

# **1. EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE UREA EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) EN LA UNIBOL AYMARA TUPAK KATARI**

2. TATIANA MACHACA ROJAS ([tmachaca1997@gmail.com](mailto:tmachaca1997@gmail.com), Cel: 68152560)

VICTOR HUGO MENDOZA CONDORI ([vhmcmen@gmail.com](mailto:vhmcmen@gmail.com), Cel: 73032451)

Año de defensa de la tesis: 2020

Universidad Indígena Aymara – Tupak Katari

## **3. RESUMEN**

La investigación se realizó con el objetivo de determinar el uso adecuado y eficiente de UREA en la producción de trigo. La metodología consistió en la aplicación de UREA en cuatro niveles N1= 0 (Testigo), N2 = 80 kg/ha, N3 (120 kg/ha), N4 (160 kg/ha) de forma fraccionada en la siembra y el macollamiento. Posteriormente se hizo análisis de Nitrógeno en el suelo, en el tallo y el grano. El diseño experimental fue DBCA con tres repeticiones. Se determinó que el número de hojas, macollos, diámetro de tallo, tamaño de espiga, diámetro de espiga, número de espigas, peso de espigas y peso de grano (kg/ha) fueron significativos a la aplicación del Nitrógeno (UREA) de la misma forma las variables de calidad, peso hectolitrico, 1000 semillas y germinación (%). Se identificó como niveles adecuados el N2 y N3. El Nitrógeno analizado en el tallo y en el grano eran mayores al testigo en los niveles N2 y N3, en cuanto a los costos la mejor relación beneficio costo se obtuvo con los niveles N2 y N3. Concluyéndose que la aplicación de Nitrógeno tiene efecto en el crecimiento, desarrollo, calidad, contenido de elementos químicos y la relación beneficio costo del cultivo Trigo.

## **4. INTRODUCCIÓN**

El cultivo de trigo es importante a nivel mundial por ser uno de los cuatro (Maíz, Trigo, Arroz y Papa) más producidos, su valor nutritivo y por los productos derivados de sus harinas siempre ha sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población, (Ramos, 2013). La producción de este cultivo a nivel mundial es de 157.000.000 de toneladas la cual se cultiva en 300.000 Has, con un rendimiento promedio por hectárea de 2700 kg, los principales países productores de trigo son: la Unión Europea (22%), China (17%), India (13%), Rusia (8%), Estados Unidos (8%) y Canadá (4%), (Panorama Agroalimentario, 2015).

En Bolivia la superficie total de producción de trigo es de 67.261,9 (ha), los departamentos productores son: Santa Cruz (66.877,7 ha), Cochabamba (1,0 ha), Potosí (0,1 ha), Chuquisaca (2,6 ha), La Paz (0,3 ha), Tarija (377,8 ha) y Oruro (0,2 ha), Beni 2,5 (ha) y en Oruro y Pando no se realiza la producción (INE, 2015). Herbas (2008), señala que el uso del trigo en nuestro país es que un 72% se destina a la panificación, 24% para la producción de pastas alimenticias y 4% para la industria de galletas, pastelerías y otros.

La fertilización química es una de las técnicas más influyentes para obtener buenos rendimientos, la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el suelo aparecen como las principales limitantes nutricionales para el cultivo de trigo y como consecuencia de esto, en estos últimos años aumentó el uso de fertilizantes. En ensayos sobre fertilización química según balance nutricional en el cultivo de trigo demostró que la fertilización con nitrógeno en base en un inicio no demostró diferencia en el cultivo, en la segunda fertilización se evidenciaron diferencias en altura de plantas a los 60, 90 días después de la siembra, notándose el color, área foliar, materia seca, calidad del grano, rendimiento peso hectolítrico (Pardo, 2008).

En Bolivia desde hace unos años atrás su cultivo recobra importancia porque el país cada vez es menos dependiente de este cultivo estratégico para la economía del país. Y ello repercute en la utilización de fertilizantes necesarios para el desarrollo del cultivo. En ese proceso los productores en muchos casos están utilizando indiscriminadamente nitrógeno en forma de UREA el cual al aplicarlo de forma excesiva hace que existan problemas de salinización, pérdidas de nitrógeno, daño en la germinación de semillas y acidificación de suelos que ocasionan bajas en la fertilidad del suelo (Fernández del Pozo, 1984).

La investigación es el inicio para realizar trabajos de investigación en cultivos de importancia agronómica en los que es importante saber la cantidad exacta de fertilizante a utilizar para mejorar el uso y manejo de los fertilizantes en este caso el nitrógeno incorporado como UREA. En los últimos años el Organismo Internacional de Energía Atómica a través de su división de Aplicación de Técnicas Isotópicas utilizando las técnicas de isotopos marcados de nitrógeno N-15 están estudiando la aplicación optima y adecuada de este fertilizante en los suelos para producir cultivos sin causar daños al suelo y mejorar los rendimientos (Gaspar, 2017).

Considerando lo anterior con la investigación se pretendió establecer los efectos del uso eficiente de la urea en el cultivo de trigo para las condiciones del altiplano norte del país para su cultivo adecuado y sostenible.

#### **4.1. Planteamiento del problema**

En el país para la producción de diferentes cultivos y en el trigo en especial se está utilizando el uso indiscriminado de urea (Nitrógeno) para obtener buenos rendimientos y ello repercute en que a corto plazo los suelos se vayan degradando y estos finalmente se están salinizando y producto de ello existe cada año decrementos en los rendimientos. Por otra parte, los productores están invirtiendo mucho en fertilizantes ya que al utilizar sin control y sin medida también se gasta más dinero debido a ello el Organismo Internacional de Energía Atómica a través de su proyecto “RLA-5078 Mejora de las prácticas de fertilización en los cultivos mediante el uso de genotipos eficientes, macronutrientes y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (ARCAL CLVII)” a nivel regional están trabajando para aplicar los fertilizantes como la UREA y otros, de forma más controlada y para ello esta investigación a través de un convenio con la UNIBOL Aymara “Tupak Katari” y la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN) es el inicio para posteriormente a través del uso de nitrógeno marcado (N-15) se pueda llegar a información más profunda para un uso eficiente del nitrógeno.

#### **4.2. Justificación**

- El trigo es importante para la alimentación humana debido a que contiene propiedades nutritivas como ser: proteína de origen vegetal, vitaminas del complejo B y E, ácido fólico, tiamina, minerales, fósforo, zinc, selenio, potasio, hierro y bajo contenido de sodio. Además, este cultivo es uno de los más importantes a nivel mundial después del arroz, papa y maíz.
- En la producción de trigo se está utilizando urea sin conocer los límites adecuados para su uso, debido a que su uso indiscriminado ocasiona principalmente salinización y degradación de los suelos. Tal es el caso que en muchos lugares del país a causa de ello se están perdiendo muchos suelos y a consecuencia de ello se están habilitando más tierras y no se está pensando en la recuperación de los mismos.
- Con la investigación se tendrá información técnica básica para un uso eficiente de la urea (Nitrógeno) en el cultivo de trigo del altiplano norte, donde aún no se cuenta con esta información. Posteriormente a los resultados que se encuentren en esta investigación se utilizará nitrógeno marcado N-15 para proseguir con la investigación según el convenio ABEN – UNIBOL Aymara Tupak Katari.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

- Determinar el uso adecuado y eficiente de UREA en la producción de trigo en el Altiplano Norte del país.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características agronómicas del cultivo de trigo por efecto de la aplicación de UREA en el desarrollo del cultivo.
- Evaluar la calidad de semilla por efecto de las diferentes dosis de UREA.
- Identificar los niveles adecuados de uso de UREA en el cultivo de trigo.
- Analizar el contenido de nitrógeno en el tallo, grano y suelo por tratamiento.
- Determinar los costos parciales de los tratamientos.

## **6. MÉTODOS**

### **6.1. Localización y ubicación geográfica**

La investigación se realizó en la comunidad de Cuyahuani Municipio de Huarina en los predios de la UNIBOL Aymara Tupak Katari que se encuentra al Norte del departamento de La Paz, a una distancia de 74 km. (GAMH, 2016). El Municipio de Huarina (cuarta sección de la provincia Omasuyos) se encuentra situada en el sector Sud-Occidental del Departamento de La Paz, ubicada entre los paralelos 16°11'31.95" de latitud Sur y 68°36'2.88" de longitud Oeste. La altitud aproximada en la parte central de la localidad está situada a 3823 m.s.n.m. (GAMH, 2016).

### **6.3. Materiales**

#### **6.3.1. Material vegetal**

- Semilla de Trigo variedad TEPOCA - 89 proporcionado por la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN).

### **6.4. Procedimiento experimental**

Para la investigación se realizó el siguiente procedimiento:

- **Ubicación del lugar de la investigación**
- **Limpieza del terreno**
- **Roturado, desterronado y nivelado del terreno**
- **Demarcación del terreno**

Una vez preparado el suelo, se procedió con la demarcación del terreno, el cual se hizo con estacas y pitas según el croquis de campo.

La superficie del área en el que se hizo el estudio fue de 475 m<sup>2</sup>. El terreno se dividió en tres bloques de 5\*25m, cada parcela experimental tuvo dimensiones de 5\*5m = 25 m<sup>2</sup>.

- **Aplicación de UREA por tratamiento**

Los cálculos para la aplicación de UREA en el terreno se realizaron según los tratamientos establecidos en la investigación según los siguientes niveles: N1= 0 (Testigo), N2= 80 kg/ha, N3=120 kg/ha, N4=160 kg/ha. La aplicación de este fertilizante se realizó en forma fraccionada en dos oportunidades; en la siembra conjuntamente la semilla y en el macollamiento con un pequeño aporque.

- **Labores culturales**

- Control de plagas y enfermedades, Cosecha, Trilla, Venteado, Manejo post cosecha, Marbeteado.

- **Aplicación del Fertilizante**

La aplicación se realizó en dos oportunidades, para ello en la primera ocasión se hizo el fraccionamiento al 50% según los tratamientos planteados. El primero en la siembra y el segundo en el primer aporque (Macollamiento). La superficie utilizada en el experimento fue de 475 m<sup>2</sup>, este estaba dividido en tres bloques en cada bloque se tenía cuatro parcelas y cada parcela tenía una superficie de 25 m<sup>2</sup>., en relación a ello por tratamiento y parcela se utilizó lo siguiente:

Tratamientos	Cantidad de Urea aplicado por parcela (25 m <sup>2</sup> )
N1= 0 kg/ha (Testigo)	0,00 g.
N2= 80 kg/ha	600 g.
N3= 120 kg/ha	900 g.
N4= 160 kg/ha	1200 g.

- **Toma de datos**

- **Evaluación de resultados**

- **Presentación de los resultados**

- **Análisis de costos parciales de producción**

- **Cálculo de ingreso bruto y neto**

$$IB = R * P$$

Dónde: IB = ingreso bruto (Bs); R = rendimiento (kg); P = precio del mercado (Bs).

Ingreso neto, es el resultado del ingreso bruto menos los costos de producción.

$$IN = IB - CP$$

Dónde: IN = ingreso neto (Bs); IB = ingreso bruto (Bs); CP = costo de producción (Bs).

- **Cálculo de la relación beneficio /costo**

La relación beneficio/costo se calculó con la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{IN}{CP}$$

Dónde: B/C = Relación beneficio – costo; IN = ingreso neto (Bs); CP = costo de producción (Bs).

- **Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó para el experimento fue en bloques completos al azar, el número de repeticiones fue de tres, según recomienda Ochoa (2009) para este tipo de investigaciones.

**Modelo lineal aditivo**

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

Donde:

$\mu$  = Media general,  $T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento,  $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental en la unidad j del tratamiento i,  $\epsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$

- **Factores de estudio y tratamiento**

Factor de estudio: Niveles de Urea

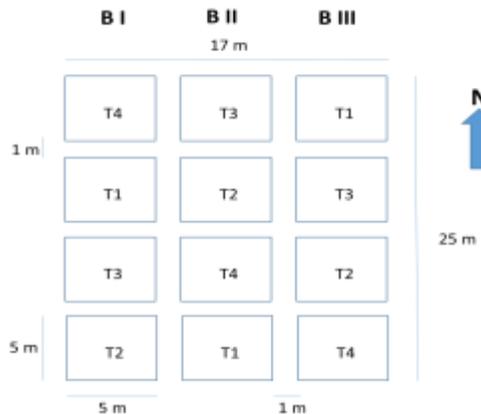
T1= N1=0 (Testigo), T2= N2= 80 kg/ha, T3= N3=120 kg/ha y T4 = N4=160 kg/ha

- **Dimensiones y descripciones del campo experimental**

**Unidad experimental** Ancho: 19 m., Largo: 25 m., Área: 475 m<sup>2</sup>., Número de surcos: 17 surcos., Distancia entre surcos: 30 cm y la distancia entre plantas: chorro continuo.

**Bloques:** Ancho: 5m., Largo: 25 m., Superficie: 125 m<sup>2</sup>., Área útil: 300 m<sup>2</sup>., Área total: 475 m<sup>2</sup>.

- **Croquis del terreno donde se realizó el experimento**



- **Variables de respuesta**

- **Morfológicas:** Altura de planta (cm), Diámetro del tallo (cm), Número de Hoja del tallo, principal, Número de Macollos, Tamaño de espiga, Diámetro de espiga y Tamaño de hoja.
- **Rendimiento:** Peso de grano /Planta, Peso de grano (kg/ha).
- **Calidad de grano:** Porcentaje de germinación, Peso de 1000 semillas, Peso hectolitrico.

- **Análisis químico:** Contenido de nitrógeno en el tallo, en el grano y contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, pH y conductividad eléctrica en el suelo.
- **Variables económicas:** Las variables económicas que se realizó para determinar la rentabilidad del uso UREA (Nitrógeno) fue la relación de beneficio/costo.

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en la investigación son los siguientes:

### 7.1. Identificación de las características agronómicas del cultivo de trigo por efecto de la aplicación de niveles de UREA en el desarrollo del cultivo

#### a) Variables morfológicas

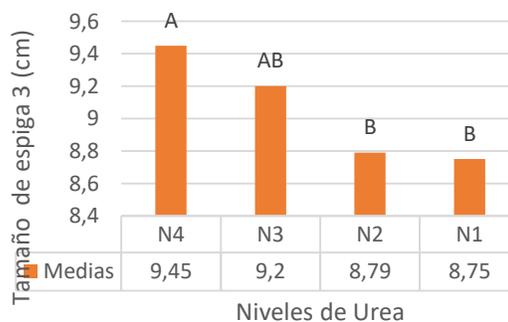
##### 7.1.1. Tamaño de espiga

**Cuadro 1. Análisis de varianza del tamaño de espiga por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo. Durante tres evaluaciones.**

FV	Significancias ANVA		
	1	2	3
Niveles de urea	*	**	**
Bloque	**	**	**
CV (%)	11,26	10,55	9,95

Dónde: \*\* = Altamente significativo, \* = Significativo, NS = No significativo

En el Cuadro 1, se observa el ANVA del tamaño de espiga por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo, donde la variable evaluada en la segunda y tercera evaluación fue altamente significativa y para la primera evaluación significativa durante la aplicación de diferentes niveles de urea. Así también el CV es menor al 30% lo que quiere decir que los datos se manejaron de forma adecuada.



**Figura 1. Comparación de medias del tamaño de espiga por efecto de la aplicación de diferentes niveles urea en el cultivo de trigo. Duncan al 5%**

En la Figura 1, se observa la comparación de medias del tamaño de espiga por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo Duncan al 5%, donde la primera, segunda y tercera evaluación con la aplicación de urea, el nivel 4 (8,14) (9,02 cm) (9,45 cm) obtuvo el mayor tamaño de espiga en relación a los niveles nivel 3 (8,12) (8,7 cm) (9,2 cm), nivel 2 (7,64) (8,18 cm) (8,79 cm) y nivel 1 (testigo) (7,62) (8,1 cm) (8,75 cm) respectivamente. Valdivia (2017), en la investigación sobre líneas elites de trigo determino que la longitud de espiga alcanzada en campo por la línea 3082 29SAWSN alcanzó una altura media de 6,7cm; llegando a superar en longitud de espiga al resto de las líneas, y que la línea 324 20SAWYT alcanzó una longitud de 5,1cm llegando a ser la línea con longitud de la espiga más corta. En la investigación en todos los tratamientos las longitudes de espiga fueron mucho mayores a lo reportado por este autor llegando a 9.45 cm con el nivel 4 (160 kg/ha) de urea. Mamani (1999), menciona que la longitud de espiga está relacionada estrechamente con el potencial genético de la variedad y esta variable a su vez es determinante sobre el número de granos que puedan presentarse en cada espiga. Según Juárez (2011) la variedad Tepoca 89 tiene mayor número de espigas por metro cuadrado pero menor longitud de espiga y dice que ello se debe a características genéticas de cada variedad. En la investigación se pudo observar que la misma variedad TEPOCA 89 en el tamaño de espiga presento diferencias significativas donde la aplicación del nitrógeno fue determinante para el tratamiento 4 (160 kg/ha), con el cual se tuvo un mayor tamaño de espiga respecto al tratamiento sin aplicación de nitrógeno.

## b) Variables de rendimiento

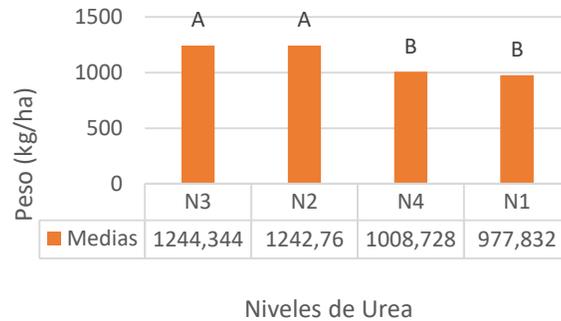
### 7.2. Peso de grano (kg/ha)

**Cuadro 2. Análisis de varianza de peso de grano (kg/ha) por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo.**

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Significancia
Niveles de urea	1183404,34	3	394468,11	4,89	0,0473	4,73 *
Bloque	197552,46	2	98776,23	1,22	0,3583	35,83 NS
Error	484242,73	6	80707,12			
Total	1865199,53	11				

Dónde: \*\* = Altamente significativo, \* = Significativo, NS = No significativo

En el Cuadro 2, se observa el ANVA del peso de grano por efecto de la aplicación de diferentes niveles de UREA en el cultivo de trigo, donde el peso de grano fue significativo para el factor niveles de urea. Así también el CV es menor al 30% lo que quiere decir que los datos se manejaron adecuadamente.



**Figura 2. Comparación de medias de peso de grano (kg/ha) por efecto de la aplicación de diferentes niveles urea en el cultivo de trigo. Duncan al 5%**

En la Figura 2, se observa el peso de grano por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo Duncan al 5%, donde con la aplicación de los niveles N3 y N2 se obtuvieron los mejores rendimientos a diferencia de los tratamientos con los niveles N4 y N1. Valdivia (2017) determinó el rendimiento en grano de diferentes líneas élites donde las líneas 313 20SAWYT obtuvo rendimientos de 2043,2 kg/ha, siendo esta la línea con mayor rendimiento, la línea 3082 29SAWSN (1732,4), TEPOCA T89 (1717,9). En la investigación el mayor rendimiento se obtuvo con el N3 y N2. (1244 y 1242 kg/ha) inferior a los obtenidos por este autor. Mollericono (2013), menciona que el rendimiento en grano tiene mucha importancia ya que determina los ingresos al productor. En el rendimiento influyen todas las condiciones ambientales que afectan al crecimiento de la planta, así como la herencia de la misma. La capacidad intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta, como el macollamiento, la longitud y densidad de espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano, sin embargo, ninguno de estos componentes físicos puede considerarse como índice de rendimiento. El rendimiento de una variedad se mide en kilogramos. Según FAO (1998), se sostiene que para lograr buenos rendimientos en los cereales el nitrógeno es el fertilizante de mayor importancia. Por su parte Satorre (2001), manifiesta que el nitrógeno es el elemento fertilizante que más influye en el desarrollo de las plantas, pero debe ir siempre acompañado de fósforo de forma equilibrada para obtener el máximo rendimiento de grano. López (2000), señala que, el nitrógeno es un factor que determina el rendimiento, por lo tanto, es la base del abonado. En los cereales tienen requerimiento de nitrógeno hasta su madurez y toda deficiencia en la nutrición nitrogenada durante su vegetación se traduce a una reducción en el rendimiento. Espindola (2002) por su lado señala que, el rendimiento en grano tiene mucha importancia ya que determina los ingresos totales del productor. En el rendimiento influyen todas las condiciones ambientales que afectan al crecimiento de la planta, así como la herencia de la misma. La capacidad

intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta, como el macollamiento, la longitud y densidad de espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano, sin embargo, ninguno de estos componentes físicos puede considerarse como índice de rendimiento. Según Vivas *et al.*, (2001) existen varios factores que determinan el rendimiento y la calidad del trigo. La elección de la variedad está relacionada con el destino industrial y las características del suelo y clima. También habrá que establecer la fecha de siembra adecuada. En la investigación la siembra se hizo en una fecha normal de cultivo para este tipo de cultivos. Masino y Ormando (2011) indican que la respuesta a N varía ampliamente entre años debido a la influencia de las condiciones ambientales que además de afectar la eficiencia de uso del N, controlan el macollaje y la capacidad de producir espigas, la fertilización de las flores y el llenado del grano. Cuando no hay una limitante de agua u otro factor ambiental de crecimiento la producción de biomasa del cultivo y el rendimiento final están estrechamente relacionados a la disponibilidad de N. En siembras tempranas del cultivo cuando el N es limitante, se ha determinado una respuesta a N en producción de materia seca determinada a fin del macollaje prácticamente lineal hasta dosis de 60 kg de N kg/ha, o del tipo cuadrático si algún otro factor se hace más limitante que el N. El incremento en biomasa repercute sobre el número de espigas por unidad de área, aunque el mayor impacto se observa en el número de macollos pues una proporción importante de éstos no llegan a producir espiga. En cambio, el efecto del N sobre el número de espiguillas por espiga es menos notable y consistente tanto en ciclos cortos como largos, tal vez debido a la competencia entre el proceso de formación de espiguillas y el de macollos.

## 7.2. Evaluación de la calidad de semilla por efecto de las diferentes dosis de urea

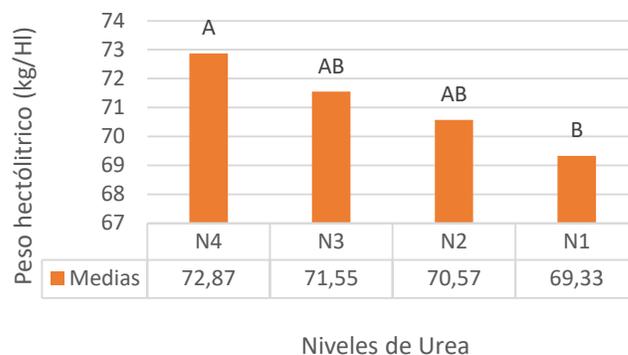
### 7.2.1. Peso hectolítrico

**Cuadro 3. Análisis de varianza del peso hectolítrico por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo**

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Significancia
Niveles de urea	20,18	3	6,73	4,99	0,0453	4,53 *
Bloque	1,68	2	0,84	0,62	0,5675	56,75 NS
Error	8,08	6	1,35			
Total	29,95	11				

Dónde: \*\* = Altamente significativo, \* = Significativo, NS = No significativo

En el Cuadro 3, se observa el ANVA del peso hectolítrico por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo donde esta variable fue significativa para el factor niveles de urea. Así también se ve en bloques no hubo significancia y el CV menor al 30% que indica que los datos se manejaron de forma adecuada



**Figura 3. Comparación de medias del peso hectolitrico por efecto de la aplicación de diferentes niveles urea en el cultivo de trigo. Duncan al 5%**

En la Figura 3, se ve la comparación de medias del peso hectolitrico por efecto de la aplicación de diferentes niveles de urea en el cultivo de trigo Duncan al 5%, donde el mayor peso hectolitrico de los granos de trigo se obtuvo con el tratamiento del nivel N4 (72,87) respecto al testigo nivel N1 (69,33). El peso hectolitrico es importante Mellado, (1986) indica que en general existe relación directa entre peso del hectolitrico de una variedad y su rendimiento de harina, es decir, que un grano bien desarrollado rinde más harina que un grano chupado. Generalmente los granos chupados o arrugados presentan bajo peso del hectolitro, en tanto que los granos llenos tienen buen peso del hectolitro. El peso del hectolitro también es influenciado por la uniformidad de tamaño y forma del grano. Otro factor que incide en el peso del hectolitro es la densidad del grano, la que a su vez depende de la estructura biológica y composición química del mismo/ incluyendo el contenido de humedad. Molericona (2013), menciona que, el peso hectolitrico es una de las variables empleadas, para las relaciones de variedades promisorias o sobresalientes en rendimiento con fines de obtener harina de trigo de acuerdo a las condiciones de la industria molinera, cuyo requerimiento mínimo es de 79 kilos por hectolitro en rendimiento en harina. El INIAF (2016), menciona que el peso del hectolitro es el peso del grano por unidad de volumen, donde generalmente los granos chupados o arrugados presentan bajo peso del hectolitro en tanto que los granos llenos tienen buen peso. El peso del hectolitro es también influenciado por la uniformidad, forma del grano y la densidad del grano la que a su vez depende de la estructura biológica y composición química del mismo, incluyendo el contenido de humedad. En la investigación se pudo determinar que el mayor nivel de nitrógeno influye en el peso hectolitrico del grano determinándose que a mayor nitrógeno mayor peso hectolitrico. Esto también haría entender que la calidad de grano es mucho mejor.

Las normas indicadas por el programa Nacional de trigo y el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal indican que los rangos de aceptación del peso hectolitrico es de igual o superior a 79 kilos por hectolitrico y así tener derecho a bonificación y acceso al proceso de comercialización (INIAF, 2016). El peso hectolitrico tiene una relación directa entre la variedad y su rendimiento de harina es decir un grano bien desarrollado rinde más harina que un grano chupado. Al respecto ANAPO (2007), menciona que, el peso hectolitrico es una de las variables empleadas, para las relaciones de variedades promisorias o sobresalientes en rendimiento con fines de obtener harina de trigo de acuerdo a las condiciones de la industria molinera cuyo requerimiento mínimo es de 78 kg/hl en rendimiento en harina. Según los resultados obtenidos en la investigación el peso hectolitrico es inferior a los grados establecidos por el IBNORCA. Sin embargo, en la figura se puede observar que con el nivel N4 el peso hectolitrico fue mayor respecto al N1 existiendo significancia en esta variable. Vázquez-Mendoza (2013) indica que el peso hectolitrico es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera. Un bajo peso de peso hectolitrico puede ser indicador de trigos dañados o brotados. Para un mismo trigo y dentro de ciertos rangos, a mayor peso hectolitrico, mayor rendimiento de harina (Chidichimo *et al.*, 2005).

### 7.3. Identificación de los niveles adecuados de uso de urea para mejorar los rendimientos en el cultivo del trigo

**Cuadro 4. Promedios de datos de variables de respuesta para identificar los mejores niveles de aplicación de urea para mejorar el rendimiento**

Nivel de UREA	Altura de planta (cm)	Nº de hojas tallo principal	Número de macollos	Diámetro de tallo (cm)	Tamaño de espiga (cm)	Diámetro de espiga (cm)	Peso de planta (g)	Número de espigas	Peso de espigas (g)	Peso de grano (kg/ha)	Peso hectolitrico (g/cm <sup>3</sup> )	Peso de 1000 semillas (g)	Porcentaje de germinación (%)
N1	81,22	3,43	12,33	0,46	8,75	1,3	72,1	11,91	23,52	977,8	69,33	48,31	97,78
N2	82,06	3,7	13,67	0,49	8,79	1,3	74,9	12,64	31,87	1242,7	70,57	51,37	96,67
N3	83,68	3,8	14,97	0,5	9,2	1,42	101,2	13,64	33,14	1244,3	71,55	51,63	96,66
N4	84,1	3,87	16,23	0,51	9,45	1,45	105,7	16,09	37,98	1008,7	72,87	52,36	86,67

En el Cuadro 4, se observa los promedios de datos de las variables de respuesta para identificar los mejores niveles de aplicación de urea, para mejorar los rendimientos del cultivo de trigo, donde los mejores niveles de aplicación de urea son el Nivel N3 y N2 obteniéndose con estos dos niveles los mejores promedios en las variables agronómicas y en lo referente a la calidad del grano los mejores promedios se tienen con los niveles N3 y N4.

### 7.3.1. Análisis de nitrógeno en el grano

**Cuadro 5. Contenido de nitrógeno y proteína del grano de trigo sometidas a diferentes niveles de urea**

TRATAMIENTO	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
N1	Nitrógeno total	%	1,01	Kjendahl
	% Proteína		6,34	
N2	Nitrógeno total	%	1,17	Kjendahl
	% Proteína		7,34	
N3	Nitrógeno total	%	1,28	Kjendahl
	% Proteína		8,01	
N4	Nitrógeno total	%	1,26	Kjendahl
	% Proteína		7,88	

En el Cuadro 5, se observa el contenido de nitrógeno y proteína del grano de trigo sometidas a diferentes niveles de urea, donde el contenido de nitrógeno y proteína sube según la aplicación de nitrógeno en el cultivo ya que el valor de proteína en el testigo es de 6,34% y con los otros niveles este sube según la cantidad de nitrógeno aplicado al cultivo es así que con la aplicación de nivel N3 se obtuvo el mayor valor de nitrógeno (1,28%) y proteína (8,01%). Según Peña *et al.*, (1988), el contenido de proteína del grano de trigo suele variar entre 9 y 17 % dependiendo de los factores genéticos y factores asociados con el cultivo. La práctica de efectuar aplicaciones divididas de urea en macollaje y espigado ha resultado ser muy eficiente e la acumulación de nitrógeno en el grano. En el estudio el valor es un poco menor a los porcentajes que indica el autor sin embargo se ve que la aplicación de nitrógeno afecta esta variable. Karen *et al.*, (1994); Sowers *et al.*, (1994) reportan que la fertilización con N al macollaje aumenta la proteína. Analizando el efecto de dosis de N, se observaron respuestas significativas ( $p < 0,001$ ), con el máximo valor de proteína con la dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Ron y Loewy (2000), indican que la fertilización a la siembra aseguraba una mayor disponibilidad y absorción de N. En todos los casos (años) la dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> mostró los mayores valores de N en grano con diferencias significativas respecto al testigo.

#### 7.4. Variables económicas

##### c) Relación beneficio – costo

**Cuadro 6. Análisis de beneficio – costo.**

<b>Tratamiento (kg)</b>	<b>Costo total</b>	<b>IN (Bs)</b>	<b>B/C (Bs)</b>
T1 = N1 (0 Testigo)	2842.1	2633.7592	0.93
T2 = N2 (80)	3070.9	3888.556	1.27
T3 = N3 (120)	3185.3	3783.0264	1.19
T4 = N4 (160)	3299.7	2349.1768	0.71

En el Cuadro 6, se observa el análisis de beneficio costo de los tratamientos donde, los tratamientos T2 = N2 (80kg/ha) y T3 = N3 (120 kg/ha) tuvieron la mejor relación beneficio costo, respecto a los tratamientos T1 = N1 (0 kg/ha Testigo) y T4 = N4 (160 kg/ha). En el caso del tratamiento T2, se obtuvo una relación beneficio costo de 1.27 lo que quiere decir que con este tratamiento tiene rentabilidad. Lo que quiere decir que por cada boliviano invertido se tiene una rentabilidad de 0.27 bolivianos.

#### 8. CONCLUSIONES

- En relación a las características morfológicas del cultivo de trigo se pudo determinar que la aplicación de nitrógeno en el cultivo del trigo tiene efecto en la misma donde se pudo determinar que la variable altura de planta no fue significativo para la aplicación de los diferentes niveles de urea, mientras las variables número de hojas del tallo principal, número de macollos, diámetro del tallo, tamaño de espiga, diámetro de espigas, peso de planta, número de espigas, peso de espigas, y peso de granos fue significativo y altamente significativo.
- En cuanto a la calidad de semilla de acuerdo a los resultados encontrados los niveles de nitrógeno (Urea) tiene efecto en la calidad de los mismos, fueron significativos el peso hectolitrico, el peso de 1000 semillas y el porcentaje de germinación.
- En relación a la identificación del mejor nivel de aplicación de urea para mejorar el rendimiento de trigo se pudo determinar que el nivel N2 (80kg/ha) y N3 (120kg/ha) mejoran la producción de trigo en relación al testigo.
- Respecto al análisis químico del suelo, el tallo y grano del cultivo de trigo se determinó que en el caso del suelo los contenidos de N, se incrementan mientras el P y K bajan luego de la cosecha quedando residuos de los mismos. En cuanto al contenido de nitrógeno y proteínas en el tallo y grano de trigo se vio en los análisis que con el nivel de nitrógeno N3 y N2 se tiene mejor contenido de proteína en el tallo y grano.