seca con fines de cobertura en cereales de invierno en las condiciones edafoclimáticas de la zona de Algarrobal. El ensayo fue establecido bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres reiteraciones donde se utilizó 4 especies y 4 espaciamientos (15, 20, 25 y 30 cm) entre surcos.

Según los resultados el mayor rendimiento de biomasa seca para fines de coberturas se logró con las especies triticales y trigo sembradas a 30 y 20 cm entre surcos con 7,51 y 5,06 t/ha, mientras que para grano comercial la mayor producción presentó el trigo y cebada con rendimientos de 3,10 y 2,79 t/ha en el espaciamiento de 20 cm entre surcos. De manera general el triticales mostró el mejor rendimiento en biomasa seca y el trigo en producción de grano, expresando además un B/C de 3,35 con una ganancia de 2,35 adicionales por cada boliviano invertido.

**Palabras Claves:** grano y biomasa seca, espaciamiento de surcos, cereales.

## INTRODUCCIÓN

Los cereales constituyen la fuente de alimentación más importante de la humanidad, son la base del nacimiento de la agricultura e históricamente han estado asociados al origen de la civilización y cultura de todos los pueblos. Los cereales forman un conjunto de plantas herbáceas, cuyos granos o semillas se emplean para la alimentación humana y animal. Se estima que un tercio de los cereales producidos en el mundo se destinan a la alimentación de los animales, constituyéndose en uno de los componentes esenciales dentro de una planificación estratégica de alimentación.

Según la (FAO 2018), la producción mundial de cereales en el año 2018 ascendió a 2 609 millones de toneladas (incluido el arroz elaborado), es decir, 2,8 millones de toneladas menos respecto del informe anterior.

Gómez et al (2014), menciona que en un ensayo sobre efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares (LYN y BIO) de trigo (*Triticum aestivum L.*) realizado en la EEA INTA Marcos Juárez de Córdoba – Argentina el año 2013, la variedad BIO alcanzó el mayor rendimiento con 3700 kg/ha, a espaciamientos de 20 y 25 cm; y el menor rendimiento (2500 kg/ha) se logró con los espaciamientos 40 y 52 cm.

Según Quiroz (2010), el rendimiento y producción de biomasa del trigo, cebada y triticale bajo riego y secado en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), fue de 10,5; 10,9 y 12,8 t/ha respectivamente.

Los cereales de invierno son cultivos extensivos que se presentan como alternativa en Bolivia, esto es debido a su potencial productivo, su adaptación a las condiciones climáticas, rusticidad, facilidad de almacenamiento, los granos pueden ser consumidos en forma por las personas y animales, directa o procesados, también se emplean como forraje verde o seco.

Venegas (2016), en un trabajo sobre evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota, en La Paz – Bolivia, observó que la variedad Sw-Kerstin para una densidad de 100 kg/ha, presentó el mayor rendimiento en grano con 4811 kg/ha, la misma variedad sembrada con 80 kg/ha llegó a producir 3167 kg/ha. En tanto la variedad Sang para la densidad de 100 kg/ha obtuvo 4204 kg/ha; para la densidad de 80 kg/ha produjo 3705 kg/ha. Finalmente, la variedad Urano (testigo) para la densidad de 100 kg/ha obtuvo un rendimiento de 4126 kg/ha y para la densidad de 80 kg/ha rindió 3956 kg/ha; el resto de las variedades presentaron rendimientos menores.

En la Región del Gran Chaco, el cultivo de avena, cebada y triticale en la época de otoño - invierno, no es una práctica utilizada por los agricultores para la producción de grano ni para cobertura del suelo; en cuanto a trigo se cultivan aproximadamente 1400 ha con destino a semilla y grano.

Debido a la demanda que existe por nuevos cultivos para la producción de grano y biomasa tanto en el ámbito nacional como regional, es necesario contar con nuevas alternativas para el sector agrícola y una de estas es el cultivo de cereales de invierno.

Es por eso que el presente trabajo, tiene el objetivo de identificar los espaciamientos de siembra que permitan mejorar los rendimientos tanto de grano como de biomasa con fines de cobertura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el diseño bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con 16 tratamientos y 3 reiteraciones, el factor A corresponde a las especies y el factor B a los espaciamientos entre surco; este diseño tiene el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_a + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \epsilon_b$$

Donde:

**$Y_{ijk}$** : Una observación cualquiera

**$\mu$** : Media poblacional

**$\beta_j$** : Efecto del j-ésimo bloque

**$\alpha_i$** : Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Variedad)

**$\epsilon_a$** : Error de la parcela principal

**$\gamma_k$** : Efecto del k-ésimo nivel del factor B (Espaciamientos)

**$(\alpha\gamma)_{ik}$** : Interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B

**$\epsilon_b$** : Error de sub-parcela, error experimental.

Los factores de estudio fueron los siguientes: Factor A compuesto por los cereales como el C1=Trigo, C2=Avena, C3=Cebada, C4=Triticale. Factor B compuesto por los espaciamientos E1=15 Cm, E2=20 Cm, E3=25 Cm, E4=Cm.

Para el procedimiento de campo se realizó; preparación del suelo, siembra, prácticas culturales (raleo, control de plagas y enfermedades, control de malezas) y cosecha. Las variables evaluadas fueron, días a emergencia, número de macollos por planta, relación hoja/tallo, altura de planta, número de espigas por planta, longitud de espiga, número de granos por espiga, días a cosecha, rendimiento de biomasa seca, rendimiento de grano, análisis económico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Días a emergencia

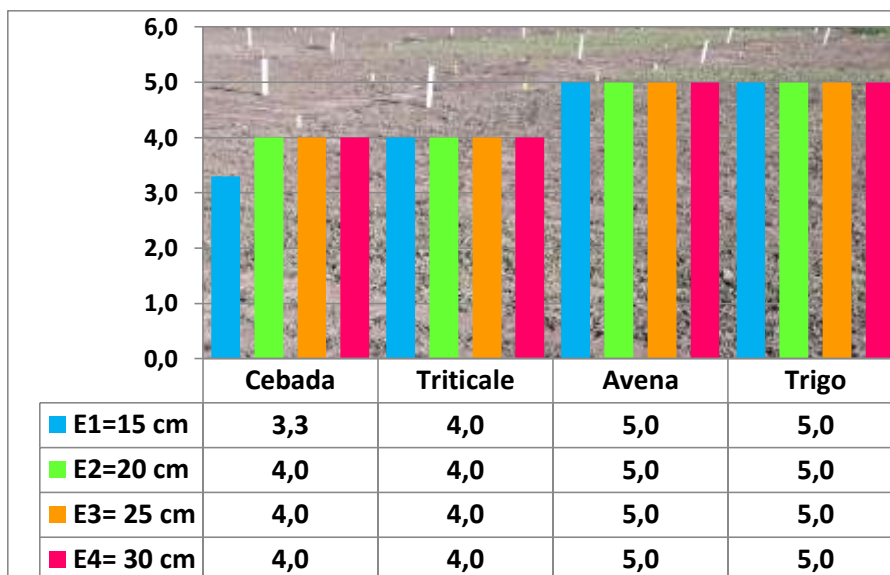
Se observa que la emergencia de las plántulas para los distintos espaciamientos entre surco en las cuatro especies evaluadas, se presentó entre los 3 y 5 días después de la siembra.

El análisis de varianza para esta característica, indica que existen diferencias estadísticas muy altamente significativas entre especies, no así entre espaciamientos ni en la interacción.

Según la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, el trigo y la avena presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias altamente

significativas con triticale y cebada, mismas que entre si también presentan diferencias altamente significativas.

**Figura 1.** Número de días a emergencia



Fuente: Elaboración propia (2019)

Se observa, que el espaciamiento entre hileras no influyo en los días a emergencia en las especies evaluadas. Sullca (2016), Indica que en diferentes líneas de trigo evaluadas las plántulas emergieron entre los 7 y 9 días después de la siembra.

**Cuadro 1.** Comparación de medias para días a emergencia

| FACTOR A  | FACTOR B    |             |             |             | Media | Duncan |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|--------|
|           | E1=15<br>cm | E2=20<br>cm | E3=25<br>cm | E4=30<br>cm |       |        |
| Cebada    | 3,3         | 4,0         | 4,0         | 4,0         | 3.8   | a      |
| Triticale | 4,0         | 4,0         | 4,0         | 4,0         | 4.0   | b      |
| Avena     | 5,0         | 5,0         | 5,0         | 5,0         | 5.0   | c      |
| Trigo     | 5,0         | 5,0         | 5,0         | 5,0         | 5.0   | c      |
| Media     | 4,3         | 4,5         | 4,5         | 4,5         |       |        |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Delgadillo (2017), observó que las plántulas de avena emergieron a los 5 días después de la siembra.

Condori (2017), encontró que la emergencia de las plántulas en cebada se presentó en un rango de 11 a 13 días después de la siembra

Chambi (2005), en un trabajo de investigación realizado en la Provincia Omasuyos La Paz – Bolivia, encontró que las plántulas del triticale de la variedad Renacer emergieron a los 22,8 días después de la siembra.

Conde 2003, citado por Chambi (2005), señala que las diferencias en el número de días a la emergencia en cereales esta mayormente influenciado por las condiciones de humedad del suelo y no tanto por las características genéticas.

### Número de macollos por planta

En las cuatro especies evaluadas sembradas a espaciamientos de 15; 20; 25 y 30 cm entre surcos, se observaron entre 2,0 a 3,7 macollos por planta.

**Figura 2.** Número de macollos por planta



**Fuente:** Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza practicado para esta variable, existe diferencia estadística significativa entre especies, diferencia estadística muy altamente significativa para los espaciamientos, y no así en la interacción.

De acuerdo a la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, el triticale y trigo que tienen el mayor número de macollos por planta, presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias altamente significativas con cebada y avena, mismas que entre si presentan diferencias no significativas.

**Cuadro 2.** Comparación de medias para número de macollos por planta.

| FACTOR A  | FACTOR B     |              |              |              | Media      | Duncan   |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------|
|           | E1=15 cm     | E2=20 cm     | E3=25 cm     | E4=30 cm     |            |          |
| Cebada    | 2,0          | 2,0          | 2,7          | 2,7          | <b>2,3</b> | <b>a</b> |
| Avena     | 2,0          | 2,0          | 2,7          | 3,0          | <b>2,4</b> | <b>a</b> |
| Trigo     | 2,0          | 3,0          | 3,3          | 3,0          | <b>2,8</b> | <b>b</b> |
| Triticale | 2,3          | 3,0          | 3,3          | 3,7          | <b>3,1</b> | <b>b</b> |
| Media     | <b>2,1 a</b> | <b>2,5 b</b> | <b>3,0 c</b> | <b>3,1 d</b> |            |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Se observa que los 4 espaciamientos entre hileras evaluados, presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Delgadillo (2017), en un trabajo de investigación realizado en Algarrobal - Yacuiba, observó que la avena presentó de 7 a 8 macollos por planta.

Condori (2017), evaluando el efecto de seis espaciamientos de siembra entre surcos sobre el rendimiento de biomasa seca en cebada, encontró valores entre 5 a 6 macollos por planta.

Sullca (2016), en un trabajo de investigación realizado en Algarrobal – Yacuiba, indica que el cultivo de trigo; variedad motacú presentó 4 macollos por planta sembrando a 20 cm entre surcos.

Benavidez (2005), indica que en un trabajo realizado en el altiplano central La Paz – Bolivia, el triticale presentó un valor de 3,4 macollos por planta.

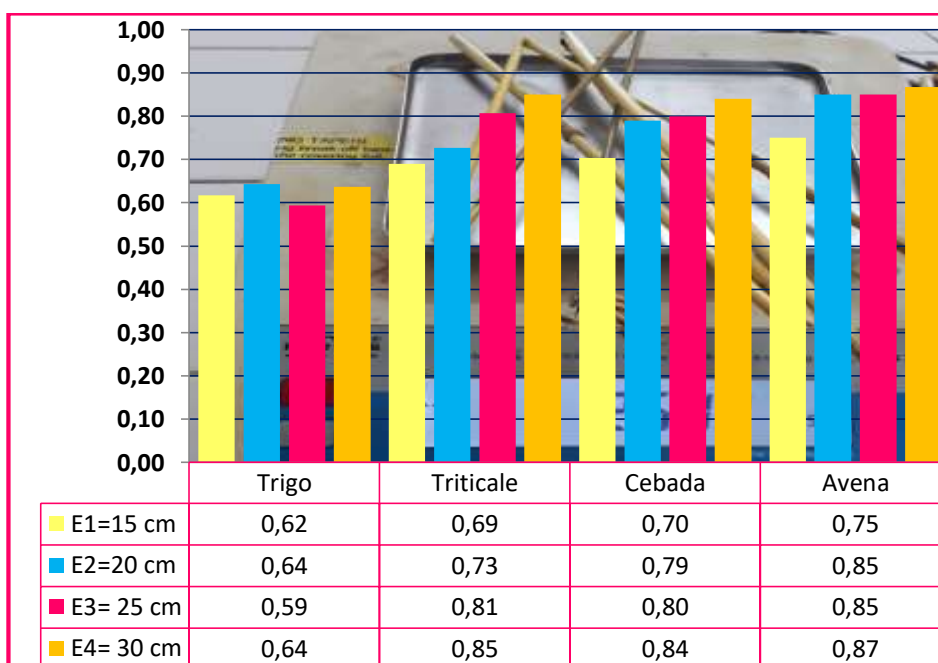
#### Relación hoja/tallo

En todos los tratamientos evaluados, la relación hoja/tallo se presentó en un rango de 0,59 a 0,87. Según el análisis de varianza para esta variable (anexo 10), existen diferencias estadísticas altamente significativas entre especies y espaciamientos, no así en la interacción.

La prueba de Duncan para la relación hoja/tallo indica que la avena presenta diferencias altamente significativas con la cebada, triticale y trigo mismas que entre si presentan diferencias no significativas.

Se observa que el espaciamiento entre hileras de 15 cm, presenta diferencias altamente significativas con los espaciamientos de 20, 25 y 30 cm mismos que presentan diferencias no significativas entre sí.

**Figura 3.** Relación hoja/tallo



Fuente: Elaboración propia (2019)

**Cuadro 3.** Comparación de medias para la relación hoja/tallo

| FACTOR A  | FACTOR B      |               |               |               | Media       | Duncan   |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------|
|           | E1=15 cm      | E2=20 cm      | E3=25 cm      | E4=30 cm      |             |          |
| Trigo     | 0,62          | 0,64          | 0,59          | 0,64          | <b>0,62</b> | <b>a</b> |
| Triticale | 0,69          | 0,73          | 0,81          | 0,85          | <b>0,77</b> | <b>a</b> |
| Cebada    | 0,70          | 0,79          | 0,80          | 0,84          | <b>0,78</b> | <b>a</b> |
| Avena     | 0,75          | 0,85          | 0,85          | 0,87          | <b>0,83</b> | <b>b</b> |
| Media     | <b>0,69 b</b> | <b>0,75 a</b> | <b>0,76 a</b> | <b>0,80 a</b> |             |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Según Alatraste (2012), la relación hoja/tallo en cereales de invierno está en un rango de 0,64 a 0,78. En Xalapa, Veracruz se han realizado pruebas de genotipos en cereales de grano pequeño



observándose una relación hoja/tallo entre 0,36 a 1,22 (Cruz, 2009). Chambi (2005), determino que la relación hoja/tallo en avena, cebada y triticale está en un rango de 0,20 a 0,54 de relación hoja tallo.

### Altura de planta

En todos los tratamientos evaluados la altura de planta se presentó entre los 45,1 a 91,3 cm.

**Figura 4.** Altura de planta



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza realizado para esta variable, existe diferencia estadística altamente significativa entre especies, y no así entre los espaciamientos ni la interacción.

**Cuadro 4.** Comparación de medias para altura de planta

| FACTOR A  | FACTOR B    |             |             |             | Media       | Duncan   |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|           | E1=15 cm    | E2=20 cm    | E3=25 cm    | E4=30 cm    |             |          |
| Avena     | 46,5        | 46,2        | 48,1        | 45,1        | <b>46,5</b> | <b>a</b> |
| Cebada    | 66,6        | 68,0        | 69,8        | 68,9        | <b>68,3</b> | <b>b</b> |
| Trigo     | 70,7        | 73,5        | 73,9        | 73,3        | <b>72,8</b> | <b>b</b> |
| Triticale | 83,9        | 91,3        | 87,8        | 89,0        | <b>88,0</b> | <b>c</b> |
| Media     | <b>66,9</b> | <b>69,7</b> | <b>69,9</b> | <b>69,1</b> |             |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de Duncan para altura de planta indica que cebada y trigo presenta diferencias no significativas entre sí, pero diferencias altamente significativas con avena y triticale que entre si igualmente presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Según Núñez et al (2010), en un trabajo sobre cereales de grano pequeño encontraron alturas de planta en un rango de 115,9 a 136,96 cm con el trigo, cebada, triticale y avena en el espaciamiento de 20 cm entre surcos.

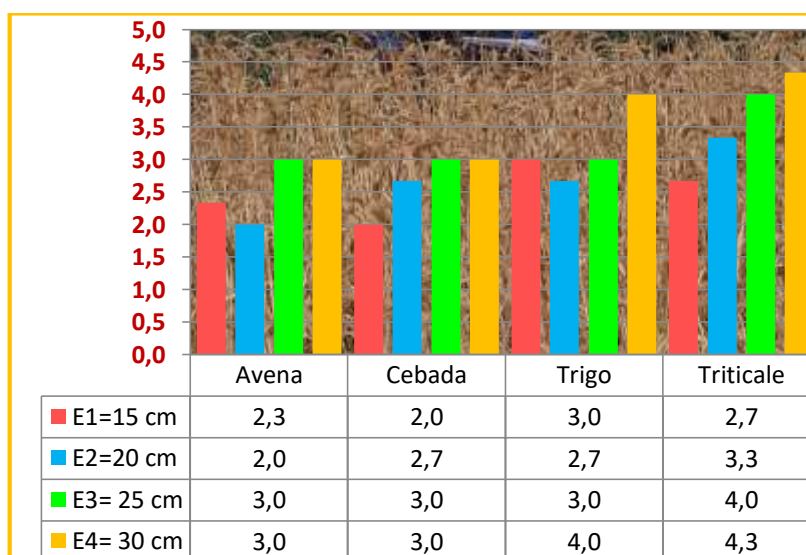
Guzmán (2008), indica que los cereales forrajeros (triticale, avena, trigo y cebada) presentan alturas comprendidas en un rango de 79 a 96,67 cm sembrando a un espaciamiento entre surcos de 20 cm.

Chambi (2005), trabajando con avena, cebada y triticale sembrando a 20 cm entre hileras, encontró alturas de planta entre 92,7 y 64,2 cm.

### Número de espigas por planta

En las cuatro especies evaluadas se observaron entre 2,0 a 4,3 espigas por planta.

**Figura 5.** Número de espigas por planta



**Fuente:** Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza practicado para esta variable, existe diferencias estadísticas altamente significativas entre especies, diferencia estadística muy altamente significativa para los espaciamientos, y no en la interacción.

La prueba de Duncan para número de espigas por planta, indica que el triticale y trigo presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias significativas con cebada y avena mismas que presentan diferencias no significativas entre sí.

Para el espaciamiento entre hileras se presentan diferencias altamente significativas entre todos los casos.

**Cuadro 5.** Comparación de medias para número de espigas por planta

| FACTOR A  | FACTOR B |          |          |          | Media | Duncan |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|--------|
|           | E1=15 cm | E2=20 cm | E3=25 cm | E4=30 cm |       |        |
| Avena     | 2,3      | 2,0      | 3,0      | 3,0      | 2,6   | a      |
| Cebada    | 2,0      | 2,7      | 3,0      | 3,0      | 2,7   | a      |
| Trigo     | 3,0      | 2,7      | 3,0      | 4,0      | 3,6   | b      |
| Triticale | 2,7      | 3,3      | 4,0      | 4,3      | 3,6   | b      |
| Media     | 2,5 b    | 2,9 d    | 3,4 a    | 3,6 c    |       |        |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Silva (2015), indica que en promedio las gramíneas presentan un máximo de 5 y un mínimo de 3 espigas por planta en condiciones del altiplano central.

Guerrero 1999, citado por Lara (2012), señala que el número de espigas por planta en los cereales de invierno depende de la especie o variedad y el medio en que se desarrollan, varían en un rango de 2 a 5.

### Longitud de espiga

En todos los tratamientos evaluados la longitud de espiga se presentó en un rango de 7,5 a 15 cm.

**Figura 6.** Longitud de espiga



Fuente: Elaboración propia (2019)

Según el análisis de varianza realizado para esta variable, existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, y no así entre los espaciamientos ni la interacción.

**Cuadro 6.** Comparación de medias para longitud de espiga

| FACTOR A  | FACTOR B    |             |             |             | Media       | Duncan   |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|           | E1=15 cm    | E2=20 cm    | E3=25 cm    | E4=30 cm    |             |          |
| Cebada    | 7,5         | 7,5         | 7,5         | 8,4         | <b>7,7</b>  | <b>a</b> |
| Trigo     | 7,6         | 8,3         | 8,6         | 8,8         | <b>8,3</b>  | <b>a</b> |
| Triticale | 10,5        | 10,2        | 11,4        | 11,9        | <b>11,0</b> | <b>b</b> |
| Avena     | 15,0        | 14,2        | 14,8        | 14,9        | <b>14,7</b> | <b>c</b> |
| Media     | <b>10,2</b> | <b>10,1</b> | <b>10,6</b> | <b>11,0</b> |             |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

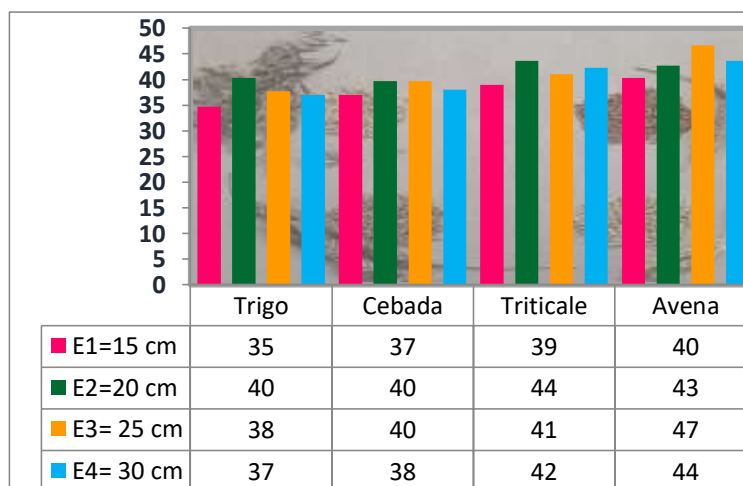
Según la prueba de comparación de valores promedio de Duncan al 0,05 de probabilidad del error, la avena y triticale, presentan diferencias muy altamente significativas entre sí, diferencias significativas con trigo y cebada, mismas que entre si presentan diferencias no significativas

Juárez (2011), trabajando con trigo a tres densidades de siembra encontró valores en un rango de 7,9 a 8,9 cm de longitud de espiga, también, según Gómez C. (2011), en un trabajo sobre líneas de triticale, observó que la longitud de espiga se presentó en un rango de 9,6 a 14,3 cm.; Venegas (2016), en cinco variedades de avena encontró longitudes de espiga entre 27,8 a 35,8 cm y Salvatierra (2008), menciona que las variedades de cebada sembrados a 30 cm entre surcos presentan longitudes de espiga en un rango de 7,54 a 9,22 cm.

### Número de granos por espiga

En todos los tratamientos evaluados el número de granos por espiga se presentó en un rango de 35 a 47.

**Figura 7.** Número de granos por espiga



Fuente: Elaboración propia (2019)

El análisis de varianza practicado a esta variable, indica que existen diferencias estadísticas muy altamente significativas entre especies y espaciamientos, no así en la interacción.

**Cuadro 7.** Comparación de medias para número de granos por espiga

| FACTOR A  | FACTOR B |          |          |          | Media | Duncan |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|--------|
|           | E1=15 cm | E2=20 cm | E3=25 cm | E4=30 cm |       |        |
| Trigo     | 35       | 40       | 38       | 37       | 37    | a      |
| Cebada    | 37       | 40       | 40       | 38       | 39    | a      |
| Triticale | 39       | 44       | 41       | 42       | 42    | a      |
| Avena     | 40       | 43       | 47       | 44       | 43    | b      |
| Media     | 38 b     | 41 a     | 42 a     | 40 a     |       |        |

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de comparación de Duncan para número de granos por espiga indica que la avena presenta diferencias altamente significativas con las especies triticale, cebada y trigo mismas que presentan diferencias no significativas entre sí.

Se observa que el espaciamiento entre hileras de 15 cm, presenta diferencias altamente significativas con los espaciamientos de 20, 25 y 30 cm mismos que presentan diferencias no significativas entre sí.

Venegas (2016), indica que las variedades de avena forrajera presentan promedios entre 78,2 a 81,3 granos por espiga.

Gómez (2011), en un trabajo con líneas de triticale encontró un promedio de 66 granos por espiga.

Gutiérrez (2015), trabajando con cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas, que el número de granos por espiga está en un rango de 21 a 70.

Ramírez - Novoa et al (2014), mencionan que la cebada maltera para semilla, alcanza de 44 a 51 granos por espiga.

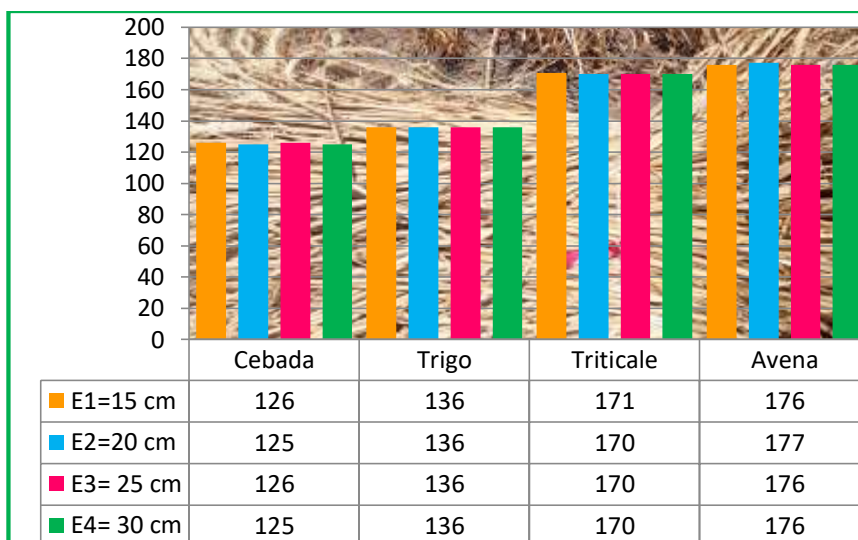
### Días a cosecha

En todos los tratamientos evaluados, la cosecha se realizó en un rango de 125 a 177 días después de la siembra.

Según el análisis de varianza correspondiente a esta variable, existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, no así entre espaciamientos ni en la interacción

La prueba de Duncan para días a cosecha indica que las cuatro especies evaluadas presentan diferencias muy altamente significativas entre sí.

**Figura 8.** Días a cosecha



Fuente: Elaboración propia (2019)

**Cuadro 8.** Comparación de medias para días a cosecha

| FACTOR A  | FACTOR B   |            |            |            | Media      | Duncan   |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
|           | E1=15 cm   | E2=20 cm   | E3=25 cm   | E4=30 cm   |            |          |
| Cebada    | 126        | 125        | 126        | 125        | <b>126</b> | <b>a</b> |
| Trigo     | 136        | 136        | 136        | 136        | <b>136</b> | <b>b</b> |
| Triticale | 171        | 170        | 170        | 170        | <b>170</b> | <b>c</b> |
| Avena     | 176        | 177        | 176        | 176        | <b>176</b> | <b>d</b> |
| Media     | <b>152</b> | <b>152</b> | <b>152</b> | <b>152</b> |            |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Según Benavidez (2005), en las especies gramíneas el ciclo del cultivo fluctúa entre 90 a 180 días a la cosecha, dependiendo del propósito al cual será destinada la producción.

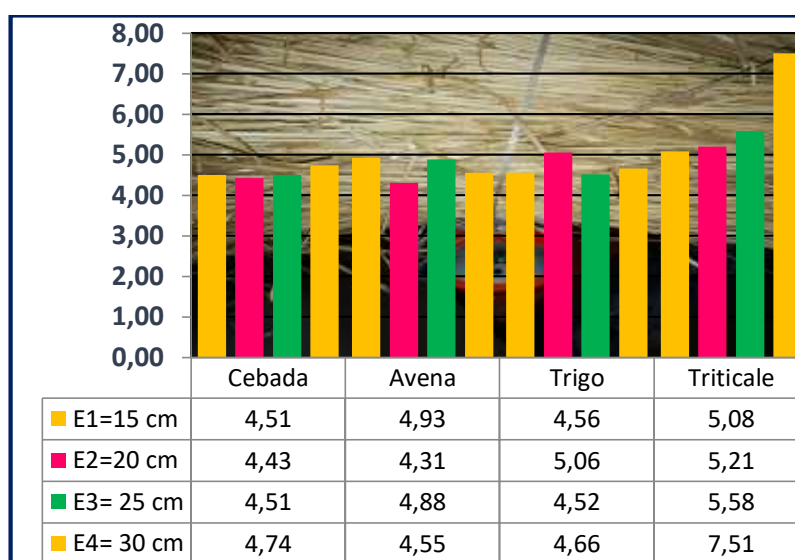
En los cereales invernales de crecimiento medio, la cosecha se realiza entre 120 a 210 días (avena, cebada, etc.), pero no se puede afirmar que sus exigencias sean similares porque el desarrollo del sistema radicular y las posibilidades de producción no son comparables <https://freal.webs.ull.es/BTema19.pdf> (consultado 22/03/2019).

#### Rendimiento de biomasa seca

Los rendimientos de biomasa seca para los distintos tratamientos evaluados están en el rango de 4,31 a 7,51 t/ha.

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que existe diferencia estadística altamente significativa entre interacciones, diferencias estadísticas significativas entre especies y espaciamientos.

**Figura 9.** Rendimiento de biomasa seca en t/ha.



Fuente: Elaboración propia (2019)

**Cuadro 9.** Comparación de promedios para rendimiento de biomasa seca

| FACTOR A  | FACTOR B |          |          |          | Media |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|           | E1=15 cm | E2=20 cm | E3=25 cm | E4=30 cm |       |
| Cebada    | 4,51 a   | 4,43 a   | 4,51 a   | 4,74 a   | 4,54  |
| Avena     | 4,93 a   | 4,31 a   | 4,88 a   | 4,55 a   | 4,67  |
| Trigo     | 4,56 a   | 5,06 a   | 4,52 a   | 4,66 a   | 4,70  |
| Triticale | 5,08 a   | 5,21 a   | 5,58 a   | 7,51 b   | 5,84  |
| Media     | 4,76     | 4,75     | 4,87     | 5,36     |       |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Los tratamientos (interacciones) C<sub>4</sub>E<sub>4</sub> que tiene el rendimiento más alto de biomasa seca, con 7,51 t/ha, presenta diferencia altamente significativa con todos los demás tratamientos que presentan diferencias no significativas entre sí, siendo los rendimientos menores al mencionado.

La diferencia estadística altamente significativa en la interacción, muestra que los factores A y B no son independientes, es decir que los espaciamientos entre surcos influyen en el rendimiento de biomasa seca de cada especie evaluada.

Delgadillo (2017), indica que sembrando avena variedad Gaviota a 15 cm entre surco se llega a obtener 10,06 t/ha de biomasa seca.

Según Condori (2017), la cebada en sus distintas variedades presenta rendimientos comprendidos en un rango de 6,92 a 8 t/ha de biomasa seca, para espaciamientos de 15 a 25 cm entre surcos.

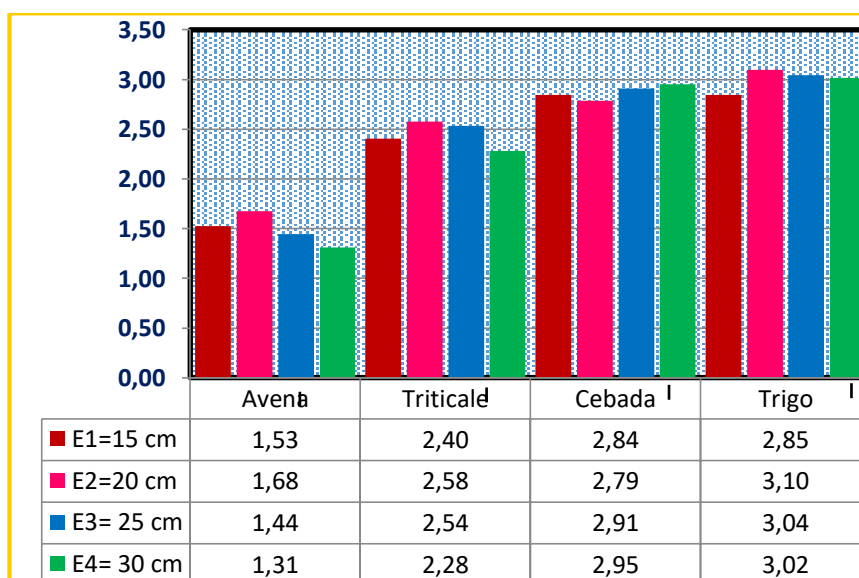
Amigone et al, (2012), en un ensayo de producción de forraje y grano en cultivares de triticale encontró un rendimiento en promedio de 6,61 t/ha de biomasa seca sembrando a 20 cm entre hileras.

Quiroz (2010), evaluando el rendimiento y producción de biomasa seca en trigo, cebada y triticale bajo riego y secado, encontró un promedio de 5,57 t/ha de biomasa seca sembrando a un espaciamiento de 20 cm entre surcos.

#### Rendimiento de grano en t/ha

Los rendimientos de grano para todos los tratamientos evaluados, están entre 1,31 a 3,10 t/ha.

**Figura 10.** Rendimiento de grano en t/ha.



**Fuente:** Elaboración propia (2019)

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que existe diferencia estadística muy altamente significativa entre especies, no así entre espaciamientos entre hileras ni en la interacción.



**Cuadro 10.** Comparación de medias para rendimiento de grano

| FACTOR A  | FACTOR B    |             |             |             | Media       | Duncan   |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|           | E1=15 cm    | E2=20 cm    | E3=25 cm    | E4=30 cm    |             |          |
| Avena     | 1,53        | 1,68        | 1,44        | 1,31        | <b>1,49</b> | <b>a</b> |
| Triticale | 2,40        | 2,58        | 2,54        | 2,28        | <b>2,45</b> | <b>b</b> |
| Cebada    | 2,84        | 2,79        | 2,91        | 2,95        | <b>2,87</b> | <b>c</b> |
| Trigo     | 2,85        | 3,10        | 3,04        | 3,02        | <b>3,00</b> | <b>c</b> |
| Media     | <b>2,41</b> | <b>2,53</b> | <b>2,48</b> | <b>2,40</b> |             |          |

Fuente: Elaboración propia (2019)

La prueba de comparación de Duncan para rendimiento de grano, indica que el trigo y cebada presentan diferencias no significativas entre sí, diferencias muy altamente significativas con triticale y avenas mismas que igualmente presentan diferencias altamente significativas entre sí.

Según Delgadillo (2017), el rendimiento de grano en avena de la variedad Gaviota se encuentra en un rango de 1,70 a 2,26 t/ha sembrado a una distancia de 20 cm entre surcos.

Gómez (2014), evaluando el efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares de trigo (LYN y BIO), encontró el mayor rendimiento (5,22 t/ha) con la variedad LYN sembrada a 20 cm entre surcos.

Donaire et al (2011), en un ensayo comparativo de producción de 11 variedades de triticale en el INTA - Córdoba, encontró rendimientos comprendidos en un rango de 1,15 a 2,6 t/ha de grano.

Según Montenegro (2015), el rendimiento de grano en cebada se encuentra en un rango de 1,04 a 2,56 t/ha, en un ensayo de selección de unas líneas promisorias en la Sierra Sur Ecuatoriana.

## CONCLUSIONES

### Análisis económico para rendimiento en grano

La relación beneficio/costo más alto se obtuvo con el trigo en los espaciamientos 30 y 25 cm entre surco con 3,35 y 3,24; la avena con relación B/C de 0,74 y triticale con 0,85 en el espaciamiento de 15 cm, tienen los valores más bajos.

De acuerdo al análisis de B/C el trigo en los espaciamientos de 30 y 25 cm entre surcos obtuvo el valor más alto (3,35 y 3,24), es decir que por cada boliviano invertido se obtiene una ganancia de Bs. 2,35 y 2,24 adicionales.

**Cuadro 11.** Análisis de la relación beneficio/costo

| Especies  | Espaciamiento (cm) | Rend. grano/ha | Peso en qq/ha | N° qq/ha | Precio por qq | Ingreso bruto | Costo de prod. | Ingreso neto | Relación B/C |
|-----------|--------------------|----------------|---------------|----------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|
| Avena     | 15                 | 1530           | 46            | 33       | 51            | 1696          | 2291           | -595         | 0,74         |
|           | 20                 | 1680           | 46            | 37       | 51            | 1863          | 1991           | -128         | 0,94         |
|           | 25                 | 1440           | 46            | 31       | 51            | 1597          | 1811           | -214         | 0,88         |
|           | 30                 | 1310           | 46            | 28       | 51            | 1452          | 1691           | -238         | 0,86         |
| Triticale | 15                 | 2410           | 46            | 52       | 48            | 2515          | 2958           | -443         | 0,85         |
|           | 20                 | 2580           | 46            | 56       | 48            | 2692          | 2491           | 202          | 1,08         |
|           | 25                 | 2540           | 46            | 55       | 48            | 2650          | 2211           | 440          | 1,20         |
|           | 30                 | 2280           | 46            | 50       | 48            | 2379          | 2023           | 356          | 1,18         |
| Cebada    | 15                 | 2840           | 46            | 62       | 61            | 3766          | 2158           | 1608         | 1,75         |
|           | 20                 | 2790           | 46            | 61       | 61            | 3700          | 1891           | 1809         | 1,96         |
|           | 25                 | 2910           | 46            | 63       | 61            | 3859          | 1731           | 2128         | 2,23         |
|           | 30                 | 2950           | 46            | 64       | 61            | 3912          | 1624           | 2288         | 2,41         |
| Trigo     | 15                 | 2850           | 46            | 62       | 70            | 4337          | 1651           | 2686         | 2,63         |
|           | 20                 | 3100           | 46            | 67       | 70            | 4717          | 1511           | 3207         | 3,12         |
|           | 25                 | 3040           | 46            | 66       | 70            | 4626          | 1427           | 3200         | 3,24         |
|           | 30                 | 3020           | 46            | 66       | 70            | 4596          | 1371           | 3225         | 3,35         |

Fuente: Elaboración propia (2019)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALATRISTE 2012. Comportamiento Productivo y Crecimiento de Cereales de Invierno con Fines Forrajeros en Zonas Semiáridas en San Luis Potosí – Mexico. Pag. 4, 5, 6 y 7.
- AMIGONE M. A. Y KLOSTER, A.M. 2003. Verdeos de invierno. Cap. II, pp 56-79. En: Invernada Bovina en Zonas Mixtas. Latimori, N. J. y Kloster, A.M. (eds). Agro 12 de Córdoba. INTA, CRC. Argentina. ISSN: 0329-0077.
- BENAVIDEZ 2005. Evaluación de tres gramíneas forrajeras a diferentes niveles de asociación con veza velluda (*vicia villosa roth*) en el altiplano central. La Paz – Bolivia.
- CHAMBI 2005. Comportamiento agronómico de variedades forrajeras introducidas de avena, cebada y triticale en la sub-cuenca media del rio keka provincia omasuyos. La Paz – Bolivia
- CONDORI 2017. Efecto de seis espaciamientos de siembra entre surcos sobre el rendimiento de biomasa verde y seca en tres variedades de cebada forrajera en Algarrobal Municipio de Yacuiba.
- Cruz, C.S. (2009). Triticale, una alternativa real de producción forrajera de calidad en el ciclo otoño –invierno. <http://www.engormix.com/MAagricultura/pasturas/articulos/triticale-alternativa-real-produccion-t2280/089p0.htm>. [8/12/2012].
- DELGADILLO (2017), evaluando el efecto de seis espaciamientos entre surco sobre el rendimiento de tres variedades de avena forrajera en Algarrobal municipio de Yacuiba.
- GOMEZ (2014), Efecto del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento en dos cultivares (LYN y BIO) de trigo (*Triticum aestivum* L.). INTA EEA Marcos Juárez. [gomez.dionisio@inta.gob.ar](mailto:gomez.dionisio@inta.gob.ar).
- GUTIÉRREZ, I. M.; MARZA, F.; BUTRÓN, R.; QUISPE, F.; GUTIERREZ, G. INIAF (Programa Nacional de Trigo, Instituto de Innovación Agropecuaria y 123 Forestal). 2015. Evaluación de quince cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas. Trigo generando tecnología de producción. Año 3, número 6, vol. 1. pp. 37 - 42.
- GUZMAN 2008. Producción de biomasa, relación hoja-tallo y correlaciones en líneas de cebada forrajera imberbe (*hordeum vulgare* L.). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- JUÁREZ, J. R. 2011. Comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo tres densidades de siembra en zona de cabecera de valle del departamento de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. pp. 39 – 61
- LARA 2012. Producción de Materia Seca y Contribución de los Componentes (Tallos, Hojas y Espigas) en Trigos Imberbes y otros Cereales de Invierno. Saltillo, Coahila, Mexico.

- MONTENEGRO 2015. Selección de una línea promisorio de cebada (*Hordeum vulgare*) BI – fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en área vulnerable de la sierra sur Ecuatoriana.
- NÚÑEZ, H. G., PAYÁN G. J., PEÑA, R.A., GONZÁLEZ, C. F., RUIZ, B.O., ARZOLA A.C. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1 (2). 123 p.
- QUIROZ (2010), Rendimiento y producción de biomasa de trigo, cebada y triticale bajo riego y secano durante el llenado de grano en el sur de Chile. Valdivia – Chile.
- RAMÍREZ-NOVOA (2014). Manejo Agronómico de Cebada Maltera. Rendimiento de Semilla y Componentes. Cuadro 3. Pag. 27.
- SULLCA (2016), Evaluación del Comportamiento Agronómico de trece líneas avanzadas de trigo (*triticum aestivum*) en Algarrobal – municipio de Yacuiba. Pag. 55.
- VENEGAS (2016), Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en el centro experimental de Cota Cota La Paz – Bolivia. Pag. 59, 69 y 72.
- <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/02401.pdf>
- <[http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/573A3BBA6EF828E903256960006DCFC7](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/573A3BBA6EF828E903256960006DCFC7)>. [Consultado: 10 de abril del 2019]