

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“EMPLEO DE UREA DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL  
CRECIMIENTO DEL ARÁNDANO *Vaccinium corymbosum* cv. Biloxi  
EN INVERNADERO DE LA UNALM”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CARLOS RUBÉN MARTEL CONTRERAS**

**LIMA – PERÚ**

**2023**












---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

Analyzed document	MarteL_Carlos_2023.pdf (D156188926)
Submitted	2023-01-17 23:45:00
Submitted by	Fernando Chung
Submitter email	fchung@lamolina.edu.pe
Similarity	8%
Analysis address	fchung.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="http://digital.csic.es/bitstream/10261/94479/1/LorenJ_TD-EEAD_2014.pdf">http://digital.csic.es/bitstream/10261/94479/1/LorenJ_TD-EEAD_2014.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 54
<b>W</b>	URL: <a href="https://digital.csic.es/bitstream/10261/39801/1/ParesJ_TD-2010.pdf">https://digital.csic.es/bitstream/10261/39801/1/ParesJ_TD-2010.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 3
<b>W</b>	URL: <a href="https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8955/1/ECO_12(1)_05.pdf">https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8955/1/ECO_12(1)_05.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:45:00	 1
<b>SA</b>	<b>Acosta,C.2014.Proyecto de tesis.docx</b> Document Acosta,C.2014.Proyecto de tesis.docx (D10775021)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/338/1/T2716.pdf">https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/338/1/T2716.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:45:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.15159/AR.18.039">https://doi.org/10.15159/AR.18.039</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL9403068">http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL9403068</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP ELENA VEGA (1).docx</b> Document TSP ELENA VEGA (1).docx (D144247039) Submitted by: pgutierrez@lamolina.edu.pe Receiver: pgutierrez.unalm@analysis.arkund.com	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf">https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS124500.pdf">https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS124500.pdf</a> Fetched: 2023-01-17 23:46:00	 1
<b>SA</b>	<b>Proyecto_titulación_AlexMaigua_03mar2020.docx</b> Document Proyecto_titulación_AlexMaigua_03mar2020.docx (D65473895)	 1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“EMPLEO DE UREA DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL  
CRECIMIENTO DEL ARÁNDANO *Vaccinium corymbosum* cv. Biloxi  
EN INVERNADERO DE LA UNALM”**

Carlos Rubén Martel Contreras

Tesis para optar el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Dr. Jorge Alberto Escobedo Álvarez  
**PRESIDENTE**

---

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa  
**ASESOR**

---

Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal  
**MIEMBRO**

---

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
**MIEMBRO**

LIMA- PERÚ

2023

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1 CULTIVO DE ARÁNDANO .....	2
2.1.1 Orígenes del arándano .....	2
2.1.2 Taxonomía del arándano .....	2
2.1.3 Características morfológicas del arándano .....	3
2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos .....	3
2.1.5 Producción mundial de arándano .....	4
2.1.6 Producción de arándanos en el Perú .....	5
2.2 NITRÓGENO Y LAS PLANTAS .....	6
2.2.1 Nitrógeno en las plantas .....	7
2.2.2 Ciclo del nitrógeno .....	8
2.2.3 El nitrógeno en el suelo .....	9
2.2.4 Absorción de nitrógeno por las plantas .....	9
2.3 INHIBIDORES .....	10
2.3.1 Factores ambientales y fisicoquímicos del suelo .....	11
2.3.2 Inhibidores de la ureasa .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL .....	13
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO .....	13
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO .....	14
3.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	15
3.5 CULTIVO .....	16
3.6 MATERIALES Y EQUIPOS .....	16
3.6.1 Materiales .....	16
3.6.2 Equipos .....	17
3.7 MANEJO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL .....	17
3.7.1 Selección de los plantones .....	17
3.7.2 Trasplante del cultivo de arándano .....	17
3.7.3 Recalce .....	17
3.7.4 Riego .....	18
3.7.5 Fertilización .....	18

3.8 FACTORES DE ESTUDIO .....	18
3.8.1 Características de las unidades experimentales.....	18
3.8.2 Tratamientos .....	19
3.8.3 Distribución de los tratamientos.....	19
3.8.4 Diseño experimental.....	20
3.8.5 Características evaluadas.....	21
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
4.1 PESO SECO FOLIAR.....	23
4.2 NITRÓGENO TOTAL.....	27
4.3 NITRATOS .....	32
4.4 FÓSFORO .....	35
4.5 POTASIO .....	37
4.6 MAGNESIO .....	40
4.7 CALCIO .....	43
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>49</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y área cosechada de los cinco principales países productores del año 2016 .....	5
Tabla 2. Producción mundial y área cosechada en el periodo 2007 – 2016 .....	5
Tabla 3. Producción de arándanos por departamentos campaña agrícola 2016 – 2017 .....	6
Tabla 4. Ubicación política del invernadero “Sven Villagarcía” .....	13
Tabla 5. Ubicación geográfica del invernadero “Sven Villagarcía” .....	13
Tabla 6. Análisis de caracterización del suelo .....	14
Tabla 7. Análisis de agua desionizada del laboratorio de suelo UNALM .....	15
Tabla 8. Condiciones meteorológicas de temperatura promedio, máxima, mínima y humedad relativa en el periodo mayo – agosto 2016, La Molina .....	16
Tabla 9. Características del ensayo experimental .....	19
Tabla 10. Tratamientos evaluados en el experimento .....	19
Tabla 11. Efecto del tipo de fertilizante sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	23
Tabla 12. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	24
Tabla 13. Efecto del número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	25
Tabla 14. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	26
Tabla 15. Efecto de la interacción del tipo de fertilización, dosis de fertilización y número de fracciones de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	27
Tabla 16. Efecto del tipo de fertilizante sobre el nitrógeno total en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	28
Tabla 17. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre nitrógeno total en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	29
Tabla 18. Efecto del número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada sobre el nitrógeno total en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	30
Tabla 19. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el nitrógeno total en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	30
Tabla 20. Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el nitrógeno total foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	31

Tabla 21. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el nitrato en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	32
Tabla 22. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el nitrato en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	33
Tabla 23. Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre los nitratos foliares de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	35
Tabla 24: Efecto del tipo de fertilizante sobre el fósforo en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	35
Tabla 25. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el fósforo en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	36
Tabla 26. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y el número de fracciones de fertilización sobre el fósforo foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	37
Tabla 27. Efecto de la interacción del tipo de fertilización, dosis de fertilización y número de fracciones de fertilización nitrogenada sobre el fósforo foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	37
Tabla 28. Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	38
Tabla 29. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el potasio en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	39
Tabla 30. Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	40
Tabla 31. Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	41
Tabla 32. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	42
Tabla 33. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el magnesio en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	42
Tabla 34. Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	43
Tabla 35. Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	44
Tabla 36. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el calcio en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición grafica de la estructura de una molécula de clorofila y la metionina .....	7
Figura 2. Ciclo del nitrógeno .....	9
Figura 3. Estructura química del inhibidor de la ureasa NBPT .....	12
Figura 4. Distribución de los tratamientos y repeticiones .....	20
Figura 5. Peso seco foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	24
Figura 6. Peso seco foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada .....	25
Figura 7. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	26
Figura 8. Nitrógeno total en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	28
Figura 9. Nitrógeno total en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada .....	29
Figura 10. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el nitrógeno total en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	31
Figura 11. Nitrógeno total en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada .....	31
Figura 12. Nitratos en hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada .....	33
Figura 13. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre los nitratos en hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	34
Figura 14. Nitratos en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada .....	34
Figura 15. Fósforo foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	36
Figura 16. Potasio foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	38
Figura 17. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	39



Figura 18. Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el potasio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	40
Figura 19. Magnesio foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	41
Figura 20. Magnesio en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada .....	42
Figura 21. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	43
Figura 22. Calcio foliar en arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados .....	44
Figura 23. Calcio en las hojas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada .....	45
Figura 24. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el calcio foliar de <i>Vaccinium corymbosum</i> L. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para el peso seco foliar .....	57
<b>Anexo 2.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en el peso seco foliar .....	57
<b>Anexo 3.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en el peso seco foliar .....	57
<b>Anexo 4.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en el peso seco foliar .....	58
<b>Anexo 5.</b> Análisis de efectos simples de la variable peso seco foliar .....	58
<b>Anexo 6.</b> Análisis de efectos simples simples de la variable peso seco foliar .....	58
<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de nitrógeno.....	59
<b>Anexo 8.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de nitrógeno.....	59
<b>Anexo 9.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de nitrógeno .....	59
<b>Anexo 10.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de nitrógeno.....	59
<b>Anexo 11.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de nitrógeno.....	60
<b>Anexo 12.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de nitratos .....	60
<b>Anexo 13.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de nitratos .....	61
<b>Anexo 14.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de nitratos.....	61
<b>Anexo 15.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de nitratos .....	61
<b>Anexo 16.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de nitratos.....	61
<b>Anexo 17.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de fósforo .	62
<b>Anexo 18.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de fósforo .....	62
<b>Anexo 19.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de fósforo .....	62
<b>Anexo 20.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de fósforo.....	62
<b>Anexo 21.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de fósforo .....	63
<b>Anexo 22.</b> Análisis de efectos simples simples de la variable extracción de fósforo .....	63
<b>Anexo 23.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de potasio .	64
<b>Anexo 24.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de potasio .....	64
<b>Anexo 25.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de potasio .....	64

<b>Anexo 26.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de potasio.....	64
<b>Anexo 27.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de potasio .....	65
<b>Anexo 28.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de magnesio.....	65
<b>Anexo 29.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de magnesio.....	66
<b>Anexo 30.</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de magnesio .....	66
<b>Anexo 31.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de magnesio.....	66
<b>Anexo 32.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de magnesio .....	66
<b>Anexo 33.</b> Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de calcio ...	66
<b>Anexo 34.</b> Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de calcio .....	67
<b>Anexo 35:</b> Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de calcio .....	67
<b>Anexo 36.</b> Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de calcio.....	67
<b>Anexo 37.</b> Análisis de efectos simples de la variable extracción de calcio .....	67

## RESUMEN

Se realizó una investigación para evaluar el efecto de dos tipos de fertilizante nitrogenado (urea+NBPT y urea), tres dosis de fertilización nitrogenada (15, 30 y 60 ppm) y dos fraccionamientos (sin fraccionamiento y con fraccionamiento), utilizando plantones de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). El experimento se realizó en el invernadero “Sven Villagración” del Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (12° 05'S, 76° 57'W a 238 m.s.n.m.). el diseño experimental empleado fue completo al azar con enfoque factorial 2x3x2, los tratamientos fueron las combinaciones de los niveles de tipos, dosis y fraccionamientos. La materia seca responde a una mayor eficiencia de disponibilidad de nitrógeno, la cual a su vez es afectada por el uso de fertilizantes con o sin inhibidores, distintas dosis y fraccionamientos de la fertilización. La absorción de macronutrientes (N, P, K, Mg y Ca) en arándano cv. Biloxi, se ve afectado significativamente por los fertilizantes nitrogenados con o sin inhibidores. Solo la absorción de los macronutrientes (N, P y K) son afectados por los números de fraccionamientos de fertilización nitrogenada.

**Palabras clave:** *Vaccinium corymbosum* L., NBPT, materia seca, macronutrientes

## ABSTRACT

An investigation was conducted to evaluate the effect of two types of nitrogen fertilizer (urea + NBPT and urea), three doses of nitrogen fertilization (15, 30 and 60 ppm) and two fractionations (without fractionation and fractionation), using blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). The experiment was conducted in the greenhouse "Sven Villagarcía" of the Academic Department of Soils of the Faculty of Agronomy of the Universidad Nacional Agraria La Molina (12 ° 05'S, 76 ° 57'W at 238 m.a.s.l.). The experimental design used was randomized with a 2x3x2 factorial approach, the treatments were the combinations of the levels of types, doses and fractionations. Dry matter responds to a greater efficiency of nitrogen availability, which in turn is affected by the use of fertilizers with or without inhibitors, different doses and fractionation of fertilization. The absorption of macronutrients (N, P, K, Mg and Ca) in blueberry cv. Biloxi, is significantly affected by nitrogen fertilizers with or without inhibitors. Only the absorption of macronutrients (N, P and K) are affected by the numbers of nitrogen fertilization fractionations.

**Key words:** *Vaccinium corymbosum* L., NBPT, dry material, macronutrients

## I. INTRODUCCIÓN

Las bondades del arándano en la salud hacen que éste sea considerado como la super fruta del siglo XXI porque contiene una gran cantidad de compuestos antioxidantes. Estos compuestos principalmente son flavonoides y ácidos fenólicos, los cuales son poderosos antioxidantes. Se ha demostrado que estos compuestos combaten la diabetes, problemas de visión, ciertos tipos de cáncer, aumenta el colesterol HDL (llamado colesterol bueno), oxidando los radicales libres.

El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) se produce principalmente en E.E.U.U., Canadá, México y Polonia (FAO, 2016). Perú posee 4 134 ha cosechadas en la campaña agrícola 2017, con un rendimiento nacional de 12.65 t ha<sup>-1</sup>. La Libertad es el principal productor de arándano con una producción de 39 359 t en la campaña agrícola 2017 (MINAGRI, 2018).

En la actualidad se han encontrado nuevas tecnologías mediante estudios realizados, que permiten el uso del nitrógeno de manera más eficiente sincronizando el elemento aportado con los requerimientos de cultivo (Barrios, Killorn y García, 2010). Los productos de liberación controlada brindan ventajas al agricultor, ya sea por distintos factores como la frecuencia de aplicación, riesgos de déficit o excesos nutricionales, uniformidad y equilibrio de nutrición a la planta, entre otros (Nolasco, Outeiriño, Monzó, Gonzáles y López, 2005). Según Barrios *et al.* (2010) los productos de liberación controlada ofrecen ventajas comparativas frente a los productos convencionales, ya que se suministra los nutrientes en función de la temperatura y en consecuencia con relación al crecimiento de la planta evitando pérdidas y excesos durante su aplicación.

Sin embargo, en nuestro país estos productos no vienen siendo empleados por el agricultor o empresas ya que significan un costo relativamente alto, además no se han realizado los ensayos para demostrar un efecto significativo y rentable para implementarlo en el campo. Por ello es importante conocer la respuesta de las plantas a la disponibilidad continua de fertilizantes, en especial nitrificados. El objetivo del presente trabajo de investigación es comprobar el efecto de una fuente de liberación controlada de nitrógeno en el cultivo de arándano.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CULTIVO DE ARÁNDANO

#### 2.1.1 Orígenes del arándano

El blueberry o arándano es un arbusto frutal nativo de Norteamérica, considerado dentro del grupo de los berries, pertenece a la familia Ericaceae, y al género *Vaccinium*. Existen alrededor de 450 especies del género *Vaccinium* alrededor del mundo. La producción del arándano tipo “arbusto alto del norte” (*V. corymbosum* L.) es un fenómeno originado en el siglo XX con la investigación pionera de F.V. Coville y Elizabeth White en los comienzos del siglo 19 (Sudzuki, 2002; Trehane, 2004; Moore, 1994).

#### 2.1.2 Taxonomía del arándano

Según el sistema para la clasificación de las angiospermas según criterios filogenéticos o APG (del inglés Angiosperm Phylogeny Group) la clasificación de *Vaccinium corymbosum* L. es la siguiente (APG, 2016):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Subfamilia: Vaccinioideae

Tribu: Vaccinieae

Género: *Vaccinium*

Especie: *V. corymbosum* L.

Nombre común: Arándano, blueberry

### 2.1.3 Características morfológicas del arándano

**a. Raíz:** Las raíces se encuentran principalmente hasta los 35 centímetros de profundidad. El arándano carece de pelos absorbentes y la clasifican en 2: raíces gruesas mayores de 11 mm de grosor que sirven principalmente de anclaje y raíces filamentosas aproximadamente de 1 mm que cumplen la función de absorción de agua y nutrientes (Carrera, 2012; Retamales y Hancock, 2012).

**b. Tallo:** Los tallos de un año son denominadas ramillas o caña, están localizadas sobre la corona, la cual es un área de transición entre el sistema radicular y los tallos (Gómez, 2010).

**c. Hojas:** Las hojas son simples, entre enteras y aserradas, de color verde pálido, alternas con forma variable entre elípticas, ovales, ovolanceoladas o espátulas. Pueden presentar pubescencia en el envés (Retamales y Hancock, 2012).

**d. Flores:** Las flores se presentan en inflorescencias, la flor es perfecta y epígina, ubicadas en racimos simples, las flores emergen de yemas laterales. La flor es peduncular, de ovario ínfero provisto de 4 a 5 lóculos. Los sépalos son cortos, pentalobulados y la corola es gamopétala, tubular, pentalobulada y generalmente de color blanco (Gil, 2000; Retamales y Hancock, 2012).

**e. Frutos:** Botánicamente es una baya de color azul oscuro a negro. El tamaño es muy variable debido a las diferentes condiciones climáticas, varietales y de manejo que se presentan. Pulpa verde claro transparente, formada por el mesocarpio y endocarpio. Posee una cutícula cerosa de hasta 5  $\mu\text{m}$ . El fruto contiene de una a varias semillas, de diez a veinte. Madura en dos o tres meses, en función del ambiente y del cultivar (Gough, 1994; Retamales y Hancock, 2012). Sin embargo, Gil (2000) argumenta que el fruto es una falsa baya, debido a que el receptáculo se fusiona al pericarpio en la constitución de la parte comestible, tal como sucede en la grosella y la zarzaparrilla.

### 2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos

**a. Suelo:** El pH del suelo más adecuado para el arándano se encuentra entre 4.5 y 5.5. Deben ser ligeros con buena aireación y contenidos importantes de materia orgánica (mayor al dos por ciento) para retener humedad, bajo contenido de carbonato de calcio y un buen drenaje. El encharcamiento es un problema grave que afecta severamente a las raíces. En suelos con



pH alto se presentan deficiencias de hierro y zinc (Carrera, 2012; Rebolledo, 2013; Williamson, Phillips, Lyrene y Munoz, 2014).

**b. Agua:** Los arándanos son muy susceptibles a la elevada conductividad eléctrica, además al exceso de calcio, boro y cloro. En muchos casos el agua recibe un tratamiento previo en caso presente problemas de salinidad (mayores a  $1.5 \text{ ds m}^{-1}$ ). Son muy susceptibles a las sequias porque sus raíces carecen de pelos absorbentes, siendo muy propensas a deshidratarse (Carreta, 2012; Maticorena, 2017).

**c. Clima:** Tiene un requerimiento de horas frío dependiendo del cultivar (menores a  $7,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) de 400 – 850 horas, para asegurar su floración. La fotosíntesis alcanza su punto óptimo entre  $20 \text{ y } 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se requieren días soleados para producir frutos de calidad, veranos nublados y fríos dan frutos de mala calidad y bajo contenido de azúcar (Gough, 1994; Lang, 1993).

### **2.1.5 Producción mundial de arándano**

Los mayores países productores de arándano en el mundo son Estados Unidos y Canadá quienes en conjunto produjeron aproximadamente el 81 por ciento de la producción del año 2016, de igual manera en ambos países el área cosechada es el 83 % del área mundial (Tabla 1).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, o más conocida como FAO (2016), la producción mundial incrementó de 261 281 toneladas en el año 2007 a 552 505 toneladas en el año 2016, es decir tuvo un incremento de 211 por ciento en su producción anual. Por otro lado, el área cosechada para el año 2007 era de 68 874 hectáreas a comparación de las 110 928 hectáreas cosechadas del 2016 (61 % de crecimiento) (Tabla 2).

**Tabla 1: Producción y área cosechada de los cinco principales países productores del año 2016**

<b>Principales productores</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>
EEUU	269 257	37 555
Canadá	178 745	54 535
México	29 067	2 946
Polonia	14 721	5 039
Alemania	10 710	2 714

Fuente: FAO (2016)

**Tabla 2: Producción mundial y área cosechada en el periodo 2007 – 2016**

<b>Año</b>	<b>Producción mundial (t)</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>
2007	261 281	68 874
2008	309 630	73 895
2009	334 734	71 854
2010	323 449	75 558
2011	363 586	81 524
2012	397 793	82 696
2013	427 760	86 521
2014	511 408	90 095
2015	522 363	105 068
2016	552 505	110 928

### **2.1.6 Producción de arándanos en el Perú**

Según el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI), en la campaña 2016 – 2017 el Perú obtuvo 52 mil toneladas cosechadas en 4 134 hectáreas. La principal región productora fue La Libertad (39 359 toneladas), además esta región posee el 63 % de las áreas cosechas del Perú (2 618 hectáreas). El rendimiento nacional es de 7.40 t ha<sup>-1</sup>, la región La Libertad posee el mejor rendimiento nacional (15.03 t ha<sup>-1</sup>) (Tabla 3).

**Tabla 3: Producción de arándanos por departamentos campaña agrícola 2016 – 2017**

<b>Región</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
Amazonas	0	0	-
Áncash	784	190	4 126
Apurímac	0	0	-
Arequipa	3	1	2 950
Ayacucho	0	0	-
Cajamarca	0	0	-
Callao	0	0	-
Cusco	0	0	-
Huancavelica	0	0	-
Huánuco	0	0	-
Ica	833	102	8 170
La Libertad	39 359	2 618	15 034
Lambayeque	10 560	1 054	10 019
Lima	762	169	4 509
Loreto	0	0	-
Madre de Dios	0	0	-
Moquegua	0	0	-
Pasco	0	0	-
Piura	0	0	-
Puno	0	0	-
San Martín	0	0	-
Tacna	0	0	-
Tumbes	0	0	-
Ucayali	0	0	-

Fuente: MINAGRI (2018)

## 2.2 NITRÓGENO Y LAS PLANTAS

El nitrógeno es un elemento esencial que abunda en la naturaleza. Únicamente el C, H, y O son más abundantes que el nitrógeno. Por ello se considera que el N, después del déficit hídrico, es el principal factor que controla el crecimiento de las plantas. Es un mineral que limita con mayor frecuencia el crecimiento vegetal (Marschner, 1995; Gallegos, Olivares, Vásquez y Zavala, 2000; Pares, 2010).

El nitrógeno forma parte de muchos compuestos orgánicos dentro de la planta, como proteínas complejas dentro de los cloroplastos, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, moléculas como la ribulosa-1, 5 - bifosfato carboxilasa oxigenasa (RUBISCO), ADP, ATP; citoquininas, auxinas, etc. Por lo tanto, se puede decir que es un elemento implicado en todos los procesos metabólicos del crecimiento vegetal. Es muy abundante en tejidos jóvenes a

comparación de tejidos leñosos (Fageria, Baligar y Clark, 2006; Miller y Cramer, 2004; Lattanzi, Schnyder y Thornton, 2004; Thompson y Troeh, 1988).

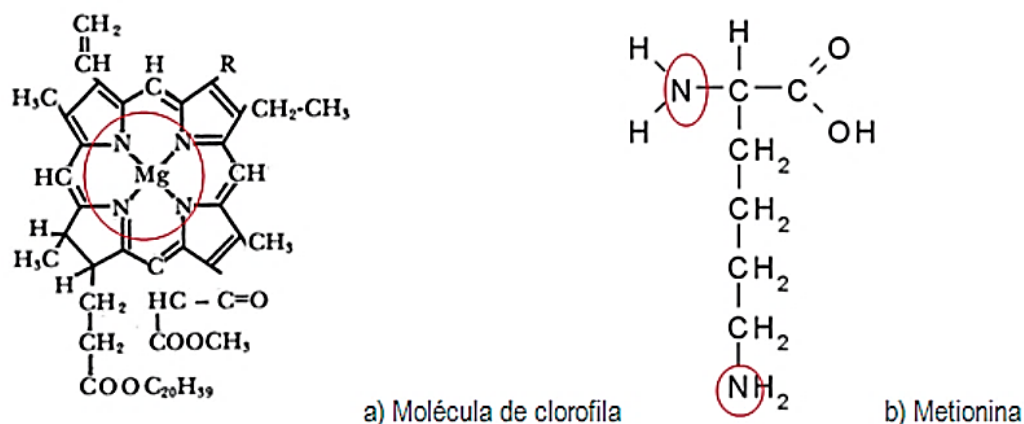


Figura 1: Composición grafica de la estructura de una molécula de clorofila y la metionina

Fuente: Navarro (2003)

### 2.2.1 Nitrógeno en las plantas

El nitrógeno es uno de los elementos químicos cuya asimilación implica, generalmente un gasto energético asociado a su reducción. Este elemento puede ser absorbido por las raíces en tres formas: N orgánico, amonio o nitrato (Escudero y Mediavilla, 2003). Agronómicamente el riego y la fertilización nitrogenada, pueden afectar enormemente la producción de biomasa, esto es muy importante en cultivos donde el órgano comercial es el follaje (Peil y Gálvez, 2005; Malcom, Holford, McGlasson y Barchia, 2008).

La demanda de nitrógeno depende de la especie, y la condición edafoclimática durante el crecimiento de la planta. La mayoría de cultivos dependen del N suministrado vía mineralización de la materia orgánica o fertilizantes aportados para completar su ciclo, aunque algunas plantas pueden utilizar el nitrógeno atmosférico, a través de su asociación con microorganismos (Cárdenas, Sánchez, Farías y Peña, 2004; Bonilla, 2000).

Una vez el nitrógeno es absorbido, el proceso de reducción del  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  se lleva a cabo por 2 reacciones consecutivas. El nitrato reductasa actúa en la primera, en esta reacción se necesita 2 electrones que provienen de la NADH. En la segunda reacción la nitrito reductasa reduce el  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_4^+$ , se necesita 6 electrones donados por la ferredoxina reducida. Si bien el  $\text{NH}_4^+$  puede ser absorbido directamente por las raíces, puede ser tóxico si se acumula en grandes cantidades (Maldonado, Agüera y Pérez, 2000; Jhonson y Uriu, 1989).

### 2.2.2 Ciclo del nitrógeno

García, Ruano, Lucena y Nogales (2010) describe el ciclo del nitrógeno como las transformaciones y flujos del nitrógeno en la naturaleza.

- **Absorción de nitrógeno por la planta:** Constituye una de las partes más importantes del ciclo en sistemas agrícolas (García *et al.*, 2010).
- **Fijación:** La fijación biológica del nitrógeno al suelo es realizado por microorganismos simbióticos (Aparicio, Arrese y Becana, 2000).
- **Mineralización e inmovilización:** La mineralización es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio mediante la acción de los microorganismos del suelo. La inmovilización es el proceso de asimilación de formas inorgánicas de nitrógeno por los microorganismos para formar proteínas y compuestos orgánicos. La cantidad de N disponible para las plantas depende de la inmovilización y mineralización (García *et al.*, 2010; Haynes y Goh, 1978).
- **Aminificación:** La degradación realizada por los microorganismos, de los compuestos proteicos, da como resultado proteasas, peptonas y al final aminoácidos (García *et al.*, 2010).
- **Amonificación:** Después de la digestión enzimática, el nitrógeno puede seguir dos direcciones posibles, incorporarse a la estructura celular, o transformarse en productos tan simples casi siempre en forma de amonio (esta última dirección es la amonificación) (García *et al.*, 2010).
- **Nitrificación:** Cuando el amonio se convierte en nitrato por acción de bacterias aerobias del suelo (García *et al.*, 2010).
- **Desnitrificación:** Es cuando el nitrato se convierte en nitrógeno gaseoso o en óxido de nitrógeno, si se pierde en la atmosfera (García *et al.*, 2010).

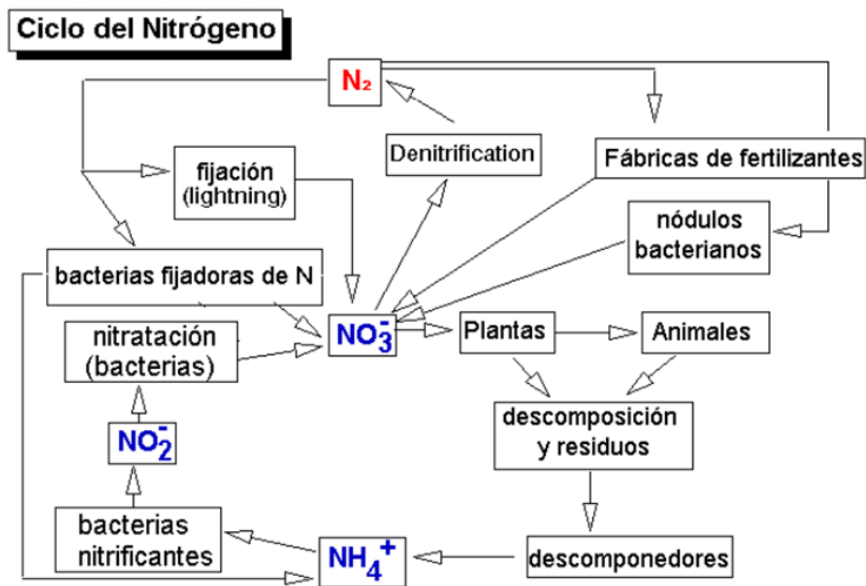


Figura 2: Ciclo del nitrógeno  
Fuente: Lorén (2013)

### 2.2.3 El nitrógeno en el suelo

La mayor parte del nitrógeno terrestre se encuentra en forma orgánica, es decir no asimilable en la materia orgánica fresca o en la estable. El nitrógeno mineral suele proceder de la mineralización de la materia orgánica o de los fertilizantes nitrogenados (Bertran, 2006).

Es difícil cuantificar la cantidad de nitrógeno en el suelo, por diversos factores como la desnitrificación, la inmovilización microbiana, lixiviación, volatilización, adsorción y la nitrificación. Los nitratos disponibles son fácilmente movilizables por las aguas superficiales o subterráneas (Tisdale, Nelson y Beaton, 1993).

Uno de los procesos más importantes que afectan la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo es la mineralización de la materia orgánica. La tasa de mineralización está influenciada principalmente por la temperatura, humedad del suelo, tipo de suelo (Cabrera, 2007; Kruse, Kissel y Cabrera, 2004).

### 2.2.4 Absorción de nitrógeno por las plantas

Las plantas toman el nitrógeno a través de las raíces y preferentemente en las formas iónicas de nitrato ( $NO_3^-$ ) y de amonio ( $NH_4^+$ ), o en el caso de plantas que forman nódulos radiculares, como Nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) (Jhonson y Uriu, 1989).

La fuente preferente para el crecimiento de la cosecha depende de la especie de la planta y otros factores ambientales, como la temperatura y la humedad. Numerosas investigaciones

han evidenciado que las plantas pueden utilizar la forma nítrica o amoniacal como fuente de nitrógeno (Jhonson y Uriu, 1989).

El N es absorbido siempre que la planta se encuentra en período de crecimiento activo, pero no siempre a la misma velocidad de absorción. La cantidad absorbida por unidad de tiempo y de materia vegetal es máxima cuando las plantas son más jóvenes y declina gradualmente con la edad (Thompson y Troeh, 1988).

La absorción de nitrato se inhibe u obstaculiza a bajas temperaturas, o porque se alcaliniza el medio externo. Se absorbe mejor a pH ligeramente ácido y difiere de la de otros iones, ya que presenta al principio un período de latencia, seguida de una fase de absorción rápida. También disminuye en condiciones de anaerobiosis y en presencia de inhibidores de la respiración, lo que demuestra que es un proceso dependiente de la energía metabólica (Haynes y Goh, 1978; Maldonado *et al.*, 2000).

Un factor que influye en la disponibilidad del nitrógeno para las plantas es el pH del suelo. Así, el pH de máxima absorción del nitrógeno se sitúa entre 5.8 y 8.0. La acción de los fertilizantes nitrogenados sobre la acidificación del suelo se produce en el siguiente orden de mayor a menor: cloruro de amonio > amoníaco anhidro > sulfato de amonio = urea > nitrato de amonio = nitrato cálcico = nitrato de sodio (Kantrovich, Klubek y Varsa, 2004; Gómez, 1990).

### **2.3 INHIBIDORES**

La denominación de estabilizador se utiliza en aquellos fertilizantes a los que se les ha añadido un inhibidor durante su proceso de fabricación, diferenciándose de aquellos que son aplicados directamente al suelo al realizar la fertilización por el agricultor, a los que se denomina inhibidores (Trenkel, 2010; Landels, 2010).

Los inhibidores se diferencian en dos grandes grupos: inhibidores de la nitrificación e inhibidores de la ureasa. El objetivo de los inhibidores de la nitrificación es mantener el N en forma de amonio estable y la del inhibidor de ureasa, mantener estable por más tiempo la urea aplicada al suelo, para reducir las pérdidas por lixiviación y/o pérdidas por desnitrificación, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados por ende los rendimientos de los cultivos (Bronson, Touchton, Hauck y Kelley, 1991; Trenkel, 2010; Singh, Saggar, Bolan y Zaman, 2008; Delgado y Mosier, 1996).

La selección correcta de un inhibidor depende de las condiciones climáticas, el sistema del cultivo y el tipo de fertilizante utilizado. Además, el correcto funcionamiento de los inhibidores está relacionado a la concentración en la que se encuentra en la fertilización, su capacidad de movimiento, propiedades fisicoquímicas del suelo. Cabe resaltar que existe poca información sobre el tipo de N absorbido por la planta después de la aplicación de los inhibidores de la nitrificación o procesos similares (Mosier, Duxbury, Freney, Heinemeyer y Minami, 1996; Zerulla, Barth, Dressel y Erhardt, 2001; Trenkel, 2010; Singh *et al.*, 2008).

Singh *et al.* (2008) clasifican a los inhibidores como específicos o no específicos, los inhibidores específicos tienden a controlar microorganismos o enzimas implicadas en las reacciones bioquímicas específicas, por ejemplo, las enzimas que participan en la amonificación y nitrificación. Por otro lado, los inhibidores no específicos incluyen a muchos plaguicidas agrícolas, entre ellos herbicidas y fungicidas, básicamente porque en concentraciones elevadas actúan como biocidas en el suelo.

### **2.3.1 Factores ambientales y fisicoquímicos del suelo**

La creciente preocupación por el deterioro del medio ambiente impulsó el desarrollo de los inhibidores de fertilizantes nitrogenados. En algunos casos la contaminación del agua por nitratos provenientes de la fertilización inducía el fenómeno de eutrofización de las aguas. El uso de inhibidores permite mantener la producción y calidad de la producción con menor impacto ambiental (Lorén, 2013). Las precipitaciones y temperaturas elevadas tienden a reducir la eficiencia de los inhibidores. La temperatura es un factor muy importante en la persistencia de la acción de los inhibidores en el suelo. Los inhibidores son más eficaces a temperaturas relativamente bajas, descendiendo la eficacia a medida que las temperaturas aumentan por que se degradan más rápido. Excesos de agua en suelos arcillosos, tienden a alejar a los inhibidores de la urea o del amonio según sea el caso (Liu, Varsa, Kapusta y Mburu, 1984; Di y Cameron, 2004; Singh *et al.*, 2008). La duración de los inhibidores puede ser desde unos días a varias semanas, dependiendo de la naturaleza del producto, la dosis, el tipo de suelo, la temperatura, humedad y pH (Singh *et al.*, 2008).

### **2.3.2 Inhibidores de la ureasa**

La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado en el mundo, el liderazgo se debe principalmente a su bajo costo, en su producción. Este fertilizante tiene una gran solubilidad, sin embargo, la urea puede producir pérdidas por volatilización de hasta el 50 por ciento del nitrógeno (Trenkel, 2010).



La urea aplicada al suelo, sufre una hidrólisis enzimática, catalizada por una metaloenzima dependiente de níquel, la ureasa, que es una proteína ampliamente distribuida en bacterias, hongos y plantas. En los suelos agrícolas si los microorganismos son abundantes, transforman con relativa rapidez la urea en  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  (Lorén, 2013; Longo y Melo, 2005; Aguilar, 2009).

Los inhibidores de la ureasa retrasan durante cierto tiempo la transformación del amonio amidico en amoniacal, es decir, la hidrólisis de la urea. Reduciendo las pérdidas por volatilización, dado que el amonio es altamente volátil. Algunos factores que influyen en la volatilización son: el pH del suelo, pH alcalinos volatilizan más  $\text{NH}_3$  que los suelos con pH ligeramente ácidos, aunque en suelos ácidos el periodo de inhibición de la ureasa se reduce. Los suelos con más arcilla, materia orgánica y CIC, producen menor volatilización. Una baja humedad del suelo al momento de la fertilización, limita la disolución e hidrólisis de la urea, por lo tanto, se reduce la volatilización (Singh *et al.*, 2008; Sainz, Echevarria, Studdert y Andrade, 1997; Vlek y Carter, 1983).

#### a. NBPT

El NBPT es el compuesto más efectivo en el control de la hidrólisis de la urea, especialmente su forma oxidada (NBTPO). Su aplicación en la agricultura reduce las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco, aumentando así la eficacia del fertilizante (urea). El N-(n-butil) triamida tiosforica (NBPT) es el único inhibidor de la ureasa disponible comercialmente (Lorén, 2013; Cantarella *et al.*, 2008; Landels, 2010).

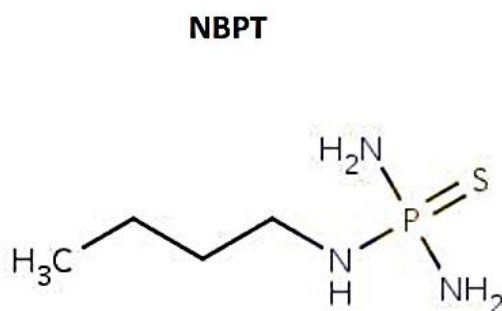


Figura 3: Estructura química del inhibidor de la ureasa NBPT  
Fuente: Abalos (2014)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero “Sven Villagarcia” del Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Su ubicación política y geográfica se muestra en las Tablas 4 y 5 respectivamente.

**Tabla 4: Ubicación política del invernadero “Sven Villagarcia”**

Región	Lima
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	La Molina

**Tabla 5: Ubicación geográfica del invernadero “Sven Villagarcia”**

Latitud	12° 05' S
Longitud	76° 57' W
Altitud	238 m.s.n.m.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo utilizado en la investigación, es un suelo arenoso con 95 por ciento de arena, de muy buen drenaje. Al inicio del experimento se realizó un análisis fisicoquímico del suelo en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyo resultado se muestra en la Tabla 6.

El suelo es de textura ligera, con bajo contenido de materia orgánica (0.11 %) y carbonatos (0.20 %). El pH es ligeramente alcalino (7.63), no salino (aproximadamente 1 dS/m). Es un suelo con baja presencia de fósforo y potasio disponible. Debido a su bajo contenido de coloides (arcilla y humus) su capacidad de intercambio catiónico es bajo (4.80).

**Tabla 6: Análisis de caracterización del suelo**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH (1:1)	7.63
C.E. (1:1) dS/m	0.50
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.20
M.O. (%)	0.11
P (ppm)	2.8
K (ppm)	54
Arena (%)	95
Limo (%)	3
Arcilla (%)	2
Clase textural	Arenoso
C.I.C.	4.80
Cationes	
Ca <sup>2+</sup>	4.02
Mg <sup>2+</sup>	0.50
K <sup>+</sup>	0.14
Na <sup>+</sup>	0.14
Al <sup>3+</sup> H <sup>+</sup>	0

**Fuente: LASPAF (2018)**

### **3.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO**

El agua desionizada que se utilizó en el experimento, se obtuvo del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según el criterio FAO (Ayers y Westcot, 1987) su conductividad eléctrica (0.17 dS/m) no presenta ninguna restricción de uso en riego por posibles problemas de salinidad, su pH (3.23) es ácido. Existe una ligera a media restricción de uso que causa problemas de infiltración (RAS < 3 y C.E. <0.7). No presenta ningún riesgo de fitotoxicidad al usar esta agua en riego respecto a los iones sodio, cloruro, boro y nitratos.

**Tabla 7: Análisis de agua desionizada del laboratorio de suelo UNALM**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH	3.23
C.E. (dS/m)	0.17
Calcio (meq/L)	0.03
Magnesio (meq/L)	0.01
Potasio (meq/L)	0.00
Sodio (meq/L)	0.16
SUMA DE CATIONES	0.20
Nitratos (meq/L)	0.00
Carbonatos (meq/L)	0.00
Bicarbonatos (meq/L)	0.00
Sulfatos (meq/L)	0.00
Cloruros (meq/L)	0.66
SUMA DE ANIONES	0.66
Sodio (%)	80.91
RAS	1.25
Boro (ppm)	0.40

Fuente: LASPAF (2018)

### 3.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La información meteorológica durante el periodo que se desarrolló el ensayo se obtuvo de la estación meteorológica Alexander Von Humboldt, de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El cuadro 8 muestra el resumen de los datos meteorológicos por mes, donde se observa que la temperatura promedio varió entre 15.91 y 19.61 °C. La humedad relativa promedio durante el experimento fue de 81.34 por ciento.

**Tabla 8: Condiciones meteorológicas de temperatura promedio, máxima, mínima y humedad relativa en el periodo mayo – agosto 2016, La Molina**

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
	Promedio	Máxima	Mínima	
May-16	19.61	25.65	15.69	78.07
Jun-16	16.81	20.99	14.18	81.35
Jul-16	16.44	19.44	14.62	82.56
Ago-16	15.91	19.28	13.87	83.38
Promedio	17.19	21.34	14.59	81.34

Fuente: SENAMHI (2017)

### 3.5 CULTIVO

En el presente trabajo de investigación se utilizó el cultivar de arándano (*Vaccinium corimbosum* L.) Biloxi, el cual es el principal cultivar utilizado en nuestro país debido a que requiere de menos de 400 – 500 horas frío para prosperar. Fue desarrollado por el Servicio de Investigación de Agricultura del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (ARS – USDA), en Beltsville, Maryland, con el fin de obtener una variedad adaptada al sur de E.E.U.U. se comporta prácticamente como una planta siempreverde, es de producción temprana y no es muy resistente a las heladas.

### 3.6 MATERIALES Y EQUIPOS

#### 3.6.1 Materiales

- Macetas
- Jaulas (mesas cubiertas con mallas para aislarlas del efecto de los pájaros)
- Arena aluvial
- Plantones de arándanos
- Fertilizante de urea convencional
- Producto Urea Max (46 % N)
- Sulfato de potasio (50 % K<sub>2</sub>O)
- Superfosfato triple (46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- Agua desionizada

- Probeta
- Galones
- Baldes
- Tijera
- Cinta de embalaje
- Bolsas de papel
- Etiquetas
- Hojas bond
- Libreta de apuntes

### **3.6.2 Equipos**

- Balanza digital de tres dígitos
- Conductímetro
- Potenciómetro o medidor de pH
- Cámara digital

## **3.7 MANEJO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL**

### **3.7.1 Selección de los plántones**

Se seleccionó plántones de 4 meses de arándano del vivero Inka's Berries ubicado en la UNALM considerando la altura de los plántones para homogenizar en alguna manera el ensayo. Se compraron el 3 de mayo y se regaron 2 veces semanalmente hasta el trasplante.

### **3.7.2 Trasplante del cultivo de arándano**

El trasplante se realizó el 26 de mayo del 2016, durante el invierno. Se trasplantó arándanos Biloxi, provenientes de los viveros Inka's Berries. Se instalaron 36 unidades de macetas, la cantidad de arena presente en cada maceta fue de 9.5 kilogramos. El trasplante se realizó con plántones de 4 meses, sembrando una en cada maceta.

### **3.7.3 Recalce**

Se recalzó donde se observó plantas débiles o plantas que no sobrevivieron al trasplante.

### **3.7.4 Riego**

Los riegos se realizaron dos veces por semana, la cantidad de agua aportada en cada riego se determinaba después de pesar cada maceta, la diferencia respecto al peso inicial de la maceta en capacidad de campo fue la cantidad de agua que se repuso.

La capacidad de campo del suelo se determinó a través del riego saturado de 4 macetas llenas con 9.5 kilogramos de arena. El riego se detuvo en el momento que comenzaron a salir gotas de agua por la parte inferior de la maceta. Luego se pesaron las macetas cuando las gotas dejaron de salir. Se promedió el contenido de agua en las 4 macetas evaluadas y se determinó que la cantidad de agua que llevaba a la capacidad de campo el suelo fue de 1.6 litros en promedio.

### **3.7.5 Fertilización**

- La primera fertilización nitrogenada se realizó 25 días después del trasplante y la segunda fertilización nitrogenada se realizó a los 57 ddt.
- La única fertilización de fósforo se realizó el mismo día del trasplante (26 de mayo), se utilizó el fertilizante superfosfato triple, a razón de 50 ppm de  $P_2O_5$  por planta.
- La fertilización potásica se realizó a los 25 ddt, se utilizó sulfato de potasio, cada planta recibió 50 partes por millón de  $K_2O$ .

## **3.8 FACTORES DE ESTUDIO**

### **3.8.1 Características de las unidades experimentales**

Cada unidad experimental estuvo representada por una maceta y un plantón de arándano, cada maceta tuvo 9.5 kilogramos de arena. Las características de las unidades experimentales del presente trabajo se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9: Características del ensayo experimental**

Unidades de plántones por maceta	1
Número total de macetas	36
Peso de cada maceta (kg)	0.5
Peso de suelo por maceta (kg)	9.5
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	12
Número de unidades experimentales	36

### 3.8.2 Tratamientos

Se utilizaron dos tipos de fertilizante nitrogenado, 3 dosis de fertilización nitrogenada y 2 fraccionamientos del fertilizante nitrogenado. Los dos tipos de fertilizantes fueron la urea y la urea + NBPT, las tres dosis del fertilizante fueron 15 ppm, 30 ppm y 60 ppm de nitrógeno, los dos fraccionamientos del fertilizante fueron 1 aplicación y 2 aplicaciones. La combinación de los tipos de fertilizante, dosis de fertilización y fraccionamientos del fertilizante establecieron doce criterios de manejo de arándano en invernadero, los que fueron considerados como tratamientos experimentales (Tabla 10).

**Tabla 10: Tratamientos evaluados en el experimento**

Clave	Fuente	Dosis (ppm)	Fraccionamientos
T1	Urea + NBPT	15	Con fraccionamiento
T2	Urea	15	Con fraccionamiento
T3	Urea + NBPT	30	Con fraccionamiento
T4	Urea	30	Con fraccionamiento
T5	Urea + NBPT	60	Con fraccionamiento
T6	Urea	60	Con fraccionamiento
T7	Urea + NBPT	15	Sin fraccionamiento
T8	Urea	15	Sin fraccionamiento
T9	Urea + NBPT	30	Sin fraccionamiento
T10	Urea	30	Sin fraccionamiento
T11	Urea + NBPT	60	Sin fraccionamiento
T12	Urea	60	Sin fraccionamiento

### 3.8.3 Distribución de los tratamientos

Las macetas estuvieron distribuidas en hileras, y siendo reordenadas cada 10 días aproximadamente para que todas puedan recibir la misma intensidad solar dentro del



invernadero “Sven Villagarcia”. La distribución de los tratamientos fue al azar, mediante la selección de las claves (Figura 4).

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12

Figura 4. Distribución de los tratamientos y repeticiones

### 3.8.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 tipos de fertilizante, 3 dosis de fertilización y 2 fraccionamientos (2 x 3 x 2), constituido por 12 tratamientos, con tres repeticiones. Los datos fueron analizados a través del programa estadístico Minitab ver. 17 para Windows, empleando el análisis ANOVA para el análisis de varianza y en los casos que se halló diferencias significativas se realizó una comparación múltiple de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Para:

$$i = 1, 2$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta al usar la  $i$ -ésima fuente encalante, la  $j$ -ésima dosis de material encalante y la  $k$ -ésima fuente de fósforo obtenido.

$\mu$  = Es el efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Es el efecto de la  $i$ -ésima fuente encalante.

$\beta_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima dosis de la fuente encalante.

$\gamma_k$  = Es el efecto de la k-ésima fuente de fósforo.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima fuente encalante y la j-ésima dosis de material encalante.

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima fuente encalante y la k-ésima fuente de fósforo.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Es el efecto de la interacción de la j-ésima dosis de la fuente encalante y la k-ésima fuente de fósforo.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima fuente encalante, la j-ésima dosis de material encalante y la k-ésima fuente de fósforo.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

### 3.8.5 Características evaluadas

- **Peso fresco de las hojas**

Al final del ensayo se procedió a separar las hojas y se pesaron en una balanza analítica. Se procedió a lavar con agua destilada y una solución acidulada.

- **Peso seco de las hojas**

Las hojas frescas de cada tratamiento se llevaron a estufa, previamente identificados, a una temperatura constante (60 °C) hasta llegar a peso constante. Luego se pesó y anotó el valor de peso seco foliar.

- **Absorción total de nitrógeno**

Para la determinación de nitrógeno se utilizó el método Kjeldahl.

Luego de obtener la materia seca, se molió en un molinillo y se tomó 100 miligramos por cada muestra, se depositó en una fiola para ser procesado, se agregó una pequeña cantidad de catalizador, luego 3 ml de ácido sulfúrico con ayuda de una pipeta, luego se llevó la muestra a la estufa por una hora y media en promedio a una temperatura mayor a 100 °C.

Posteriormente se dejó enfriar, luego se agregó 20 ml de agua destilada, para colocarlo en un destilador Kjeldahl; paralelamente se preparó una solución con 20

ml de ácido bórico al 2 por ciento, para recibir la muestra proveniente de Kjeldahl (amoníaco) que precipita al ácido bórico, el exceso se tituló con hidróxido de sodio al 50 por ciento hasta que se obtuvo un color rosado. La cantidad utilizada se multiplico con el factor de conversión 0.28 para obtener el porcentaje de N por 100 miligramos de muestra.

- **Concentración de nitratos**

Se realizó mediante el método de Brucina para cada tratamiento.

- **Concentración de macronutrientes en las hojas**

Se derivó muestras foliares al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM.

- **Concentración de sales**

Se recogió 50 mililitros de arena y se colocó en un vaso de precipitado, luego se agregó agua destilada hasta 100 mililitros, se midió con el conductímetro y se anotó los datos de forma semanal.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 PESO SECO FOLIAR

A partir del análisis de varianza para la variable peso seco foliar (Anexo 01), se observa que resultaron significativas las interacciones de tipos de fertilizantes x dosis de fertilización (A x B) y tipos de fertilizantes x dosis de fertilización x fraccionamiento (A x B x C). Se encontraron diferencias significativas a nivel de factores (tipos, dosis y fraccionamiento de fertilizantes).

En la Tabla 11 se observa los resultados de los pesos secos obtenidos a estufa. Existe diferencia significativa entre los tipos de fertilizantes respecto a las medias según la prueba de Tukey con un 95% de confianza, en lo relacionado al peso seco expresado en gramos. La aplicación del fertilizante de liberación controlada tuvo un mayor peso seco con diferencia a la urea, mostrando diferencia estadística.

**Tabla 11: Efecto del tipo de fertilizante sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Peso seco (g)
Urea + NBPT	5.44 <sup>a</sup>
Urea	4.61 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se aprecia que el fertilizante Urea + NBPT presentó el mayor peso seco (5.44 gramos) respecto a la urea sin inhibidor (4.61 gramos) (Figura 5). Esto posiblemente debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno, a lo largo del experimento debido a la inhibición de la ureasa (NBPT). Por lo tanto, la urea con inhibidor aportó nitrógeno a la planta de forma regular durante el período del experimento; la urea puede sufrir problemas de pérdidas por volatilización o de la cantidad que se nitrifica, parte puede perderse por denitrificación para las condiciones del trabajo. Se coincide con Aguilar (2009), quien obtuvo mayor materia

seca ( $18.5 \text{ t ms ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) en pasto forrajero aplicando  $3.78 \text{ L}$  de NBPT  $\text{t}^{-1}$  de urea, sin embargo, no encontró diferencia estadística.

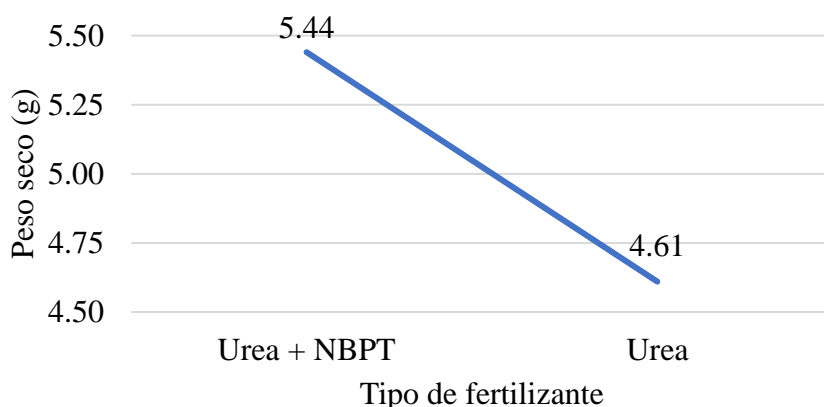


Figura 5. Peso seco foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

En relación al peso seco foliar obtenido por efecto de la dosis de fertilización nitrogenada. Los rendimientos en peso seco obtenidos a mayores dosis de nitrógeno fueron estadísticamente superiores a los de menor dosis (Tabla 12).

**Tabla 12: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Peso seco (g)
60	7.58 <sup>a</sup>
30	4.86 <sup>b</sup>
15	3.04 <sup>c</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se observa que la dosis 60 ppm presentó la mayor media (7.58 gramos) de peso seco foliar, la menor media se obtuvo con una dosis de 15 ppm (3.04 gramos) (Figura 6).

Gezgin y Bayrakll (1995) mencionan que la fertilización nitrogenada, puede afectar enormemente la producción de biomasa. En este caso posiblemente se deba a la mayor cantidad de nitrógeno disponible, absorbido y retenido por la planta. Mayores dosis de fertilizantes nitrogenados aportan mayores cantidades de nitrógeno al suelo.

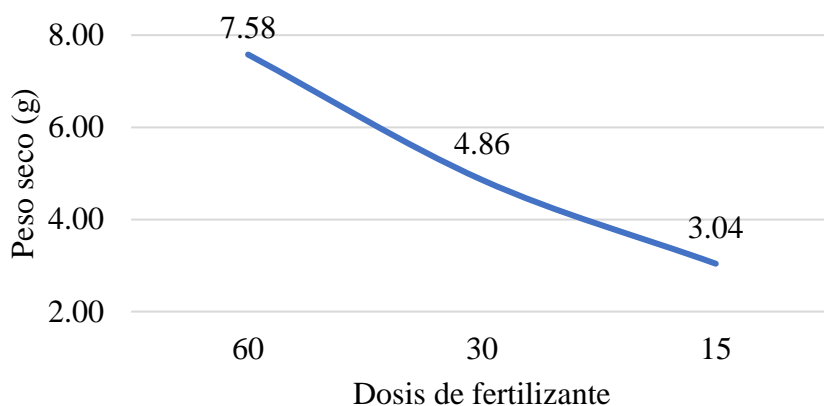


Figura 6. Peso seco foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada

Por otro lado, existen diferencias estadísticas entre los números de fraccionamientos de fertilización. Los rendimientos en base a peso seco fueron mayores estadísticamente para los tratamientos en los cuales se efectuaron las aplicaciones fraccionadas (Tabla 13).

**Tabla 13: Efecto del número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Fraccionamientos	Peso seco (g)
Con fraccionamiento	5.57 <sup>a</sup>
Sin fraccionamiento	4.41 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El número de fraccionamientos que obtuvo mayor peso seco foliar corresponde a dos fraccionamientos obteniendo 5.57 gramos, por otro lado, con un fraccionamiento se obtuvo 4.41 gramos de peso seco foliar. Posiblemente se deba a una menor pérdida de nitrógeno, debido a un mejor plan de fertilización, fraccionando los fertilizantes aportando cantidades necesarias dependiendo de la fenología del cultivo. Al aplicarse en forma fraccionada se mejora la eficiencia de la absorción de nitrógeno por la planta, al ser un elemento muy inestable en el suelo, se puede perder por volatilización, lixiviación, o ser mineralizado por los microorganismos.

En relación a la interacción entre los tipos de fertilizantes y las dosis de fertilización (A x B), según los efectos simples (Anexo 05), se encuentra diferencias significativas a nivel de tipos de fertilizantes a 30 y 60 ppm de nitrógeno. Cuando se aplican las dosis mayores (30 y 60 ppm) los tratamientos que recibieron la fuente de urea con inhibidor tuvieron un mayor rendimiento de materia seca comparado con los tratamientos sin inhibidor y se diferenciaron

estadísticamente (Tabla 14). No se encontró diferencia estadística entre las medias de los pesos secos foliares en la interacción de tipo de fertilizante a una dosis de 15 ppm.

**Tabla 14: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	3.07 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	8.51 <sup>a</sup>	5.44
Urea	3.01 <sup>a</sup>	4.52 <sup>b</sup>	6.64 <sup>b</sup>	4.61
$\bar{X}$ Dosis	3.04	4.86	7.58	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El mayor peso seco (8.51 gramos) se obtuvo entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm, por otro lado, el menor peso seco se obtuvo de la interacción de urea sin inhibidor con dosis 15 ppm (3.01 gramos) (Figura 7).

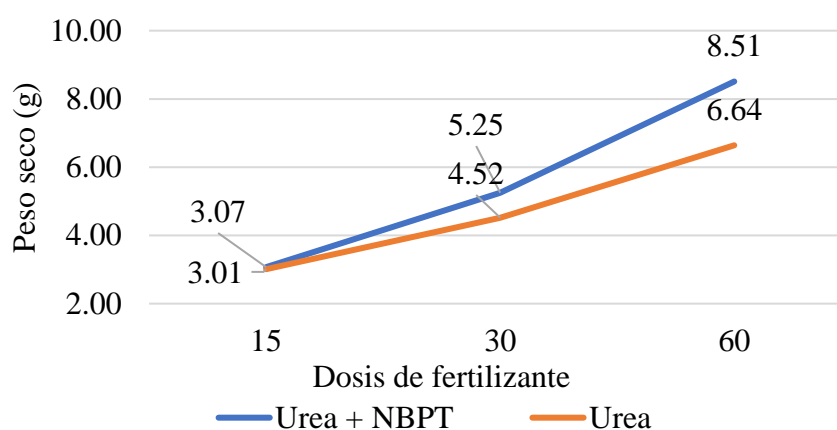


Figura 7. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.

Respecto a los efectos simples de la interacción del tipo de fertilizante, dosis de fertilización y fraccionamiento del fertilizante (Anexo 06). Se observa los resultados de los pesos secos resultado de la interacción del tipo de fertilizante, dosis de fertilización y número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada (Tabla 15).

**Tabla 15: Efecto de la interacción del tipo de fertilización, dosis de fertilización y número de fracciones de fertilización nitrogenada sobre el peso seco foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo	Fraccionamientos						$\bar{X}$ Tipo
	Sin fraccionamiento			Con fraccionamiento			
	Dosis (ppm)						
	15	30	60	15	30	60	
Urea	2.22	3.79	6.77	3.81	5.25	6.56	4.61
Urea + NBPT	2.82	4.86	7.98	3.32	5.64	8.87	5.44
$\bar{X}$ Fracción		4.41			5.57		
$\bar{X}$ Dosis	3.04	4.86	7.58				

La interacción entre la urea con inhibidor, dosis de 60 ppm y dos fraccionamientos obtuvo el mayor peso seco (8.87 gramos), por otro lado, el menor valor de peso seco foliar la obtuvo la interacción de urea sin inhibidor, 15 ppm aplicado en una fracción. Estos resultados se pueden explicar por el efecto del nitrógeno en la producción de la parte vegetativa, al estar más disponible para la planta por mayor tiempo, por la mejora de la eficiencia del nitrógeno realizando fertilizaciones fraccionadas, utilizando mayores dosis y el uso de inhibidores, disminuyendo las pérdidas del nitrógeno por volatilización, lixiviación o mineralización.

## 4.2 NITRÓGENO TOTAL

Según el análisis de varianza para la variable nitrógeno total (Anexo 07), se observa que resultaron significativas las diferencias de medias a nivel de factores individuales (tipos de fertilizante, dosis de fertilización y fraccionamiento de fertilización) así como en las interacciones de tipos de fertilizantes x dosis de fertilización (A x B) y dosis de fertilización x fraccionamiento (B x C).

En la Tabla 16 se observa los resultados del nitrógeno total (gramos) obtenidos por el método Kjeldahl. Existe diferencia significativa entre los tipos de fertilizantes respecto a las medias según la prueba de Tukey con un 95% de confianza, en lo relacionado al nitrógeno total expresado en gramos. La cantidad de nitrógeno total extraído por planta fue estadísticamente superior con urea + NBPT a lo extraído solo por los tratamientos con urea (Figura 8).



**Tabla 16: Efecto del tipo de fertilizante sobre el nitrógeno total en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Nitrógeno total (mg)
Urea + NBPT	240.00 <sup>a</sup>
Urea	194.71 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Esto posiblemente es debido a una mayor eficiencia del nitrógeno disponible en el suelo al ser liberado en forma lenta durante el experimento por efecto del inhibidor. Karlons, Osvalde, Cekstere y Pormale (2018) determinaron que el arándano *Vaccinium corymbosum* L. posee un porcentaje de nitrógeno total de  $1.64 \pm 0.064$  % de peso seco en condiciones silvestres, es decir sin fertilización o manejo agronómico. Por otro lado, los porcentajes de nitrógeno en la materia seca del ensayo fueron, 4.1278 y 4.1361 % para urea y urea + NBPT respectivamente; esto debido a la fertilización nitrogenada realizada.

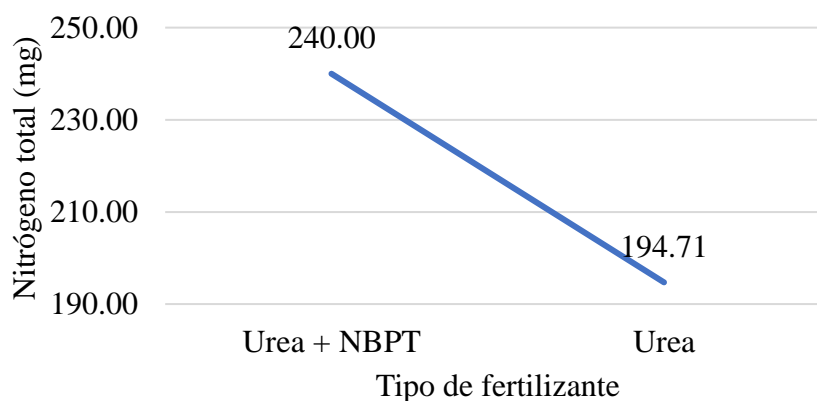


Figura 8. Nitrógeno total en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, existe diferencia significativa entre la cantidad de nitrógeno total en las hojas, por efecto de la dosis de fertilización nitrogenada (Tabla 17). Se observa que la dosis 60 ppm presentó la mayor media (374.00 mg) de nitrógeno total foliar, la menor media se obtuvo con una dosis de 15 ppm (113.33 mg) (Figura 9), posiblemente debido a una mayor disponibilidad del nitrógeno en el suelo.

**Tabla 17: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre nitrógeno total en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Nitrógeno total (mg)
60	374.00 <sup>a</sup>
30	190.83 <sup>b</sup>
15	113.33 <sup>c</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Chang, K., Wu, Chang, G. y Hsieh (2012), obtuvieron una concentración de nitrógeno total por kilogramo de anturio, las dosis utilizadas de nitrógeno fueron 79, 105, 158 y 210 mg L<sup>-1</sup>, logrando concentraciones de 12.5, 16.2, 20.3 y 24.1 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Preciado, Baca, Tirado, Kohashi, Tijerina y Martínez (2002), obtuvo concentraciones crecientes de nitrógeno (mg planta<sup>-1</sup>) con fertilizaciones crecientes de nitrógeno (12, 14 y 16 mol m<sup>-3</sup>) logrando 9.90, 10.04 y 11.62 mg planta<sup>-1</sup>.

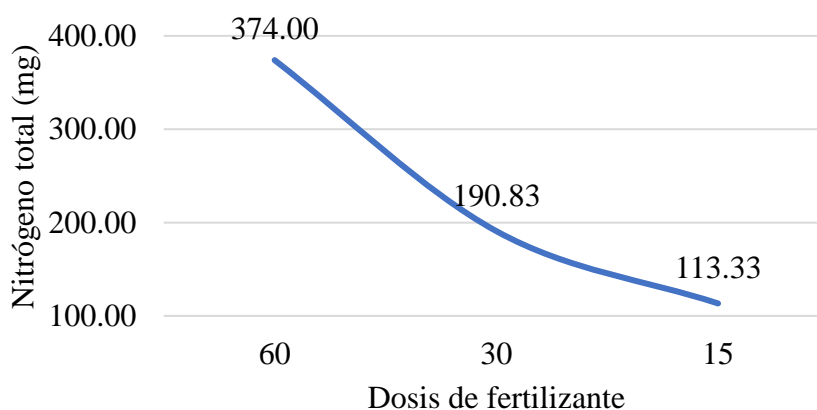


Figura 9. Nitrógeno total en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada

Existen diferencias estadísticas entre los números de fraccionamientos de fertilización mostrados en la Tabla 18. Posiblemente porque al aplicarse de forma fraccionada se mejora la eficiencia de absorción de nitrógeno por la planta, al ser un elemento muy inestable en el suelo, reduciendo sus pérdidas por volatilización, lixiviación, o ser mineralizado por los microorganismos. El número de fraccionamientos que obtuvo mayor contenido de nitrógeno total en hojas corresponde a dos fraccionamientos obteniendo 235.56 mg, por otro lado, con un fraccionamiento se obtuvo 196.88 mg de nitrógeno total foliar.

**Tabla 18: Efecto del número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada sobre el nitrógeno total en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Fraccionamientos	Nitrógeno total (mg)
Con fraccionamiento	235.56 <sup>a</sup>
Sin fraccionamiento	196.88 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Respecto a la interacción entre los tipos de fertilizantes y las dosis de fertilización (A x B), según los efectos simples (Anexo 11), se encuentra diferencias significativas a nivel de tipos de fertilizantes a 30 y 60 ppm de nitrógeno. Cuando se aplican las dosis mayores (30 y 60 ppm) los tratamientos que recibieron la urea con inhibidor tuvieron un mayor resultado de nitrógeno total foliar comparado con los tratamientos sin inhibidor y se diferenciaron estadísticamente (Tabla 19). No se encontró diferencia estadística entre las medias de nitrógeno total foliar en la interacción de tipo de fertilizante a una dosis de 15 ppm.

**Tabla 19: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el nitrógeno total en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	111.67 <sup>a</sup>	208.33 <sup>a</sup>	432.00 <sup>a</sup>	240.00
Urea	115.00 <sup>a</sup>	173.33 <sup>b</sup>	316.00 <sup>b</sup>	194.71
$\bar{X}$ Dosis	113.33	190.83	374.00	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Cuando se aplican las dosis mayores (30 y 60 ppm) los tratamientos que recibieron la fuente de urea con inhibidor tuvieron un mayor promedio de nitrógeno total comparado con los tratamientos sin inhibidor. Debido a que una liberación más lenta y mayor disponibilidad mejoran la eficiencia de la absorción de nitrógeno al reducir las pérdidas. Los mayores pesos de nitrógeno total foliar (412.96 y 335.04 mg) se obtuvieron entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm y la interacción entre la urea sin inhibidor con una dosis de 60 ppm respectivamente (Figura 10).

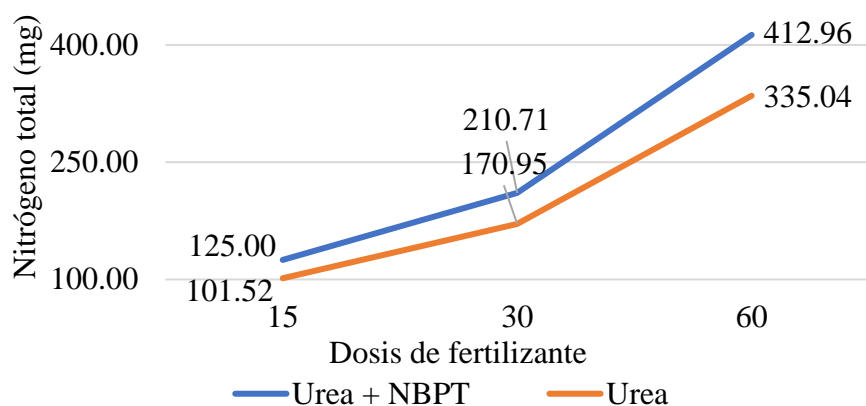


Figura 10. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el nitrógeno total en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.

Por otro lado, la interacción entre las dosis de fertilización y los fraccionamientos (B x C), según los efectos simples (Anexo 11), se encontraron diferencias significativas entre los fraccionamientos y las dosis 15 y 30 ppm (Tabla 20) (Figura 11).

**Tabla 20: Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el nitrógeno total foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Fraccionamientos	Dosis de fertilización (ppm)			$\bar{X}$ Fracción
	15	30	60	
Con Fraccionamiento	130.00 <sup>a</sup>	208.33 <sup>a</sup>	368.33 <sup>a</sup>	235.55
Sin Fraccionamiento	96.67 <sup>b</sup>	173.33 <sup>b</sup>	382.50 <sup>a</sup>	217.50
$\bar{X}$ Dosis	113.34	190.83	375.42	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

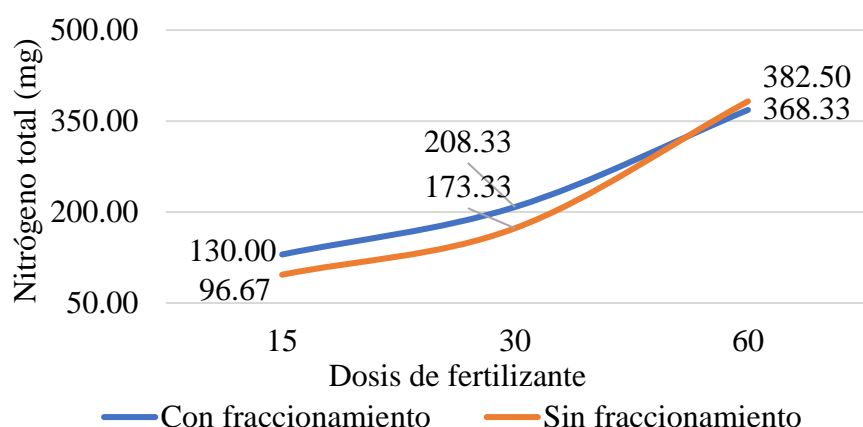


Figura 11. Nitrógeno total en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada.

### 4.3 NITRATOS

A partir del análisis de varianza para la variable nitratos (Anexo 12), se observa que resultaron significativas las interacciones entre los tipos de fertilizante x dosis de fertilización (A x B) y dosis de fertilización x fraccionamiento (B x C). Solo se encontraron diferencias significativas a nivel del factor dosis de fertilización.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, existe diferencia significativa entre los nitratos foliares obtenidos por efecto de la dosis de fertilización nitrogenada (Tabla 21). En este caso, posiblemente se deba a la mayor cantidad de nitrógeno disponible, absorbido y retenido por la planta. Mayores dosis de fertilizantes nitrogenados aportan mayores cantidades de nitrógeno al suelo.

**Tabla 21: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el nitrato en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Nitrato (mg)
60	8.61 <sup>a</sup>
30	4.44 <sup>b</sup>
15	2.83 <sup>c</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se observa que la dosis 60 ppm presentó la mayor media (8.61 mg) de peso de nitratos en hojas, la menor media se obtuvo con una dosis de 15 ppm (2.83 mg) (Figura 12). Karlons *et al.* (2018), observaron que las concentraciones de nitratos aumentan a medida que la fertilización nitrogenada incrementa (0, 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup>) en su investigación de dos años en el cultivo de arándano en diferentes modos de riego (microaspersión, fraccionado, fertirriego, y fertilización semanal).

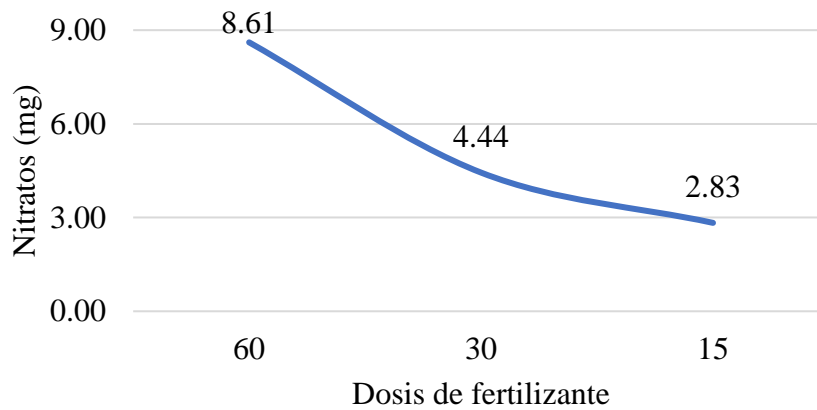


Figura 12. Nitratos en hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada.

La interacción entre los tipos de fertilizantes y las dosis de fertilización (A x B) (Anexo 16), se encuentra diferencias significativas a nivel de tipos de fertilizantes a 60 ppm de nitrógeno. Cuando se aplican las dosis mayores (30 y 60 ppm) los tratamientos que recibieron la urea con inhibidor tuvieron un mayor resultado de nitrato foliar comparado con los tratamientos sin inhibidor y se diferenciaron estadísticamente (Tabla 22). No se encontró diferencia estadística entre las medias de nitrato foliar en la interacción de tipo de fertilizante a una dosis de 15 y 30 ppm.

**Tabla 22: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el nitrato en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	2.85 <sup>a</sup>	4.05 <sup>a</sup>	9.66 <sup>a</sup>	5.52
Urea	2.80 <sup>a</sup>	4.83 <sup>a</sup>	7.56 <sup>b</sup>	5.06
$\bar{X}$ Dosis	2.83	4.44	8.61	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Los mayores pesos de nitrato foliar (9.66 y 7.56 mg) se obtuvieron entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm y la interacción entre la urea sin inhibidor con una dosis de 60 ppm respectivamente (Figura 13).

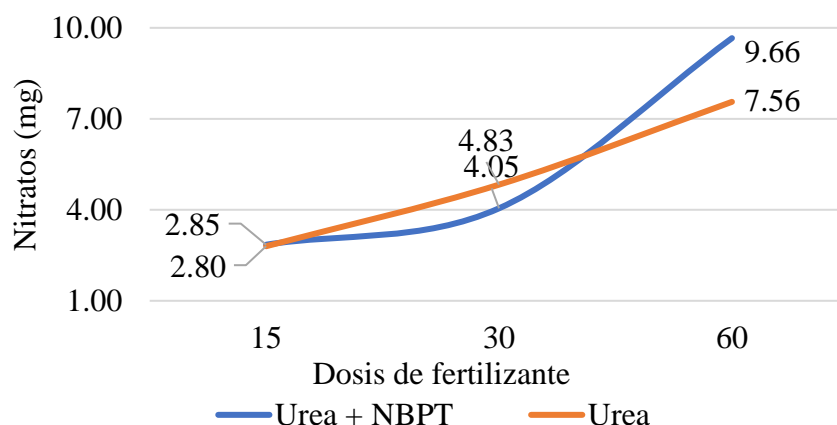


Figura 13. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre los nitratos en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.

Por otro lado, la interacción entre las dosis de fertilización y los fraccionamientos (B x C), según los efectos simples (Anexo 16), se encontraron diferencias significativas entre los fraccionamientos y la dosis 60 ppm (Figura 14).

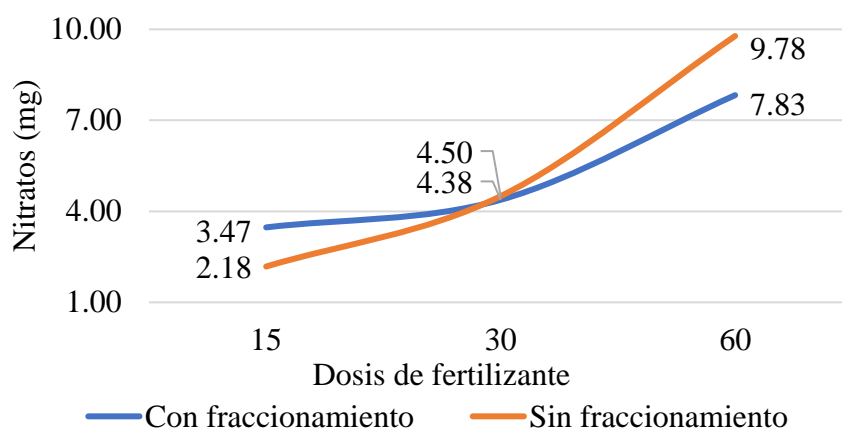


Figura 14. Nitratos en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada

Según la Tabla 23, el mayor promedio de peso de nitratos en hojas se obtuvo de la interacción de la dosis 60 ppm y sin fraccionamientos (9.78 mg). Por otro lado, con una dosis de 15 ppm aplicado en una sola fracción, obtuvo el menor valor (2.18 mg). Esto posiblemente se deba a la mejor efectividad en la disponibilidad del nitrógeno al ser liberada por más tiempo por efecto del inhibidor y al ser aplicada en dos oportunidades diferentes, estos dos factores ayudan a atenuar las pérdidas por volatilización, lixiviación y/o mineralización por microorganismos.

**Tabla 23: Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre los nitratos foliares de *Vaccinium corymbosum* L.**

Fraccionamientos	Dosis de fertilización (ppm)			$\bar{X}$ Fracción
	15	30	60	
Con Fraccionamiento	3.47 <sup>a</sup>	4.38 <sup>a</sup>	7.83 <sup>b</sup>	5.23
Sin Fraccionamiento	2.18 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	9.78 <sup>a</sup>	5.49
$\bar{X}$ Dosis	2.83	4.44	8.61	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

#### 4.4 FÓSFORO

En el Anexo 17 se indica que los niveles de fósforo foliar resultaron tener diferencia significativa cuando se varían los niveles de los factores tipos de fertilizantes y dosis de fertilización, además, se observa que existe interacción entre los factores tipos de fertilizante x fraccionamiento (A x C) y la interacción de todos los factores empleados en el experimento (A x B x C).

En la Tabla 24, se observa los resultados de la concentración de fósforo. Existe diferencia significativa entre los tipos de fertilizantes respecto a las medias según la prueba de Tukey con un 95% de confianza, en lo relacionado al peso de fósforo foliar expresado en miligramos.

**Tabla 24: Efecto del tipo de fertilizante sobre el fósforo en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Fósforo (mg)
Urea + NBPT	17.06 <sup>a</sup>
Urea	13.88 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se aprecia que el fertilizante Urea + NBPT presentó el mayor peso de fósforo foliar (17.06 mg) respecto a la urea sin inhibidor (13.88 mg) (Figura 15). Karlons *et al.* (2018), determinaron que el arándano *Vaccinium corymbosum* L. posee un porcentaje de fósforo de  $0.13 \pm 0.005$  % de peso seco en condiciones silvestres, es decir sin fertilización o manejo agronómico. Por otro lado, los porcentajes fósforo en la materia seca del ensayo fueron,



0.3550 y 0.3461 % para urea y urea + NBPT respectivamente; posiblemente debido a la fertilización fosforada realizada en el ensayo.

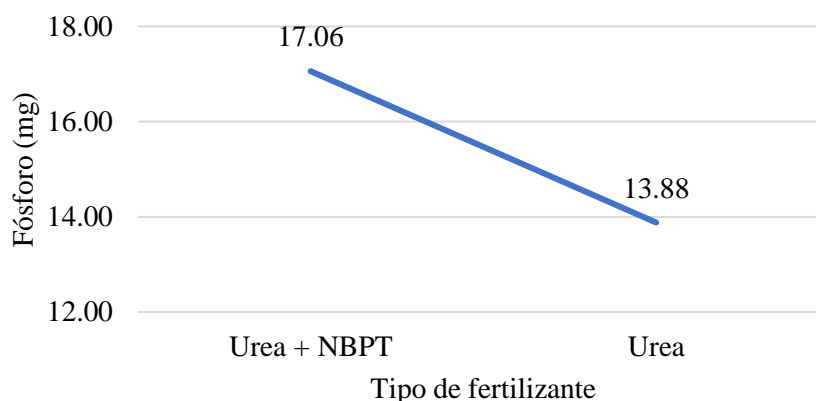


Figura 15. Fósforo foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, existe diferencia significativa entre las cantidades de fósforo foliar obtenidos por efecto de la dosis de fertilización nitrogenada (Tabla 25). Se observa que la dosis 60 ppm presentó la mayor media (17.80 mg) de fósforo foliar, la menor media se obtuvo con una dosis de 15 ppm (13.25 mg).

**Tabla 25: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el fósforo en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Fósforo (mg)
60	17.80 <sup>a</sup>
30	15.75 <sup>ab</sup>
15	13.25 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

La interacción entre los tipos de fertilizantes y los fraccionamientos (A x C) (Anexo 21), solo se encuentra diferencias significativas a nivel de tipos de fertilizantes con fraccionamiento de fertilización. No se encontró diferencia estadística entre las medias de fósforo foliar en la interacción de tipo de fertilizante y sin fracción.

**Tabla 26: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y el número de fracciones de fertilización sobre el fósforo foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Sin Fraccionamiento	Con Fraccionamiento	$\bar{X}$ Tipo
Urea + NBPT	15.13 <sup>a</sup>	18.78 <sup>a</sup>	16.96
Urea	14.25 <sup>a</sup>	13.56 <sup>b</sup>	13.91
$\bar{X}$ Fracción	14.69	16.17	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Respecto a los efectos simples de la interacción del tipo de fertilizante, dosis de fertilización y fraccionamiento del fertilizante (Anexo 22). Se observa las concentraciones de fósforo foliar resultado de la interacción del tipo de fertilizante, dosis de fertilización y número de fraccionamientos de fertilización nitrogenada (Tabla 27).

**Tabla 27: Efecto de la interacción del tipo de fertilización, dosis de fertilización y número de fracciones de fertilización nitrogenada sobre el fósforo foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo	Fraccionamientos						$\bar{X}$ Tipo
	Sin fraccionamiento			Con fraccionamiento			
	Dosis (ppm)						
	15	30	60	15	30	60	
Urea	15.33	13.33	14.00	9.00	14.00	17.67	13.89
Urea + NBPT	10.00	14.67	23.50	18.67	21.00	16.67	17.42
$\bar{X}$ Fracción		15.14			16.17		
$\bar{X}$ Dosis	13.25	15.75	17.96				

La interacción entre la urea con inhibidor (NBTP), dosis de 30 ppm y dos fraccionamientos obtuvo la mayor concentración de fósforo foliar (21.00 mg), por otro lado, el menor valor de fósforo foliar la obtuvo la interacción de urea sin inhibidor, 15 ppm aplicado en dos fracciones.

#### 4.5 POTASIO

Según el análisis de varianza para la variable potasio foliar (Anexo 23), se observa que resultaron significativas las diferencias de medias a nivel de solo un factor individual (tipos de fertilizante), además, en las interacciones de tipos de fertilizantes x dosis de fertilización (A x B) y dosis de fertilización x fraccionamiento (B x C).

En la Tabla 28 se observa los resultados de las concentraciones de potasio foliar obtenidos. Existe diferencia significativa entre los tipos de fertilizantes respecto a las medias según la prueba de Tukey con un 95% de confianza, en lo relacionado al peso de potasio expresado en miligramos. La aplicación del fertilizante de liberación controlada tuvo un mayor peso seco con diferencia a la urea, mostrando diferencia estadística.

**Tabla 28: Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Potasio (mg)
Urea + NBPT	30.94 <sup>a</sup>
Urea	24.29 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se aprecia que el fertilizante Urea + NBPT presentó el mayor peso de potasio foliar (30.94 mg) respecto a la urea sin inhibidor (24.29 mg) (Figura 16).

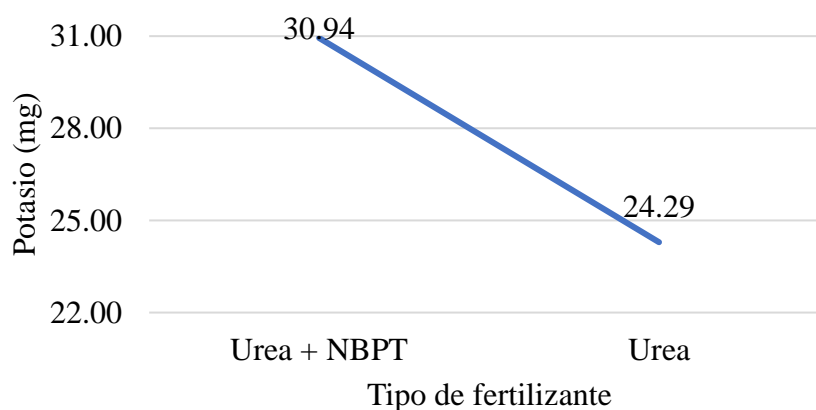


Figura 16. Potasio foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

Karlons *et al.* (2018) determinaron que el arándano *Vaccinium corymbosum* L. posee un porcentaje de potasio de  $0.43 \pm 0.041$  % de peso seco en condiciones silvestres, es decir sin fertilización o manejo agronómico. Por otro lado, los porcentajes potasio en la materia seca del ensayo fueron, 0.5917 y 0.6539 % para urea y urea + NBPT respectivamente; esto posiblemente debido a la fertilización realizada.

La interacción entre los tipos de fertilizante nitrogenado y las dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 27), indican que a una dosis de 30 ppm no se muestra diferencia

significativa, sin embargo, si se encontró diferencia cuando las dosis fueron 15 y 60 ppm (Tabla 29).

**Tabla 29: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el potasio en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	29.80 <sup>a</sup>	28.00 <sup>a</sup>	35.60 <sup>a</sup>	31.13
Urea	22.00 <sup>b</sup>	26.83 <sup>a</sup>	24.00 <sup>b</sup>	24.28
$\bar{X}$ Dosis	25.90	27.42	29.80	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El mayor peso de potasio foliar (35.60 mg) se obtuvo entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm, por otro lado, el menor peso se obtuvo de la interacción de urea sin inhibidor con dosis 15 ppm (22.00 mg) (Figura 17).}

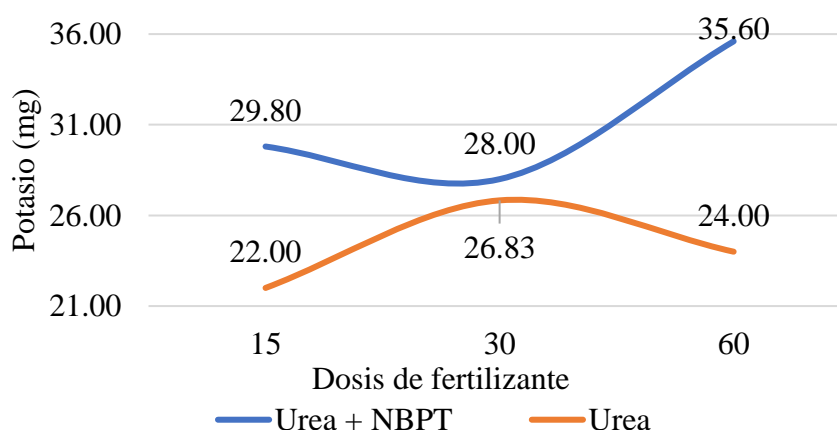


Figura 17. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.

Respecto a la interacción entre las dosis de fertilización y los fraccionamientos (Anexo 27), se encuentra diferencia estadística cuando las dosis de fertilización son 15 ppm, por otro lado, no es significativo si se incrementa las concentraciones de fertilización nitrogenada (ppm).

**Tabla 30: Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Fraccionamientos	Dosis de fertilización (ppm)			$\bar{X}$ Fracción
	15	30	60	
Con Fraccionamiento	29.60 <sup>a</sup>	27.50 <sup>a</sup>	29.33 <sup>a</sup>	28.81
Sin Fraccionamiento	22.17 <sup>b</sup>	27.33 <sup>a</sup>	30.50 <sup>a</sup>	26.67
$\bar{X}$ Dosis	25.89	27.42	29.92	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El mayor promedio de peso de potasio foliar se obtuvo de la interacción de una dosis de 60 ppm y sin fraccionamientos (30.50 mg). Por otro lado, con una dosis de 15 ppm aplicado sin fraccionar, se obtuvo el menor valor (22.17 mg) (Figura 18).

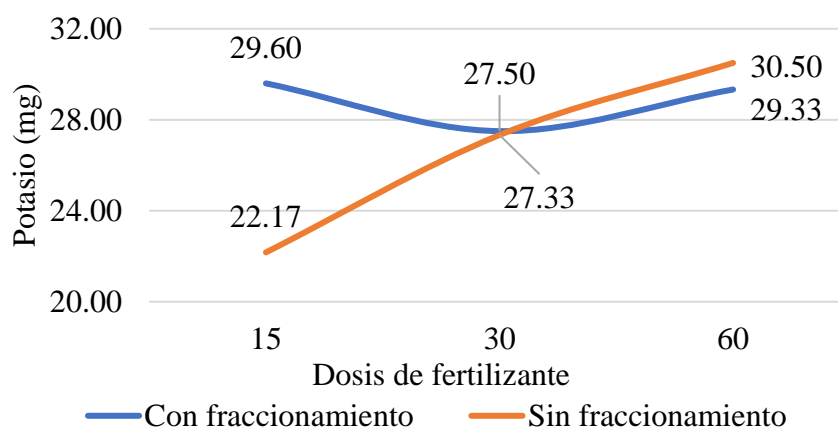


Figura 18. Efecto de la interacción de la dosis de fertilización y el fraccionamiento de la fertilización sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.

#### 4.6 MAGNESIO

A partir del análisis de varianza para la variable magnesio foliar (Anexo 28), se observa que resultó significativa la interacción de tipos de fertilizantes x dosis de fertilización (A x B) y se encontraron diferencias significativas a nivel de los factores tipos de fertilizante y dosis de fertilización.

En la Tabla 31 se observa los resultados de los pesos me magnesio foliar. Existe diferencia significativa entre los tipos de fertilizantes respecto a las medias según la prueba de Tukey con un 95% de confianza, en lo relacionado al peso de magnesio foliar expresado en miligramos.

**Tabla 31: Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Magnesio (mg)
Urea + NBPT	10.88 <sup>a</sup>
Urea	8.88 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se aprecia que el fertilizante Urea + NBPT presentó el mayor peso de magnesio foliar (10.88 mg) respecto a la urea sin inhibidor (8.88 mg) (Figura 19).

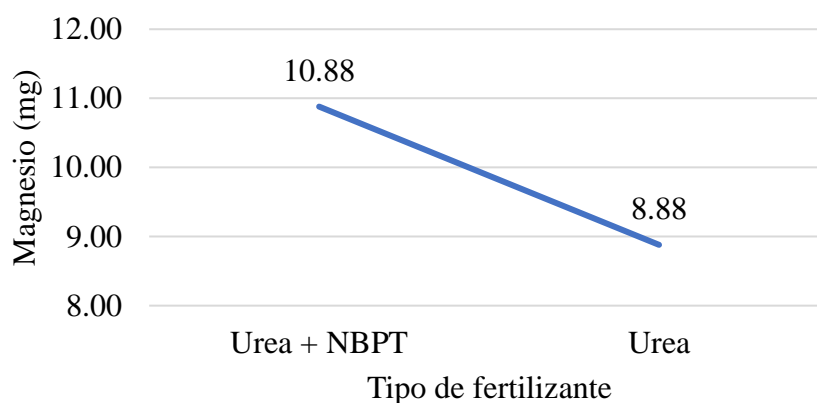


Figura 19. Magnesio foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

Karlons *et al.* (2018) determinó que el arándano *Vaccinium corymbosum* L. posee un porcentaje de magnesio foliar de  $0.28 \pm 0.016$  % de peso seco en condiciones silvestres, es decir sin fertilización o manejo agronómico. los porcentajes magnesio foliar en la materia seca del ensayo fueron, 0.2133 y 0.2106 % para urea y urea + NBPT respectivamente; posiblemente al bajo contenido de este elemento en el sustrato (arena).

Respecto al factor dosis de fertilización, el magnesio foliar obtenido a 60 ppm fue estadísticamente superior a los demás niveles (12.70 mg), el menor valor se obtuvo con una dosis de fertilización nitrogenada de 15 ppm (7.25 mg) (Tabla 32) (Figura 20).

**Tabla 32: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Magnesio (mg)
60	12.70 <sup>a</sup>
30	10.17 <sup>b</sup>
15	7.25 <sup>c</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Chang *et al.* (2012), obtuvo concentraciones de magnesio por kilogramo de anturio, las dosis utilizadas de nitrógeno fueron 79, 105, 158 y 210 mg L<sup>-1</sup>, logrando concentraciones de 7.0, 6.2, 6.0 y 5.5 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Preciado *et al.* (2002), obtuvo concentraciones de magnesio (mg planta<sup>-1</sup>) con fertilizaciones crecientes de nitrógeno (12, 14 y 16 mol m<sup>-3</sup>) logrando 2.72, 1.98 y 2.10 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente.

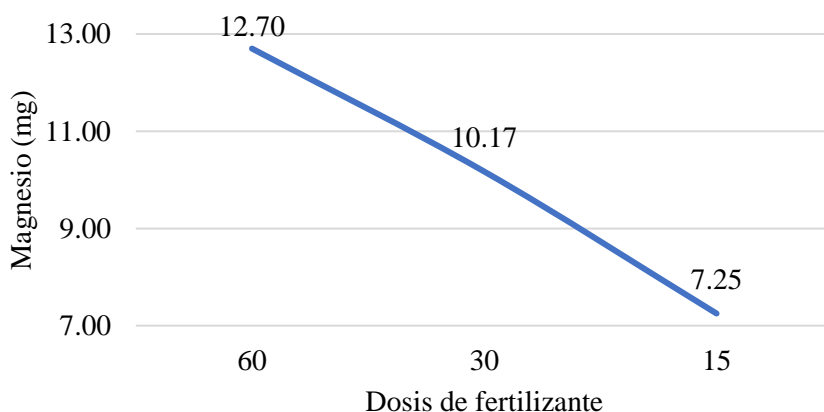


Figura 20. Magnesio en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada

En relación a la interacción entre los tipos de fertilizante y las dosis de fertilización nitrogenada (A x B), según el Anexo 32, se encuentra diferencia significativa cuando los niveles de dosis de fertilización son 30 y 60 ppm, no se encontró diferencia cuando la dosis fue 15 ppm (Tabla 33)

**Tabla 33: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el magnesio en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	7.00 <sup>a</sup>	11.17 <sup>a</sup>	15.20 <sup>a</sup>	10.88
Urea	7.50 <sup>a</sup>	9.17 <sup>b</sup>	10.20 <sup>b</sup>	8.88
$\bar{X}$ Dosis	7.25	10.17	12.70	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El mayor peso de magnesio foliar (35.60 mg) se obtuvo entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm, por otro lado, el menor peso se obtuvo de la interacción de urea sin inhibidor con dosis 15 ppm (22.00 mg) (Figura 21).

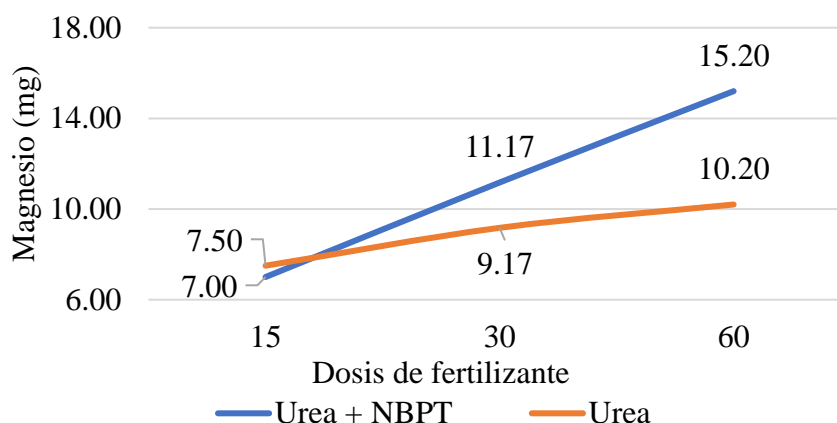


Figura 21. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.

#### 4.7 CALCIO

A partir del análisis de varianza para la variable calcio foliar (Anexo 33), se observa que resultó significativa la interacción de tipos de fertilizantes x dosis de fertilización (A x B) y se encontraron diferencias significativas a nivel de los factores tipos de fertilizante y dosis de fertilización.

Como se observa en la Tabla 34, los resultados de calcio foliar (mg), se diferencian significativamente según la prueba de comparación de medias de Tukey con un 95 % de nivel de confianza.

**Tabla 34: Efecto del tipo de fertilizante sobre el potasio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Calcio (mg)
Urea + NBPT	74.06 <sup>a</sup>
Urea	67.00 <sup>b</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Se aprecia que el fertilizante Urea + NBPT presentó el mayor peso de calcio foliar (74.06 mg) respecto a la urea sin inhibidor (67.00 mg) (Figura 22).



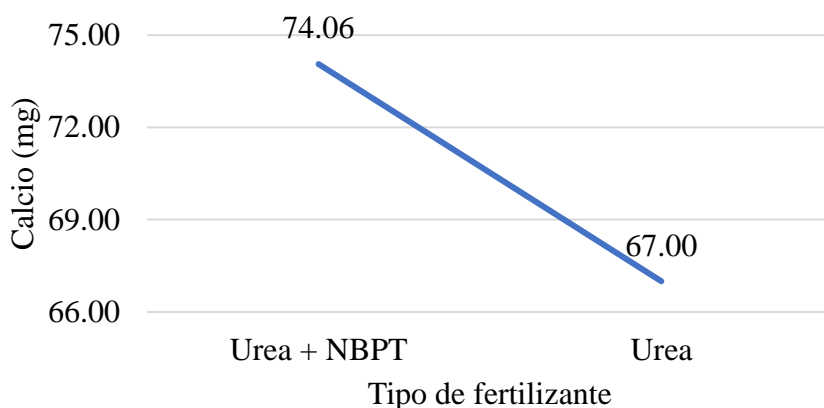


Figura 22. Calcio foliar en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando dos tipos de fertilizantes nitrogenados

Karlons *et al.* (2018) determinó que el arándano *Vaccinium corymbosum* L. posee un porcentaje de calcio foliar de  $0.74 \pm 0.049$  % de peso seco en condiciones silvestres, es decir sin fertilización o manejo agronómico. Por otro lado, los porcentajes calcio en la materia seca del ensayo fueron, 1.6394 y 1.3972 % para urea y urea + NBPT respectivamente; posiblemente debido a la cantidad de calcio presente en el sustrato (arena de río).

En relación al factor dosis de fertilización, el calcio foliar obtenido a 60 ppm fue estadísticamente superior a los demás niveles (97.90 mg), el menor valor se obtuvo con una dosis de fertilización nitrogenada de 15 ppm (46.67 mg) (Tabla 35) (Figura 23).

**Tabla 35: Efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el magnesio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.**

Dosis (ppm)	Calcio (mg)
60	97.90 <sup>a</sup>
30	71.58 <sup>b</sup>
15	46.67 <sup>c</sup>

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

Chang *et al.* (2012), obtuvo concentraciones de calcio por kilogramo de anturio, las dosis utilizadas de nitrógeno fueron 79, 105, 158 y 210 mg L<sup>-1</sup>, logrando concentraciones de 15.0, 16.9, 18.4 y 17.8 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Preciado *et al.* (2002), obtuvo concentraciones de calcio foliar (mg planta<sup>-1</sup>) con fertilizaciones crecientes de nitrógeno (12, 14 y 16 mol m<sup>-3</sup>) logrando 10.83, 7.89 y 8.20 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente.

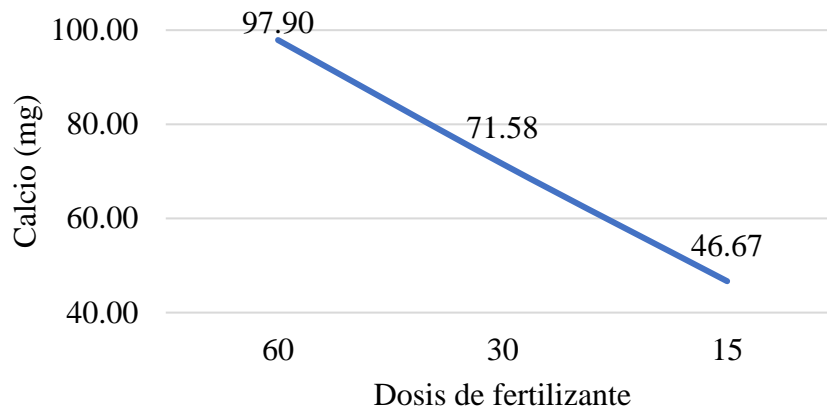


Figura 23. Calcio en las hojas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) empleando tres dosis de fertilización nitrogenada

En relación a la interacción entre los tipos de fertilizante y las dosis de fertilización nitrogenada (A x B), según el Anexo 37, se encuentra diferencia significativa cuando los niveles de dosis de fertilización son 60 ppm, no se encontró diferencia cuando la dosis fue 15 y 30 ppm (Tabla 36)

**Tabla 36: Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización sobre el calcio en hojas de *Vaccinium corymbosum* L.**

Tipo de fertilizante	Dosis de nitrógeno (ppm)			$\bar{X}$ Tipo
	15	30	60	
Urea + NBPT	42.17 <sup>a</sup>	70.33 <sup>a</sup>	116.80 <sup>a</sup>	74.06
Urea	51.17 <sup>a</sup>	72.83 <sup>a</sup>	79.00 <sup>b</sup>	67.00
$\bar{X}$ Dosis	46.67	71.58	97.9	

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 %

El mayor peso de calcio foliar (116.80 mg) se obtuvo entre la interacción de urea con inhibidor a una dosis de 60 ppm, por otro lado, el menor peso se obtuvo de la interacción de urea con inhibidor con dosis 15 ppm (42.17 mg) (Figura 24).

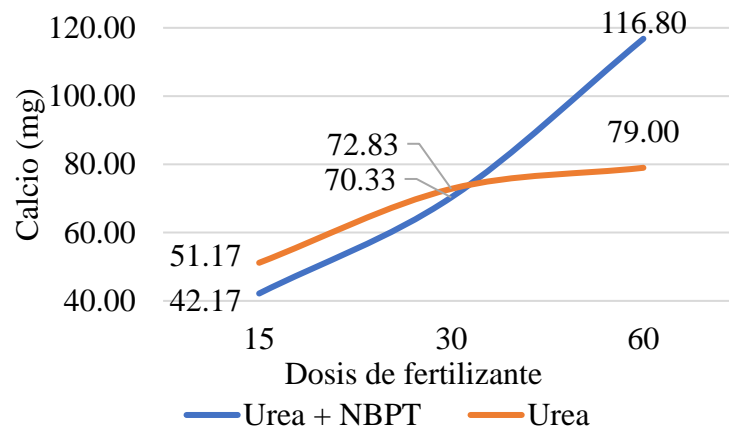


Figura 24. Efecto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado y la dosis de fertilización nitrogenada sobre el calcio foliar de *Vaccinium corymbosum* L.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se efectuó el presente trabajo experimental, de los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones.

- El empleo de la urea con un inhibidor permite una mayor eficiencia de su aplicación que la urea sola.
- La materia seca foliar del arándano cv. Biloxy responde bien a una mayor eficiencia de absorción del nitrógeno, con el uso de fertilizantes ureicos con o sin inhibidor, distintas dosis y número de fracciones de fertilización.
- La absorción de macro nutrientes (N, P, K, Mg y Ca) en arándano cv. Biloxy, se ve afectado significativamente por los fertilizantes nitrogenados con o sin inhibidores.
- La absorción de macronutrientes excepto el potasio en arándano cv. Biloxy, es afectado significativamente por las dosis de fertilización nitrogenada.
- Solo la absorción de los macronutrientes (N, P y K) son afectados por los números de fraccionamientos de fertilización nitrogenada, en arándano cv. Biloxy.
- La materia seca foliar y la concentración de fósforo foliar no es afectada por la interacción entre los tipos de fertilizante y las dosis de fertilización nitrogenada, en arándano cv. Biloxy.
- La interacción entre los tipos de fertilizantes y los números de fraccionamientos de fertilización nitrogenada afectan la concentración de fósforo foliar, en arándano cv. Biloxy.
- La materia seca foliar y la concentración de calcio foliar no es afectada por la interacción entre las dosis y los números de fraccionamientos de fertilización nitrogenada, en arándano cv. Biloxy.
- La interacción entre la urea + NBPT a dosis de 60 ppm en dos fraccionamientos, obtuvo el mayor contenido de nitrógeno total foliar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar los mismos tratamientos en diferentes cultivos, localizaciones y épocas.
- Evaluar mayores dosis de nitrógeno, y mayores fraccionamientos de la fertilización, para observar la respuesta del cultivo de arándano.
- Realizar mediciones de absorción de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abalos, D. (2014). *Fertilization management: Assessing new techniques and key interactions to increase crop yields with less N<sub>2</sub>O emissions*. Tesis para optar el grado de doctor. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid – España. 238 pp. Recuperado de [http://oa.upm.es/28958/1/DIEGO\\_ABALOS\\_RODRIGUEZ.pdf](http://oa.upm.es/28958/1/DIEGO_ABALOS_RODRIGUEZ.pdf)
- Aguilar, J. (2009). *Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización del amoníaco proveniente de la hidrólisis de urea en un sistema semiestático y en pastos*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/338/1/T2716.pdf>
- Angiosperm Phylogeny Group (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. En: *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1): 1-20
- Aparicio, P.; Arrese, C. y Becana, M. (2000). *Fijación biológica del nitrógeno*. En Azcon, J. y Talon, M. (2013). *Fundamentos de fisiología Vegetal*. Segunda edición. McGraw Hill Interamericana. 247 – 259 pp.
- Ayers, R. y Westcot, D. (1987). La calidad del agua en la agricultura. Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje. N°29. Ed. FAO Roma.
- Barrios, M.; Killorn, R. y García, J. (2010). Nitrificación del amonio a partir de un fertilizante de liberación controlada y urea convencional en dos suelos de Iowa, Estados Unidos. *Bioagro*. 22 (3): 193 – 200 pp. Recuperado de <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22%283%29/4.%20Nitrificaci%C3%B3n%20del%20amonio.pdf>

- Bronson, K.; Touchton, J.; Hauck, R. y Kelley, K. (1991). Nitrogen – 15 recovery in winter-wheat as affected by application timing and dicyandiamide. *Soil Science Society of America*. 55 (1): 130 – 135 pp. Disponible <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19910070596>
- Cabrera, M. (2007). Mineralización y nitrificación. Procesos claves en el ciclo del nitrógeno. *Informaciones agronómicas del Cono Sur*. 34 (1) : 1 – 9 pp. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/77FA8167A21708978525799500785679/\\$FILE/Cabrera-IA34.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/77FA8167A21708978525799500785679/$FILE/Cabrera-IA34.pdf)
- Cantarella, H.; Ocheuze, P.; Michelucci, T.; Ferreira, F.; Rossetto, R.; Marcelino, R.; Coimbra, R. y Quaggio, J. (2008). Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*. 65 (4): 397 – 401 pp. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162008000400011&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000400011&lng=en&tlng=en)
- Cárdenas, R.; Sánchez, J.; Farías, R. y Peña, J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10 (2): 173 – 178 pp. Recuperado de <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshX159.pdf>
- Carrera, J. (2012). *Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándano en Asturias*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. 60 pp. Recuperado de <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/pf-17-manual-practico-para-la-implantacion-de-arandanos-serida1.pdf>
- Chang, K.; Wu, R.; Chang, G. y Hsieh, R. (2012). Effects of Nitrogen Concentration on Growth and Nutrient Uptake of *Anthurium andraeanum* Lind. Cultivated in Coir under Different Seasonal Conditions. *Hortscience*. 47 (4): 515 - 521. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.4.515>
- Delgado, J. y Mosier, A. (1996). Mitigation to decrease nitrous oxides emissions and urea-nitrogen loss and their effect on methane flux. *Journal Environmental Quality*, 25 (5): 1105 – 1111 pp. <https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500050025x>
- Di, H. y Cameron, K. (2004). Effects of temperature and application rate of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), on nitrification rate and microbial biomass in a

- grazed pasture soil. *Australian Journal of Soil Research*, 42 (8): 927 – 932 pp.  
<https://doi.org/10.1071/SR04050>
- Escudero, A. y Mediavilla, S. (2003). Dinámica interna de los nutrientes. *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. 12 (1): 8 pp.  
 Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8955/1/ECO\\_12\(1\)\\_05.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8955/1/ECO_12(1)_05.pdf)
- Fageria, N.; Baligar, V. y Clark, R. (2006). *Physiology of crop production*, Primera edición. Haworth Press, Inc. 356 pp. <https://doi.org/10.1201/9781482277807>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). *Datos mundiales del cultivo de arándano*. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gallegos, C.; Olivares, E.; Vásquez, R. y Zavala, F. (2000). Absorción de nitrato y amonio por plantas de nopal en hidroponía. *Revista Terra*. 18 (2): 133 – 139 pp. Recuperado de <https://chapingo.mx/terra/contenido/18/2/art133-139.pdf>
- García, P.; Ruano, S.; Lucena, J. y Nogales, M. (2010). *Guía práctica de la Fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de medioambiente, rural y marino. Madrid – España. 120 pp. Recuperado de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01\\_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)\\_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)
- Gezgin, S. y Bayraklı, F. (1995). Ammonia volatilization from ammonium sulfate, ammonium nitrate and urea surface applied to winter wheat on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*. 18 (1): 2483 – 2494 pp.  
<https://doi.org/10.1080/01904169509365078>
- Gil, G. (2000). *Fruticultura: La producción de Fruta. Frutas de clima templado y subtropical y uva de vino*. Primera edición. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 590 pp.
- Gómez, J. (1990). *Programación y manejo del riego y abonado en frutales*. ITEA. 86 (3): 155 – 166 pp.



- Gómez, M. (2010). *La poda en la productividad de arándano (Vaccinium spp.) en Michoacán*. Tesis para optar el grado de magister. Universidad Autónoma Chapingo. 77 pp. Recuperada de <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2010120708126425.pdf>
- Gough, R. (1994). *The Highbush Blueberry and Its Management*. First Edition. Food Product Press, New York – EE.UU. 267 pp.
- Haynes, R. y Goh, K. (1978). Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biology Reviews*. 53 (1): 465 – 510 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1978.tb00862.x>
- Jhonson, R. y Uriu, K. (1989). *Mineral Nutrition. En Peach, plums and nectarine, growing and handling for fresh market*. University of California. 68 – 81 pp. Disponible en <https://ucanr.edu/sites/nm/files/76718.pdf>
- Kantrovich, J.; Klubek, B. y Varsa, E. (2004). Acidulation Effects of Nitrogen Fertilizer on the Ecology of Nitrifying Bacteria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 35 (3): 303 – 318 pp. <https://doi.org/10.1081/CSS-120029713>
- Karlsons, A.; Osvalde, A.; Cekstere, G. y Pormale, G. (2018). Research on the mineral composition of cultivated and wild blueberries and cranberries. *Agronomy Research*. 16 (2): 454 – 463 pp. <https://doi.org/10.15159/AR.18.039>
- Kruse, J.; Kissel, D. y Cabrera, M. (2004). Effects of drying and rewetting on C and N mineralization in soils and incorporated residues. *Nutrient Cycling in agroecosystems*. 69 (3): 247 – 256 pp. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000035197.57441.cd>
- Landels, S. (2010). *Enhanced-efficiency fertilizers: world market overview*. Miami – EE.UU. 20 pp. Disponible en [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2010\\_ifa\\_newag\\_Landels\\_slides.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_ifa_newag_Landels_slides.pdf)
- Lang, G. (1993). Southern highbush blueberries: physiological and cultural factors important for optimal cropping of these complex hybrids. *Acta Hort. (ISHS)* 46 (1): 72 – 80 pp. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL9403068>

- Lattanzi, F.; Schnyder, H. y Thornton, B. (2004). The sources of carbon and nitrogen supplying leaf growth. Assessment of the role of stores with compartmental models. *American Society of Plant Biologists*. 137 (1): 383 – 395 pp. <https://doi.org/10.1104/pp.104.051375>
- Liu, S.; Varsa, E.; Kapusta, G. y Mburu, D. (1984). Effect of etridiazol and nitrapyrin treated N fertilizers on soil mineral N status and wheat yields. *Agron journal*. 76 (1): 265 – 270 pp. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600020022x>
- Longo, R. y Melo, W. (2005). Hidrólise da uréia em latossolos: efecto da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. *Revista brasileira de ciência do solo*. 29 (4): 651 – 657 pp. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000400018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000400018)
- Lorén F. (2013). *Estudio de la fertirrigación nitrogenada con el inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetilpirazolfosfato (DMPP) en melocotonero 'Miraflores'*. Tesis para optar el grado de doctor. Universidad de Zaragoza. Zaragoza – España. 266 pp. Recuperada de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/94479/1/LorenJ\\_TD-EEAD\\_2014.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/94479/1/LorenJ_TD-EEAD_2014.pdf)
- Malcom, P.; Holford, P.; McGlasson, B. y Barchia, I. (2008). Leaf development, net assimilation and leaf nitrogen concentrations of five Prunus rootstocks in response to root temperature. *Scientia Horticulturae*, 115 (3): 285 – 291 pp. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.010>
- Maldonado, J.; Agüera, E. y Pérez, R. (2000). *Asimilación del nitrógeno y del azufre*. En Azcon, J. y Talon, M. (2013). *Fundamentos de fisiología Vegetal*. Segunda edición. McGraw Hill Interamericana.
- Marschner, G (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Segunda edición. Londres – Inglaterra. 120 pp.
- Maticorena, M. (2017). *Cinco tipos de poda en arándano (Vaccinium corymbosum L. Biloxi) y su influencia en determinados parámetros productivos*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 97 pp. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3062/F01-M385-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MINAGRI. Ministerio Nacional de Agricultura y Riego del Perú. (2018). Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. *Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017 -2018*. Disponible en <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>
- Miller, A. y Cramer, M. (2004). Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and soil*. 247 (1): 1 – 36 pp. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0965-1>
- Moore, J. (1994). Cultivars, breeding, and culture of blueberries in North America. *Acta Hort.* (ISHS). 11 – 16 pp.
- Mosier, A.; Duxbury, J.; Freney, J.; Heinemeyer, O. y Minami, K. (1996). Nitrous oxide emissions from agricultural fields: Assessment, measurement and mitigation. *Plant and soil*, 181 (1): 95 – 108 pp. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00011296>
- Navarro, R.; Maldonado, R. y Ariza, D. (2004). Chlorophyll fluorescence in five procedences *Pinus halepensis* Mill to quantify response to water stress. *Cuadernos Sociedad Española Ciencias Forestales*, 17 (1): 69 – 74 pp. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2979507>
- Nolasco, J.; Outeiriño, A.; Monzó, J.; Gonzáles, A. y López, J. (2005). *Fertilización en Hortalizas de hoja: aplicación de fertilizantes de liberación controlada en el cultivo de lechuga en la región de Murcia*. *Horticultura*. 32 – 38 pp. Recuperada de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_2005\\_188\\_32\\_40.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_2005_188_32_40.pdf)
- Parés, J. (2010). *Optimización en el uso del agua y del abonado nitrogenado en plantaciones de manzano (*Malus x domestica* Borkh) cultivadas en zonas vulnerables del Valle Medio del Ebro: Influencia sobre la fisiología del crecimiento vegetativo, reproductivo y la calidad de fruto*. Tesis para optar el grado de doctor. Zaragoza – España. 357 pp. Recuperada de [https://digital.csic.es/bitstream/10261/39801/1/ParesJ\\_TD-2010.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/39801/1/ParesJ_TD-2010.pdf)
- Peil, R. y Galvez, J. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de frutos cultivadas en invernaderos. *Revista brasileira agrociencia*, 11 (1): 5 – 11 pp. Disponible en <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1171/966>

- Preciado, P.; Baca, G.; Tirado, J.; Kohashi, J.; Tijerina, L. y Martínez, A. (2002). Nitrogen and Potassium in the Production of Muskmelon Seedlings. *Revista Terra*. 20 (3): 267 – 276 pp. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320305.pdf>
- Rebolledo, C. (2013). *Establecimiento del arándano*. En Undurraga, P. y Vargas, S. *Manual de Arándano* (2013). Centro Regional de Investigación Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. 120 pp. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>
- Retamales, J. y Hancock, J. (2012). *Blueberries*. Centre for Agricultural Bioscience International. 323 pp.
- Sainz, H.; Echevarria, H.; Studdert, G. y Andrade, F. (1997). Nitrogen transformations in a soil under no-till corn as affected by urease inhibitor and time of fertilizer application. *Ciencia del suelo*. 15 (1): 6 – 11 pp. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.916950x>
- SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). *Datos Históricos de la estación Alexander Von Humboldt*. Revisado el 14 de marzo de 2019 de <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- Singh, J.; Sagggar, S.; Bolan, N. y Zaman, M. (2008). The role of inhibitors in the bioavailability and mitigation of nitrogen losses in grassland ecosystems. *Developments in Soil Science*. 32 (1): 329 – 362 pp. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(07\)32015-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(07)32015-1)
- Sudzuki, F. (2002). *Cultivo de frutales menores*. Editorial Universitaria. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago – Chile. 184 pp. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145134>
- Thompson, M. y Troeh, F. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Cuarta edición. Editorial Reverte. Barcelona – España. 650 pp.
- Tisdale, S.; Nelson, W. y Beaton, J. (1993). *Soil Fertility and Fertilizers*. Quinta edición. Editorial McMillan Publishing Company. 555 pp.
- Trehane, J. (2004). *Blueberries, Cranberries and other Vacciniums*. Timber Press. Portland y Cambridge. 256 pp.

- Trenkel, M. (2010). Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. Segunda edición. *International Fertilizer Industry Association*. 163 pp. Recuperado de [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2010\\_Trenkel\\_slow%20release%20book.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf)
- Vlek, P. y Carter, M. (1983). The effect of soil environment and fertilizer modification on the rate of urea hydrolysis. *Soil Science*, 136 (1): 56 – 63 pp. <https://doi.org/10.1097/00010694-198307000-00008>
- Williamson, J.; Phillips, D.; Lyrene, P. y Munoz, P. (2014). *Southern Highbush Blueberry Cultivars from the University of Florida*. Institute of Food and Agricultural Sciences – Extension Service, University of Florida. 10 pp. Recuperada de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS124500.pdf>
- Zerulla, W.; Barth, T.; Dressel, J. y Erhardt, K. (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soils*, 34 (2): 79 – 84. 79 – 84 pp. <https://doi.org/10.1007/s003740100380>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de varianza y análisis de los supuestos para el peso seco foliar

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	5.78	5.78	***
Dosis de N (D)	2	112.73	56.37	***
Fraccionamiento (F)	1	6.35	6.35	***
NxD	2	4.51	2.25	***
NxF	1	0.21	0.21	n.s.
DxF	2	0.94	0.47	n.s.
NxDxF	2	1.75	0.88	*
Error	22	4.81	0.22	

**Coefficiente de variabilidad**

9.30

**Prueba de normalidad de errores**

Shapiro-Wilk normality test  
p-value = 0.9602

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)  
p = 0.3825

### Anexo 2. Efecto de la fuente de nitrógeno en el peso seco foliar

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Peso seco (g/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	5.44 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	4.61 <sup>b</sup>

### Anexo 3. Efecto de la dosis de nitrógeno en el peso seco foliar

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Peso seco (g/maceta)</b>
15	3.04 <sup>c</sup>
30	4.86 <sup>b</sup>
60	7.58 <sup>a</sup>

**Anexo 4.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en el peso seco foliar

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Peso seco (g/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	4.41 <sup>b</sup>
Con fraccionamiento	5.57 <sup>a</sup>

**Anexo 5.** Análisis de efectos simples de la variable peso seco foliar

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	76.594	38.297	***
Dosis en FN sin Inhibidor	2	35.675	17.838	***
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	0.0091	0.0091	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 30	1	1.5914	1.5914	*
Fuente de Nitrógeno en 60	1	7.3850	7.3850	***
Error	22	4.8114	0.2187	

**Anexo 6.** Análisis de efectos simples simples de la variable peso seco foliar

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Fuentes de Nitrógeno (FN) en niveles de Dosis y Fraccionamiento				
FN en 15 - Con Fraccionamiento	1	0.3601	0.3601	n.s.
FN en 15 - Sin Fraccionamiento	1	0.5400	0.5400	n.s.
FN en 30 - Con Fraccionamiento	1	0.2243	0.2243	n.s.
FN en 30 - Sin Fraccionamiento	1	1.7173	1.7173	n.s.
FN en 60 - Con Fraccionamiento	1	7.9580	7.9580	***
FN en 60 - Sin Fraccionamiento	1	1.4520	1.4520	n.s.
Fraccionamiento (Fr) en los niveles de Fuentes de Nitrógeno y Dosis				
Fr en 15 – Con Inhibidor	1	0.3750	0.3750	n.s.
Fr en 30 – Con Inhibidor	1	0.8971	0.8971	n.s.
Fr en 60 – Con Inhibidor	1	0.9541	0.9541	n.s.
Fr en 15 – Sin Inhibidor	1	3.7921	3.7921	**
Fr en 30 – Sin Inhibidor	1	3.1828	3.1828	**
Fr en 60 – Sin Inhibidor	1	0.0513	0.0513	n.s.
Dosis (D) en los niveles de Fraccionamiento y Fuentes de Nitrógeno				
D con Fraccionamiento y con Inhibidor	2	46.618	23.309	***
D sin Fraccionamiento y con Inhibidor	2	31.931	15.966	***
D con Fraccionamiento y sin Inhibidor	2	11.407	5.704	***
D sin Fraccionamiento y sin Inhibidor	2	24.992	12.496	***
Error	22	4.811	0.217	

**Anexo 7.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de nitrógeno

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	17438	17438	***
Dosis de N (D)	2	383663	191832	***
Fraccionamiento (F)	1	3481	3481	**
NxD	2	19910	9955	***
NxF	1	1	1	n.s.
DxF	2	4009	2004	**
NxDxF	2	1109	554	n.s.
Error	22	5850	266	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	7.50
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.2313
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.2813

**Anexo 8.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de nitrógeno

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de Nitrógeno (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	240.00 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	194.71 <sup>b</sup>

**Anexo 9.** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de nitrógeno

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Nitrógeno (mg/maceta)</b>
15	113.33 <sup>c</sup>
30	190.83 <sup>b</sup>
60	374.00 <sup>a</sup>

**Anexo 10.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de nitrógeno

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Nitrógeno (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	196.88 <sup>b</sup>
Con fraccionamiento	235.56 <sup>a</sup>



**Anexo 11.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de nitrógeno

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	281071	140536	**
Dosis en FN sin Inhibidor	2	115208	57604	**
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	33.3	33.3	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 30	1	3675	3675	**
Fuente de Nitrógeno en 60	1	30375	30375	***
Fraccionamiento en Dosis (ppm)				
Fraccionamiento en 15	1	3333.3	3333.3	**
Fraccionamiento en 30	1	3675.0	3675.0	**
Fraccionamiento en 60	1	481.7	481.7	n.s.
Fuente de fósforo en Encalante				
Dosis en N con Fraccionamiento	2	177078	88539	**
Dosis en N sin Fraccionamiento	2	201402	100701	**
Error	22	5850.0	265.91	

**Anexo 12.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de nitratos

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	1.09	1.09	n.s.
Dosis de N (D)	2	190.51	95.25	***
Fraccionamiento (F)	1	0.16	0.16	n.s.
NxD	2	11.78	5.89	***
NxF	1	0.80	0.80	n.s.
DxF	2	13.87	6.93	**
NxDxF	2	3.57	1.78	n.s.
Error	22	20.48	0.93	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	18.93
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.4614
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.9296

**Anexo 13.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de nitratos

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de Nitratos (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	5.28 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	4.92 <sup>a</sup>

**Anexo 14.** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de nitratos

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Nitratos (mg/maceta)</b>
15	2.83 <sup>c</sup>
30	4.44 <sup>b</sup>
60	8.61 <sup>a</sup>

**Anexo 15.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de nitratos

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Nitratos (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	4.95 <sup>a</sup>
Con fraccionamiento	5.23 <sup>a</sup>

**Anexo 16.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de nitratos

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	144.024	72.012	**
Dosis en FN sin Inhibidor	2	66.124	33.062	**
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	0.0075	0.0075	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 30	1	1.8408	1.8408	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 60	1	10.1682	10.1682	**
Fraccionamiento en Dosis (ppm)				
Fraccionamiento en 15	1	4.9408	4.9408	n.s.
Fraccionamiento en 30	1	0.0408	0.0408	n.s.
Fraccionamiento en 60	1	9.0482	9.0482	**
Dosis en Fraccionamiento				
Dosis en N con Fraccionamiento	2	63.621	31.8105	**
Dosis en N sin Fraccionamiento	2	140.264	70.132	**
Error	22	20.4850	265.91	

**Anexo 17.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de fósforo

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	85.76	85.76	**
Dosis de N (D)	2	114.37	57.19	**
Fraccionamiento (F)	1	12.39	12.39	n.s.
NxD	2	6.00	3.00	n.s.
NxF	1	40.30	40.30	*
DxF	2	34.46	17.23	n.s.
NxDxF	2	218.68	109.34	***
Error	22	136.50	6.20	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	16.10
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.5629
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.44356

**Anexo 18.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de fósforo

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de Fósforo (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	17.06 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	13.88 <sup>b</sup>

**Anexo 19.** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de fósforo

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Fósforo (mg/maceta)</b>
15	13.25 <sup>b</sup>
30	15.75 <sup>ab</sup>
60	17.80 <sup>a</sup>

**Anexo 20.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de fósforo

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Fósforo (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	14.69 <sup>a</sup>
Con fraccionamiento	16.17 <sup>a</sup>

**Anexo 21.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de fósforo

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Fuentes de Nitrógeno (FN) en Fraccionamiento				
FN con Fraccionamiento	1	122.722	122.722	***
FN sin Fraccionamiento	1	12.964	12.964	n.s.
Fraccionamiento en Fuentes de Nitrógeno				
Fraccionamiento con N-Con Inhibidor	1	30.782	30.782	n.s.
Fraccionamiento con N-Sin Inhibidor	1	1.846	1.846	n.s.
Error	22	136.500	6.205	

**Anexo 22.** Análisis de efectos simples simples de la variable extracción de fósforo

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples simples				
Fuentes de Nitrógeno (FN) en niveles de Dosis y Fraccionamiento				
FN en 15 - Con Fraccionamiento	1	140.167	140.167	***
FN en 15 - Sin Fraccionamiento	1	42.667	42.667	*
FN en 30 - Con Fraccionamiento	1	73.500	73.500	**
FN en 30 - Sin Fraccionamiento	1	2.667	2.667	n.s.
FN en 60 - Con Fraccionamiento	1	1.500	1.500	n.s.
FN en 60 - Sin Fraccionamiento	1	90.250	90.250	**
Fraccionamiento (Fr) en los niveles de Fuentes de Nitrógeno y Dosis				
Fr en 15 – Con Inhibidor	1	112.667	112.667	**
Fr en 30 – Con Inhibidor	1	60.167	60.167	*
Fr en 60 – Con Inhibidor	1	56.033	56.033	*
Fr en 15 – Sin Inhibidor	1	60.167	60.167	*
Fr en 30 – Sin Inhibidor	1	0.667	0.667	n.s.
Fr en 60 – Sin Inhibidor	1	16.133	16.133	n.s.
Dosis (D) en los niveles de Fraccionamiento y Fuentes de Nitrógeno				
D con Fraccionamiento y con Inhibidor	2	28.222	14.111	n.s.
D sin Fraccionamiento y con Inhibidor	2	219.708	109.854	*
D con Fraccionamiento y sin Inhibidor	2	113.556	56.778	**
D sin Fraccionamiento y sin Inhibidor	2	6.167	3.084	n.s.
Error	22	136.500	6.205	

**Anexo 23.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de potasio

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	363.8	363.8	***
Dosis de N (D)	2	82.7	41.3	n.s.
Fraccionamiento (F)	1	48.1	48.1	n.s.
NxD	2	156.8	78.4	*
NxF	1	0.6	0.6	n.s.
DxF	2	138.8	69.4	*
NxDxF	2	82.6	41.3	n.s.
Error	21	299.0	14.2	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	13.71
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.6966
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.9067

**Anexo 24.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de potasio

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de potasio (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	30.94 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	24.29 <sup>b</sup>

**Anexo 25.** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de potasio

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Potasio (mg/maceta)</b>
15	25.55 <sup>b</sup>
30	27.42 <sup>ab</sup>
60	29.80 <sup>a</sup>

**Anexo 26.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de potasio

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Potasio (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	26.19 <sup>a</sup>
Con fraccionamiento	28.76 <sup>a</sup>

**Anexo 27.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de potasio

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	147.397	73.699	*
Dosis en FN sin Inhibidor	2	70.083	35.042	n.s.
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	208.074	208.074	**
Fuente de Nitrógeno en 30	1	4.083	4.083	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 60	1	290.400	290.400	***
Fraccionamiento en Dosis (ppm)				
Fraccionamiento en 15	1	192.667	192.667	**
Fraccionamiento en 30	1	0.083	0.083	n.s.
Fraccionamiento en 60	1	3.267	3.267	n.s.
Dosis en Fraccionamiento				
Dosis en N con Fraccionamiento	2	27.44	13.72	n.s.
Dosis en N sin Fraccionamiento	2	179.27	89.635	*
Error	21	299.00	14.238	

**Anexo 28.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de magnesio

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	34.00	34.00	***
Dosis de N (D)	2	163.51	81.76	***
Fraccionamiento (F)	1	4.73	4.73	n.s.
NxD	2	41.25	20.62	***
NxF	1	3.60	3.60	n.s.
DxF	2	9.71	4.85	n.s.
NxDxF	2	1.57	0.78	n.s.
Error	22	35.17	1.60	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	12.79
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.68
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.961

**Anexo 29.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de magnesio

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de magnesio (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	10.88 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	8.88 <sup>b</sup>

**Anexo 30.** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de magnesio

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Magnesio (mg/maceta)</b>
15	7.25 <sup>c</sup>
30	10.17 <sup>b</sup>
60	12.70 <sup>a</sup>

**Anexo 31.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de magnesio

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Magnesio (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	9.31 <sup>a</sup>
Con fraccionamiento	10.39 <sup>a</sup>

**Anexo 32.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de magnesio

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	178.964	89.482	***
Dosis en FN sin Inhibidor	2	23.214	11.607	**
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	0.750	0.750	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 30	1	12.000	12.000	*
Fuente de Nitrógeno en 60	1	54.150	54.150	***
Error	22	35.167	1.599	

**Anexo 33.** Análisis de varianza y análisis de los supuestos para la extracción de calcio

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Fuente de nitrógeno (N)	1	424	424	*
Dosis de N (D)	2	14338	7169	***
Fraccionamiento (F)	1	232	232	n.s.
NxD	2	3410	1705	***
NxF	1	31	31	n.s.
DxF	2	41	20	n.s.
NxDxF	2	24	12	n.s.
Error	22	1236	56	

<b>Coefficiente de variabilidad</b>	10.63
<b>Prueba de normalidad de errores</b>	Shapiro-Wilk normality test p-value = 0.4276
<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>	Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median) p = 0.5965

**Anexo 34.** Efecto de la fuente de nitrógeno en la extracción de calcio

<b>Fuente de nitrógeno</b>	<b>Extracción de Calcio (mg/maceta)</b>
Fuente con inhibidor	74.06 <sup>a</sup>
Fuente sin inhibidor	67.00 <sup>b</sup>

**Anexo 35:** Efecto de la dosis de nitrógeno en la extracción de calcio

<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Extracción de Calcio (mg/maceta)</b>
15	46.67 <sup>c</sup>
30	71.58 <sup>b</sup>
60	97.90 <sup>a</sup>

**Anexo 36.** Efecto del fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno en la extracción de calcio

<b>Fraccionamiento</b>	<b>Extracción de Calcio (mg/maceta)</b>
Sin fraccionamiento	66.06 <sup>a</sup>
Con fraccionamiento	74.50 <sup>a</sup>

**Anexo 37.** Análisis de efectos simples de la variable extracción de calcio

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	
Efectos simples				
Dosis en Fuentes de Nitrógeno				
Dosis en FN con Inhibidor	2	14826.0	7413.00	***
Dosis en FN sin Inhibidor	2	2379.9	1189.95	***
Fuentes de Nitrógeno en Dosis (ppm)				
Fuente de Nitrógeno en 15	1	243.0	243.0	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 30	1	18.8	18.8	n.s.
Fuente de Nitrógeno en 60	1	3405.1	3405.1	***
Error	22	1236.0	1.599	