

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Diferentes Dosis y Fuentes de Potasio en Calidad Nutracéutica y Productividad de Cebolla Morada

Por:

**MICHEL ADÁN FRANCO ARCHUNDIA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México  
Noviembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Diferentes Dosis y Fuentes de Potasio en Calidad Nutracéutica y  
Productividad de Cebolla Morada

Por:


**MICHEL ADÁN FRANCO ARCHUNDIA**


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

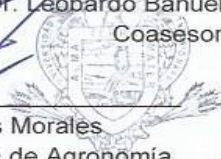
Aprobada por el Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Noviembre de 2015

## DEDICATORIAS

**A mi padre**, mi gran ejemplo y modelo a seguir. El que hizo que me convirtiera en todo lo que soy. Por todo ese cariño, enseñanzas, humildad y sabiduría que me has transmitido. Te amo pa.

**A mi madre**, mi razón de sobresalir. Eres el más bello sentimiento, la que logro educarme a pesar de todo. Por todo ese infinito cariño que solo una madre puede dar. Te amo ma.

**A los dos**, por estar juntos todo este tiempo, por todos esos momentos de inolvidable felicidad y por su apoyo incondicional brindado en toda mi carrera profesional.

**A mis hermanos** Sandra, Marisol y Marco. Por todos esos momentos de niñez que me hicieron tan feliz, por eso que solo los hermanos podemos sentir. Gracias por todo su cariño brindado. Los quiero.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por darme el hermoso regalo de la vida y permitirme concluir mis estudios profesionales, por darme salud y felicidad a pesar de todo, por darme todas estas innumerables bendiciones y por estar siempre conmigo y nunca dejarme solo.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, mi alma mater, por permitir realizar mis estudios profesionales, por formarme como persona y por todos esos conocimientos obtenidos en tus aulas.

**Al Departamento de Horticultura y sus profesores**, por transmitirme todos esos conocimientos para formarme como Ingeniero Agrónomo en Horticultura.

**Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente**, por todos los conocimientos teóricos y prácticos transmitidos durante toda mi carrera, por su apoyo para poder realizar este trabajo, y poder concluir mis estudios y sobre todo la amistad y comprensión que ha tenido conmigo.

**Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera**, por todos los incuantificables conocimientos que me transmitió, por todos esos viajes que aprendí más que en las aulas, por su amistad, apoyo y más que todo, esos incontables momentos de diversión y camaradería.

**A Cris**, por todos los momentos que vivimos a lo largo de toda la carrera, por quererme, apoyarme y ayudarme en todo momento. Gracias por todo Cris, por el ayer, el hoy y el mañana.

**A mis amigos**, Migue, Chihuas, Wini, Gordo, Piña, Osiel, Claudio, Clo, Pedro, Samuel, Checo, Gabo, Aventurero. Por su amistad a pesar de tantos años.

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el periodo Mayo-Diciembre del 2014, en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, México. El objetivo de estudio fue identificar el efecto de la fertilización potásica con diferentes dosis y fuentes de fertilizantes, evaluando la calidad nutracéutica y productividad de la cebolla morada variedad Mata Hari. Se evaluaron doce tratamientos los cuales fueron T1 (Nitrato de Potasio al 80%), T2 (Nitrato de Potasio al 100%), T3 (Nitrato de Potasio al 120%), T4 (Sulfato de Potasio al 80%), T5 (Sulfato de Potasio al 100%), T6 (Sulfato de Potasio al 120%), T7 (Cloruro de Potasio al 80%), T8 (Cloruro de Potasio al 100%), T9 (Cloruro de Potasio al 120%), T10 (Amifol K al 80%), T11 (Amifol K al 100%) y T12 (Amifol K al 120%). Se utilizó un diseño completamente al azar utilizando el programa de análisis estadístico SAS 9.0, mediante la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ). Las variables evaluadas fueron diámetro ecuatorial del bulbo, diámetro polar del bulbo, peso fresco del bulbo, diámetro basal, nitratos en hojas, potasio en hojas, nitrato en bulbos, potasio en bulbos, potencial redox y antocianinas. El tratamiento 4, que fue fertilizado con Sulfato de Potasio al 80%, obtuvo los valores más altos para las variables de productividad, que son diámetro ecuatorial, diámetro polar, diámetro basal y peso fresco. El tratamiento 6, Sulfato de potasio al 120%, tuvo los valores más altos en las variables de nitrato y potasio en hojas. Por otra parte el tratamiento 11, fertilizado con Amifol K al 100%, obtuvo las mejores valores en nitratos y potasio en bulbos. En cuanto a potencial redox los tratamientos con nitrato de potasio a sus diferentes dosis obtuvieron los mejores resultados. Por último, en cuanto a antocianinas se refiere, el tratamiento 2, fertilizados con nitrato de potasio al 100% obtuvo los valores más altos.

**Palabras clave:** Cebolla, Potasio, Calidad Nutracéutica, Potencial Redox, Antocianinas.

Correo electrónico; Michel Adan Franco Archundia, [elpecto@hotmail.com](mailto:elpecto@hotmail.com)

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIAS</b> .....	I
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	II
<b>RESUMEN</b> .....	III
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>APÉNDICE</b> .....	IX
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.1.1. Objetivos específicos.....	2
1.2. Hipótesis. ....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Historia del cultivo. ....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica. ....	3
2.1.3 Importancia económica.....	3
2.1.4 Características generales del cultivo. ....	3
2.1.4.1. Clima. ....	4
2.1.4.2 Suelo. ....	4
2.1.4.3. Raíz. ....	4
2.1.4.4 Tallo.....	4
2.1.4.5 Bulbo. ....	5
2.1.4.6. Hojas. ....	5
2.1.4.7 Flores.....	5
2.1.4.8. Frutos y semillas.....	5
2.2 El potasio .....	6
2.2.1 El potasio en la agricultura.....	6
2.2.2 El potasio en la planta.....	6
2.2.3 Beneficios del potasio. ....	7
2.2.4 Síntomas de deficiencia del potasio.....	7
2.2.5 Excesos de potasio.....	8

2.2.6 Fertilizantes potásicos. ....	8
2.3 Efecto de los antioxidantes .....	8
2.3.1 Los antioxidantes en las plantas. ....	9
2.3.2 Las antocianinas. ....	9
2.3.2.1. Usos y funciones de las antocianinas. ....	10
2.4 Calidad nutraceútica de la cebolla. ....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1 Localización del experimento .....	11
3.2. Establecimiento del experimento .....	11
3.2.1 Material vegetativo .....	11
3.2.2 Siembra .....	11
3.2.3. Preparación del Sustrato. ....	11
3.2.4. Trasplante. ....	11
3.3 Descripción de los tratamientos .....	12
3.4 Fertilización. ....	12
3.4.1. Descripción de los fertilizantes. ....	13
3.4.1.1 Nitrato de potasio. ....	13
3.4.1.2 Sulfato de potasio .....	13
3.4.1.3 Cloruro de potasio .....	13
3.4.1.4 Amifol K .....	13
3.5 Manejo del cultivo .....	14
3.5.1 Riegos. ....	14
3.5.2 Programa de nutrición. ....	14
3.5.3 Control de plagas y enfermedades. ....	14
3.6 Cosecha. ....	15
3.7. Diseño experimental. ....	15
3.8 Variables evaluadas. ....	15
3.8.1. Diámetro ecuatorial del bulbo. ....	15
3.8.2 Diámetro polar del bulbo. ....	15
3.8.3. Peso fresco del bulbo. ....	15

3.8.4 Diámetro basal.....	15
3.8.5 Nitratos en hojas.....	16
3.8.6 Potasio en hojas.....	16
3.8.7 Nitratos en bulbo.....	16
3.8.8 Potasio en bulbo.....	16
3.8.9 Potencial Redox en bulbo.....	16
3.8.10 Antocianinas.....	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>18</b>
4.1 Diámetro Ecuatorial del Bulbo.....	18
4.2 Diámetro polar del bulbo.....	19
4.3 Peso fresco del bulbo.....	19
4.4 Diámetro basal.....	20
4.5 Nitrato en hojas.....	21
4.6 Potasio en hojas.....	22
4.7 Nitrato en Bulbos.....	23
4.8 Potasio en bulbos.....	24
4.9 Potencial Redox.....	25
4.10 Antocianinas.....	26
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>
<b>VII. APÉNDICE.....</b>	<b>34</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
3.1	Tratamientos empleados en el Experimento.....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>4.1</b>	Comportamiento de las medias para la variable de diámetro ecuatorial del bulbo con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>17</b>
<b>4.2</b>	Comportamiento de las medias para la variable de diámetro polar del bulbo con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>18</b>
<b>4.3</b>	Comportamiento de las medias para la peso fresco del bulbo con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>19</b>
<b>4.4</b>	Comportamiento de las medias para la variable de diámetro basal con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>20</b>
<b>4.5</b>	Comportamiento de las medias para la variable nitrato en hojas con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>21</b>
<b>4.6</b>	Comportamiento de las medias para la variable de potasio en hojas con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>22</b>
<b>4.7</b>	Comportamiento de las medias para la variable de nitrato en bulbos con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>23</b>
<b>4.8</b>	Comportamiento de las medias para la variable de potasio en bulbos con diferentes dosis y fuentes de potasio	<b>24</b>
<b>4.9</b>	Comportamiento de las medias para la variable de potencial redox con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>25</b>
<b>4.10</b>	Comportamiento de las medias para la variable de antocianinas con diferentes dosis y fuentes de potasio.....	<b>26</b>

## APÉNDICE

	<b>Página</b>
<b>A.1</b> ANOVA de diámetro ecuatorial de bulbo.....	<b>32</b>
<b>A.2</b> ANOVA de diámetro polar de bulbo.....	<b>32</b>
<b>A.3</b> ANOVA de peso fresco del bulbo.....	<b>33</b>
<b>A.4</b> ANOVA de diámetro basal.....	<b>33</b>
<b>A.5</b> ANOVA de nitrato en hojas.....	<b>34</b>
<b>A.6</b> ANOVA de potasio en hojas.....	<b>34</b>
<b>A.7</b> ANOVA de nitrato en bulbos.....	<b>35</b>
<b>A.8</b> ANOVA de potasio en hojas.....	<b>35</b>
<b>A.9</b> ANOVA de potencial Redox.....	<b>36</b>
<b>A.10</b> ANOVA de antocianina.....	<b>36</b>
<b>A.11</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Diámetro Ecuatorial del Bulbo.....	<b>37</b>
<b>A.12</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Diámetro Polar del Bulbo.....	<b>37</b>
<b>A.13</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Peso Fresco del Bulbo.....	<b>38</b>
<b>A.14</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Diámetro Basal.....	<b>38</b>
<b>A.15</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de nitrato en hojas.....	<b>39</b>
<b>A.16</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de potasio en hojas.....	<b>39</b>
<b>A.17</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de nitrato en bulbos.....	<b>40</b>
<b>A.18</b> Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de potasio en bulbos.....	<b>40</b>

<b>A.19</b>	Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Potencial Redox.....	<b>41</b>
<b>A.20</b>	Comparación de medias de la prueba de Duncan $p \leq 0.05$ para la variable de Antocianinas.....	<b>41</b>
<b>A.21</b>	Contenido en gramos de las concentraciones de los fertilizantes utilizados como tratamientos.....	<b>42</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la cebolla representa la tercera hortaliza más importante en México. Para el año 2014, la superficie sembrada fue de 48,000 hectáreas, de las cuales se cosecharon 46,900 hectáreas, con una producción de 1.4 millones de toneladas. De la producción nacional, el 90% corresponde a cebolla blanca, 7% es morada, 2% amarilla y 1% son cebollines. Actualmente se exporta alrededor de un 30% de la producción nacional. Cinco entidades concentran el 64.1% del volumen y 61.9% del valor a nivel nacional: Chihuahua, Baja California, Zacatecas, Michoacán y Tamaulipas (SHCP 2014).

Las antocianinas son pigmentos naturales de color rojo, azul o morado y proporcionan protección al organismo de daños producidos por agentes oxidantes, como la polución ambiental, rayos ultra violeta y sustancias químicas presentes en los alimentos. La cebolla morada es uno de los vegetales más ricos en antocianinas, y por ende, goza de propiedades antioxidantes y microbianas. En el ser humano ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, entre otros (Aguilera 2011).

En las plantas tienen efectos muy importantes en la bioquímica y fisiología de las plantas, ya que actúan como antioxidantes, inhibidores enzimáticos, precursores de sustancias tóxicas, y también en la formación de filtros solares y pigmentos (González 2014).

El potasio participa en el proceso de abertura y cierre de los estomas, respiración celular, síntesis de proteínas, osmorregulación, extensión celular y balance de cationes y aniones (Marschner 1995).

Se evaluaron diferentes dosis de potasio, aplicadas con varios tipos de fertilizantes, para determinar si influyen en la producción y calidad de cebolla morada.

## **1.1 Objetivo general.**

Evaluar el comportamiento de productividad y calidad comercial y nutracéutica de la cebolla Mata Hari bajo distintas fuentes y dosis de Potasio.

### **1.1.1. Objetivos específicos.**

Cuantificar el contenido de antocianinas en bulbos en la cosecha.

Determinar el potencial redox de los bulbos al momento de la cosecha.

Cuantificar la concentración de Nitrógeno y Potasio, en el bulbo y hojas al momento de la cosecha.

Determinar el efecto de las diferentes dosis de potasio en la productividad de la cebolla morada

## **1.2. Hipótesis.**

La calidad y productividad de la cebolla morada, bajo diferentes dosis de Potasio, tendrá como consecuencia un comportamiento diferente entre los tratamientos analizados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Historia del cultivo.

La cebolla (*Allium cepa* L.) pertenece a la familia de las liliáceas, se considera originaria de las regiones secas de Asia central. Su anatomía y fisiología indican con claridad que este cultivo se desarrolla perfectamente en condiciones de bajo suministro de agua, insolación alta y en humedades relativas bajas (Navarro 2008).

Por más de 5000 años las cebollas se han cultivado y actualmente no se tiene conocimiento de que existan como especies silvestres. Se sugiere que su domesticación ocurrió primeramente en las regiones montañosas de Turkmenistán, Uzbekistán, Tayikistán y en la zona norte de Irán, Afganistán y Pakistán (Brewster 2001).

#### 2.1.2 Clasificación taxonómica.

**Reino** *Plantae* **Clase** *Monocotiledoneae* **Superorden** *Liliiflorae* **Familia** *Alliaceae*  
**Tribu** *Alliae* **Genero** *Allium* **Especie** *cepa* (Navarro 2008).

#### 2.1.3 Importancia económica.

La cebolla es una de las hortalizas que más se explota comercialmente, además es una de las que más superficie cultivada ocupada y también muy importante en el uso de la dieta diaria (Lemus 2009).

En Asia se encuentra el 70% de la superficie mundial de cebolla. Y en América solo está el 8,5%, sin embargo se produce el 14% de las cebollas, lo que trae consigo rendimientos más altos en dicho continente (Lemus 2009).

#### 2.1.4 Características generales del cultivo.

La cebolla es una planta que se cultiva como ciclo anual cuando se cosecha el bulbo, y bianual cuando se pretende obtener semillas. Su sistema radicular es superficial, el cual abarca los primeros 30 cm de profundidad. El tallo está formado por una masa caulinar aplastada llamada disco, de entrenudos cortos, situado en

la base del bulbo. La flor es perfecta. Las hojas son cilíndricas de color verde y tienen una cutícula altamente cerosa. Los bulbos son de forma cilíndrica, ovalada y aplanada; y sirven como órganos de reserva (Brewster 2001).

#### **2.1.4.1. Clima.**

La cebolla requiere un clima templado o cálido para su desarrollo, los requerimientos de temperatura dependen de la etapa de desarrollo, para el crecimiento vegetativo; en la etapa inicial la temperatura debe situarse entre los 12.8° y 23.9° C, mientras que en la formación del bulbo las temperaturas favorables se sitúan entre 15.6 y 21° C. Las plantas jóvenes son más tolerantes al frío que las más viejas. En climas templados los rendimientos en bulbos son mayores y estos son de mejor calidad (Salunkhe y Kadam, 2004).

#### **2.1.4.2 Suelo.**

Esta hortaliza prefiere los suelos orgánicos, francos o arenosos, limosos y limo-arenosos, profundos y bien drenados. Un suelo arcilloso no es recomendable, ya que puede deformar o retrasar el crecimiento de la parte comestible. Los suelos demasiado alcalinos o ácidos no favorecen un crecimiento del bulbo normal y esto se ve reflejado en el rendimiento del cultivo. El cultivo de esta hortaliza es mejor realizarlo en terrenos en donde no se haya sembrado anteriormente cebolla, el intervalo para repetir el cultivo en un mismo sitio debe ser no menor a 3 años, de esta manera se obtienen mejores resultados (Cárdenas 2013).

#### **2.1.4.3. Raíz.**

El sistema radicular es de tipo fasciculado, capaz de llegar hasta unos 60 cm de profundidad, aunque normalmente no pasa de 20 cm. Las raíces son tiernas, finas, poco divididas, bien provistas de pelos radicales en el tercio medio inferior, de color blanco y con el típico olor a sulfuro de alilo que impregna toda la planta (Castell y Díaz, 2000).

#### **2.1.4.4 Tallo.**

Es muy rudimentario y pequeño, ya que alcanza sólo unos cuantos milímetros de longitud; las raíces salen a partir de un tallo a modo de disco, o disco caulinar.



Este disco caulinar presenta numerosos nudos y entrenudos (muy cortos) y a partir de éste salen las hojas. Son el conjunto de hojas de la parte superior las que forman un "falso tallo" (Internet 1)

#### **2.1.4.5 Bulbo.**

En la cebolla el bulbo actúa como un órgano de reserva de alimento, este se forma como resultado del engrosamiento de las vainas de las hojas en el follaje, estas aparecen en una sección transversal como anillos concéntricos hinchados, a medida que las vainas van engrosando, se produce el crecimiento de los limbos foliares, trayendo consigo bulbos de forma ovalada. El bulbo presenta dos cubiertas externas secas que encierran tres o cuatro escamas engrosadas sin limbo del bulbo y en el centro se encuentran cinco primordios de hojas con limbo (González 2014).

#### **2.1.4.6. Hojas.**

Las hojas son de formas cilíndricas de 25 a 35 centímetros de largo y 5 a 7 milímetros de ancho, todas las hojas tienen una base larga y carnosa que se estrecha con la base de las demás hojas formando un pseudotallo, envuelto por finas láminas o túnicas (Briones 1999).

#### **2.1.4.7 Flores.**

El tallo floral es hueco y cilíndrico, con un parecido similar al de las hojas, termina en una umbela de pedicelos cortos y forma ovalada. Cada umbela tiene trescientas a cuatrocientas flores hermafroditas muy pequeñas que producen cada una de ellas seis semillas (Suquilandia 2001).

#### **2.1.4.8. Frutos y semillas.**

El fruto es una capsula trilocular, con 1 ó 2 semillas por lóculo. Éstas son de forma irregular, de unos 3 mm, con una superficie rugosa y de color negro. Maduran a los 45 días de la antesis. Cada fruto puede dar seis semillas, pero en la práctica suele haber solamente 3 ó 4. La semilla se deteriora rápidamente bajo los efectos de la humedad y temperatura debiendo almacenarse muy seca. Su poder germinativo disminuye muy rápido, pasando del 95- 100 %, en el momento de la

recolección al 50 %, a los dos años si se conserva en condiciones ambientales normales (Castell y Díez 2000).

## **2.2 El potasio**

El potasio es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo químico es K (del latín Kalium "ceniza de plantas"), cuyo número atómico es 19. Es un metal alcalino de color blanco-plateado, que abunda en la naturaleza en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales. Se oxida rápidamente en el aire, es muy reactivo, especialmente en agua, y se parece químicamente al sodio. Es un elemento químico esencial. Es el séptimo elemento más abundante en la superficie de la tierra (Internet 2).

### **2.2.1 El potasio en la agricultura.**

El potasio es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal y es indispensable en la agricultura moderna de altos rendimientos. Los cultivos absorben potasio en grandes cantidades, igual o incluso más que el nitrógeno. El potasio es vital para los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, y no solo aumenta los rendimientos de los cultivos, sino que también beneficia muchos aspectos de calidad del cultivo. Por lo tanto, la aplicación de potasio nos da productos agrícolas de alto valor y máximos rendimientos económicos en la agricultura (Imas 2012).

### **2.2.2 El potasio en la planta.**

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO 2002).

En la cebolla ayuda en que se formen bulbos con túnicas más gruesas y a que haya una maduración más uniforme y rápida. La cebolla se considera una

hortaliza muy sensible al potasio. En el bulbo siempre existirá una concentración alta de Potasio (Torres 1998).

### **2.2.3 Beneficios del potasio.**

Las múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean bastantes los efectos positivos de la fertilización potásica: promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y heladas, disminución en la incidencia de plagas y enfermedades, reducción de la tendencia al vuelvo de cereales e incremento en la nodulación en leguminosas. Todos estos efectos explican por qué el potasio aumenta el rendimiento y calidad de los cultivos (Imas 2012).

Este elemento es conocido como el “elemento de calidad” para la producción agrícola. Una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de la calidad de los cultivos, como: mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, mayor contenido de aceites y vitamina C, mejora el color y sabor de las frutas, aumenta el tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y una vida más larga de anaquel (Imas 2012).

### **2.2.4 Síntomas de deficiencia del potasio.**

La carencia de potasio provoca un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos. Se hace notar en los órganos de reserva: semillas, frutos, tubérculos. Si la deficiencia es acusada aparecen manchas cloróticas en las hojas que, además, se curvan hacia arriba.

Los síntomas pueden ser los siguientes:

1. Las hojas viejas muestran un amarillamiento intervenal así como síntomas de necrosis en los bordes de la punta. En casos severos las áreas con necrosis se pueden caer de la hoja.
2. El desarrollo de la raíz es pobre y débil, las plantas suelen doblarse muy fácil.
3. Las plantas crecen muy lentamente.

4. Las semillas y frutas son muy pequeñas y deformes.

5. La resistencia a distintas enfermedades y plagas se ve reducida (Garcia, *et al.*, 2009).

### **2.2.5 Excesos de potasio.**

Cabe mencionar que el exceso de potasio puede ocasionar una decreciente en la absorción de otros cationes, especialmente del magnesio, y por ende provocar una afectación en la planta, por la aparición de estados carenciales (Russel 1989).

### **2.2.6 Fertilizantes potásicos.**

El potasio utilizado para fertilizantes, es obtenido de depósitos que se encuentra debajo de la superficie de la tierra, así como de lugares donde algunas veces existieron mares, un ejemplo es el mar muerto. El potasio obtenido de estos depósitos no requiere un tratamiento de altas temperaturas, o la utilización de ácidos, lo que hace su obtención más amigable para la naturaleza. Las reservas más grandes de potasio se encuentran en Canadá y Rusia. El potasio se encuentra en los fertilizantes como la molécula  $K_2O$ . Los fertilizantes potásicos más utilizados son: Nitrato de Potasio, Sulfato de Potasio y Cloruro de potasio (Russel 1989).

## **2.3 Efecto de los antioxidantes**

Los antioxidantes son todos aquellos compuestos, que son capaces de impedir, prevenir o minimizar la oxidación de distintas moléculas de importancia biológica, oxidándose ellos en su lugar. Hablando en términos químicos, lo que hacen es eliminar esa capacidad que tienen las sustancias oxidantes, de sustraer electrones a otras moléculas. Las células disponen de los mecanismos necesarios para regenerar estos antioxidantes una vez que se han oxidado (Roldan, *et al.*, 2007).

Algunos antioxidantes tienen la capacidad de poder regenerar a otros, esto trae consigo que el efecto oxidante inicial se va amortiguando en una serie de reacciones químicas, a través de las cuales se pierde el potencial tóxico de las especies de oxígeno reactivo (Valko, *et al.*, 2007).

### **2.3.1 Los antioxidantes en las plantas.**

En el caso de la cebolla, su composición nutricional es muy compleja, siendo esta una de las principales fuentes de flavonoides en muchos países. Concretamente, la cebolla morada se caracteriza por tener una elevada concentración de antioxidantes. Además de estos, existe una gama muy alta de compuestos bioactivos presentes en la cebolla. Entre ellos, cabe destacar fructooligosacaridos y los compuestos sulfurados que han demostrado tener una importante relevancia para la salud humana juntos con los ya mencionados anteriormente (Roldan, *et al.*, 2007).

### **2.3.2 Las antocianinas.**

Las antocianinas son pigmentos naturales de color rojo, azul o morado y están presentes en la cebolla morada. Pertenecen al grupo de los flavonoides. Las antocianinas proporcionan protección al organismo de daños producidos por agentes oxidantes, como la polución ambiental, rayos ultra violeta y sustancias químicas presentes en los alimentos. La cebolla morada es uno de los vegetales más ricos en antocianinas, y por ende, goza de propiedades antioxidantes y microbianas. La estructura básica de las antocianinas es un núcleo de flavón, el cual consta de dos anillos aromáticos unidos por una unidad de tres carbonos (Aguilera 2011).

Estos antioxidantes se sintetizan en las plantas. En los tejidos fotosintéticos (hojas y tallos), ofrecen protección frente a la radiación ultravioleta, gracias a su capacidad para absorber no solo las frecuencias de radiación roja y azul en el visible, sino también la radiación ultravioleta. En las flores, constituyen una adaptación para atraer a los insectos gracias a sus llamativos tonos rojos y púrpuras, con el propósito de que éstos puedan facilitar la polinización. En los frutos, sus llamativos colores representan una llamada de atención para los animales favoreciendo la dispersión de sus semillas (Espino 2014).

### **2.3.2.1. Usos y funciones de las antocianinas.**

En la planta tienen efectos muy importantes en la bioquímica y fisiología de las plantas, ya que actúan como antioxidantes, inhibidores enzimáticos, precursores de sustancias tóxicas, y también en la formación de filtros solares y pigmentos (González 2014).

En el ser humano ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo. Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante (Aguilera 2011).

En la actualidad, la medicina moderna está en la busca de nuevas alternativas para satisfacer la creciente demanda de productos naturales, y además que sean más amigables con el cuerpo humano; esto trae consigo, que exista un creciente aumento en el interés de extraer los antioxidantes de diferentes vegetales, y de estos, impulsar la creación de nuevos medicamentos que satisfagan esta demanda.

### **2.4 Calidad nutraceútica de la cebolla.**

La cebolla contiene en el bulbo un aceite esencial que lleva por nombre disulfuro de alilpropilo. Contiene también vitamina E, B, A y C, carotenos, flavonoides entre otros. Contiene minerales como el potasio, fósforo, y magnesio (Luz 2008).

Hablando de su contenido vitamínico son ricas en el grupo llamado complejo B, como los folatos y las vitaminas B3 y B6. Tiene cantidades mínimas de vitamina E y C, estas dos tienen un efecto antioxidante y ayudan en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes (Internet 3).

Las propiedades benignas de la cebolla se deben a su composición nutritiva y a la abundancia de antioxidantes (compuestos azufrados y flavonoides). Los compuestos azufrados son los que dan a la cebolla ese olor y sabor característico (Internet 4).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del experimento**

El presente trabajo se realizó en los campos experimentales del Departamento de Horticultura, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Su ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas 25° 22" latitud Norte y 101° 00" longitud Oeste, a una altitud de 1742 msnm (Internet 5).

#### **3.2. Establecimiento del experimento**

##### **3.2.1 Material vegetativo**

Se empleó semilla de la variedad Mata Hari, que es una cebolla morada de día corto, maduración temprana, tiene tolerancia al patógeno de la raíz rosada; produce bulbos muy uniformes, grandes y firmes, cuello delgado, rendimientos altos y una excelente vida de anaquel (Internet 6).

##### **3.2.2 Siembra**

La siembra se realizó con la cebolla variedad Mata Hari, el 30 de Abril del 2014, utilizando charolas de polietileno de 200 cavidades, utilizando como sustrato 50% de peat moss y 50% de perlita, en los invernaderos de fitotecnia.

##### **3.2.3. Preparación del Sustrato.**

Se utilizaron macetas de 5 litros de capacidad, las cuales se llenaron con sustrato, compuesto de 50% peat moss y 50% perlita, estas se acomodaron por tratamientos y se les instalo una manguera con un gotero para cada maceta respectivamente.

##### **3.2.4. Trasplante.**

Se seleccionaron de la charola, las plántulas de cebolla que mostrarán un buen desarrollo radicular y tuvieran un porte vigoroso. Estas se trasplantaron a razón de una plántula por maceta el jueves 5 de junio del 2014.

### 3.3 Descripción de los tratamientos

El experimento se estableció en un arreglo completamente al azar con 12 tratamientos y 12 repeticiones. Se aplicó a los tratamientos la fertilización recomendada para el cultivo (INIFAP 2012), variando el porcentaje de fertilización del Potasio, y aplicado con diferentes tipos y fuentes de fertilizantes como se muestra a continuación.

**Tabla 1.** Tratamientos empleados en el Experimento.

Tratamiento	Fertilización
T1	80% de potasio, aplicado con Nitrato de potasio.
T2	100% de potasio, aplicado con Nitrato de potasio.
T3	120% de potasio, aplicado con Nitrato de potasio.
T4	80% de potasio, aplicado con Sulfato de potasio.
T5	100% de potasio, aplicado con Sulfato de potasio.
T6	120% de potasio, aplicado con Sulfato de potasio.
T7	80% de potasio, aplicado con Cloruro de potasio.
T8	100% de potasio, aplicado con Cloruro de potasio.
T9	120% de potasio, aplicado con Cloruro de potasio.
T10	80% de potasio, aplicado con Amifol K.
T11	100% de potasio, aplicado con Amifol K.
T12	120% de potasio, aplicado con Amifol K.

### 3.4 Fertilización.

La aplicación de los fertilizantes se hizo vía fertiriego una vez a la semana, a excepción del potasio que se aplicó individualmente por maceta. Los microelementos se aplicaron cada dos semanas. La fórmula de fertilización fue: 150-20-70-25 para Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio respectivamente. Para



los microelementos se utilizó la fórmula 3.2 - 2.4 - 1.8 - 4.2 - 5.2 para Boro, Manganeso, Zinc, Cobre y Hierro (Internet 7).

Las unidades son dadas en la necesidad de dichos elementos en kilogramos por hectárea, para una densidad de 133,000 plantas por hectárea.

### **3.4.1. Descripción de los fertilizantes**

#### **3.4.1.1 Nitrato de potasio**

El nitrato de potasio contiene aproximadamente 12% de nitrógeno y 46% de potasio. La mayor parte de este tipo de fertilizante es de origen chileno. Tiene una solubilidad muy buena, lo que lo hace ideal para la fertirrigación (FAO 2002).

#### **3.4.1.2 Sulfato de potasio**

Este fertilizante es una sal blanca cristalina, con una alta solubilidad en agua. Tiene de 42 a 44% de potasio (50-53% de  $K_2O$ ), 18% de azufre, y poco menos de 2.5% de cloro. El sulfato de potasio es más caro que el cloruro de potasio (Internet 8).

#### **3.4.1.3 Cloruro de potasio**

El cloruro de potasio es un fertilizante, también conocido como muriato de potasio, es cristalino, soluble en agua y contiene aproximadamente 50-52% de potasio (60-63% de  $K_2O$ ). Este fertilizante es el más barato de todos, ya que es el que contiene una concentración más alta de potasio (Kafkafy 2012).

#### **3.4.1.4 Amifol K**

Es un fertilizante líquido producido y comercializado por la empresa Tradecorp. Contiene potasio al 46%, además de que este producto viene enriquecido con aminoácidos. Su uso es especializado para fertirriego aunque también puede ser utilizado en aspersiones foliares (Internet 9).

### **3.5 Manejo del cultivo**

#### **3.5.1 Riegos**

Los riegos se aplicaban regularmente, cada 3 a 4 días, todo esto dependiendo de las condiciones de humedad que tuviera el sustrato, además de las condiciones climáticas. La duración del riego dependía de lo mismo, pero osciló entre los 40 a 60 minutos. El gasto aproximado de cada gotero era de un litro por hora. Por lo regular semanalmente se gastaban 2 litros de agua por planta a la semana. Esto basado al uso consuntivo de la cebolla el cual es de 776 mm (INIFAP 2010).

#### **3.5.2 Programa de nutrición**

El programa de fertilización se aplicó como se demuestra en el cuadro A21 en el apéndice.

Para satisfacer la demanda de los demás elementos químicos necesarios para la planta, la fertilización se dio de la siguiente forma:

15.7 gramos de urea, 1.8 gramos de fosfato mono amónico, 8.75 gramos de nitrato de magnesio. Estas aplicaciones fueron semanalmente para todos los tratamientos.

Además se aplicaron microelementos a razón de 0.5 mililitros por litro. Estos fueron aplicados cada 15 días.

#### **3.5.3 Control de plagas y enfermedades.**

Para prevenir plagas y enfermedades se aplicaron:

Mancozeb 0.5 gramos por litro cada 15 días, alternando con Tecto 60 a 0.6 gramos por litro.

Talstar 0.5 mililitros por litro cada 15 días.

### **3.6 Cosecha.**

La cosecha de los bulbos se realizó el día 14 de diciembre del año 2014, a los 170 días después del trasplante.

### **3.7. Diseño experimental.**

El análisis de varianza se realizó bajo un diseño completamente al azar, corriendo los datos mediante el paquete estadístico SAS, para detectar si existió diferencia estadística en cuanto a los tratamientos, se utilizó una comparación de medias por el método de Duncan ( $\alpha=0.05$ )

### **3.8 Variables evaluadas.**

Se analizaron diez variables diferentes que involucran la calidad y productividad de la cebolla, las cuales se describen a continuación:

#### **3.8.1. Diámetro ecuatorial del bulbo.**

Para esta variable se tomaron 4 muestras por tratamiento y se tomó la lectura del bulbo de manera horizontal con un vernier de 150mm, la lectura se tomó en milímetros.

#### **3.8.2 Diámetro polar del bulbo.**

En esta variable se tomó la lectura del bulbo de forma vertical con un vernier de 150 mm. Se tomó la muestra a 4 plantas por tratamiento y la lectura se dio en milímetros.

#### **3.8.3. Peso fresco del bulbo.**

Para este caso se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS, 4 muestras por tratamiento. Se pesó solamente el bulbo, sin hojas. Los resultados de esta variable se expresaron en gramos.

#### **3.8.4 Diámetro basal.**

Para esta variable se utilizó un vernier de 150 mm, midiendo la parte más cercana del tallo al bulbo. Se midieron 4 plantas por tratamiento. La lectura se dio en milímetros.

### **3.8.5 Nitratos en hojas.**

En este caso, se tomaron cuatro muestras por tratamiento, y se midieron las lecturas con un cardy de la marca Hanna, las lecturas del nitrógeno se dieron en ppm. Las lecturas se hicieron por la mañana, al momento de la cosecha.

### **3.8.6 Potasio en hojas.**

Para esta variable se utilizó un cardy marca Hanna, específicamente para la medición de potasio en ppm. Se utilizaron 4 plantas por tratamiento, las cuales se utilizaron sus hojas. Las lecturas se hicieron por la mañana, al momento de la cosecha.

### **3.8.7 Nitratos en bulbo.**

En este caso, se tomaron cuatro muestras por tratamiento, y se midieron las lecturas con un cardy de la marca Hanna, las lecturas del nitrógeno se dieron en ppm. Las lecturas se hicieron por la mañana, al momento de la cosecha.

### **3.8.8 Potasio en bulbo.**

Para esta variable se utilizó un cardy marca Hanna, utilizada específicamente para la medición de potasio en ppm. Se utilizaron 4 plantas por tratamiento. Las lecturas se hicieron por la mañana, al momento de la cosecha.

### **3.8.9 Potencial Redox en bulbo.**

Para esta variable se tomaron 4 muestras por tratamiento, las lecturas se hicieron con el equipo de potencial de óxido reducción (ORP) portátil marca HANNA HI98120.

### **3.8.10 Antocianinas.**

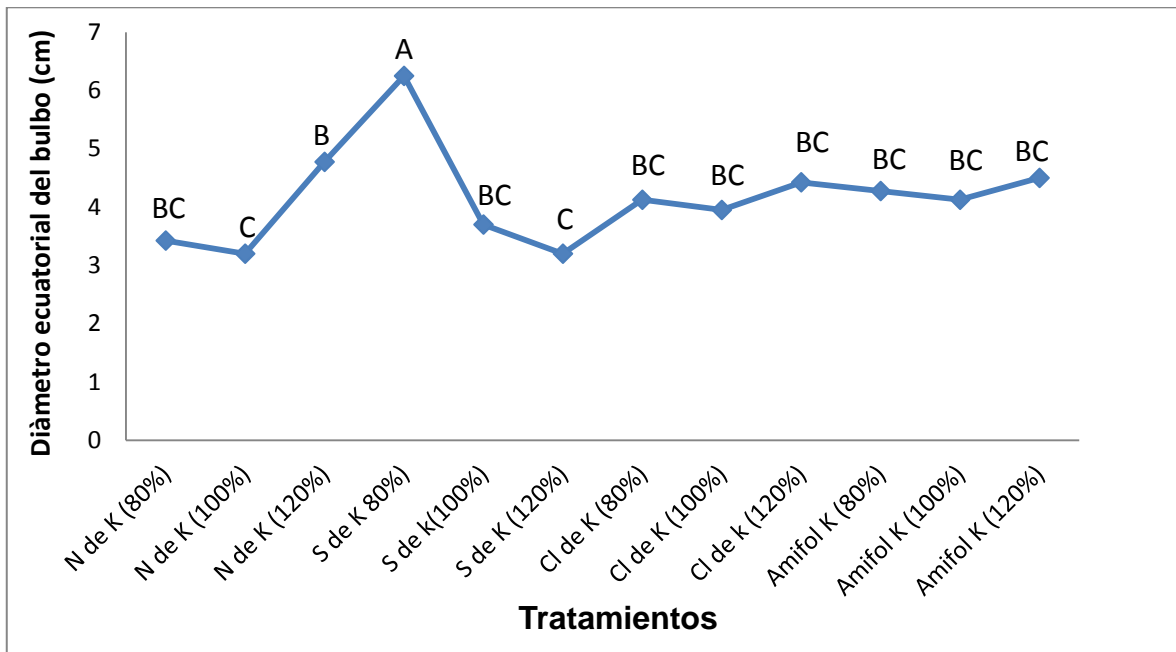
En esta variable se tomaron una vez más 4 cebollas por tratamiento, se procedió a pesar 8.5 gramos de muestra y se colocaron en una vaso de precipitado de 50 mililitros. Se agregó una solución extractora de antocianinas compuesta por 5 partes de metanol al 85% + 1 parte de HCL 3N hasta cubrir la muestra; se dejó reposar por 24 horas en refrigeración, luego se filtró con una gaza, y el filtrado se colocó en un matraz de aforación de 100 mililitros, posteriormente se colocaron 4

mililitros de la muestra aforada en una celdilla para espectrofotómetro, se le agregaron 2 mililitros de peróxido de hidrógeno al 30% y se prosiguió a leer el porcentaje de absorbancia a una longitud de 525 nanómetros (González 2014).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diámetro Ecuatorial del Bulbo.

Los resultados para la variable de diámetro ecuatorial del bulbo muestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos (figura 1).

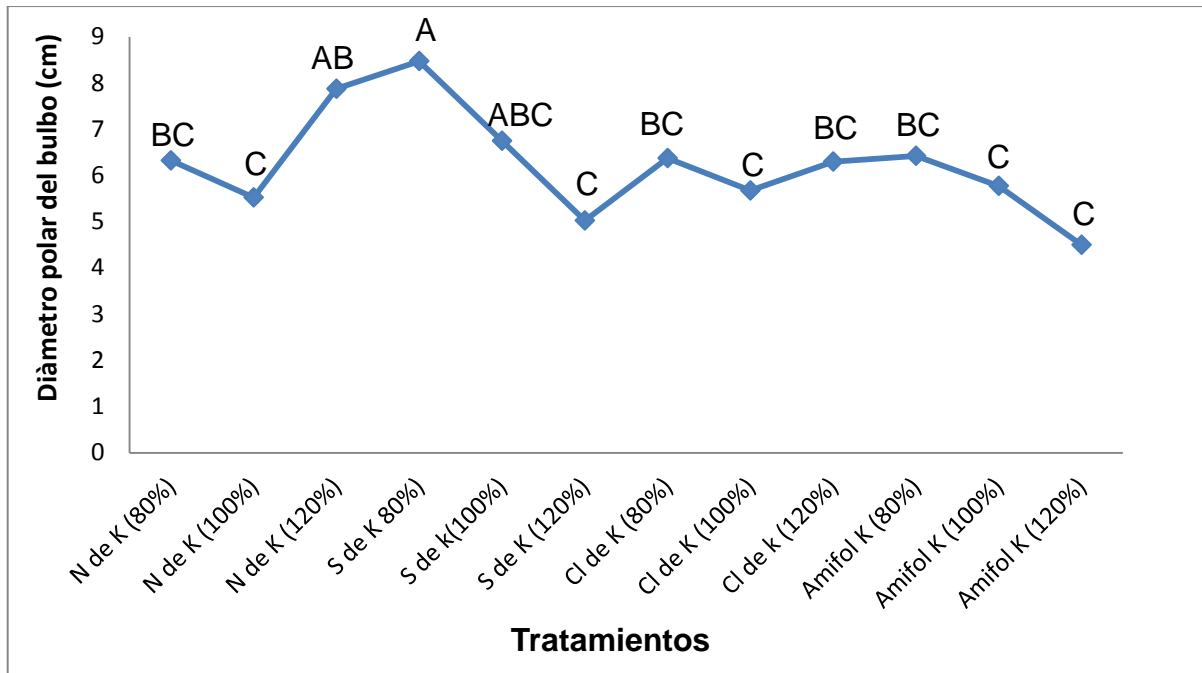


**Figura 1:** Comportamiento de las medias para la variable de Diámetro Ecuatorial del Bulbo con diferentes dosis y fuentes de potasio.

En esta variable se observa que el tratamiento 4, Sulfato de Potasio al 80% de la fertilización recomendada, obtuvo el diámetro ecuatorial más alto, mientras el tratamiento 3 que fue fertilizado con Nitrato de Potasio al 120% obtuvo el segundo lugar. Esto difiere con (Ramírez 2010) quien trabajando diferentes porcentajes de potasio, encuentra que a un porcentaje de 40% de potasio el diámetro del tomate aumenta en comparación del 20% y 60% respectivamente. Esto coincide con (Ruiz 2014) quien trabajando con diferentes fuentes de potasio en brócoli, encuentra que con el Sulfato de Potasio se obtiene un aumento de esta variable a diferencia de los otros fertilizantes.

#### 4.2 Diámetro polar del bulbo.

Los resultados obtenidos para la variable de diámetro polar de bulbo mostraron que si hubo diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (figura 2).

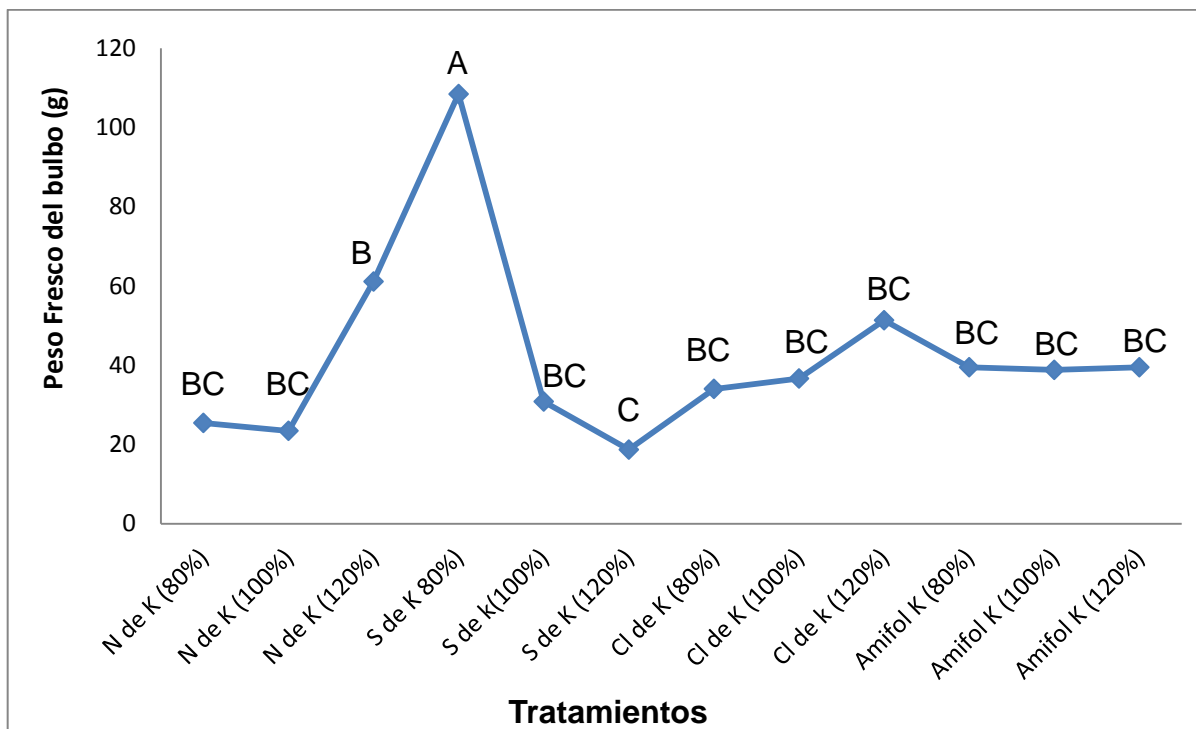


**Figura 2:** Comportamiento de las medias para la variable de diámetro polar del bulbo tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

Los resultados para esta variable, nos muestra que el tratamiento 4, el cual es Sulfato de Potasio al 80%, es que muestra un mayor diámetro polar del bulbo, seguido por el tratamiento 3, que fue fertilizado con Nitrato de Potasio al 120%. Esto difiere con (Gutiérrez 1995) que trabajando con diferentes dosis de potasio en Chile, encontró que no existen diferencias en el diámetro polar y ecuatorial. Esto coincide con (Ruíz 2014) que con diferentes fuentes de potasio en brócoli encontró que con el Sulfato de Potasio hubo un incremento en el diámetro polar, a diferencia de las otras fuentes de potasio.

#### 4.3 Peso fresco del bulbo.

Los resultados obtenidos para la variable de peso fresco del bulbo nos mostró que si existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (figura 3).



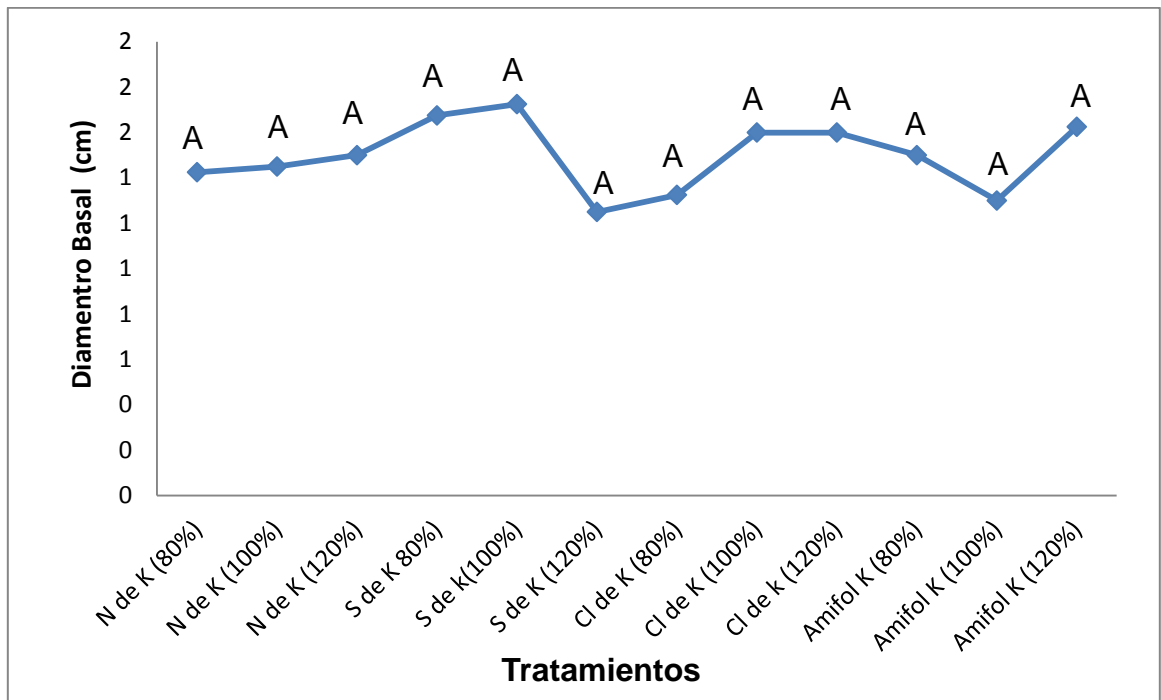
**Figura 3:** Comportamiento de las medias para la variable de peso fresco del bulbo tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

Con base a los resultados obtenidos de esta variable, el tratamiento 4 que es fertilizado por Sulfato de Potasio al 80%, obtuvo el mayor peso fresco, seguido por el tratamiento 3, que fue fertilizado con Nitrato de Potasio al 120%. Estos resultados difieren de lo encontrado por (Núñez 2005), que en su investigación encontró que al aplicar Sulfato de Amonio y Nitrato de Potasio no hubo incremento de la biomasa del brócoli. Esto coincide con (Ruiz 2014) que al trabajar con diferentes fertilizantes potásicos, reporta que existe un incremento de peso fresco del tallo de brócoli al aplicar Sulfato de potasio, seguido al igual por el Nitrato de Potasio.

#### 4.4 Diámetro basal.

Los resultados obtenidos para la variable de diámetro basal no mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si mostraron diferencia mostrando las siguientes tendencias (figura 4).



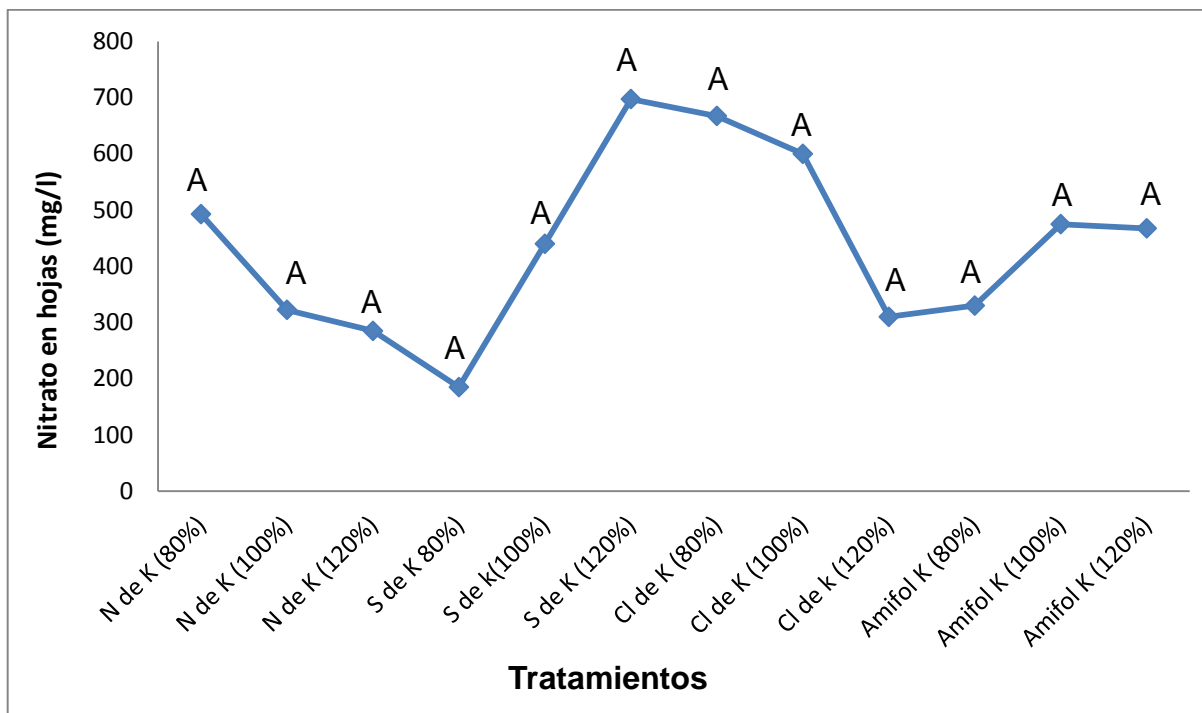


**Figura 4:** Comportamiento de las medias para la variable de diámetro basal tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

En los resultados de esta variable se observa que el tratamiento 5 que es Sulfato de Potasio al 100%, fue el que obtuvo el mayor diámetro basal, aunque no existió diferencia significativa con los demás tratamientos. Esto difiere con (Holcomb 1999) que encontró que al aumentar los niveles de potasio hubo un mayor diámetro y longitud de los tallos en crisantemos. Coincide con (Gutiérrez 1995), que no encontró diferencia significativa en el diámetro ecuatorial y polar del chile, al aplicar diferentes niveles de nitrato de potasio

#### 4.5 Nitrato en hojas.

Los resultados obtenidos para la variable de nitrato en hojas no mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si mostraron diferencia mostrando las siguientes tendencias (figura 5).

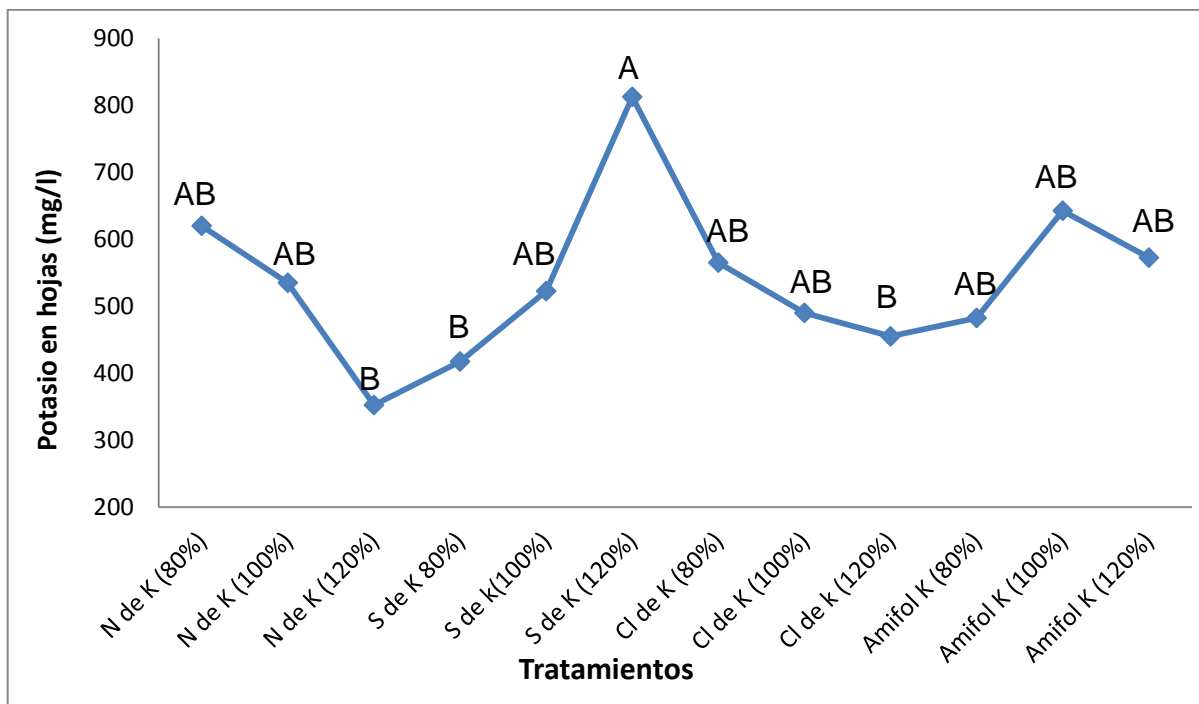


**Figura 5:** Comportamiento de las medias para la variable de nitrato en hojas tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

En esta variable se observa que el tratamiento 6 que fue fertilizado con sulfato de potasio obtuvo el rango más alto de nitrato en hojas, seguido muy de cerca por el tratamiento 7 y 8, los cuales fueron fertilizados con Cloruro de Potasio al 80% y 100% respectivamente. Esto difiere con (González 2014) que encontró más contenido de nitratos en hojas con el fertilizante Amifol K, a diferencia de otras fuentes de fertilizantes. Coincide con (Rincón, *et al*, 1995) donde la concentración de nitratos en hojas de lechuga hubo diferencia significativa con diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

#### 4.6 Potasio en hojas.

Los resultados obtenidos para la variable de potasio en hojas mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (figura 6).

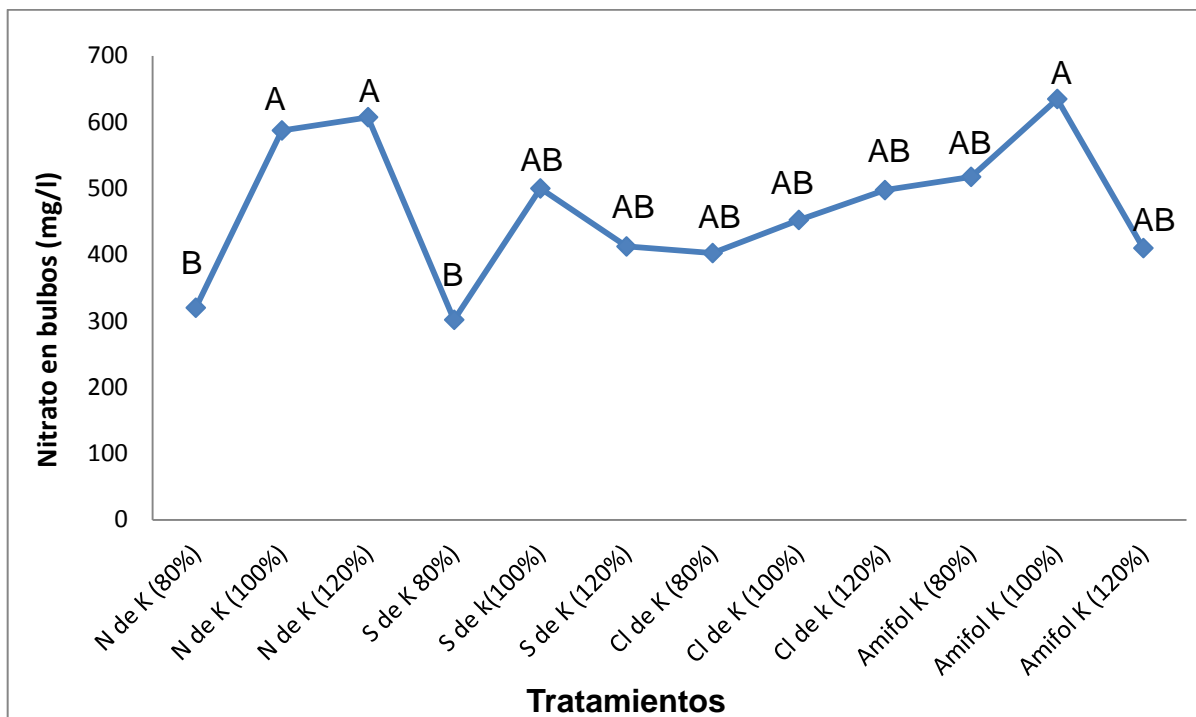


**Figura 6:** Comportamiento de las medias para la variable de potasio en hojas tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

Los resultados en la variable de potasio en bulbos en hojas, el tratamiento 6 fue el que mostro un mayor contenido de potasio, este fue fertilizado con Sulfato de Potasio al 120%, el tratamiento 3 fue el que tuvo la menor cantidad de potasio en las hojas, este fue fertilizado con Nitrato de Potasio al 120%.

#### 4.7 Nitrato en Bulbos.

Los resultados obtenidos para la variable de nitrato en bulbos mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (figura 7).

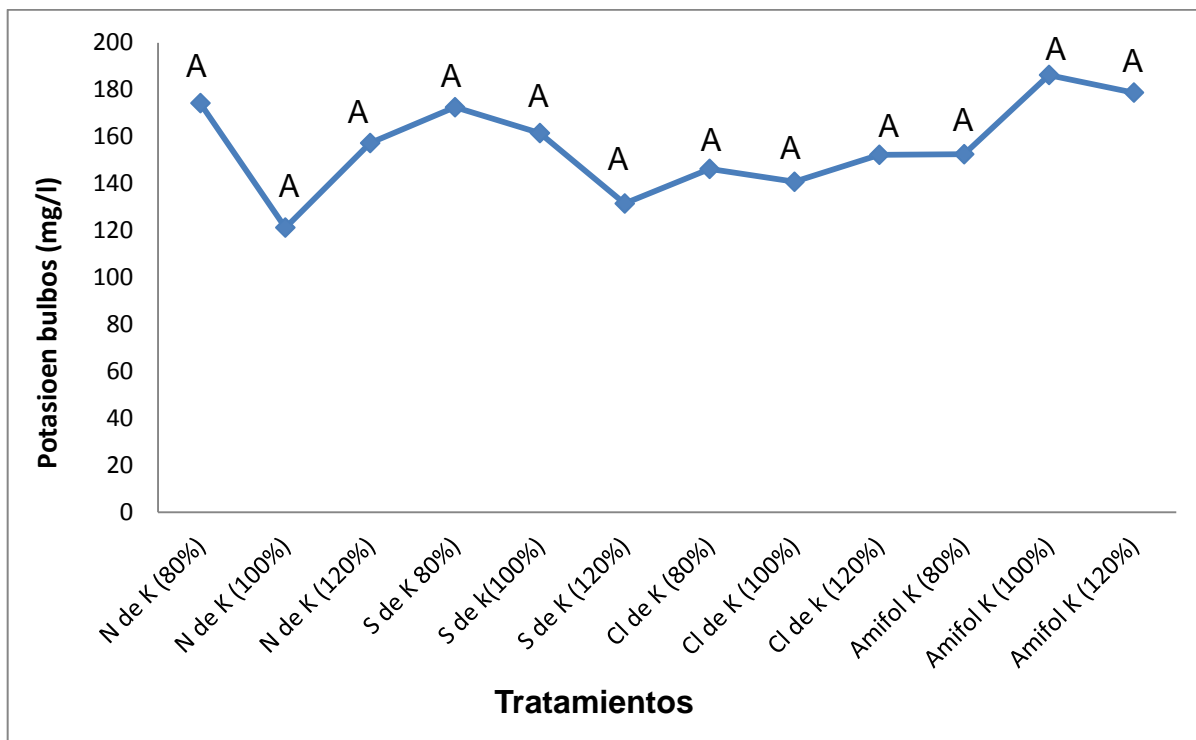


**Figura 7:** Comportamiento de las medias para la variable de nitrato en bulbos tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

Con base a los resultados de la variable de nitrato en bulbos, el tratamiento 11, fertilizado con Amifol K al 100%, tuvo la mayor concentración de nitrato en las hojas, seguido muy de cerca por los tratamientos 2 y 3, tratados con Nitrato de Potasio a 100 y 120% respectivamente. Difieren por lo encontrado por (He *et al.*, 1994) quien reporto niveles altos de nitratos en peciolo de tomate, aplicando nitratos en la solución nutritiva. Difiere con lo encontrado por (Ruiz 2014) que obtuvo mayor concentración de nitrógeno en las brácteas de brócoli con Cloruro de Potasio, en comparación con otros fertilizantes potásicos.

#### 4.8 Potasio en bulbos.

Los resultados obtenidos para la variable de potasio en bulbos no mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si mostraron diferencia mostrando las siguientes tendencias (figura 8).

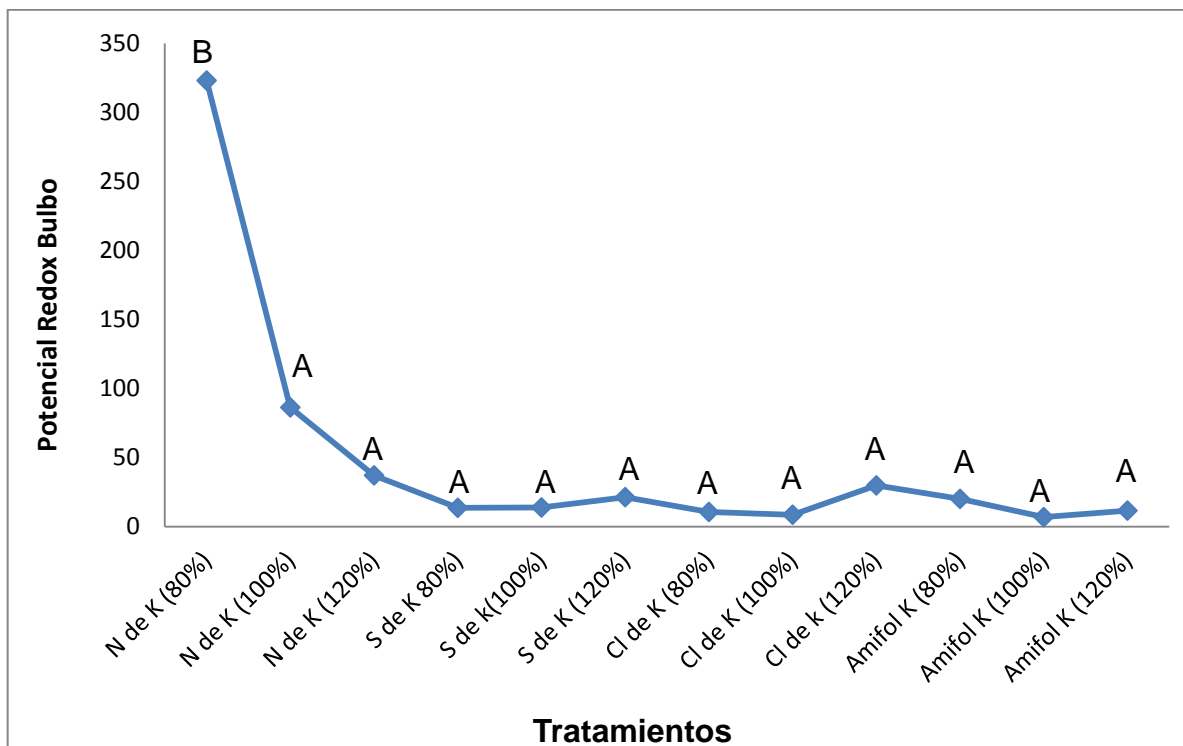


**Figura 8:** Comportamiento de las medias para la variable de nitrato en bulbos tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

En esta variable se observa que el tratamiento 11, tratado con Amifol K al 100% obtuvo la mayor concentración de potasio en el bulbo, seguido muy de cerca por el tratamiento 1, fertilizado con Nitrato de Potasio al 80%. Esto con cuerda con (Álvarez 2011) que no encuentra diferencia significativa en grados brix en cebolla, aplicar diferentes fuentes y dosis de fertilizantes.

#### 4.9 Potencial Redox.

Los resultados obtenidos para la variable de potencial redox mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (figura 9).

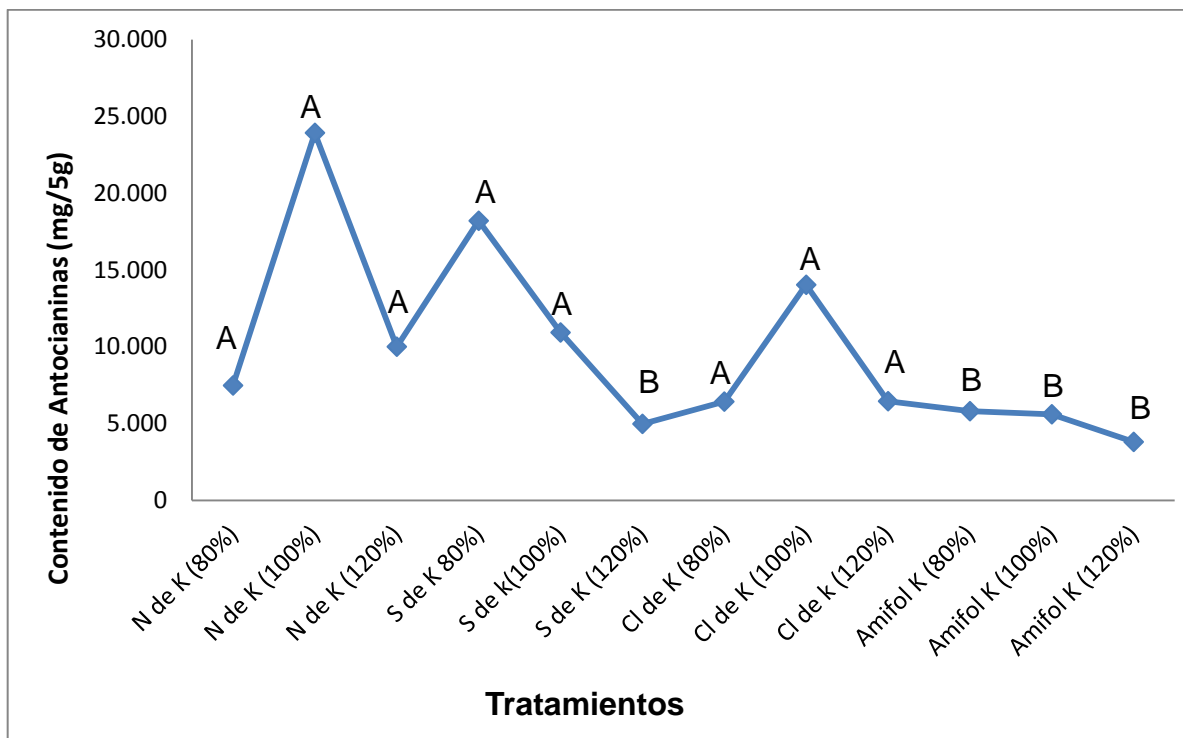


**Figura 9:** Comportamiento de las medias para la variable de potencial redox tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

Los resultados en la variable de potencial redox, nos arrojó que los tratamiento 1, 2 y 3, fertilizados con Nitrato de potasio al 80%, 100% y 120% respectivamente fueron los que mostraron mayor contenido de compuestos fenólicos. Esto coincide con (Benkeblia 2005), quien indica que el contenido total de compuesto fenólicos vario de 30 a 40 mg en cebolla, en tanto que los fenólicos contenidos en la cebolla amarilla, roja y morada varía considerablemente en cada variedad. Esto coincide con (González 2014) quien encontró que menciona que los compuesto fenólicos si demuestran diferencia significativa al cultivarse con diferentes colores de acolchado.

#### 4.10 Antocianinas.

Los resultados obtenidos para la variable de antocianinas mostraron diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (figura 10).



**Figura 10:** Comportamiento de las medias para la variable de contenido de antocianinas tratadas con diferentes dosis y fuentes de potasio.

En esta variable se observa como el tratamiento 2 de Nitrato de Potasio al 100%, fue el que tuvo un mayor contenido de antocianinas, seguido del tratamiento 4 de Sulfato de Potasio al 80%. Coincide con (López 2010), que encontró el mayor contenido de antocianinas en Jamaica de la variedad Reyna con 670 mg en condiciones de estrés osmótico. (Coventry 2005) nos reporta que la aplicación de lámina reflexiva causa un aumento de las antocianinas y otros compuestos fenólicos en bayas de uva.

## V. CONCLUSIONES

El cultivo de la cebolla morada si muestra diferencia estadística en base a la calidad nutracéutica y productividad con la aplicación de diferentes dosis y fuentes de potasio.

Para la variable de antocianinas existió una mayor concentración en el tratamiento fertilizado con nitrato de potasio a la dosis recomendada.

Para el potencial redox se observó mayor contenido de compuestos fenólicos en los tratamientos fertilizados con nitrato de potasio a sus diferentes dosis.

Para las variables de potasio en bulbos y nitrato en bulbos el tratamiento que nos arrojó concentraciones más altas fue el fertilizado con Amifol K al 100% de la dosis recomendada.

Para las variables de nitrato en hojas y potasio en hojas, el tratamiento que mostró las concentraciones más altas fue el fertilizado con Sulfato de Potasio al 120% de la dosis recomendada.

Para las variables de productividad, que son diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso fresco y diámetro basal, el que tuvo los datos más altos fue el tratamiento fertilizado con sulfato de potasio al 80% de la dosis recomendada.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, H. 2011. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla en Apatzingán, Michoacán, México. Avances en investigación agropecuaria. pp 30 – 35.
- Azcon-Bieto, J. y Talón. M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ª Edición. Mc Graw Hill Interamericana. Madrid, España. pp 412 – 416.
- Brewster, J. 2001. Las cebollas y otros alliums. España: Horticulture research international wellesbourne warwick CV359EFUK
- Cárdenas, E. M. I. 2013. Uso de Fertilizantes Inorgánico y Organominerales en la Producción de Plántulas de Cebolla (*Allium Cepa L.*) a campo abierto. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- Castell, V. y Diez, M. J. 2000. Colección de Semillas de Cebolla del Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana. Monografías INIA: Agrícola No. 8. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. pp 26 – 28.
- FAO. 2002. Valor nutritivo y usos en la alimentación humana de algunos cultivos autóctonos subexplotados de Mesoamérica. FAO. Santiago de Chile. pp 19.
- González, A. D. 2014. Efecto del Color de Acolchado Plástico en Parámetros de Calidad y Área Foliar en Cebolla Roja. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- González, A. D. 2011. Inducción de antocianinas y compuestos fenólicos en los cultivos celulares de Jamaica. Chapingo serie Horticultura. pp 77 – 87.

- Gutiérrez, C. M. A. 1995. Potasio y Calcio Aplicado al Suelo y su Influencia en la Productividad y Calidad de Hortalizas. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Son. pp 115.
- He, Y. Q., Terabayashi, S., Nanuiki T. y He Q. 1999. Fundamental study for diagnosis in nutrient status of tomatoes cultured in hydroponics- concentration of elements in leaves as influence by nitrate feeding. Scientific Rep. Kyoto Prefectural University. Agriculture 46. pp 7 – 14.
- Holcomb, E. J. y White, J. W. 1999. Potassium, fertilization of chrysanthemus using a constant-drip fertilizer solution. Department of Horticulture, The Pennsylvania State University Park, Pennsylvania.
- Internet.1. ([http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article%id=122&Itemid=76](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article%id=122&Itemid=76)) Mayo 2015.
- Internet.2. (<http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/cebolla/intro.php>) Agosto 2015.
- Internet.3. ([http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2\\_redox.pdf](http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2_redox.pdf)). Junio 2015.
- Internet.4. (<http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/cebolla>). Marzo 2015
- Intenet.5. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>). Febrero 2015
- Internet.6  
(<http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/horticultura/cebolla.pdf>). Julio 2015.
- Internet 7 (<https://www.google.com.mx/maps/@25.3568053,-101.0362926,13z>) Agosto 2015
- Internet 8 ([http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/id/MX\\_ES\\_Onion](http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/id/MX_ES_Onion)) Agosto 2015

Internet.9

([http://www.mcahonduras.hn/documentos/publicacioneseda/Manuales%20de%20produccion/EDA Manual Produccion Cebolla 06 07.pdf](http://www.mcahonduras.hn/documentos/publicacioneseda/Manuales%20de%20produccion/EDA%20Manual%20Produccion%20Cebolla%2006%2007.pdf)) Agosto 2015.

Imas, P. 2012. El potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. Boletín, ICL Fertilizers.

Luz, M. 2008. Determinación de Antioxidantes, ° Brix y Nitrógeno en Cebolla (*Allium Cepa. L*) Tratada con Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ) y Ácido Salicílico. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.

Lemus, L. O. 2009. Producción de Hortalizas. Departamento de Fitomejoramiento. Facultad de Agrobiología.UMSNH. Uruapan, Michoacán.

Marroquín, P. R. 2014 Análisis de Calidad de Cebolla (*Allium Cepa*) var. Cristal White Cultivada con Diferentes Colores de Acolchado Plástico. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.

Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego, California. pp 889.

Navarro. 2008. Manejo de cebollas bajo condiciones de stress. 1A. Conferencia Internacional de Cebollas. pp. 7 – 15.

Núñez, E. R. 2005. Apuntes del curso de tecnología y uso de fertilizantes. COLPOS. Texcoco, Estado de México.

Pace – Asciak CR, H. S. 1995. The red wine phenolics trans.reservatrol and quercitin block human platelet aggregation in eicosanoid synthesis: implication for protection against coronary heart disease. Clin Chim Acta. pp 207 – 219.

Potash & Phospate Institute, 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos (Instituto de la Potasa y el Fósforo AC INPOFOS). pp 81 – 93.

- Ramírez, M. M. 2010. La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad poscosecha del tulipán. Campus Montecillo, COLPOS. Texcoco, Estado de México.
- Rincón L., Saez J., Pellicer C. 1995. Contenido de nitratos en lechuga tipo Iceberg en las áreas de cultivo de la región de Murcia. FEACOAM. Informa, 4.12.
- Rodríguez, S. J. 1993. La fertilización de los cultivos: un método racional. Colección en agricultura. 3ª edición. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Ruiz, C. J. F. 2014. Producción y Compuestos Metabólicos en Cultivo de Brócoli (*Brassica Oleracea var. Itálica*) Cultivado con Diferentes Fuentes de Potasio. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- SAGARPA, 2012. Fortalece Tamaulipas Producción de Cebolla. Tamaulipas: boletín no. 005.
- Salisbury, F. B. y Ross C. W. 2000. Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal. Editorial Paraninfo. Madrid, España. pp 523.
- Salunkhe, D.K. y Kadam, S. S. 2004. Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas. Editorial ACRIBIA, S. A. Zaragoza, España. pp 382 – 388.
- Tapia, H. B. 2014. Suministro de Diferentes Fuentes de Potasio en el Índice y Densidad Estomática en Brócoli (*Brassica Oleracea var. Itálica*). Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- Tisdale, S. L. y Nelson W. L. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial Uteha. Mexico, DF. pp 138 – 165.
- Uribe, F. 2010. Producción de hortalizas en México. Fitotecnia Mexicana, no. 36.
- Valko, M. L. 2007. Free radical and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Biochem. Cell Biol., 44.

Watson, R. y Mufti S. 1996. Nutrition and Cancer Prevention. New York: CRC Press. pp 317-325.

## VII. APÉNDICE

Análisis de varianza y medias de las variables medidas a las plantas de cebollas con diferentes dosis y Fuentes de potasio.

**Tabla A1. ANOVA de Diámetro Ecuatorial del bulbo.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	30.34750000	2.75886364	3.27	0.0035
<b>ERROR</b>	36	30.40500000	0.84458333		
<b>TOTAL</b>	47	60.75250000			

**Tabla A2. ANOVA de Diámetro Polar del Bulbo.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	41.63416667	3.78492424	2.50	0.0190
<b>ERROR</b>	36	54.56500000	1.51569444		
<b>TOTAL</b>	47	96.19916667			

**Tabla A3. ANOVA de Peso Fresco del Bulbo.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	25040.49046	2276.40822	3.77	0.0012
<b>ERROR</b>	36	21745.15928	604.03220		
<b>TOTAL</b>	47	46785.64973			

**Tabla A4. ANOVA de Diámetro Basal.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	1.03229167	0.09384470	0.39	0.9500
<b>ERROR</b>	36	8.59750000	0.23881944		
<b>TOTAL</b>	47	9.62979167			

**Tabla A5. ANOVA de Nitrato en Hojas.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	1121112.729	101919.339	0.87	0.5768
<b>ERROR</b>	36	4221470.750	117263.076		
<b>TOTAL</b>	47	5342583.479			

**Tabla A6. ANOVA de Potasio en Hojas.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	625422.917	56856.629	1.44	0.1971
<b>ERROR</b>	36	1419625.000	39434.028		
<b>TOTAL</b>	47	2045047.917			



**Tabla A7. ANOVA de Nitrato en Bulbos.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	505701.229	45972.839	2.29	0.0304
<b>ERROR</b>	36	723581.750	20099.493		
<b>TOTAL</b>	47	1229282.979			

**Tabla A8. ANOVA de Potasio en Bulbos.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	16923.0000	1538.4545	0.42	0.9362
<b>ERROR</b>	36	131190.0000	3644.1667		
<b>TOTAL CORRECTO</b>	47	148113.0000			

**Tabla A9. ANOVA de Potencial Redox.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	349610.2292	31782.7481	11.15	<.0001
<b>ERROR</b>	36	102627.7500	2850.7708		
<b>TOTAL</b>	47	452237.9792			

**Tabla A10. ANOVA de Antocianinas.**

<b>FUENTE</b>	<b>DF</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO DE LA MEDIA</b>	<b>F-VALOR</b>	<b>PR &gt; F</b>
<b>MODELO</b>	11	0.16408541	0.01491686	1.26	0.2844
<b>ERROR</b>	36	0.42518743	0.01181076		
<b>TOTAL</b>	47	0.58927284			

**Tabla A11. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Diámetro Ecuatorial del Bulbo.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	6.250	4
B	4.775	3
BC	4.500	12
BC	4.425	9
BC	4.275	10
BC	4.125	11
BC	4.125	7
BC	3.950	8
BC	3.700	5
BC	3.425	1
C	3.200	6
C	3.200	2

**Tabla A12. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Diámetro Polar del Bulbo.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	8.475	4
AB	7.875	3
ABC	6.750	5
BC	6.425	10
BC	6.375	7
BC	6.325	1
BC	6.300	9
BC	5.925	12
C	5.775	11
C	5.675	8
C	5.525	2
C	5.025	6

**Tabla A13. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Peso Fresco del Bulbo.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	108.42	4
B	61.13	3
BC	51.36	9
BC	39.51	10
BC	39.50	12
BC	38.84	11
BC	36.67	8
BC	34.05	7
BC	30.86	5
BC	25.46	1
BC	23.47	2
C	18.73	6

**Tabla A14. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Diámetro Basal.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	1.725	5
A	1.675	4
A	1.625	12
A	1.600	8
A	1.600	9
A	1.500	10
A	1.500	3
A	1.450	2
A	1.425	1
A	1.325	7
A	1.300	11
A	1.250	6

**Tabla A15. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Nitrato en Hojas.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	697.5	6
A	667.5	7
A	600.0	8
A	492.8	1
A	475.0	11
A	467.5	12
A	440.0	5
A	330.0	10
A	322.5	2
A	310.0	9
A	285.0	3
A	185.0	4

**Tabla A16. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Potasio en Hojas.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	812.5	6
AB	642.5	11
AB	620.0	1
AB	572.5	12
AB	565.0	7
AB	535.0	2
AB	522.5	5
AB	490.0	8
AB	482.5	10
B	455.0	9
B	417.5	4
B	352.5	3

**Tabla A17. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Nitrato en bulbos.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	635.0	11
A	607.5	3
A	587.5	2
AB	517.5	10
AB	500.0	5
AB	497.5	9
AB	452.5	8
AB	412.5	6
AB	410.0	12
AB	402.5	7
B	320.0	1
B	301.8	4

**Tabla A18. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Potasio en Bulbos.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	186.25	11
A	178.75	12
A	174.25	1
A	172.50	4
A	161.50	5
A	157.25	3
A	152.50	10
A	152.25	9
A	146.25	7
A	140.75	8
A	131.50	6
A	121.25	2

**Tabla A19. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Potencial Redox.**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	6.75	11
A	8.50	8
A	10.50	7
A	11.50	12
A	13.50	4
A	13.75	5
A	20.00	10
A	21.25	6
A	29.75	9
A	37.00	3
A	86.25	2
B	323.00	1

**Tabla A20. Comparación de medias de la prueba de Duncan  $p \leq 0.05$  para la variable de Antocianinas**

<b>DUNCAN AGRUPAMIENTO</b>	<b>MEDIA (cm)</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
A	0.23925	2
AB	0.18200	4
AB	0.14030	8
AB	0.10925	5
AB	0.10000	3
AB	0.07475	1
AB	0.06450	9
AB	0.06425	7
B	0.05800	10
B	0.05600	11
B	0.04975	6
B	0.03800	12

**Tabla A21. Contenido en gramos de las concentraciones de los fertilizantes utilizados como tratamientos.**

Tratamiento	Fertilización
T1	0.50 gramos de Nitrato de potasio.
T2	0.65 gramos de Nitrato de potasio.
T3	0.76 gramos de Nitrato de potasio.
T4	0.55 gramos de Sulfato de potasio.
T5	0.71 gramos de Sulfato de potasio.
T6	0.83 gramos de Sulfato de potasio.
T7	0.38 gramos de Cloruro de potasio.
T8	0.49 gramos de Cloruro de potasio.
T9	0.57 gramos de Cloruro de potasio.
T10	0.50 mililitros de Amifol K.
T11	0.65 mililitros de Amifol K.
T12	0.76 mililitros de Amifol K.