

# Modificación De La Estructura Genética Del Trigo (Triticum Aestivum L) Por Inducción Mutagénica Con Azida De Sodio

Guillermo Gomer Cotrina Cabello<sup>1</sup>, David Ruiz Vílchez<sup>2</sup>, Efraín  
David Esteban Nolberto<sup>3</sup>, Víctor Raúl Cotrina Cabello<sup>4</sup>, Lissete  
Lourdes Aguirre Huayhua<sup>5</sup>

*Docente de la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Docente de la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias ,  
Docente de la Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Hermilio Valdizán de Huánuco, Escuela Profesional de Agronomía,  
Docente de la Universidad Nacional de Huancavelica:*

Submitted: 10-03-2021

Revised: 27-03-2021

Accepted: 31-03-2021

**SUMMARY: Objectives:** Modification of the genetic structure of Wheat ( *Triticum aestivum* ), the study is of great cost-reducing importance for the improvement of agriculture, the improvement of the production of wheat at all the Huancavelica's region, you attempt to Evaluate the effects of the application of different azida's dose of sodium in the wheat seeds, determining azida's dose of sodium that makes change fenotípicos in wheat plants, Evaluating the development of the wheat plant or originating of processed seeds azida of sodium, in order to upgrade production of wheat at Acobamba's province Region Huancavelica. Since Acobamba's farmers at present sow few varieties adapted to the zones of production, that are little productive, which is why one requires of a system than implicate complementary tools to the system of conventional improvement, looking for the use made suitable of the genetic mutation, one of the alternatives are the induced mutations. **Methodology:** The experiment was installed at laboratory and the greenhouse, seeds were soaked in azida of sodium to 0.0 mM's dose; 0.5 mM; 1.0 mM; 1.5 mM; 2.0 mM; 2.5 mM; 3.0 mM; 3.5 mM and buffer pH3. The design was utilized completely at random with nine treatments and four repetitions for treatment. Tukey's proof was utilized for the comparison of stockings, evaluating percentage of germination ( % ), length by the roots ( cm ), diameter of stem ( mm ), percentage of emergency ( % ) and height of plants ( cm ). **Results** obtaining of prologue proven to be they suggest the treatment ( T1 ) with 0,5 mM an average effect ( T2 ) with 1,0 Mm and Buffer in comparison with the different produced azida's dose of sodium they

presented significant difference for the evaluated variables, recommending to provoke genetic desired changes, right now than does not exist statistical significant differences with ( T7 ) 3,5 mM's treatment sodium Azida.

**Key words:** Genetic structure, induction mutagénica, genotype, azida of sodium.

## I. INTRODUCCION

El problema más importante en los últimos años que preocupa a la mayoría de los países y sobre todo al nuestro, es la falta de alimentos debido al crecimiento de la población mundial, por lo que, surge la necesidad de elevar la producción y la productividad de los cultivos, entre ellos el trigo (*Triticum aestivum* L.). En el Perú, el trigo es un cereal muy utilizado en la alimentación de la población peruana, su producción se desarrolla mayormente sobre los 2 mil y hasta 4 mil metros de altitud, en tierras poco productivas que pertenecen a los agricultores más pobres del país, los que no disponen de semilla certificada, conocimiento y asistencia técnica en el manejo agronómico que les garantice calidad y productividad, tampoco están organizados, a pesar que la población campesina de nuestra sierra mucho depende de este grano para su alimentación y su economía (Agrosistemas, 2008). Hace mucho tiempo, nuestra dependencia alimenticia sobre un reducido grupo de especies, en las que está el trigo, los investigadores se han concentrado mucho en los procesos de selección y propagación de las poaceas en general para poder incrementar sus rendimientos. Uno de los métodos por los que podemos aumentar el rendimiento o la

productividad del trigo es el mejoramiento genético, el cual nos puede permitir obtener genotipos con características deseables. El mejoramiento mediante inducción de mutaciones ha dado posibilidades de selección de diferentes mutantes en los cultivos. Es indispensable el desarrollo de nuevas variedades a través del mejoramiento genético de plantas con adecuada arquitectura de planta, precoces, alto rendimiento y calidad. Las hibridaciones entre especies muy relacionadas están limitadas en su capacidad para crear nuevas variedades de cultivos (Matijevic, 2013), la alternativa es la inducción de mutaciones que provoca cambios que, de manera natural, tardarían demasiado tiempo en aparecer o que, por efectos directamente vinculados al azar, no aparecerían (Salas, 2015), a diferencia de la hibridación y la selección, la mejora de la mutación tiene la ventaja de mejorar un defecto en un cultivar elite, sin perder sus características agronómicas y de calidad. Se puede cambiar una o pocas características específicas de una variedad en el menor XVII. Tiempo posible (Datta, 2014), como por ejemplo la resistencia al estrés abiótico, los parámetros físicos del grano, valor nutricional, alterar el tamaño de la planta, la época de floración y cosecha, la resistencia a plagas y enfermedades entre otros, sin perturbar ninguno de las bondades pre existentes en las variedades. La azida sódica, un mutágeno químico se ha convertido en una herramienta importante para mejorar rasgos agronómicos de las plantas de cultivo. Se está utilizando para producir resistencia en varios cultivos susceptibles para mejorar su rendimiento y rasgos de calidad contra patógenos dañinos (Salas, et.al.2015).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional de Huancavelica-facultad de ciencias agrarias- Común Era, en el laboratorio de Biotecnología

### Ubicación política.

Departamento : Huancavelica  
Provincia : Acobamba  
Distrito : Acobamba  
Lugar : Común Era

### Ubicación geopolítica.

Altitud : 3431 m.s.n.m.  
Latitud Sur : 12° 50' 26" de la Línea Ecuatorial.  
Longitud Oeste : 74° 34' 10" del Meridiano de Greenwich.

### Condiciones climatológicas:

Precipitación promedio anual : 700 mm  
Temperatura Promedio : 12 °C  
Humedad relativa : 60 %  
Fuente : SENAMHI

### Tipo de investigación.

El presente trabajo de investigación es tipo experimental porque se caracteriza por su interés, utilización y consecuencia prácticos de los conocimientos ya descritos o planteados busca el conocer para hacer, actuar, construir y/o para modificar los hechos.

### Nivel de investigación.

El trabajo de investigación es considerado de tipo experimental. Dado el nivel de conocimiento a obtener, de nivel básico (Carrasco 2013)

### Población, muestra, muestreo

#### Población

Estuvo constituida por 400 plántulas de trigo por cada dosis de azida de sodio.

#### Muestra

Para la evaluación de las variables se utilizó 10 plántulas por cada tratamiento en cada unidad experimental.

#### Muestreo

Para la selección de plántulas se utilizó el muestreo aleatorio simple.

### PROCEDIMIENTO

#### Enlaboratories

**Porcentaje de germinación (%).** Se calculó mediante un conteo simple de semillas que muestren epicotilo y radícula a los 3, 7, 11 días post siembra.

**Altura de planta (cm).** Se midió la altura en 10 plántulas tomadas al azar de cada placa Petri a los 11 días después de la siembra.

#### EnInvernadero

**Porcentaje de emergencia (%).** Se calculó en base a un conteo simple de presencia de cotiledones abiertos o no.

**Altura de planta (cm).** En la parte aérea, se midió la altura en 10 plántulas, tomadas al azar de cada macetero, con una frecuencia de 10 días hasta los 18 días después de la siembra. Los resultados se expresarán en promedio.

**Longitud de raíz (cm).** A los 18 días después de la siembra, se midió el tamaño de las raíces en 10 plántulas tomadas al azar de cada macetero, para lo cual serán desprendidos del macetero. Los resultados se expresaron en promedio.

**Diámetro de tallo (mm).** A los 18 días después de la siembra, se midió el diámetro del tallo en 10 plántulas tomadas al azar de cada macetero, para lo cual serán desprendidos del macetero. Los

resultados se expresaron en promedio.

**Material vegetal.** – Estuvo constituido por semilla botánica de trigo (*Triticum aestivum* L) var “gavilán”.

**Dosimetría.** - Para la determinación de la Dosis Letal Media DL- 50 fue necesario utilizar siete dosis del agente químico (azida de sodio), se aplicó en el laboratorio de semillas del Programa de cereales y granos nativos.

**Dosis y agente mutagénicos.** - Para la inducción de mutaciones

se utilizó la azida de sodio a las dosis de 0.0 mM; (T1) 0.5 mM, (T2) 1.0 mM, (T3) 1.5 mM, (T4) 2.0 mM, (T5) 2.5 mM, (T6) 3.0 mM; (T7) 3.5 mM; (T8) buffer mM y (T9) testigo. Las semillas se remojo por una hora.

**Tratamientos.**

TRAT	CARACTERÍSTICA	DOSIS
T1	Remojado en azida de sodio	0.5 mM
T2	Remojado en azida de sodio	1.0 mM
T3	Remojado en azida de sodio	1.5 mM
T4	Remojado en azida de sodio	2.0 mM
T5	Remojado en azida de sodio	2.5 mM
T6	Remojado en azida de sodio	3.0 mM
T7	Remojado en azida de sodio	3.5 mM
T8	Solución buffer	600 ml
T9	Agua destilada	800 ml

**III. RESULTADOS.**

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T8	0.8625	A
2	T1	0.8425	A
3	T9	0.6700	B
4	T7	0.000000	C
5	T6	0.000000	C
6	T5	0.000000	C
7	T4	0.000000	C
8	T3	0.000000	C
9	T2	0.000000	C

Análisis de información

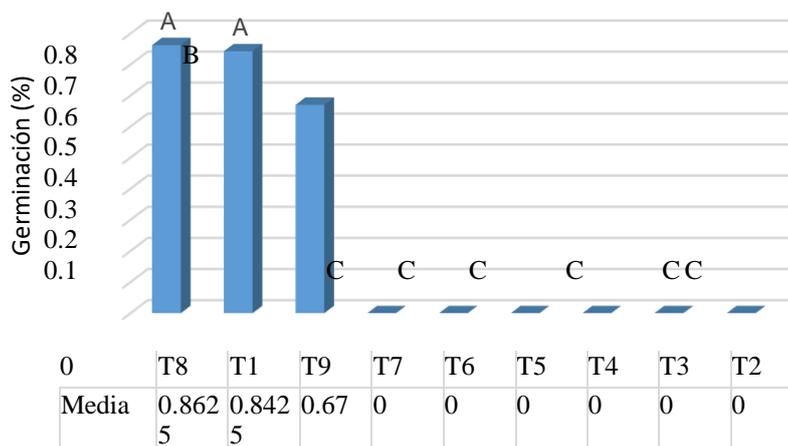
Porcentaje de germinación a los 3 dds

**Tabla 1: prueba de tukey para el porcentaje de germinación de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en Condiciones de laboratorio ( $\alpha= 0.01$ ), a los 3 dda**

**Figura 1. Germinación de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de laboratorio(3dds)**

Germinación de las semillas de trigo en condiciones de laboratorio (3dds)

Germinación de las semillas de trigo en condiciones de laboratorio (3dds)



**Tabla 2: Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de laboratorio ( $\alpha= 0.01$ ), a los 7 dds.**

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	0.96250	A
2	T8	0.96000	A
3	T2	0.9350	A
4	T9	0.6875	B
5	T3	0.4825	C
6	T7	0.000000	D
7	T6	0.000000	D
8	T5	0.000000	D
9	T4	0.000000	D

Según el tratamiento T1 (0.5 azida de sodio), obtuvo el mayor valor para el porcentaje de germinación con un valor promedio del 96 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (A). Por otro lado, el tratamiento (T3) presenta el menor valor para el porcentaje de germinación con un valor promedio del 48 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (C). Además, T1 no presenta

diferencia significativa entre T8 y T2. Pero si existe diferencia significativa entre T9 y T3 con respecto a T1, T2 y T8 respectivamente.

Además, los tratamientos T4, T5, T6 y T7 no mostraron respuesta a las diferentes dosis de azida sódica considerándose en el agrupamiento D, a los 7 dds.

**Figura N° 2. Germinación de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de laboratorio (7 dds).**



**PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 11 DDS**

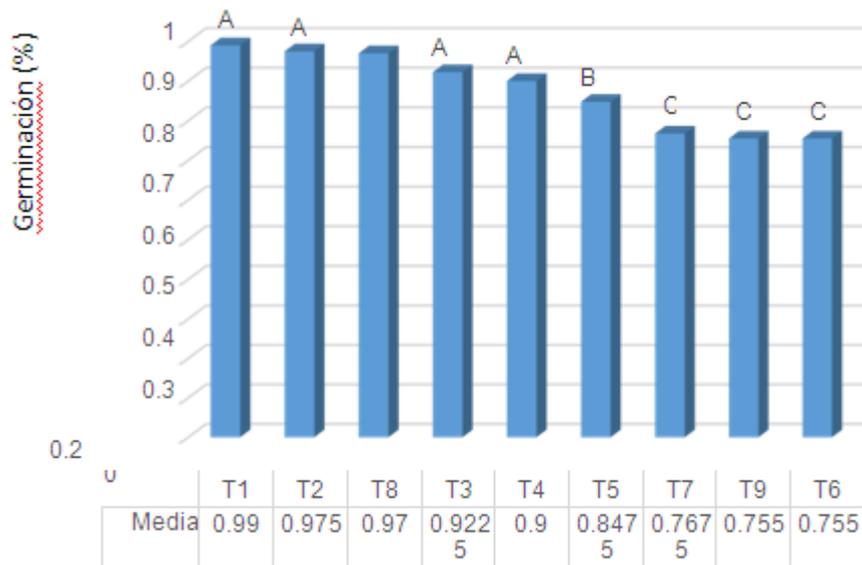
**Tabla 6: Prueba de Tukey, germinación de semillas de trigo con diferentes concentraciones de azida de sodio ( $\alpha= 0.01$ ), a los 11 dds.**

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	0.99000	A
2	T2	0.9750	A
3	T8	0.97000	A B
4	T3	0.9225	A B
5	T4	0.90000	A B
6	T5	0.8475	B C
7	T7	0.7675	C
8	T9	0.7550	C
9	T6	0.7550	C

Tratamiento T1 (0.5 Azida de sodio), obtuvo el mayor valor para el porcentaje de germinación con promedio de 99% por lo que se le considero en el agrupamiento (A). además, entre los tratamientos T1 y T2, no existe diferencia significativa. De igual modo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos T7, T9 y T6, por

los tratamientos T8, T4 y T3 no existe diferencia significativa entre sí y con respecto a T1 y T2. Por otro lado, el tratamiento (T6) presenta el menor valor para el porcentaje de germinación con un valor promedio del 76 %, entre los tratamientos T1, T8, T5 y T7, si existe diferencia significativa.

Figura 3. Germinación de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de laboratorio (11 días).



e

**EMERGENCIA A LOS 10 DDS**

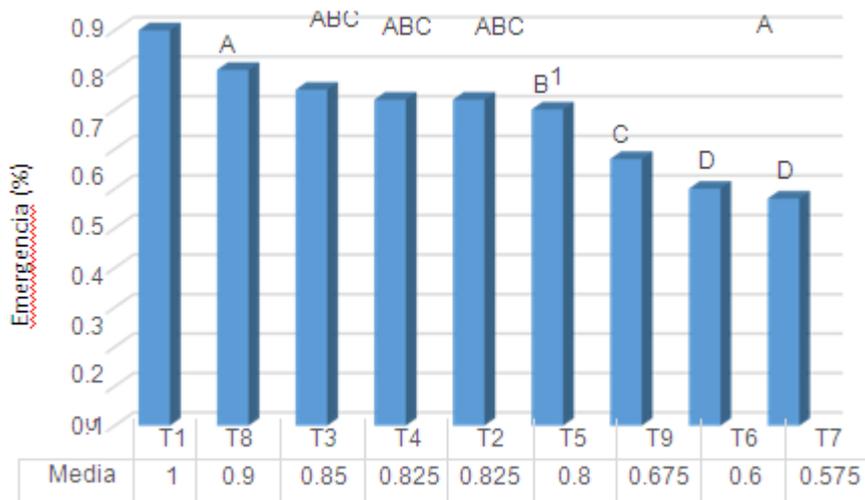
Tabla 8: Prueba de Tukey para el porcentaje de emergencia de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero ( $\alpha= 0.01$ ), a los 10 dds.

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	1.000	A
2	T8	0.9000	A B
3	T3	0.8500	A B C
4	T4	0.8250	A B C
5	T2	0.8250	A B C
6	T5	0.8000	B C
7	T9	0.6750	C D
8	T6	0.6000	D
9	T7	0.5750	D

Según Tukey en la tabla 8. el tratamiento T1 (0.5 Azida de sodio), obtuvo el mayor porcentaje de emergencia con un valor promedio del 100 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (A). Por otro lado, el tratamiento T7 (3.5 Azida de sodio) presenta el menor porcentaje de emergencia con un

valor promedio de 58 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (D). Cabe señalar que T3, T4 y T2 no presentan diferencia significativa entre sí. Además, T9, T1, T5, T6 y T7 presentan diferencia significativa respectivamente.

**Figura 4. Emergencia de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero (10dds).**



**EMERGENCIA A LOS 18 DDS**

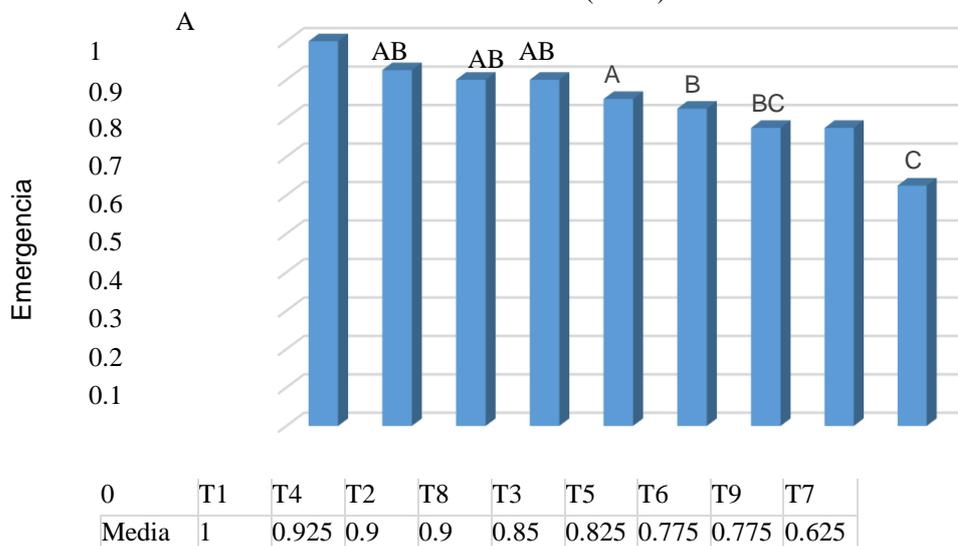
**Tabla 10: Prueba de Tukey para el porcentaje de emergencia de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero ( $\alpha=0.01$ ), a los 18 dds**

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	1.000	A
2	T4	0.9250	A B
3	T2	0.9000	A B
4	T8	0.9000	A B
5	T3	0.8500	A B
6	T5	0.8250	B
7	T6	0.7750	B C
8	T9	0.7750	B C
9	T7	0.6250	C

Según la prueba de Tukey (Tabla 9), el tratamiento T1 (0.5 Azida de sodio), obtuvo el mayor porcentaje de emergencia con un valor promedio del 100 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (A). Por otro lado, el tratamiento T7 (3.5 Azida de sodio) presenta el menor

porcentaje de emergencia con un valor promedio de 63 %, por lo que se le considero en el agrupamiento (C). Cabe señalar que T4, T2, T8, T3 no presentan diferencia significativa entre sí. Además, T1, T4, T5, T6 y T7 presentan diferencia significativa respectivamente.

**Figura 5.** Emergencia de las semillas de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero (18dds).



**Altura de la planta a los 11 dds**

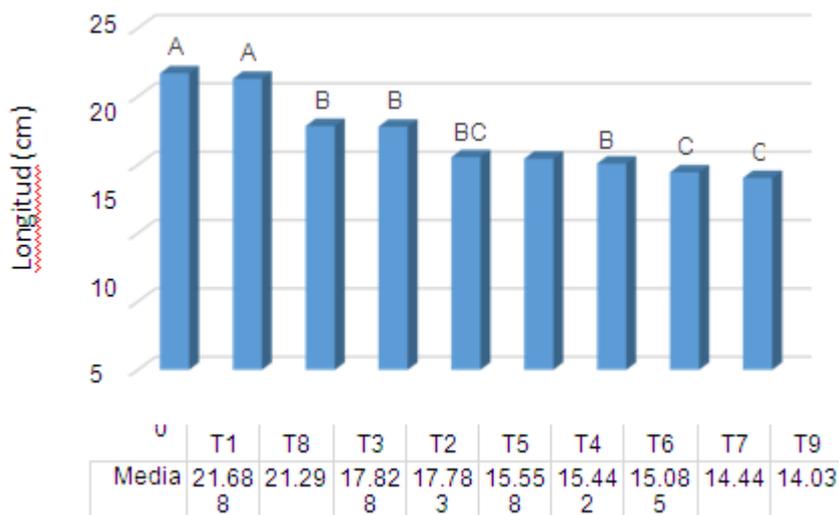
**Tabla 12:** Prueba de Tukey para la longitud de la raíz de la planta de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero ( $\alpha=0.01$ ), a los 18 dds.

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	21.688	A
2	T8	21.290	A
3	T3	17.828	B
4	T2	17.783	B
5	T5	15.558	B C
6	T4	15.442	B C
7	T6	15.085	B C
8	T7	14.440	C
9	T9	14.030	C

Según la prueba de Tukey (Tabla 12), el tratamiento T1 (0.5 Azida de sodio), obtuvo la mayor longitud de raíz con un valor promedio de 21.69 cm, por lo que se le considero en el agrupamiento (A). Por otro lado, el testigo (T9) presenta la menor longitud de raíz con un valor promedio de 14.03 cm, por lo que se le considero en el agrupamiento (C). Cabe señalar que T4, T5 y T6 no presentan diferencia significativa con respecto a

T2, T3, T7 y T9. Por otro lado, no existe diferencia significativa entre los tratamientos T8, T1 y T3, por lo que se les considero en el mismo agrupamiento (A), de igual manera sucede entre T2 y T3, del agrupamiento (B) y entre los tratamientos T9 y T7, del agrupamiento(C). Además, existe diferencia significativa entre T8, T1, T2, T3, T7 y T9, respectivamente.

**Figura 6.** Longitud de la raíz de la planta de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero (18dds).



#### Diámetro del tallo de la planta a los 18 dds

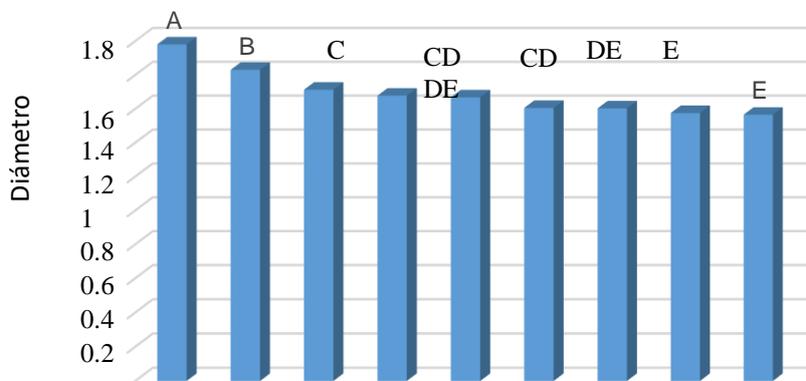
**Tabla 14:** Prueba de Tukey para el diámetro del tallo de la planta de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero ( $\alpha=0.01$ ), a los 18 dds

O.M	Tratamientos	Media	Agrupación
1	T1	1.9800	A
2	T8	1.8300	B
3	T2	1.7125	C
4	T4	1.6775	C D
5	T3	1.66750	C D
6	T6	1.6050	D E
7	T5	1.6025	D E
8	T7	1.5750	E
9	T9	1.5650	E

Según la prueba de Tukey (Tabla 13), el tratamiento T1 (0.5 Azida de sodio), obtuvo el mayor valor para el diámetro del tallo de la planta de trigo, obteniéndose un valor promedio de 1.98 mm, por lo que se le considero en el agrupamiento (A). Por otro lado, el testigo (T9) presenta el menor valor para el diámetro del tallo de la planta de trigo con un valor promedio de 1.56 mm, por lo que se le considero en el agrupamiento (E). Cabe señalar que

T3 y T4 no presentan diferencia significativa con respecto a T2, T5 y T6. Además, tampoco existe diferencia significativa entre T5 y T6, con respecto a T9 y T7. De igual manera entre T9 y T7 no existe diferencia significativa por considerarlos en el mismo agrupamiento (E). Por último, existe diferencia significativa entre T8, T1, T2, T3, T5, T6 y T9, respectivamente.

**Gráfico 7.** Diámetro del tallo de la planta de trigo, con diferentes concentraciones de azida de sodio, en condiciones de invernadero (18dds)



0	T1	T8	T2	T4	T3	T6	T5	T7	T9
Media	1.9	1.83	1.7125	1.6775	1.6675	1.605	1.6025	1.575	1.565

#### Prueba de Hipótesis

Con la aplicación de las diferentes dosis del agente mutagénico azida de sodio a las semillas de trigo, no influyo en todos los tratamientos, no mostrándose cambios genéticos observables fenotípicamente para las variables, porcentaje de emergencia y geminación, altura de planta, longitud de raíz, diámetro de tallo. Discrepando con la afirmación de la  $H_a$

#### IV. DISCUSION

##### Germinacion

Esta variable fue medida en tres tiempos, a los 3, 7 y 11 días después de sembrar la semilla en placas Petri. En el cuadro 1, 2 y 3 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANVA) del efecto de la aplicación de siete dosis de Azida de sodio, uno de buffer y testigo en el porcentaje de germinación. Se puede apreciar que para los tratamientos si hubo diferencias altamente significativas. El Coeficiente de Variación fue de 9.89 %, 4.18 % y 5.96 %. En la Tabla 5, 6 y 7 se presentan los valores medios de germinación y la prueba de Tukey muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos con aplicaciones (Azida de sodio y buffer) y el testigo. Se puede apreciar que el porcentaje de germinación varió de 48 a 99%, observándose una disminución del porcentaje de germinación con el incremento de la dosis. Resultados similares fueron reportados por Carrillo (2017), quién encontró diferencias altamente significativas para la germinación y dosis de Azida de sodio en sésamo. También se desprende, que conforme se incrementaron las dosis

de Azida de sodio, disminuye el porcentaje de germinación de las semillas detrido.

##### Emergencia.

**Esta variable fue** medida en dos tiempos, a los 10 y 18 días después de sembrar la semilla en macetas. En el cuadro 4 y 5 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANVA) del efecto de la aplicación de siete dosis de Azida de sodio y uno de buffer en el porcentaje de emergencia. Se puede apreciar que para los tratamientos si hubo diferencias altamente significativas. El Coeficiente de Variación fue de 10.42 % y 8.16 %. En la Tabla 8 y 9 se presentan los valores medios de germinación y la prueba de Tukey muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos con aplicaciones (Azida de sodio y buffer) y el testigo. Se puede apreciar que el porcentaje de emergencia varió de 58 a 100%, observándose una disminución del porcentaje de emergencia con el incremento de ladosis.

Resultados similares fueron reportados por Carrillo (2017), quién encontró diferencias altamente significativas para la germinación y dosis de Azida de sodio en sésamo. También se desprende, que conforme se incrementaron las dosis de Azida de sodio, disminuye el porcentaje de emergencia de las semillas detrido.

##### Altura de la Planta.

**Las semillas** presentaron diferencias significabas en las tasas de crecimiento en las diferentes fechas de evaluación. Resultados

similares fueron reportados por Carrillo (2017), quién encontró diferencias altamente significativas para las semillas de sésamo y diversas dosis de agentes mutagénicos. También se desprende, que conforme se incrementaron las dosis de Azida sódica, disminuyeron la altura de las plantas. Así, en promedio la mayor altura de plantas de Trigo, en T8 (15.30 cm), seguido del tratamiento T1 (0.5 Azida sódica) con (14.91 cm) (Tabla 10), se obtuvo a los 11 días después de la siembra, en condiciones de laboratorio. Mientras que en condiciones de invernadero la mayor altura en las plantas de Trigo, se obtuvieron en T1 (13.35 cm) y T8 (13.28 cm) a los 18 días posteriores a la siembra (Tabla 11). Por lo que para ambas condiciones de siembra se puede inferir que el mejor tratamiento fue el tratamiento T1 (0.5 Azida sódica). Contrariamente, y para ambos periodos, la menor altura se obtuvo con las semillas que fueron tratadas con el agente mutagénico (3.5 Azida sódico), obteniéndose 5.56 y 8.66 cm para los 11 y 18 días posteriores a la siembra. Contrariamente, y para el mismo periodo, la menor altura se obtuvo con semillas de trigo que fueron tratadas con el agente mutagénico con dosis superiores a 2.0 Azida sódica, es decir en los tratamientos: T4 (9.77 cm), T5 (7.92 cm), T6 (6.94 cm) y T7 (5.56 cm), quienes presentan valores inferiores a los 10 cm considerándolos según la escala como Bajo (Ver Cuadro 2.7 Definición operativa de variables e indicadores).

#### Longitud de raíces.

Durante los primeros 18 días de desarrollo, a partir de las semillas de trigo con el agente mutagénico emergieron las raíces. Desde el momento en que empezó a formarse la radícula, se apreció que las semillas que fueron tratadas con la mayor dosis del agente mutagénico (Azida de sodio) tenían un crecimiento más lento que aquellas tratadas con las menores dosis. Esta tendencia se mantuvo hasta los 18 días pos siembra, en el cual se encontró diferencias significativas para la longitud de raíces (Tabla 12). Resultados similares fue reportado por Salas (2015) quien encontró diferencias estadísticas significativas en la interacción entre el agente mutágeno y la longitud radicular de las plantas de Salvia. Partiendo de la suposición de que a mayor longitud de raíz habrá mayor prendimiento y anclaje de la semilla del trigo, se deduce que el tratamiento de semillas de Trigo con 0.5 Azida sódico y Buffer son los más apropiados, y considerándolos según la escala como de longitud mediana (entre 15 a 20 cm), obteniendo 21.69 y 21.29 cm y teniendo en cuenta que no existen diferencias estadísticas significativas en longitud de raíz con los tratamientos de T2 (1.0

Azida sódica) y T3 (1.5 Azida sódica), T4 (2.0 Azida sódica), T5 (2.5 Azida sódica) y T6 (3.0 Azida sódica), y finalmente entre T7 (3.5 Azida sódica) y T9 (control), respectivamente (Tabla 12).

#### Diámetro del tallo

Para los 18 días de evaluación pos siembra se encontró diferencias estadísticas significativas en el análisis de varianza del diámetro del tallo por efecto de las concentraciones de Azida sódica (cuadro 9). Obteniendo el mayor diámetro del tallo en promedio a la dosis de 0.5 Azida sódica y Buffer con 1.98 y 1.83 mm, respectivamente. Contrariamente, se obtuvo el menor diámetro del tallo en el control T9, con 1.57 mm (Tabla 13). También se puede deducir que conforme se incrementa la dosis del agente mutagénico (Azida sódica), disminuye el diámetro del tallo de la planta de trigo; sin embargo, a la dosis de 3.5 Azida sódico (T7) y control (T9), no existe diferencias significativas.

El coeficiente de variación (2,1 %), indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un buen manejo en las unidades experimentales (cuadro 9).

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y finalizando el trabajo de investigación se concluye que:

- Se encontró diferencias significativas en la germinación, es decir, las semillas de trigo presentaron diferencias significativas en las diferentes fechas de evaluación. En promedio el mayor porcentaje de germinación de plantas de Trigo (99 %) se obtuvo a los 11 días después de la siembra, en semillas tratadas a la dosis de 0.5 Azida sódico del agente mutagénico.
- Contrariamente, y para el mismo periodo, el menor porcentaje de germinación se obtuvo con las semillas que fueron tratadas con dosis mayores a 2.0 Azida sódico (90 %). Los coeficientes de variación nos indican que los errores experimentales fueron controlados satisfactoriamente.
- Para la emergencia, las semillas de trigo presentaron diferencias significativas en las diferentes fechas de evaluación. En promedio el mayor porcentaje de emergencia de plantas de Trigo (100 %) se obtuvo a los 10 y 18 días después de la siembra, en semillas tratadas a la dosis de 0.5 Azida de sodio del agente mutagénico. Contrariamente, y para el mismo periodo, el menor porcentaje de germinación se obtuvo con las semillas que fueron tratadas con dosis mayores a 1.0 Azida sódico (85 %). Los coeficientes de variación nos indican que los errores

experimentales fueron controlados satisfactoriamente.

**d).** Se encontró diferencias significativas en la altura de plantas, es decir, las semillas presentaron diferencias significativas en las tasas de crecimiento en las diferentes fechas de evaluación. En promedio la mayor altura de plantas de Trigo, se obtuvieron en T8 (15.30 cm) y T1 (14.91 cm) a los 11 días después de la siembra, en condiciones de laboratorio. Mientras que en condiciones de invernadero la mayor altura en las plantas de Trigo, se obtuvieron en T1 (13.35 cm) y T8 (13.28 cm) a los 18 días posteriores a la siembra. Por lo que para ambas condiciones de siembra se puede inferir que el mejor tratamiento fue el tratamiento T1 (0.5 Azida sódica). Contrariamente, y para ambos periodos, la menor altura **e).** se obtuvo con las semillas fueron tratados con el agente mutagénico (3.5 Azida sódico), obteniéndose 5.56 y 8.66 cm para los 11 y 18 días posteriores a la siembra. Los coeficientes de variación nos indican que los errores experimentales fueron controlados satisfactoriamente

**f).** Las semillas de Trigo tratados con diferentes dosis de Azida sódico, presentaron diferencias significativas en la longitud de raíz. A la dosis de 0.5 Azida sódico y Buffer, se obtuvo la mayor longitud de raíz con 21.69 y 21.29 cm respectivamente, sin embargo, no difieren estadísticamente a los tratamientos de T2 (1.0 Azida sódica) y T3 (1.5 Azida sódica), T4 (2.0 Azida sódica), T5 (2.5 Azida sódica) y T6 (3.0 Azida sódica), y finalmente entre T7 (3.5 Azida sódica) y T9 (control), respectivamente (Tabla 12). Por lo que T1 y T8, son los tratamientos más apropiados, para la obtención de longitud radicular mediana (entre 15 a 20 cm), suponiendo que a mayor longitud radicular se tendrá un mejor prendimiento y anclaje.

**g).** Se obtuvo el mayor diámetro del tallo en promedio, a la dosis de 0.5 Azida sódico (T1) y Buffer (T8) con 1.98 y 1.83 mm. Contrariamente, se obtuvo el menor diámetro del tallo en el Control T9 (1.57 mm). También se puede deducir que conforme se incrementa la dosis del agente mutagénico (Azida sódica), disminuye el diámetro del tallo de la planta de trigo; sin embargo, a la dosis de 3.5 Azida sódico (T7) y control (T9), no existe diferencias significativas.

**h).** Se obtuvo el mayor diámetro del tallo en promedio, a la dosis de 0.5 Azida sódico (T1) y Buffer (T8) con 1.98 y 1.83 mm. Contrariamente, se obtuvo el menor diámetro del tallo en el Control T9 (1.57 mm). También se puede deducir que conforme se incrementa la dosis del agente mutagénico (Azida sódica), disminuye el diámetro

del tallo de la planta de trigo; sin embargo, a la dosis de 3.5 Azida sódico (T7) y control (T9), no existe diferencias significativas.

## VI. RECOMENDACIONES.

Tratar una mayor cantidad de semillas a la dosis de (T1) 0.5 mM de azida de sodio, para evaluar la siguiente generación(m2). Tratar una mayor cantidad de semillas a la dosis de (T1) 0.5 mM de azida de sodio, para evaluar la siguiente generación(m2).

Se recomienda elaborar ensayos con dosis menores a 2.0 de Azida de sodio a las empleadas y mayor tiempo de exposición al mismo, además de ampliar el número de muestras a estudiar para así poder determinar mejor el comportamiento de las semillas de trigo con otras variedades, los mismos que servirán para poder brindar una mejor recomendación

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Agrosistemas(2008), Trigo en línea. <http://www.agrosistemas.es/servicios/perfiles%20de%20cultivos/trigo/trigo>
- [2]. Anapo, R. (2008). (Asociación de Productores de Oleaginosas Trigo), Departamento Técnico y Servicios. Estadísticos de la evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del cultivo de trigo en Santa Cruz. 15-20p.
- [3]. Carretero, R.; et al. (2007). Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo. Universidad de Buenos Aires-Argentina. 268p
- [4]. Carrillo, V. (2017). Concentración óptima de azida sódica en semillas de *Sesamum indicum* var. escoba blanca para inducción a mutaciones (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay.
- [5]. Castillo, S. (2010). Inducción de mutaciones en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y selección de líneas tolerantes a imidazolinonas. Valdivia - Chile. Datta, S. (2014). Induced mutagenesis: basic knowledge for technological success. In National Botanical Research Institute. India. Pp.97-140.
- [6]. FAO, (2015). Nota informativa sobre la oferta y la demanda de cereales.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/Hc6Xkb> <file:///O:/AGROINFORMACION-TRIGO.html>.

- [7]. Gaceta, M. (2013). Record en cosecha de trigo centenario. UNA La Molina, Lima Perú. Consultado 11 de noviembre del 2012 disponible: <http://www.lamolina.edu.pe>
- [8]. Gruszka, D, (2012). Sodium Azide as a Mutagen, (January 2012), 159–166. <https://doi.org/10.13140/2.1.2105.8560>
- [9]. Hoffman, E. (2010), Caracterización del Trigo.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/Ft1Att>
- [10]. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>: Infoagro. Cultivo del trigo 1ra.Parte.
- [11]. Iñigo, P. (2010). Evaluación de variedades de triticale para distintos aprovechamientos: grano, forraje y biomasa en genética y estudio comparativo con variedades de trigo, España: Universidad Pública de Navarra. Recuperado el 20 de mayo de 2016 de: <https://goo.gl/tjQZGU>
- [12]. Llanos, D. (2013). Evaluación del efecto de la irradiación con rayos gamma (cobalto-60) en tres líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Lic. La Paz, Bo: UMSA. 32-42p.
- [13]. Matijevic, M. (2013), Impact of induced mutations in plant breeding. In: Plant Genetics and Breeding Technologies. Editorial Munduzci. Vienna. Austria. Pp. 45–47.
- [14]. Mellado M. (2004). Manejo tecnológico. Boletín INIA N° 114, Chillán, Chile.
- [15]. Monroy, M. (2018). evaluación del efecto de dosis de azida de sodio sobre la regeneración de callo en caña de azúcar. escuintla, junio de 2018.
- [16]. Palacios, C. (2006). Sanidad de cultivos. Informe técnico sanitario N° 3. SIEF. INTA Venado Tuerto. 29p.
- [17]. Pierce, B. (2009) Genetics: a conceptual approach. W. H. Freeman and Company. Third edition. New York. USA. 707p.
- [18]. Rimache, A. (2008). Colección de cereales: trigo, cebada y avena. 1ra Edición. Perú. Edt. Macro E.I.R.L. 10 p.
- [19]. Salas, L. (2015). La azida de sodio aplicada a las semillas de *Salvia farinacea* Benth. var. Blue Bedder para cambios genéticos. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 74pp.
- [20]. Scotiabank Perú. (2016), Informes anuales. Recuperado el 14 de marzo 2017 de: <https://goo.gl/vXCSc8>.
- [21]. Vargas, C. (2016), generación de un protocolo para inducir variantes genéticas en café (*coffea arabica* L) mediante inducción con el uso de agentes químicos. Tesis Ingeniero Agrónomo