

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**“FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL  
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE AJÍ ESCABECHE (*Capsicum baccatum*  
*var. pendulum*) EN EL VALLE DE CAÑETE”**

**Presentada por:**

**ALEX BERTIHIN PAMPA VILLAVERDE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE  
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**“FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL  
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE AJÍ ESCABECHE (*Capsicum  
baccatum var. pendulum*) EN EL VALLE DE CAÑETE”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**ALEX BERTIHIN PAMPA VILLAVERDE**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**Mg.Sc. Braulio La Torre Martínez  
PRESIDENTE**

**M.S. Andrés Casas Díaz  
PATROCINADOR**

**Dr. Oscar Loli Figueroa  
MIEMBRO**

**Mg.Sc. Gilberto Rodríguez Soto  
MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*Primeramente, gracias a Dios por ser una persona de bien y haberme dado salud para lograr mis objetivos y poder culminar el presente trabajo.*

### ***A mi familia***

*Especialmente a mi esposa y mi familia, por su entusiasmo y su motivación constante para poder culminar este trabajo.*

*Lo dedico especialmente a mi hijo Diego, la razón de mi vida, ejemplo para que él también tenga logros y metas en su formación académica.*

### ***A mis padres***

*A mis padres Berthin y Victoria, por ser ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y sobre todo por los valores impartido en mi formación.*

*A todos Uds. gracias*

# **AGRADECIMIENTO**

## **A mis profesores**

A todos mis profesores de maestría, por haber impartido su conocimiento y sobre todo su experiencia impartida a lo largo de la vida profesional.

A mi patrocinador, Ing. M.S. Andrés Casas Díaz, Jefe del Departamento de Horticultura, por toda la paciencia y el apoyo brindado todo este tiempo, por estar en todo momento guiándome con sus conocimientos para concluir el presente trabajo.

A los miembros del Jurado, Ing. Mg.Sc. Gilberto Rodríguez Soto, Ing. Mg.Sc. Braulio La Torre Martínez y Dr. Oscar Loli Figueroa, por su aporte e ideas para culminar el presente trabajo.

## **Al Instituto Regional de Cañete – Don German**

Un agradecimiento al instituto, especialmente a los Ingenieros Emerson Castro y Fernando Cahuana, por el apoyo brindado en campo de la investigación

A todas aquellas personas que se involucraron en este trabajo, mis más sinceros agradecimientos

Al Laboratorio de Horticultura, especialmente al Sr. Carlos Flores, por todas la facilidades de laboratorio.

## **A mis amigos**

A todos mis amigos de maestría que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional.

Al Ing. Mg.Sc. Vicente Rojas, por su orientación y tiempo, para poder culminar la presente investigación.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM, Escuela de Posgrado EPG y en especial a la Facultad de Agronomía por permitirme ser parte de una generación de triunfadores.

# ÍNDICE GENERAL

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. CULTIVO DEL AJI ESCABECHE	3
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONOMICA	4
2.3. CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL AJÍ ESCABECHE	4
2.4. NUTRICIÓN MINERAL	5
2.5. FERTILIZACIÓN MINERAL	6
2.6. FERTILIZACIÓN NITROGENADA	6
2.6.1. Nitrógeno	7
a) Nitrógeno en la planta	7
b) Nitrógeno en el suelo	9
c) Fraccionamiento de las aplicaciones de Nitrógeno	9
d) Otros nutrientes	10
2.7. FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LIBERACION LENTA	10
2.7.1. Clasificación	11
a) Abonos recubiertos	11
b) Abonos de baja solubilidad	13
c) Abonos con inhibidores de la nitrificación	14
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA	18
3.2. CARACTERISTICAS DEL SUELO Y AGUA	18
3.3. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL VEGETAL	20
3.4. OTROS MATERIALES	20
3.4.1. De campo	20
3.4.2. De laboratorio	21
3.5. MANEJO DEL CULTIVO	21
3.6. METODOLOGIA	21
3.6.1. Factor en estudio	21
3.6.2. Diseño experimental	22

3.6.3. En laboratorio	23
3.7. PARÁMETROS EVALUADOS	24
3.7.1. Altura de planta	24
3.7.2. Número de frutos por planta	24
3.7.3. Rendimiento de fruto fresco por hectárea	24
3.7.4. Calidad de Fruto	24
a) Longitud y diámetro de fruto	24
b) Peso promedio de fruto fresco	24
c) Clasificación comercial de la producción	25
3.7.5. Determinación de la Materia Seca: Raíz, hoja, tallo, fruto y total	25
3.7.6. Determinación de la Cantidad de Nitrógeno	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. ALTURA DE PLANTA	26
4.2. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA	28
4.3. RENDIMIENTO DE FRUTO	29
4.4. PRODUCCION POR COSECHA	30
4.5. CALIDAD DE FRUTO	31
4.5.1. Longitud y Diámetro de Fruto	31
4.5.2. Peso de Fruto	33
4.5.3. Clasificación Comercial de la Producción	33
4.6. EXTRACCION DE NITROGENO	37
4.7. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA: RAÍZ, HOJA, TALLO, FRUTO Y TOTAL	39
4.8. PORCENTAJE DE MATERIA SECA	41
4.9. CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FOLIAR	42
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
VIII. ANEXOS	53

## ÍNDICE DE CUADROS

		Pág
CUADRO 1:	Taxonómica de <i>Capsicum baccatum</i> .	4
CUADRO 2:	Análisis de suelo realizado en el campo experimental.	19
CUADRO 3:	Análisis de agua.	19
CUADRO 4:	Fuentes nitrogenadas evaluadas.	21
CUADRO 5:	Plan de Fertilización empleado en el campo experimental.	22
CUADRO 6:	Altura de planta en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	27
CUADRO 7:	Número de frutos por planta en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	28
CUADRO 8:	Rendimiento (t/ha) de fruto en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	30
CUADRO 9:	Longitud y diámetro del fruto (cm) en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	33
CUADRO 10:	Peso promedio (g) del fruto en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	34
CUADRO 11:	Calidad de frutos (%) en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	35
CUADRO 12:	Extracción de nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche ( <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	38
CUADRO 13:	Producción de materia seca (g/planta) en diferentes órganos en plantas en ají escabeche ( <i>C. baccatum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	40
CUADRO 14:	Porcentaje (%) de materia seca en órganos en plantas de ají escabeche ( <i>C. baccatum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.	42
CUADRO 15:	Concentración de nitrógeno foliar (%) en ají escabeche ( <i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i> ) empleando fuentes nitrogenadas.	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1: Mapa del valle de Cañete.	18
FIGURA 2: Altura de planta (cm) empleando fuentes nitrogenados en <i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	26
FIGURA 3: Número de frutos por planta empleando cinco fuentes nitrogenados en <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	28
FIGURA 4: Rendimiento de fruto obtenido empleando cinco fuentes nitrogenados en <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	29
FIGURA 5: Producción de fruto en cada fecha de cosecha realizada en <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> empleando cinco fuentes nitrogenadas.	31
FIGURA 6: Longitud de fruto en ají escabeche ( <i>C.bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas.	32
FIGURA 7: Diámetro de fruto en ají escabeche ( <i>C. bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas.	32
FIGURA 8: Peso promedio del fruto en ají escabeche ( <i>C. bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenados.	33
FIGURA 9: Calidades de fruto obtenidas en ají escabeche ( <i>C. bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas.	35
FIGURA 10: Extracción de nitrógeno (kg/ha) en hojas, tallo, raíz, fruto de ají escabeche empleando fuentes nitrogenadas.	37
FIGURA 11: Producción de materia seca (g/planta) en hojas, tallo, raíz, fruto y total en ají escabeche ( <i>C. bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas.	40
FIGURA 12: Porcentaje (%) de materia seca en hojas, tallo, raíz, fruto y total en ají escabeche ( <i>C. bacatum</i> var <i>pendulum</i> ) empleando cinco fuentes nitrogenadas.	41
FIGURA 13: Concentración promedio de nitrógeno foliar en cada una de las fechas de muestreo en el cultivo ají escabeche empleando cinco fuente nitrogenadas.	44
FIGURA 14: Concentración promedio de nitrógeno foliar en cada una de las fechas de muetsreo en <i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i> en empleando fuentes nitrogenadas	44



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	ANALISIS DE VARIANCIAS	53
Anexo 1.1:	ANVA de la concentración de nitrógeno foliar.	53
Anexo 1.2:	ANVA de RENDIMIENTO.	53
Anexo 1.3:	ANVA de las variables Pesos Frescos.	53
Anexo 1.4:	ANVA de las variables de Calidad de Frutos.	54
Anexo 1.5:	ANVA de las variables % de Nitrógeno.	54
Anexo 1.6:	ANVA de las variables Pesos Secos.	54
ANEXO 2:	ANALISIS DE SUELO REALIZADO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL	55
ANEXO 3:	ANALISIS DE AGUA	56
ANEXO 4:	RENDIMIENTO DE FRUTO EN CADA FECHA DE COSECHA	57
ANEXO 5:	PORCENTAJE DE NITRÓGENO EN TODA LA PLANTA DEL CULTIVO	60

## RESUMEN

La investigación se realizó en el fundo Don Germán, Cañete, Lima. Los objetivos fueron: Determinar el efecto de cinco fertilizantes sintéticos nitrogenados en el crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto en el cultivo de ají escabeche. Comparar los efectos de las fuentes de fertilización nitrogenada con uso de tecnologías de liberación lenta frente a las fuentes de fertilización convencional. Las fuentes nitrogenadas evaluadas fueron: Con tecnología de liberación lenta Urea Full Top, Furia y Nitrato de Amonio Full Top y los convencionales Urea, Nitrato de Amonio (NA), y Testigo. Los tratamientos con NA Full Top y Furia mostraron las mayores alturas de planta y los mayores pesos secos de planta, así como los mayores porcentajes de nitrógeno foliar hasta antes de la formación de los frutos. Los tratamientos testigo y con aplicación de Urea mostraron las menores alturas y pesos secos. Los rendimientos de fruto de mayor a menor se dieron en el siguiente orden: Furia, NA Full Top, NA, Urea Full Top, Urea y Testigo. Los tratamientos aplicados con NA Full Top y Furia obtuvieron los mayores números de frutos y el menor número de frutos se observó en el tratamiento testigo. Los mayores porcentajes de calidad de fruto de primera, las mayores dimensiones de fruto y los mayores pesos promedio de fruto se registraron en los tratamientos NA Full Top y Furia. El tratamiento testigo mostró los valores más bajos en estas variables.

**Palabras claves:** Fertilización, Liberación lenta, Nitrógeno

## ABSTRACT

Research was carried out at Don German Farm, Cañete, Lima. Objectives were: to determine the effect of five nitrogen fertilizers on vegetative growth, yield and fruit quality in escabeche pepper, compare nitrogen fertilizer sources slow release technologies to conventional fertilizers. Nitrogen sources evaluated were: with slow release technology Full Top Urea, Furia and Full Top Ammonium Nitrate while the conventional fertilizer Urea, Ammonium Nitrate (AN), and Control. Treatments with Full Top AN and Furia showed the highest plant height and the highest accumulated plant dry weight, as well as the higher percentages of leaf nitrogen up to before the formation of the fruits. The control and Urea treatments showed the lowest height and dry weight. Fruit yields from highest to lowest were in the following order: Furia, Full Top AN, AN, Full Top Urea, Urea and Control. The treatments with Full Top AN and Furia obtained the highest number of fruits while the lowest number of fruits was observed in the control. The highest percentages of fruit #1 quality, the highest fruit size and the highest average fruit weights were observed in the Full Top AN and Furia treatments. Control treatment showed the lowest values in these variables.

**Keywords:** Fertilization, Slow release, Nitrogen.

## I. INTRODUCCION

El ají amarillo, denominado también ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) hoy en día es un cultivo con una creciente importancia en las exportaciones; por ser un producto empleado en las cocinas a nivel mundial. El ají escabeche resultó un insumo básico para la gastronomía en el país y en el mundo; utilizándose en la elaboración de múltiples potajes en las diferentes regiones. Se utiliza para consumo fresco, seco (deshidratado) o en pasta (procesado), para exportación se le conoce como chile peruano. Se cultiva en la costa, quebradas andinas hasta 1500 msnm y en la selva alta, está disponible en los mercados locales prácticamente todo el año.

El comportamiento del cultivo, en términos de resultados económicos, está íntimamente relacionado con la constitución general de la planta, es por ello que el balance de los niveles de nutrientes en los distintos tejidos en cada fase de desarrollo es un factor determinante para alcanzar las características deseables de producción tanto en cantidad como en calidad. En caso de desequilibrios entre los diferentes nutrientes, ocurrirá una reducción en el potencial productivo de la planta, pudiéndose deber estos desequilibrios tanto a problemas de deficiencias de nutrientes como a excesos de los mismos en el tejido interno de la planta.

El nitrógeno aportado por el abonado no se recupera en gran parte con la cosecha, debido principalmente a las pérdidas por filtración en el suelo, aunque también se producen pérdidas por volatilización y por fijación del amoníaco en el suelo. Una de las soluciones a dichas pérdidas radica en el aporte de menores cantidades de fertilizantes con mayor frecuencia, o bien en el empleo de abonos de liberación lenta. Estos últimos van aportando el nitrógeno al suelo progresivamente, de forma que las pérdidas (si bien no se eliminan totalmente) éstas se reducen en gran medida. Aún no se ha resuelto totalmente este problema, ya que probablemente el ritmo de liberación del nitrógeno asimilable no coincidiría con el de la demanda por la planta.

En la última década han tomado importancia las llamadas tecnologías de liberación controlada o lenta del fertilizante sintético aplicado, pudiendo definirse como la transferencia lenta, moderada o gradual, de un material activo (en este caso un fertilizante) desde un sustrato a otro medio, con el fin de conseguir sobre el mismo una acción determinada. Con la aplicación de esta tecnología se busca aumentar la eficiencia de la sustancia aplicada alargando su acción en el tiempo, evitando pérdidas de todo tipo (lixiviación, volatilización, etc.).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Determinar el efecto de cinco fertilizantes sintéticos nitrogenados en el crecimiento vegetativo, producción de fruto y calidad de fruto del cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum.*), bajo condiciones del valle de Cañete.
- Comparar los efectos de las fuentes de fertilización nitrogenada con uso de tecnologías de liberación lenta frente a las fuentes de fertilización convencional.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 CULTIVO DEL AJI ESCABECHE**

El género *Capsicum*, incluye unas 25 especies, y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, correspondiendo a las áreas de Bolivia y Perú, donde se han encontrado semillas de más de 7000 años, habiéndose diseminado luego a toda América y el mundo (Nicho, 2004). Asimismo, se agrega que existen especies de interés como son *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum pubescens* y *Capsicum baccatum*, cuyo producto es conocido como ají andino, siendo muy importante dentro de la gastronomía del Perú, utilizándose en varias preparaciones y en diferentes cantidades, graduando el picor y el color, de tal manera que es un saborizante y un colorante a la vez.

El *Capsicum baccatum* var. *pendulum* o ají escabeche, es endémica del Perú desde hace 8500 años AC., proveniente de la Cueva de Guitarrero en el departamento de Ancash (Berrin y Larco Herrera, 1997). Su periodo de producción es de aproximadamente 120 a 150 días, cultivándose de 0 a 1600 msnm, siendo ampliamente difundido en Sudamérica predominando su cultivo en las zonas adyacentes a los Andes (FAO, 2007). Según Nicho (2004), las zonas de producción están distribuidas a lo largo de la costa peruana desde Tacna hasta Tumbes, sembrándose actualmente cultivares criollos que se han adaptado a cada una de las zonas agroecológicas establecidas, presentando determinada característica de fruto en cada uno de esos lugares.

### **2.2 CLASIFICACION TAXONOMICA**

El sistema integrado de información taxonómica (ITIS, 2012) propone la siguiente jerarquía taxonómica.

**Cuadro 1: Taxonómica de *Capsicum baccatum*.**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i> L., 1753
Especie	<i>C. baccatum</i> L., 1767
Variedad	<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> (willd.) Eshbaugh.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL AJI ESCABECHE**

El Género *Capsicum*, tiene varios estados de desarrollo en su ciclo de crecimiento: plántula, planta joven recién trasplantada, planta en crecimiento vegetativo, floración, cuajado, desarrollo de fruto y maduración. Cada etapa es diferente con respecto a sus necesidades nutritivas y dependiendo de la variedad, las condiciones medioambientales y el manejo del cultivo. Se siembra a partir del mes de Julio-Agosto, los requerimientos de temperaturas en promedio son de 25°C para que el producto cosechado sea turgente y bien anaranjado, caso contrario se producen frutos deformados y de mala calidad (Nicho, 2004).

Se conoce que para su cultivo se recomiendan suelos livianos, de textura areno-arcillosos, un buen drenaje y moderado contenido de materia orgánica. En el caso de suelos arcillosos deben tener buen drenaje y estar bien preparados antes de la siembra para evitar acumulaciones de agua que favorecen la incidencia de enfermedades en la raíz. El pH puede oscilar entre 5,5 y 6,5 por ser un cultivo moderadamente tolerante a la acidez.

Según Nicho (2004), la costa del Perú posee condiciones climáticas para la producción de ají escabeche, por ello en la costa central como el valle de Chancay-Huaral, Supe, o Barranca, el ají escabeche se siembra desde julio a diciembre; asimismo, es importante que la cosecha en fresco de ají escabeche no coincida en los meses de mayor temperatura como son los meses de enero a marzo, o en ese caso se puede producir ají escabeche en seco; y al igual que otras especies del género *Capsicum sp*, el ají escabeche es moderadamente sensible a la salinidad.

## 2.4 NUTRICIÓN MINERAL

Navajas (2011) menciona que la nutrición vegetal se define como el conjunto de relaciones existentes entre determinados componentes químicos y la planta, incluyendo en este concepto todos los procesos relacionados: absorción, transporte, utilización y eliminación de nutrientes. Además, es un proceso extremadamente complejo mediante el cual las plantas obtienen una parte de los elementos necesarios para vivir. En él, suceden una gran cantidad de interacciones de tipo físico, químico, biológico y bioquímico. La adquisición de los elementos minerales por las raíces a partir de la solución del suelo, constituye el primer paso en la nutrición mineral de las plantas.

Se requieren varios factores para el crecimiento vegetal, como luz, CO<sub>2</sub>, agua y nutrientes minerales; asimismo, los elementos con funciones específicas y esenciales en el metabolismo de las plantas se clasifican según su concentración en la planta en dos grupos, los macronutrientes y los micronutrientes. Al incrementar el suministro de cualquiera de los factores del crecimiento vegetal desde su deficiencia se incrementa la tasa de crecimiento y rendimiento, aun cuando la respuesta disminuye como cuando se incrementa el suministro del factor de crecimiento; esta relación fue formulada matemáticamente para nutrientes minerales por Mitscherlich como una ley de los incrementos decrecientes del rendimiento (Marschner, 1995).

El rendimiento de la mayoría de los cultivos es específico del sitio y época del año y dependen del cultivar, prácticas de manejo y clima, etc., por esta razón, es crítico que se establezcan metas de rendimiento reales y que se apliquen nutrientes para lograr esta meta. La aplicación de cantidades menores o mayores a las necesarias resulta en una pobre eficiencia de uso de los nutrientes o en pérdidas en el rendimiento y calidad del cultivo (Stewart, 2007).

El contenido de nutrientes varía con la edad de la planta; al inicio del período vegetativo hay una alta concentración de nutrientes en los tejidos, luego tienden a declinar con el aumento del crecimiento hasta la madurez, a excepción de algunos iones como el Ca<sup>+2</sup> que se acumula en las hojas viejas. Asimismo, hay diferencia marcadas de acumulación de nutrientes entre los diferentes órganos de la planta (Demolon, 1966).



## **2.5 FERTILIZACIÓN MINERAL**

La fertilización en los cultivos sigue una dinámica de acuerdo a las condiciones del medio y a los requerimientos nutricionales del cultivo (Tisdale, 1991). Salazar – García (2002) indica que en la actualidad se usan fertilizantes ampliamente para suministrar los nutrimentos necesarios a la mayoría de los cultivos y que todavía existe mucha confusión respecto a que si la fertilización inorgánica, basada en fertilizantes producidos sintéticamente, es mejor que la orgánica; sin embargo, los nutrimentos siempre son absorbidos por las raíces de las plantas en las mismas formas iónicas, independientemente de si provienen de fuentes orgánicas o inorgánicas.

La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar su eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como el fósforo y el potasio, pueden verse a corto plazo, sin embargo, se prestan más para que su eficiencia y recuperación sean evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia del nitrógeno generalmente se evalúa en el corto plazo, o en un solo ciclo de crecimiento, debido a la naturaleza transitoria del nitrógeno inorgánico (potencial de volatilización, de nitrificación y lixiviación); sin embargo, cuando existe potencial para elevar las reservas de carbono en el suelo, es más apropiado evaluar la eficiencia de nitrógeno a largo plazo, debido a que lo que afecta el balance de carbono también afecta el balance de nitrógeno porque la relación C:N de la materia orgánica del suelo es relativamente constante (Stewart, 2007).

## **2.6 FERTILIZACION NITROGENADA**

La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar su eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como el fósforo y el potasio, pueden verse a corto plazo, sin embargo, se prestan más para que su eficiencia y recuperación sean evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia del nitrógeno generalmente se evalúa en el corto plazo, o en un solo ciclo de crecimiento, debido a la naturaleza transitoria del nitrógeno inorgánico (potencial de volatilización, denitrificación y lixiviación).

Marschner (1995) menciona que en especies cultivadas donde frutos, semillas, y tubérculos representan el rendimiento, los efectos del suministro de nutrientes minerales sobre las curvas rendimiento respuesta (al nutriente fertilizado) son frecuentemente un reflejo de limitación por demanda, sea por un deficiente o excesivo suministro de nutrientes minerales

durante ciertos periodos críticos del desarrollo vegetal, incluyendo la inducción de la floración, polinización, o iniciación de la tuberización. El autor anterior menciona además que estos efectos pueden ser directos (como en el caso de deficiencia por nutrientes) o indirectos (por ejemplo, alteración de los niveles de fotosintatos o fitohormonas); Gross (1981), señala que el nitrógeno es el factor que determina los rendimientos y es la base del abonamiento para los cultivos.

### **2.6.1 Nitrógeno**

#### **a) Nitrógeno en la planta**

Los componentes nitrogenados constituyen una parte importante del peso total de la planta. El nitrógeno se encuentra en las plantas tanto en forma orgánica e inorgánica. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo principalmente en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  y son las únicas formas inorgánicas que pueden acumularse y se acumulan sin efectos perjudiciales. Las formas orgánicas son las que predominan, y en las plantas se da en forma de proteínas, las cuales actúan como catalizadores y directoras del metabolismo.

El nitrógeno, componente de la molécula de los pigmentos de la clorofila que dan a las plantas su color verde, juega un papel esencial en la fotosíntesis. También hay nitrógeno en las hormonas que son sustancias orgánicas que ejercen funciones reguladoras del metabolismo con su presencia en pequeñas cantidades. El nitrógeno es componente del trifosfato de adenosina (ATP), un transportador de energía para la respiración, influye en el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas de la planta, intervienen en la utilización de los carbohidratos para formar el protoplasma y más células, mejora la calidad de las hortalizas y aumenta el contenido de proteínas. Una deficiencia de nitrógeno en las plantas hortícolas se manifiesta con: aspecto enfermizo de la planta, color verde amarillento debido a la pérdida de clorofila, desarrollo lento y escaso, amarillento inicial y secado posterior de las hojas de la base de la planta que continua hacia arriba si la deficiencia es muy severa y no se corrige; las hojas más jóvenes permanecen verde (Gross 1971).

Las múltiples funciones que cumple el nitrógeno en la planta han sido discutidas por Mengel y Kirkby (2000); Marschner (1997), entre otros. Salisbury y Ross (1994) señalan que dado que el nitrógeno está presente en muchos compuestos esenciales para el crecimiento, desarrollo y constitución de la planta, no es sorprendente que el crecimiento sea lento en plantas poco provistas en este elemento.

Malavolta *et al.* (1989) indican que el papel del nitrógeno en la formación y la calidad de la cosecha está dada por la formación y desarrollo de las yemas floríferas y fructíferas, por un mayor crecimiento vegetativo y por el aumento en el contenido de proteína de la parte cosechada. Convirtiéndose en uno de los nutrientes que determina los rendimientos y es la base del abonamiento para los cultivos (Gros, 1981), además confiere calidad a las cosechas e interviene en la producción de semillas y frutos (Díaz, 1985).

La materia seca vegetal contiene alrededor de 0.4 a 4%, señalando que la variación en la concentración está en función de varios factores como: especie, variedad y/o cultivar, órgano y edad de la planta (Chapman, 1979). Mengel y Kirkby (2000) sostienen que el contenido de nitrógeno en la materia seca de las plantas va de 2 a 4 %.

Tanto las formas nítricas ( $\text{NO}_3^-$ ) como las amoniacales ( $\text{NH}_4^+$ ) pueden ser absorbidas y metabolizadas por la plantas, siendo el nitrato una fuente preferencial, pero depende bastante de la especie vegetal y de los factores medio ambientales. Los cultivos superficiales absorben principalmente el  $\text{NO}_3^-$  incluso cuando se aplican fertilizantes  $\text{NH}_4^+$ , debido a la oxidación microbiana del  $\text{NH}_4^+$  en el suelo. La diferencia entre la absorción de ambas formas se debe principalmente a su sensibilidad al pH. La mejor absorción de N-  $\text{NH}_4^+$  tiene lugar en un medio neutro y se deprime cuando se disminuye el pH. Lo contrario sucede para la absorción de N-  $\text{NO}_3^-$ , ocurriendo una absorción más rápida a valores bajos de pH, esto se debe al efecto competitivo de los iones  $\text{OH}^-$  que suprimen el sistema de transporte de la absorción del  $\text{NO}_3^-$  (Mengel y Kirkby, 2000).

La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por hojas pequeñas, los primeros síntomas aparecen como un color verde pálido en las hojas, seguido por un verde amarillento, luego un amarillo verdoso y finalmente un color amarillo uniforme, cuando la deficiencia es aguda (Mengel y Kirkby, 2000). La clorosis es el síntoma más característico de la deficiencia de nitrógeno y debido a la gran movilidad de este elemento, esta aparece primero en las hojas viejas (Barcelló et al, 1988). Las hojas jóvenes permanecen verdes por más tiempo, ya que reciben formas solubles de nitrógeno provenientes de las hojas más antiguas. En caso de deficiencia extrema todas las hojas aparecen amarillentas y luego se queman a medida que mueren (Salisbury y Ross, 1994).

## **b) Nitrógeno en el suelo**

Fassbender (1978), señala que el nitrógeno del suelo está bastante ligado a la materia orgánica y al material mineral, el N orgánico representa entre el 85 y 95 % del total del N del suelo, y que las formas inorgánicas están en cantidades mínimas casi no detectables entre ellas el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), dióxido ( $\text{NO}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Por lo general estas formas inorgánicas solo constituyen hasta el 2% del N total en el suelo.

El nitrógeno puede entrar y salir del sistema suelo-planta por más rutas que cualquier otro nutriente. El N está sujeto a pérdidas vía  $\text{NH}_3$ , volatilización, desnitrificación, lixiviación y puede ser aumentada por la lluvia y la fijación biológica. Estos intercambios son procesos importantes en el ciclo del N y operan tanto bajo condiciones naturales como de cultivo. En algunas situaciones pequeñas cantidades de gases que contienen N escapan hacia la atmósfera desde las hojas de las plantas. El nitrógeno también está en el agua de gutación excretada del follaje y en las exudaciones de las raíces. Debido a que las ganancias y pérdidas son procesos naturales, los cálculos del balance neto del N del suelo mediante un balance de masa no son más que aproximaciones. En contraste a la mayoría de otros nutrientes vegetales, no existe ningún mecanismo para el almacenamiento prolongado de N disponible para las plantas en los suelos (Stevenson, 1982).

## **c) Fraccionamiento de las aplicaciones de Nitrógeno**

Los aportes de nitrógeno deben fraccionarse en dos mitades (Educar Chile, s.f.):

La primera mitad se incorporará con el abonado de fondo, es decir, en el momento de la realización de las labores superficiales de preparación del terreno.

La otra mitad se incorpora en el abonado de cobertura, aprovechando algunas labores de aporcado o uno de los riegos.

El abonado de cobertura se realizará preferiblemente en el inicio y a partir del cuajado de los primeros frutos hasta su madurez, periodo de máxima exigencia nutritiva para la planta.

Otro período que es importante que exista nitrógeno disponible para la planta es la etapa que le sigue al estrés del trasplante, de esta forma se consigue un establecimiento rápido del crecimiento normal de las plantas jóvenes.

Si el cultivo se prolonga más de 5-6 meses, las aplicaciones de nitrógeno pueden llegar a ser 2 o 3. En cada aplicación de nitrógeno, ya sea de fondo o en cobertera, es aconsejable incluir una mitad de N en forma nítrica (N de liberación rápida) y otra mitad en forma amoniacal (N de liberación lenta).

La carencia de nitrógeno se manifiesta con una detención general del crecimiento y desarrollo de la planta. Se observa un amarillamiento difuso del follaje, reducción de la floración y fructificación. El exceso de nitrógeno provoca un desarrollo excesivo de la parte aérea de la planta que acentúa los desequilibrios hídricos. Esto se pone de manifiesto con fallos de cuaja y la aparición de podredumbres apicales en los frutos, particularmente en los periodos calurosos.

#### **d) Otros nutrientes**

La incorporación de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  sólo deberá realizarse si las características y aportes del suelos así lo aconsejen (Educar Chile, s.f.). En cuanto al fósforo, es un elemento al que habrá que prestar especial atención en los suelos donde abunde calcio. Este elemento suele combinarse con el fósforo para formar compuestos no asimilables por las raíces.

El calcio en exceso, al subir el pH, también inmoviliza diversos microelementos, especialmente hierro, produciéndose clorosis férrica. En suelos arenosos y ácidos en potasio se libera con facilidad y se puede dar situaciones de carencia, evidenciando la muerte prematura de las hojas, defectos de pigmentación de los frutos y mayor sensibilidad de la planta al estrés hídrico. El exceso de K reduce la asimilación de calcio y magnesio, manifestándose los frutos más sensibles a la necrosis apical.

### **2.7 FERTILIZACION NITROGENADA DE LIBERACION LENTA**

La baja eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados en la agricultura de regadío es un problema que ha venido recibiendo especial atención en los últimos años a nivel mundial (Legg y Meisinger, 1982). Esta preocupación se vincula con dos aspectos fundamentales: Uno es la creciente contaminación ambiental ocasionada por el deterioro de la calidad de

las aguas subterráneas al aumentar la concentración de nitratos. El otro es el aumento de precio internacional de nitrógeno, que incentiva trabajos de investigación orientados hacia una mayor eficiencia de su uso.

Las causas de la ineficiencia del uso del Nitrógeno son principalmente la lixiviación profunda de nitratos con el agua de riego y las pérdidas por desnitrificación en períodos cortos de tiempo que suceden a cada riego, durante los cuales la aeración del suelo es pobre.

Los fertilizantes nitrogenados de liberación lenta o controlada presentarían, en general, las siguientes ventajas:

- Disminución de las pérdidas por lixiviación.
- Mantenimiento de un flujo sostenido de nutrientes hacia la interface suelo – raíz, con una renovación ligada a la absorción por parte de las plantas y a otras formas de remoción en la rizosfera.
- Menor efecto salino en comparación con los fertilizantes tradicionales.

### **2.7.1 Clasificación**

Los fertilizantes nitrogenados de lenta liberación pueden clasificarse en 3 grupos (INFOAGRO, s.f.): Abonos recubiertos, abonos de baja solubilidad y abonos con inhibidores de la nitrificación.

#### **a) Abonos recubiertos**

Son fertilizantes convencionales que se presentan en forma de gránulos envueltos en una membrana semipermeable que está constituida por una sustancia insoluble o de baja solubilidad en agua. La disolución del fertilizante se produce lentamente conforme el agua va atravesando el recubrimiento. La membrana se va rompiendo, debido al gradiente de presión osmótica (mayor en el interior del gránulo), liberando los nutrientes de forma progresiva.

Las sustancias más empleadas como recubrimiento son: azufre, resinas, caucho, parafinas, plástico perforado, etc.

El tamaño de la partícula posiblemente es un factor que influye en la tasa de liberación de los nutrientes. Así, en el caso del arroz anegado, se ha descubierto que el empleo de urea en partículas grandes de hasta 3 gramos de peso (macrogránulos o supergránulos), reduce en gran medida las pérdidas de amoníaco, porque dichos gránulos se hunden en el suelo inundado, disminuyendo la volatilización, la nitrificación y la desnitrificación del amoníaco que se produce. Esto se explica por la ralentización de la tasa de hidrólisis de la urea y el aumento de la difusión descendente de la urea y del amoníaco. Además, la concentración de amoníaco en las proximidades de estos macrogránulos también puede resultar tóxica para los nitrificantes (FAO, 1986).

La urea-azufre (URA) es el abono recubierto de uso más extendido. Se obtiene rociando azufre derretido de forma uniforme sobre la urea en un tambor rotatorio. La cantidad de azufre oscila entre el 15 y el 19 % del peso total del producto, según la eficacia del recubrimiento que se desee, para ajustarlo a las necesidades del cultivo, y el tamaño y forma de los gránulos. A mayor contenido de azufre, más lenta es la liberación de nitrógeno. La temperatura también puede influir en dicha liberación, no ocurriendo lo mismo con la humedad y el pH.

Sobre los gránulos recubiertos de azufre se rocía un compuesto (cera microcristalina, polietileno, etc.), que constituye un 2 % del peso total. El contenido de nitrógeno varía entre un 30 y un 37 %, dependiendo de la cantidad de azufre empleado en el revestimiento.

Según las experiencias llevadas a cabo en diversos países (Estados Unidos, Filipinas, India, etc.), se ha demostrado la gran utilidad de la urea revestida de azufre en arroz bajo condiciones de deficiencia hídrica y para cultivos de larga duración (céspedes, praderas, etc.). No obstante, no resulta efectiva en cultivos que requieren grandes cantidades de nitrógeno en un período relativamente corto (maíz, trigo, etc.).

Este fertilizante resulta seguro, presenta una buena conservación y puede mezclarse con otros productos, excepto con nitratos. Sin embargo, el recubrimiento de azufre no ofrece seguridad en el caso de los nitratos, siendo por tanto la urea el abono más apropiado, dada su elevada concentración de nitrógeno y sus condiciones físicas.

Otros abonos recubiertos de utilización más restringida son: el nitrosulfato amónico recubierto de yeso o parafina, el nitrato amónico recubierto de resina, la urea con fosfato amónico-magnésico, la urea con laca en escamas, etc.

### **b) Abonos de baja solubilidad**

Son abonos que requieren gran cantidad de agua para su completa solubilidad, asegurando una baja concentración de nitrógeno en la disolución nutritiva.

Pueden utilizarse productos orgánicos e inorgánicos. Entre los primeros destacan: urea-formaldehído, isobutilendiurea (IBDU), crotolidendiurea (CDU), oxamida, etc. Los productos inorgánicos generalmente son fosfatos dobles de amonio y un metal, como es el caso del fosfato amónico-magnésico.

Los compuestos de urea-formaldehído son polímeros resultantes de la condensación de la urea y el formaldehído. Existe toda una serie que va desde los relativamente solubles hasta los totalmente insolubles, dependiendo de la proporción entre la urea y el formaldehído. Estos polímeros se distinguen por el número de grupos metileno y el número de esqueletos de urea en la molécula.

Son materiales granulares de color blanco y un contenido en nitrógeno que oscila entre el 38 y el 40 %. El contenido mínimo en nitrógeno insoluble debe ser del 35 % y debe asegurarse un índice de actividad mínimo del 40 %.

Hay que tener en cuenta que la fuente de nitrógeno lentamente disponible es el insoluble en agua fría. Por tanto, el efecto del fertilizante se ve afectado por las altas temperaturas y, adicionalmente, por un pH bajo y una elevada actividad microbiana. Estos compuestos pueden usarse como fertilizantes nitrogenados para la aplicación directa a los cultivos o puede incluirse en los fertilizantes complejos N-P-K.

Son particularmente útiles en aplicaciones a céspedes, cultivos hortícolas y cultivos especiales, aunque el coste por unidad de nitrógeno contenido es elevado.



### **Isobutilendiurea (IBDU).**

Bajo este nombre se conocen una serie de compuestos formados a partir de la reacción de la urea con aldehídos saturados, tales como el propinaldehído, normal e isobutilaldehído, aunque es este último el que le da nombre y el que realmente constituye la IBDU.

### **Crotonilidendiurea (CDU)**

Fue desarrollada en Alemania y se prepara mediante reacción del crotonaldehído con la urea en una proporción molar 1:2, en medio acuoso. Se obtiene 2-oxo-4-metil-6-ureido-hexahidropirimidina. Su contenido en nitrógeno es del 28 %, con aproximadamente un 10 % en forma de nitrato.

Según pruebas llevadas a cabo en Alemania, este fertilizante proporciona un suministro prolongado y equilibrado de nitrógeno al centeno y al trigo, cuando se desarrollan en contenedores, siendo las pérdidas por filtración insignificantes y resultando el de mejor tolerancia para el trigo y el girasol aplicado en proporciones altas. Los estudios de campo con la rotación maíz-trigo-avena confirmaron la liberación controlada del nitrógeno y las escasas pérdidas por filtración (Tisdale y Nelson, 1970).

La **oxamida**,  $(\text{CONH}_2)_2$ , es muy poco soluble en agua fría y se ha propuesto como fertilizante de lenta liberación. Puede fabricarse mediante la acción del amoníaco sobre metil o etil oxalato o mediante calentamiento de oxalato amónico. Contiene un 31,8 % de nitrógeno.

**Fosfatos metal-amonio.** El fosfato amónico-magnésico, de fórmula  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , contiene aproximadamente un 8 % de N y un 44 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Es una forma de nitrógeno lentamente disponible adecuada para césped, frutales y cultivos especiales. Puede aplicarse a los cultivos, incluso directamente sobre la hierba, con poco o ningún daño para las plantas.

### **c) Abonos con inhibidores de la nitrificación**

Las principales pérdidas de nitrógeno cuando se aplican fertilizantes amoniacales y de la urea, se producen después de su conversión a nitratos. Existen ciertos materiales que son tóxicos para las bacterias nitrificantes y cuando se añaden al suelo, pueden inhibir temporalmente la nitrificación. Por tanto, reducen las pérdidas de nitratos por lixiviación y desnitrificación y se aumenta el rendimiento de los fertilizantes amoniacales, así como del

nitrógeno amoniacal que se origina a partir de la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

La inhibición no debe ser total y estos productos deben ser selectivos, de forma que sólo actúen sobre los microorganismos nitrificantes, y no sobre otros microorganismos de las plantas. Estos productos resultan muy efectivos en suelos arenosos, para evitar el lavado de los nitratos y en suelos encharcados, para evitar la desnitrificación.

Son productos derivados de la pirina y la pirimidina y entre ellos el más empleado es la nitrapirina o 2-cloro-6-(triclorometil) piridina (N Serve). Se aplica principalmente en cereales (trigo, maíz y algodón) a 0,30-0,55 kg.ha<sup>-1</sup> de producto activo. A dosis superiores los productos pueden verse alterados. Su persistencia en el suelo es de 2-3 meses y se elimina por volatilización y degradación a otros compuestos. Dicha persistencia depende fundamentalmente de tres factores:

- Textura del suelo: al aumentar el tamaño de las partículas, disminuye la persistencia del producto.
- Contenido de materia orgánica: la persistencia aumenta con dicho contenido, ya que el producto queda retenido en la materia orgánica.
- Temperatura del suelo: al aumentar la temperatura, disminuye la persistencia del producto, ya que aumenta su velocidad de degradación. Por otro lado, el aumento de la temperatura favorece la actividad de los microorganismos nitrificantes.

Según Zagal *et al.*(s.f.) indican que la fertilización nitrogenada en cultivos agrícolas debe aumentar la eficiencia de utilización nutricional del cultivo, incrementando los rendimientos y disminuyendo los riesgos ambientales, los que pueden expresarse por pérdidas en la forma de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) vía escorrentía superficial y lixiviación, contaminando aguas superficiales o subterráneas, y en la forma gaseosa de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) hacia la atmósfera, el cual es un potente gas de efecto invernadero. La utilización de fertilizantes de liberación lenta demuestra ser una prominente opción para atender estos requerimientos y el actual desarrollo de fertilizantes líquidos puede representar un avance positivo para este fin. Sin embargo, se hace necesario realizar investigación preliminar con el fin de generar líneas bases de conocimiento aplicable a estos fertilizantes en cultivos de interés para Chile y sus efectos sobre el rendimiento y el medio ambiente en los suelos de aptitud agrícola. En un trabajo, se

evaluó el efecto de un fertilizante líquido de liberación lenta sobre el rendimiento de tres cultivos: tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. Empire), achicoria (*Chicorium intybus* L. Var. sativum) y cebada (*Hordeum vulgare* L. var. Barke), en macetas con suelo de origen volcánico de la Serie Diguillin, al aire libre. Bajo un diseño experimental completamente randomizado, se compararon 3 dosis del fertilizante de liberación lenta Nitamin® frente a un control con urea. Las dosis de Nitamin® eran equivalentes al 50%, 80% y 100% del nitrógeno presente en el fertilizante con urea. El rendimiento del cultivo de tomate se determinó de acuerdo al número de frutos por planta y el peso de los frutos (kg) en cada maceta. En el caso del cultivo de cebada, se evaluó el número de espigas en cada maceta, el número de granos por espiga y el peso de los 1000 granos (g), así como el calibre del grano determinado como porcentaje de granos retenidos sobre tamiz de 2,5 mm. Para el cultivo de achicoria se determinó el peso del tubérculo (kg) en cada maceta. El tratamiento experimental con Nitamin® 50% presentó rendimientos comparables a urea, en todos los cultivos, mientras que el Nitamin® 100% incrementó en un 24% el rendimiento de achicoria aunque fue comparable al tratamiento con urea. Para el cultivo de tomate hubo un aumento significativo del rendimiento con Nitamin 100% y en cebada no hubo diferencia entre los tratamientos.

Según Illanes y Valdés (2012) los fertilizantes de lenta liberación aseguran durante un largo período de tiempo un aporte diario de nutrientes, proporcionando una nutrición equilibrada y gradual a diferencia de lo que ocurre con los fertilizantes convencionales como Urea y Nitratos que aportan grandes cantidades de nitrógeno en cortos períodos de tiempo (2 a 4 semanas), lo que provoca muchas veces una baja posibilidad de aprovechamiento por parte de las plantas. La entrega de los nutrientes en los fertilizantes de lenta entrega, es variable según el producto y depende de los niveles de humedad, temperatura y actividad microbiológica del suelo entre otros factores.

Este tipo de tecnología en fertilizantes conlleva una serie de ventajas como:

- Reducción del número de fertilizaciones al año.
- Máxima eficiencia en la utilización de nutrientes
- Se evitan pérdidas del nitrógeno aportado ya sea por lixiviación, volatilización y/o fijación del amonio en el suelo.

- Nitrógeno disponible por un mayor período de crecimiento y en cantidades más uniformes en el tiempo.

La producción bajo estructuras protegidas es una de las formas más utilizadas para producción de hortalizas para proteger el cultivo de factores ambientales que puedan afectar el crecimiento y rendimiento normal del cultivo así también el uso de sustratos para reducir el riesgo de enfermedades que puede contraer la planta al estar en el suelo. Los programas de fertilización hechos para cultivos a campo abierto a veces son utilizados para producciones bajo estructuras protegidas por falta de mejores valores. En este ensayo se cultivó chile dulce bajo casa malla en sustrato de corteza de pino evaluando dos dosis de fertilización nitrogenada (224 y 168 kg/ha) con cuatro fuentes de fertilización (nitrato de amonio, sulfato de amonio, fertilizante de liberación lenta y una combinación de nitrato de amonio + liberación lenta). Se usó el diseño de DBCA con parcelas divididas, con aplicaciones cada 15 días. El estudio se realizó en Balm, Florida, Estados Unidos en la época seca del año. Se evaluó altura de plantas, clorofila y nitrato en hoja y rendimientos (número y peso) de frutos totales y comerciales. Interacciones entre dosis y fuente no fueron significativas para ningún parámetro. El crecimiento vegetativo no varió según la dosis y tuvo resultados mixtos según la fuente. Los rendimientos fueron mayores y con mayores números de frutos grandes y extra grandes con 224 kg/ha que con la dosis reducida y la mejor fuente fue nitrato de amonio (Zambrano, 2011).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El presente trabajo se realizó en el fundo Don Germán – Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de San Vicente, provincia de Cañete, en el departamento de Lima.



**Figura 1: Mapa del valle de Cañete. Fuente (Google Earth, 2015).**

#### 3.2 CARACTERISTICAS DEL SUELO Y AGUA

En el cuadro 2, se encuentra el análisis de suelo realizado en el campo experimental y en el cuadro 3 el análisis de agua, en el describen un suelo de textura franca, pH neutro y salinidad media, bajo en materia orgánica, alto contenido de fosforo y potasio.

Respecto al agua, se trata de agua tipo C2 – S1, se indica con baja salinidad y cantidad de carbonatos intermedia; además, con un grado de restricción de uso de ligero a moderado, respecto a su infiltración.

Según los análisis de suelos realizados, se trata de un suelo que no presenta problemas para el establecimiento del cultivo de ají escabeche, y el análisis de agua, también con agua apta para el uso de riego en dicho cultivo.

**CUADRO 2: Análisis de suelo realizado en el campo experimental**

<b>Muestra</b>	<b>pH (1:1)</b>	<b>CE (dS/m)</b>	<b>MO (%)</b>	<b>P (ppm)</b>	<b>K (ppm)</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>CIC</b>
Muestra 1	7.27	2.14	2.15	29.5	422	50	32	18	12.80
						Textura: Franco			

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes – UNALM.

**Procedencia:** Fundo Don Germán, Cañete (Lima).

**CUADRO 3: Análisis de agua.**

<b>pH</b>	7.06
<b>CE (dS/m)</b>	0.41
<b>Calcio (me/l)</b>	2.56
<b>Magnesio (me/l)</b>	0.49
<b>Potasio (me/l)</b>	0.11
<b>Sodio (me/l)</b>	1.9
<b>Suma de cationes</b>	4.85
<b>Nitratos (me/l)</b>	0.01
<b>Carbonatos (me/l)</b>	0.00
<b>Bicarbonatos (me/l)</b>	1.83
<b>Sulfatos (me/l)</b>	0.44
<b>Cloruros (me/l)</b>	2.50
<b>Suma de aniones</b>	4.78
<b>Sodio (%)</b>	34.85
<b>RAS</b>	1.37
<b>Boro (ppm)</b>	0.12
<b>Clasificación</b>	C2 – S1

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes – UNALM  
Procedencia Fundo Don Germán, Cañete (Lima).

### **3.3 CARACTERISTICAS DEL MATERIAL VEGETAL**

Se emplearon semillas de ají de la especie *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, perteneciente al cultivar “zanahoria”, teniendo la descripción detallada a continuación (Nicho, 2004):

- Adaptación: Clima tropical y subtropical, de 0 a 1600 msnm (Perú)
- Periodo vegetativo: 120 – 150 días
- Siembra: Se recomienda realizar la siembra aun distanciamiento entre surcos de 0.75 a 1.0 m. hilera simple y de 1.0 a 1.50 m (a doble hilera) y entre plantas de 0.20 a 0.50 m, el cual depende del tipo de siembra, la fertilidad y textura del suelo.
- Descripción del fruto: Alargado y anaranjado. La longitud del fruto es de 10 a 12 cm y el ancho de la parte central del mismo de 2 a 4 cm.
- Riegos: Se recomienda ligeros y frecuentes.
- Potencial de rendimiento: 20 – 30 t/ha.
- Trasplante: Se realiza cuando las plántulas tienen de 4 a 5 hojas, con grosor de un lápiz y 15 cm de altura en promedio.
- Recomendación de Fertilización: A la preparación del terreno se debe incorporar al voleo o entre golpes de plantas mezclados con los fertilizantes la cantidad de 10-15 t/ha. La cantidad de fertilizantes químico depende del análisis del suelo, recomendándose aplicar el primer abonamiento con el fertilizante compuesto de N-P-K+CaO+MgO a la dosis de 20-15-15-3-7 kg/ha (4 bolsas de 50 kg por hectárea) y en la segunda fertilización (2.5 bolsas de 50 kg por hectárea y 5.5 bolsas de 25 kg de Sulpomag).

### **3.4 OTROS MATERIALES**

#### **3.4.1 De campo**

Wincha, lampas, cordel, cal, estacas, rastrillo, mochilas a palanca y pulverizadoras, pesticidas, carteles, libreta de campo, bolsas de papel y de plástico, tarjetas de identificación, marcadores indelebles, cuchillas de acero, Vernier, etc.

### 3.4.2 De laboratorio

Estufa, balanza digital, cocina eléctrica, espectrofotómetro de luz visible (colorímetro), espectrofotómetro de absorción atómica, molino eléctrico, bolsas de papel Kraft, y de plástico, marcadores indelebles, tubos de ensayos y gradillas, agua potable y agua destilada, reactivos y otros materiales y equipos de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### 3.5 MANEJO DEL CULTIVO

El manejo del campo fue efectuado de acuerdo con los procedimientos comúnmente utilizados en el fundo Don German – Cañete – UNALM.

Los campos evaluados fueron manejados agrónomicamente de manera comercial, las dosis de NPK fueron de 250 kg/ha de N; 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 300 kg/ha K<sub>2</sub>O y un tratamiento sin aplicación de fertilizantes al suelo (testigo absoluto).

### 3.6 METODOLOGIA

#### 3.6.1 Factor en estudio

Se evaluaron fuentes nitrogenadas, los cuales se resumen en el cuadro 4.

**Cuadro 4: Fuentes nitrogenadas evaluadas.**

Nº	Tratamientos	Riqueza (N-P-K)	Formulación
01	Urea Full Top(ó U full top, con tecnología de Liberación lenta)	46- 0-0	Granulado
02	Furia (con tecnología de Liberación lenta)	46-0-0	Granulado
03	Urea	46-0-0	Granulado
04	Nitrato de Amonio Full Top (ó NA Full Top, con tecnología de Liberación lenta)	33-3-0	Granulado
05	Nitrato de Amonio (ó NA)	33-3-0	Granulado
06	Testigo s/a	-	-



A continuación el programa de fertilización para el cultivo de ají escabeche, utilizando como fuente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O el Fosfato diamónico y el Sulfato de Potasio, y como fertilizante nitrogenado los distintos insumos establecidos para cada tratamiento del estudio.

**Cuadro 5: Plan de Fertilización empleado en el campo experimental.**

DOSIS	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		250	120	300	65
<b>1 FERT</b>	20%	81%	15%	0%	100%
30 DDT	50	97,32	43,5	0	30
<b>2 FERT</b>	35%	20%	19%	44%	0%
45 DDT	87,75	24,24	57,75	28,6	0
<b>3 FERT</b>	24%	0%	34%	44%	0%
60 DDT	60	0	100,8	28,6	0
<b>4 FERT</b>	21%	0%	34%	22%	0%
90 DDT	53	0	100,8	14,3	0

DDT: Días Después del Trasplante.

### 3.6.2 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en el que se implementó 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Asimismo, se realizó la Prueba de Comparación Múltiple de Medias de Duncan en las medias de cada una de las variables evaluadas. Luego se realizó el ANVA y todos los análisis estadísticos por intermedio del programa SAS Institute ver 8.0.

#### Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \Gamma_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y<sub>ij</sub>: Rendimiento observado con la i-ésima fertilización nitrogenada y j-ésima repetición o bloque.

μ: Efecto de la media general

Γ<sub>ij</sub>: Efecto de la i-ésima fertilización nitrogenada.

β<sub>ij</sub>: Efecto del j-ésimo bloque

Eij: Efecto del error experimental con la i-ésima fertilización nitrogenada en el j-ésimo bloque.

**Análisis de Varianza (ANVA):**

<b>F. de V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal.</b>
<b>Tratamientos</b>	$(t - 1)$	SC t	CMt	CMt / CMe
<b>Bloque</b>	$(b - 1)$	SC b	CMb	CMb / CMe
<b>Error</b>	$(t-1)(b -1)$	SC e	CMe	
<b>Total</b>	$(bxt -1)$			

**Características del campo experimental:**

Nº surcos por parcela	:	5
Longitud de surcos	:	10 m
Distancia entre surcos	:	1.4 m
Distancia entre plantas	:	0.45 m
Área de cada parcela	:	70 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo	:	1680 m <sup>2</sup>

Se marcaron desde el trasplante 5 plantas de cada unidad experimental con el fin de observar la altura de planta, número de frutos por planta, longitud y diámetro de fruto.

**3.6.3 En laboratorio**

Se evaluó la materia seca de toda la planta pesándose previamente la misma en estado fresco, para luego ser clasificada por tratamiento y por cada parte de la planta para ser después colocados en la estufa a 70 grados Celsius por 2 días continuos.

Asimismo, se colectaron muestras de hoja en diferentes etapas fenológicas del cultivo, siendo colectadas del tercio medio de la planta. Luego, llevadas al Laboratorio de Suelos y Aguas del departamento de suelos de la UNALM para la evaluación de la concentración de nitrógeno en sus tejidos.

## **3.7 PARÁMETROS EVALUADOS**

### **3.7.1 Altura de planta**

Realizado mediante la medición de la altura obtenida desde la superficie del suelo hasta la altura del brote apical más externo de la conopial del cultivo, medido en el periodo fenológico acaecido entre la primera y segunda cosecha del cultivo. Se consideró el promedio de 10 muestras obtenidas en cada unidad experimental obtenidas de 5 plantas escogidas al azar.

### **3.7.2 Número de frutos por planta**

Se cuantifico el número de frutos obtenidos por planta en cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta cada uno de los bloques establecidos en el estudio, considerándose el promedio de 10 muestras obtenidas en cada unidad experimental obtenidas de 5 plantas escogidas al azar.

### **3.7.3 Rendimiento de fruto fresco por hectárea.**

Se realizó el pesado de la producción total obtenida en los 3 surcos centrales de las parcelas experimentales, ello en cada una de las seis cosechas y que se realizaron cada siete días a partir de los 90 DDT.

### **3.7.4 Calidad de Fruto**

#### **a) Longitud y diámetro de fruto**

Se realizó las mediciones de las dimensiones del fruto en todas las cosechas realizadas en el estudio, tomándose una muestra de 10 frutos en cada una.

#### **b) Peso promedio de fruto fresco**

Se cuantificó el peso promedio de cada fruto obtenido en cada uno de los tratamientos, considerándose el promedio de 10 muestras obtenidas en cada unidad experimental obtenidas en cada cosecha.

### **c) Clasificación comercial de la producción**

Se clasificó la producción en cada cosecha según lo establecido en el mercado interno, cuatro calificaciones del fruto, siendo de primera, segunda, tercera y descarte (mercado de productores).

#### **3.7.5 Determinación de la Materia Seca: Raíz, hoja, tallo, fruto y total**

De cada unidad experimental se extrajo una planta en la primera cosecha, siendo divididas cada planta entera en cada uno de los órganos de la planta para luego ser introducidas en la estufa por 2 días a 60 grados Celsius.

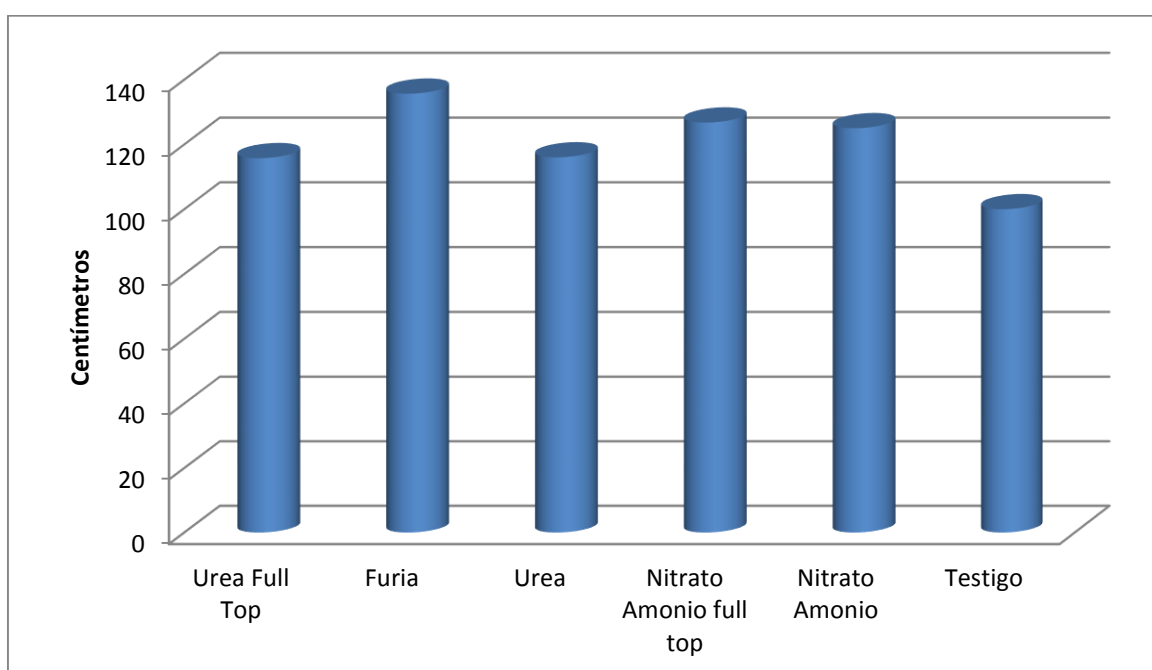
#### **3.7.6 Determinación de la Cantidad de Nitrógeno**

Realizado en el laboratorio de Suelos de la UNALM, se empleó el procedimiento Micro-Kjeldahl en cinco fechas del ciclo fenológico del cultivo, correspondiendo a los Días Después del Trasplante (45 DDT, 60 DDT, 100 DDT, 120 DDT, y 150 DDT).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 ALTURA DE PLANTA

En la figura 2 y cuadro 6, se presentan los promedios de la variable altura de planta obtenidas en los diferentes tratamientos.



**Figura 2: Altura de planta (cm) empleando fuentes nitrogenados en *C. baccatum* var. *pendulum***

Se puede observar que la mayor altura se obtuvo empleando Furia aunque estadísticamente igual al NA Full Top y nitrato de amonio según la prueba de Duncan al 5 %.

**Cuadro 6: Altura de planta en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

TRATAMIENTO	ALTURA PLANTA (cm)
Urea Full Top	115.8 b*
Furia	133.0a
Urea	116.0 b
N. Amonio Full Top	126.8a
Nitrato Amonio	125.0ab
Testigo	101.3 c
Media General	119.63
CV (%)	5.33
ANVA	NS

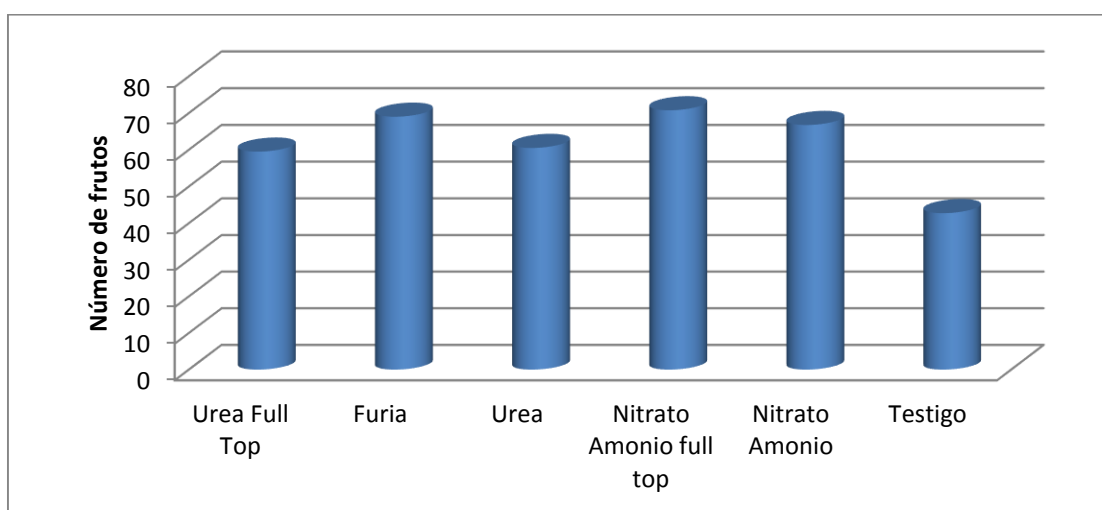
\* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la prueba de Duncan (0.05). Se observó que los tratamientos especificados de liberación lenta no necesariamente obtuvieron las mayores alturas de planta respecto a los tratamientos con fertilizantes convencionales sin la tecnología de liberación lenta, puesto que la Urea, por ejemplo, tuvo una tendencia a presentar plantas de mayor altura respecto a su similar con liberación lenta (Urea full top), aunque la diferencia no fue significativa.

Las diferencias observadas entre tratamientos podrían deberse a que la dinámica de los fertilizantes en el suelo sería distinta dependiendo del fertilizante aplicado, dado que el amonio queda fijado o de reserva en cantidades importantes en el suelo, en cambio, el nitrato es un compuesto que no se fija al suelo debido a su igualdad de cargas, pero lo que a su vez hace que este más disponible en la solución suelo y por tanto más disponible de forma inmediata para la planta y en cantidades apreciables (Tisdale y Nelson, 1991). La Urea en este caso se transforma mayormente en nitrato en el suelo de forma muy rápida, siendo por ello que en este habría una mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo que en los otros casos, debiéndose a ello las diferencias encontradas en la altura de planta en uno y otro caso. La tecnología de liberación lenta utilizada en el estudio tiene en cuenta, lo que se ha indicado en ambos compuestos nitrogenados en el suelo, evitando que este en una presencia muy alta en la solución del suelo.

## 4.2 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

En la figura 3 y cuadro 7 se presentan los promedios del número de frutos por planta obtenidos en el ensayo. Los tratamientos con Furia y NA Full Top mostraron los mayores valores superiores estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% a los tratamientos Urea y Urea Full Top y del Testigo.

Se observó que los tratamientos con fuente nitrogenada de liberación lenta, mostraron resultados similares a los obtenidos con fertilizantes nitrogenados sin liberación lenta.



**Figura 3: Número de frutos por planta empleando cinco fuentes nitrogenados en *Capsicum baccatum* var. *pendulum***

**Cuadro 7: Número de frutos por planta en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

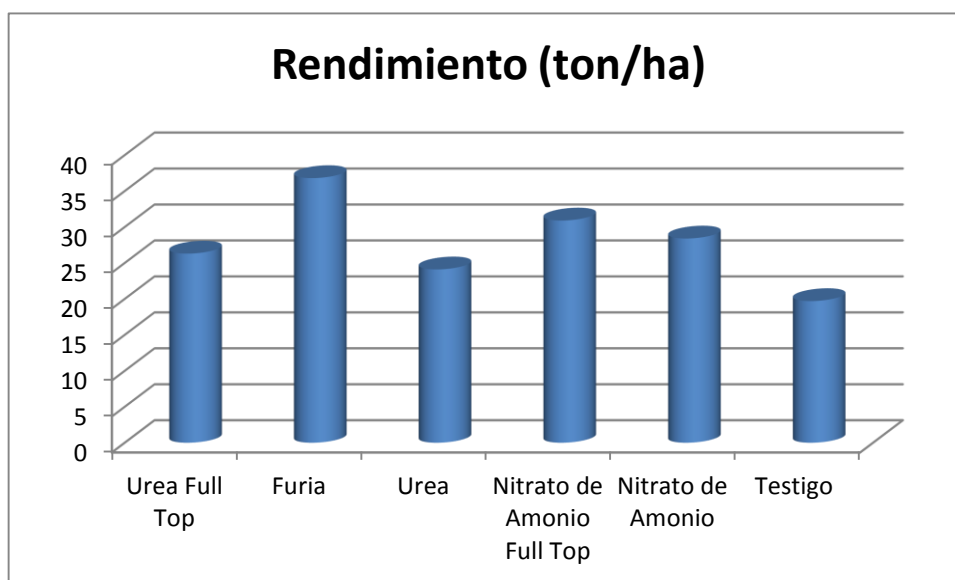
TRATAMIENTOS	Nº FRUTOS POR PLANTA
Urea Full Top	59.5 c*
Furia	69.0 a
Urea	60.5bc
Nitrato de Amonio Full Top	70.8 a
Nitrato Amonio (NA)	66.8 ab
Testigo	42.8 d
Media General	61.54
CV (%)	6.85
ANVA	**

\* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la prueba de Duncan (0.05).

Por ejemplo la Urea (60.5 frutos/planta) tuvo tendencia a tener mayor número de frutos respecto al tratamiento con liberación lenta Urea Full Top (59.5 frutos/planta), pero estadísticamente son de valores similares. De igual manera, entre el nitrato de amonio Full Top y nitrato de amonio.

#### 4.3 RENDIMIENTO DE FRUTO

En la figura 4 y cuadro 8, se presentan los rendimientos de fruto (t/ha) obtenido en los diferentes tratamientos. Se puede apreciar que el mayor rendimiento se logró con el fertilizante Furia con 36.3 t/ha superior estadísticamente a lo obtenido en los otros tratamientos según la prueba de Duncan al 5%. Todos los rendimientos fueron diferentes según esta prueba. El menor rendimiento fue obtenido con el tratamiento que no recibió fertilización nitrogenada o Testigo con 19.7 t/ha.



**Figura 4: Rendimiento de fruto obtenido empleando cinco fuentes nitrogenados en *Capsicum baccatum* var. *pendulum***



**Cuadro 8: Rendimiento (t/ha) de fruto en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO DE FRUTO (t/ha)
Urea Full Top	26.3 d*
Furia	36.8 a
Urea	24.1 e
Nitrato de Amonio Full Top	30.9 b
Nitrato de Amonio	28.4 c
Testigo	19.7 f
Media General	27.7
CV (%)	2.64
ANVA	**

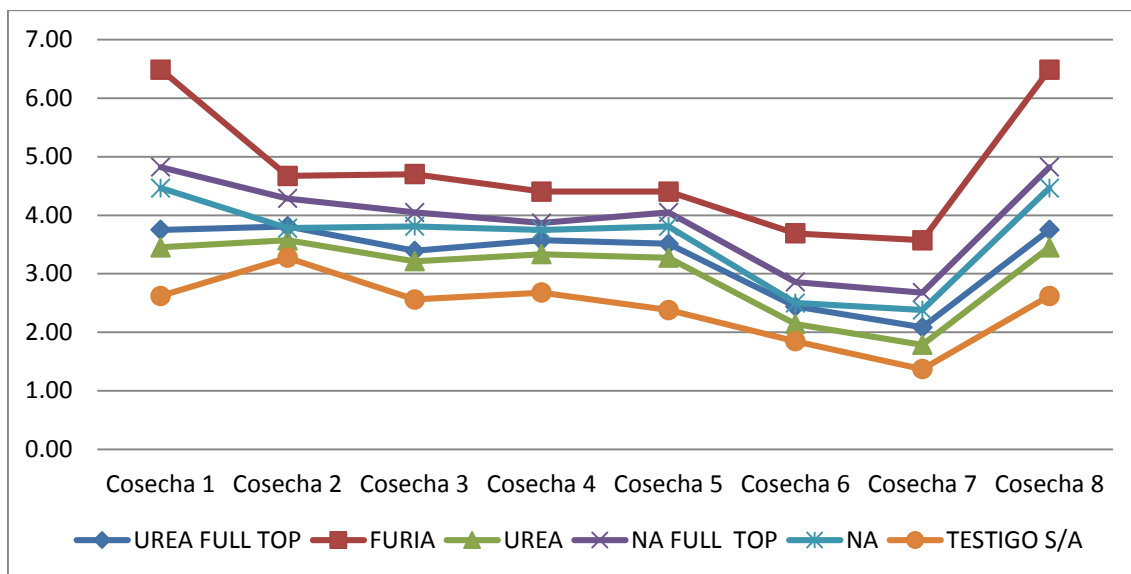
\* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la prueba de Duncan (0.05).

De los resultados obtenidos se aprecia que empleando fertilizantes de fuente nitrogenada con la tecnología de lenta liberación, sobre todo empleando Furia y Nitrato de Amonio Full Top, se lograron los mejores rendimientos, superiores estadísticamente a los rendimientos observados en los otros tratamientos.

Por lo tanto, la fertilización obtuvo incrementos importantes en la capacidad productiva del cultivo, donde resultaron significativamente más altos los aplicados con la tecnología de liberación lenta, concordando con Warren *et al.* (1975) y Min *et al.* (2011). El nitrato de amonio fue superior a la aplicación de urea (no fue superior a Furia que también es urea) en cualquiera de sus formas, es decir, con o sin la tecnología de liberación lenta del fertilizante. Como se indicó anteriormente, dicho compuesto nitrogenado tiene una dinámica distinta a la urea en el suelo por su dinámica con las cargas del suelo (Tisdale y Nelson, 1991), lo cual probablemente dio las diferencias observadas en este caso.

#### 4.4 PRODUCCION POR COSECHA

En total a lo largo del ensayo se realizaron ocho cosechas. En la figura 5 se muestra los rendimientos obtenidos en cada cosecha en cada uno de los tratamientos



**Figura 5: Producción de fruto en cada fecha de cosecha realizada en *Capsicum baccatum* var. *pendulum* empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

En general se puede mencionar que en todos los tratamientos se observó el mismo comportamiento. Sin embargo hay que resaltar que el tratamiento Furia mostró los más altos rendimientos en cada uno de ellos. En cambio el tratamiento testigo sin fertilización nitrogenada siempre mostró los rendimientos más bajos en cada una de las cosechas.

Se debe mencionar que la fertilización con inhibidores de ureasa depende mucho de la humedad el suelo, dado que el agua permite que el fertilizante se extraiga de los gránulos y se transporte a través del suelo (Olson-Rutz *et al.* 2011), aspecto a considerar para que el tipo de fertilizantes de liberación lenta logren el objetivo de una adecuada fuente de nutrientes para las plantas.

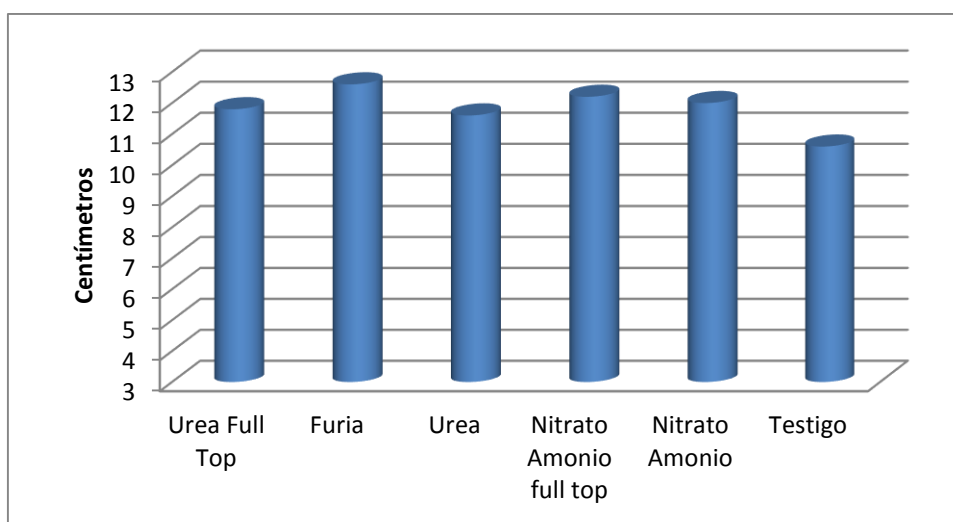
## 4.5 CALIDAD DE FRUTO

### 4.5.1 Longitud y Diámetro de Fruto

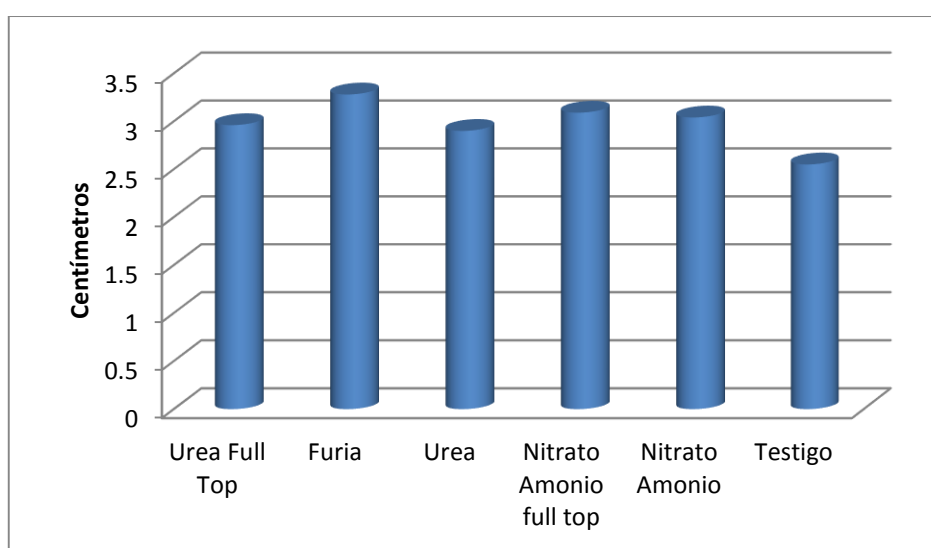
En las figuras 6 y 7, y cuadro 9 se presentan la Longitud y Diámetro del fruto obtenido en el presente estudio en cada uno de los tratamientos. Los valores variaron entre 10.6 cm y 12.6 en longitud y entre 2.55 cm y 3.28 cm en diámetro. El tratamiento Furia mostró los mayores valores, superiores estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% respecto a los tratamientos que presentaron menores valores. El tratamiento testigo mostró los valores más bajos. Asimismo, la diferencia entre los tratamientos con la longitud de fruto más alta y más

baja fue de aproximadamente 2 cm y para el caso del diámetro de fruto fue aproximadamente 1 cm.

De los resultados observados no se aprecian una influencia clara en estos parámetros de los fertilizantes de liberación lenta, ya que solo con el empleo de Furia se logró los más altos valores, y el otro fertilizante de liberación lenta como NA Full Top mostró valores similares a los obtenidos con fertilizantes convencionales como el Nitrato de Amonio.



**Figura 6: Longitud de fruto en ají escabeche (*C. bacatum* var *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**



**Figura 7: Diámetro de fruto en ají escabeche (*C. bacatum* var *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

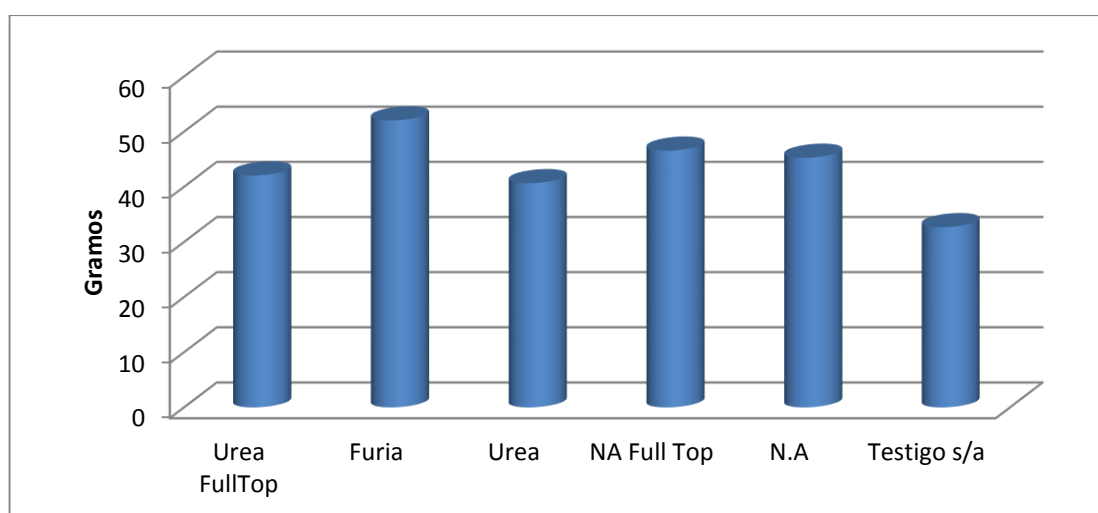
**Cuadro 9: Longitud y diámetro del fruto (cm) en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

Tratamiento	Longitud cm	Diámetro cm
Urea Full Top	11.8 cd	2.96 cd*
Furia	12.6 a	3.28 a
Urea	11.6 d	2.9 d
Nitrato Amonio Full Top	12.2 b	3.09 b
Nitrato Amonio	12 bc	3.04 bc
Testigo	10.6 e	2.55 e
Media	11.8	2.97
CV (%)	5.08	4.86
ANVA	**	**

\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

#### 4.5.2 Peso de Fruto

Estos valores variaron entre 32.68 g y 52.03 g (figura 8 y cuadro 10). El mayor valor lo presentó el tratamiento Furia superior estadísticamente a las medias de los otros tratamientos según la prueba de Duncan al 5%. El menor valor lo presentó el tratamiento sin aplicación de nitrógeno o testigo.



**Figura 8: Peso promedio del fruto en ají escabeche (*C. baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

**Cuadro 10: Peso promedio (g) del fruto en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

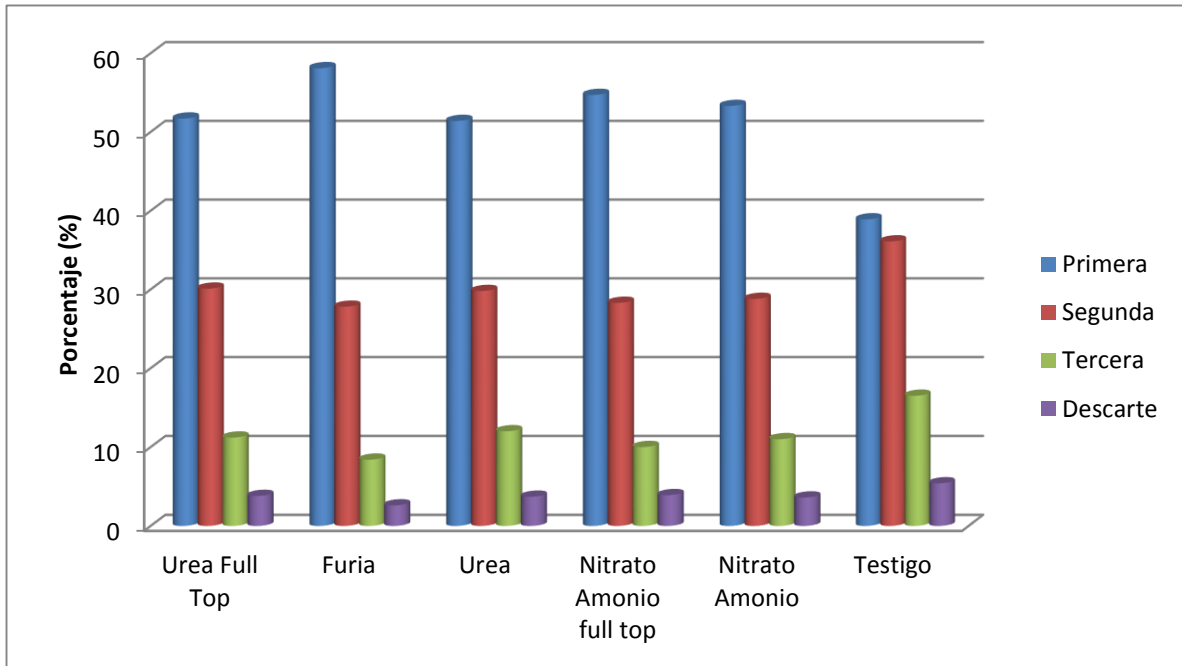
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso de fruto g</b>
Urea Full Top	42.05c*
Furia	52.03a
Urea	40.65d
Nitrato Amonio Full Top	46.55b
Nitrato Amonio	45.27b
Testigo	32.68e
Media General	43.21
CV (%)	2.25
ANVA	**

\* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

Nuevamente se observa que los tratamientos especificados de liberación lenta no fueron en grupo los que obtuvieron los mayores pesos de fruto respecto a sus pares (o similares tratamientos) sin la tecnología de liberación lenta, porque el NA y el NA Full Top presentaron valores similares, y la Urea Full Top ocupó el tercer lugar por debajo del NA que pertenece al grupo convencional. Se podría comparar tecnologías de liberación lenta. Furia que es un fertilizante con inhibidor de ureasa (tecnología Agrotein) es mejor que la tecnología Full Top, esta última tecnología no presenta resultados mayores que los fertilizantes convencionales, al menos para el caso del nitrato de amonio.

#### **4.5.3 Clasificación Comercial de la Producción**

En la figura 9 y el cuadro 11, se muestran los resultados obtenidos en la clasificación de la calidad de fruto (de acuerdo al tamaño) obtenido en cada tratamiento.



**Figura 9: Calidades de fruto obtenidas en ají escabeche (*C. baccatum* var *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

**Cuadro 11: Calidad de frutos (%) en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

Tratamiento	Calidad de Fruto			
	Primera	Segunda	Tercera	Descarte
Urea Full Top	51.7 b	30.1 b	11.2 b	3.8 ab*
Furia	58.1a	27.8 b	8.4 b	2.6b
Urea	51.4 b	29.8 b	12 b	3.7 ab
Nitrato Amonio full top	54.7 ab	28.3 b	10 b	3.9 ab
Nitrato Amonio	53.3 ab	28.8 b	11 b	3.6 ab
Testigo	38.9c	36.1a	16.5a	5.4a
Media General	51.3	30.18	11.52	3.83
CV (%)	21.37	15.37	56.12	103.2
ANVA	**	*	NS	NS

\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

Los resultados obtenidos con el ANVA y la prueba de Duncan indican que hubo diferencias significativas entre los tratamientos en todas las calidades de fruto, observándose que en los frutos de primera calidad el mayor porcentaje de este tipo se dio en el tratamiento aplicado con Furia, seguido de los tratamientos aplicados con NA (indistintamente de la tecnología de aplicación); además, los menores porcentajes de esta calidad se observó en el tratamiento testigo.

En los frutos de segunda y tercera calidad, el tratamiento testigo fue el que obtuvo el mayor porcentaje de frutos respecto a los demás tratamientos, siendo los demás estadísticamente iguales según la prueba de Duncan. Asimismo, en los frutos considerados como descarte el tratamiento testigo fue el que obtuvo el mayor porcentaje de frutos, y el menor porcentaje de frutos en esa calidad la tuvo el tratamiento con la aplicación de Furia. Cabe indicar además que la calidad de primera fue la calidad de fruto de mayor producción en todos los tratamientos, superándose el 50% del total producido, a excepción del tratamiento testigo en donde significó el 38% del total producido.

La Clasificación Comercial de la Producción normalmente se realiza en campo y esto ha sido básicamente con características externas del fruto como tamaño y color que en la comercialización del ají escabeche valoran más, es decir pagan más, por lo que se denomina un fruto de ají escabeche de Primera, el cual es un fruto que presenta las mejores características externas (tamaño y color principalmente).

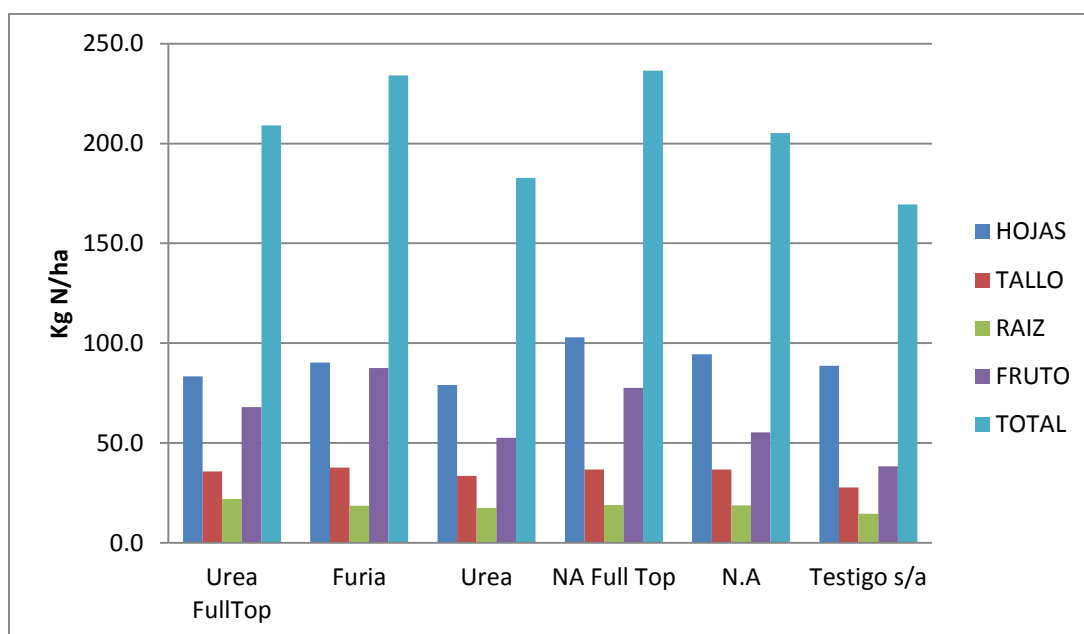
En la presente investigación el tratamiento que presentó la mejor cantidad de la producción en la categoría Primera fue el tratamiento que recibió Furia y fue superior estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 % en las medias observadas en los tratamientos con Urea y testigo o sin fertilización nitrogenada.

En las categorías “segunda” y “tercera” se observan valores similares y sin diferencias estadísticas entre todos los tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada. En estas dos categorías el tratamiento sin fertilización nitrogenada o Testigo mostró los mayores valores, superiores estadísticamente a valores observados en los otros tratamientos. En la categoría descarte, que estaba conformada por ajíes defectuosos ya sea de forma, sin color uniforme, pequeños, y con daños, los valores fueron similares entre todos los tratamientos, sin embargo el menor valor con diferencias estadísticas según la prueba de Duncan al 5% se observó en el tratamiento con Furia con un valor de 2.6 % de descarte de frutos.

Se observó que los tratamientos que emplearon fuentes nitrogenadas especificados como de liberación lenta fueron los que obtuvieron las mejores calidades de fruto del rendimiento comercial en general, incluyendo a sus pares (o tratamientos similares) sin la tecnología de liberación lenta, aunque se observó como ya se mencionó que el NA y el NA full top no obtuvieron diferencias estadísticas entre ellos (en la calidad primera), pero la tendencia del tratamiento con liberación lenta fue el de ser mayor respecto a los otros tratamientos con fertilizantes comerciales. El tratamiento con el mayor porcentaje en calidad primera fue en el que se utilizó nutriente nitrogenado de liberación lenta (Furia), llegándose en ese caso a casi el 60 % de los frutos producidos en la calidad primera, calidad del mayor valor a nivel comercial.

#### 4.6 EXTRACCION DE NITROGENO

La cantidad de nitrógeno total extraído en los órganos de la planta en cada tratamiento se muestra en el cuadro 12 y figura 10 tomado a los 120 DDT que coincidió con el inicio de la cosecha del ensayo.



**Figura 10: Extracción de nitrógeno (kg/ha) en hojas, tallo, raíz, fruto de ají escabeche empleando fuentes nitrogenadas.**

La extracción en hojas varió de 79.1 kg/ha (tratamiento con Urea) a 103 kg/ha (Nitrato de Amonio Full Top). En tallo varió de 27.7 kg/ha (tratamiento sin fertilización) y 37.6 kg/ha



(Furia). En raíz la extracción de Nitrógeno varió de 17.6 kg/ha (Urea) a 22.0 kg/ha (Urea Full Top). En fruto varió de 38.4 kg/ha (testigo sin fertilización) a 87.5 kg/ha (Furia).

En cuanto a la extracción total de nitrógeno, la menor extracción se registró en el tratamiento testigo con 169.4 kg/ha, la cual fue inferior estadísticamente a lo extraído por los tratamientos que recibieron Nitrato de Amonio Full Top y Furia, según la prueba de Duncan al 5 %. La mayor extracción de nitrógeno se registró en el tratamiento Nitrato de Amonio Full Top con 236.4 kg/ha. Esta cifra no fue diferente según la prueba de Duncan al 5% con las observadas en los tratamientos con Furia (234.0 kg/ha), Nitrato de Amonio (205.2 kg/ha), Urea Full Top (209.1 kg/ha) y Urea (182.8 kg/ha).

Las concentraciones en hojas, tallos y raíz fueron similares en todos los tratamientos, según la prueba de medias de Duncan al 5 %, todos los valores fueron iguales estadísticamente. La extracción en hojas varió de 79 a 103 kg/ha, en tallo la extracción varió de 27.7 y 37.6 kg/ha, y en raíces de 14.7 a 22.0 kg/ha.

**Cuadro 12: Extracción de nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

TRAT	HOJAS	TALLO	RAIZ	FRUTO	TOTAL
Urea Full Top	83.4a	35.7a	22.0a	68.0 bc	209.1 ab*
Furia	90.3a	37.6a	18.6a	87.5 a	234.0 a
Urea	79.1a	33.6a	17.6a	52.6 cd	182.8 ab
Nitrato Amonio Full Top	103.0a	36.7a	19.0a	77.7 ab	236.4 a
Nitrato Amonio	94.4a	36.7a	18.7a	55.3 c	205.2 ab
Testigo	88.7a	27.7a	14.7a	38.4 d	169.4 b
Media General	89.8	34.67	18.43	63.24	206.15
CV (%)	25.8	24.8	23.8	16.13	17.2
ANVA	n.s	n.s	n.s	*	*

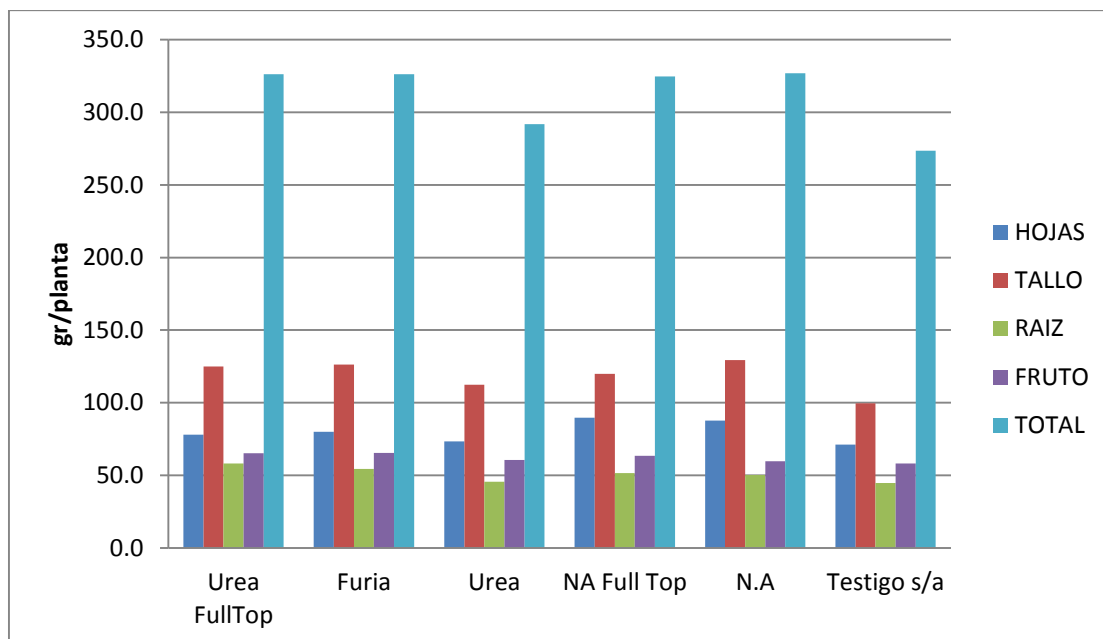
\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

Según se observa en los resultados estadísticos (cuadro 12 y figura 10), los tratamientos aplicados con Furia y NA Full Top fueron los que obtuvieron las mayores extracciones de nitrógeno en el estudio, y el tratamiento testigo obtuvo la menor extracción de este nutriente en el campo.

Asimismo, en los estudios realizados en otros cultivos con ambos tipos de ingredientes activos, se obtienen también resultados que se asemejan a los obtenidos en este estudio. En maíz, Mitchell *et al.*, 2012 reportaron que el uso combinado de urea con Agrotain obtiene mayores rendimientos de grano que en los casos que se combinó la urea con el Nutrisphere. Norman *et al.* (2008) en arroz observaron que cuando se aplicó urea recubierta con Nutrisphere se obtuvieron rendimientos bajos en ese cultivo, similares a los obtenidos con la aplicación de la urea sin recubrir, en cambio, cuando se aplicó urea recubierta con Agrotain y con sulfato de amonio, los rendimientos fueron más altos, con esos productos se observó una menor volatilización de amoníaco, a contraparte de la aplicación con Nutrisphere.

#### **4.7 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA: RAÍZ, HOJA, TALLO, FRUTO Y TOTAL**

En la figura 11 y cuadro 13 se muestran la producción de materia seca en los diferentes órganos en plantas de ají bajo las diferentes fuentes nitrogenadas empleadas. En hojas, raíz y en la producción total de materia seca no se observaron diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos según la prueba de Duncan al 5%. En el caso de tallo y fruto si se observó mayor producción de materia seca en los tratamientos que emplearon fuentes nitrogenadas de liberación lenta, superiores estadísticamente en relación al testigo que no recibió fertilización nitrogenada alguna.



**Figura 11: Producción de materia seca (g/planta) en hojas, tallo, raíz, fruto y total en ají escabeche (*C. bacatum* var *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

Los tratamientos especificados de liberación lenta (Furia y Urea FullTop), fueron los que obtuvieron cuantitativamente los mayores pesos secos en fruto y tallo, pero respecto a sus pares (o similares tratamientos) sin la tecnología de liberación lenta (Urea y NA) de comportamiento similar estadísticamente, solamente son mejores que el testigo.

**Cuadro 13: Producción de materia seca (g/planta) en diferentes órganos en plantas en ají escabeche (*C. bacatum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

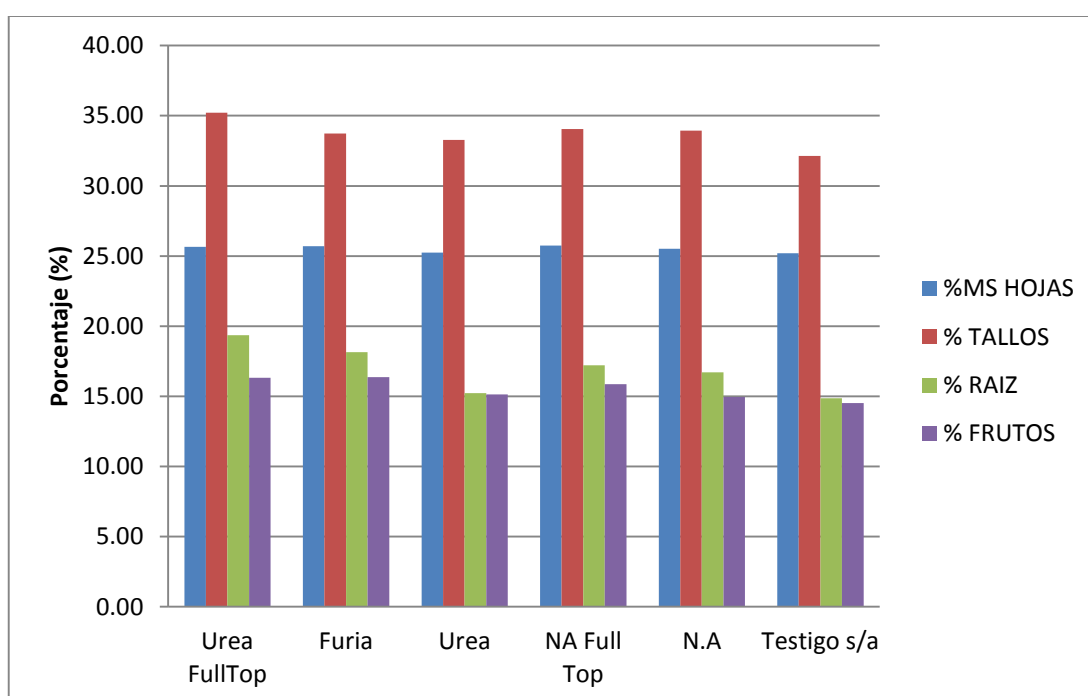
TRAT	HOJAS	TALLO	RAIZ	FRUTO	TOTAL
Urea Full Top	78.1 a	124.9 a	58.1 a	65.3 a	326.4a*
Furia	80.0 a	126.3 a	54.4 a	65.5 a	326.2a
Urea	73.3 a	112.3 ab	45.7 a	60.5 ab	291.8a
Nitrato Amonio Full Top	89.7 a	119.9 ab	51.6 a	63.5 ab	324.8a
Nitrato Amonio	87.6 a	129.5 a	50.1 a	59.8 ab	327.0a
Testigo	71.2 a	99.7 b	44.6 a	58.1 b	273.6 <sup>a</sup>
Media	79.97	118.78	50.78	62.11	311.62
CV (%)	20.65	12.07	20.50	5.80	10.40
ANVA	NS	*	NS	*	NS

\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

#### 4.8 PORCENTAJE DE MATERIA SECA

En esta característica solo se observaron diferencias estadísticas según la prueba de Duncan al 5 % en los frutos donde los tratamientos con Urea Full Top y Furia, ambos de liberación lenta superaron estadísticamente al tratamiento testigo sin fertilización (14.53 g).

En los otros órganos hojas, tallos y raíz los porcentajes fueron similares sin diferencias estadísticas entre las medias de los diferentes tratamientos según la prueba de Duncan al 5 % (cuadro 14 y figura 12). Los valores variaron en hojas de 25.19 a 25.75 %, en tallo entre 32.13 y 35.22 %, en raíces entre 14.87 y 19.37 % y en fruto entre 14.53 y 16.34 % (Castillo, 2014).



**Figura 12: Porcentaje (%) de materia seca en hojas, tallo, raíz, fruto y total en ají escabeche (*C. bacatum* var *pendulum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas.**

**Cuadro 14: Porcentaje (%) de materia seca en órganos en plantas de ají escabeche (*C. bacatum*) empleando cinco fuentes nitrogenadas – Cañete, 2011.**

<b>TRAT</b>	<b>HOJAS</b>	<b>TALLO</b>	<b>RAIZ</b>	<b>FRUTO</b>
Urea Full Top	25.66 a	35.22a	19.37 a	16.33a*
Furia	25.71 a	33.73a	18.14 a	16.37a
Urea	25.24 a	33.28 a	15.22 a	15.13 ab
N. Amonio Full Top	25.75 a	34.05 a	17.22 a	15.88 ab
Nitrato Amonio	25.52 a	33.93a	16.71 a	14.95 ab
Testigo	25.19 a	32.13a	14.87 a	14.53b
Media General	25.51	33.72	16.92	15.53
CV (%)	19.7	11.68	20.49	5.87
ANVA	N.S	N.S	N.S	*

\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05).

#### **4.9 CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FOLIAR**

En el cuadro 15, se resumen las concentraciones encontradas en los diferentes tratamientos en cinco muestreos realizados a lo largo del ciclo del cultivo. Se observa a los 45 DDT que la concentración de Nitrógeno fue similar para todos los tratamientos evaluados. Sin embargo, en la segunda fecha de muestreo, a los 60 DDT, se observó que los tratamientos Furia, Nitrato de Amonio y Urea Full Top resultaron estadísticamente con los más altos valores de concentración de N foliar que los tratamientos con Urea y el Testigo; en la tercera fecha de muestreo a los 100 DDT solamente el tratamiento Nitrato de Amonio resultó estadísticamente con alto % de N foliar con respecto a los tratamientos con Urea Full Top y Nitrato Amonio Full Top. A los 120 DDT solo se observó superioridad estadística en la concentración de N foliar empleando Urea con respecto al tratamiento Testigo. A los 150 DDT, todas las concentraciones de N foliar en los tratamientos evaluados fueron similares.

Se observa que en los tratamientos como especificados de liberación lenta (o con una mayor tecnología introducida en esos casos) no mostraron las mayores concentraciones de nitrógeno foliar respecto a sus pares, o similares tratamientos sin la tecnología de liberación lenta.

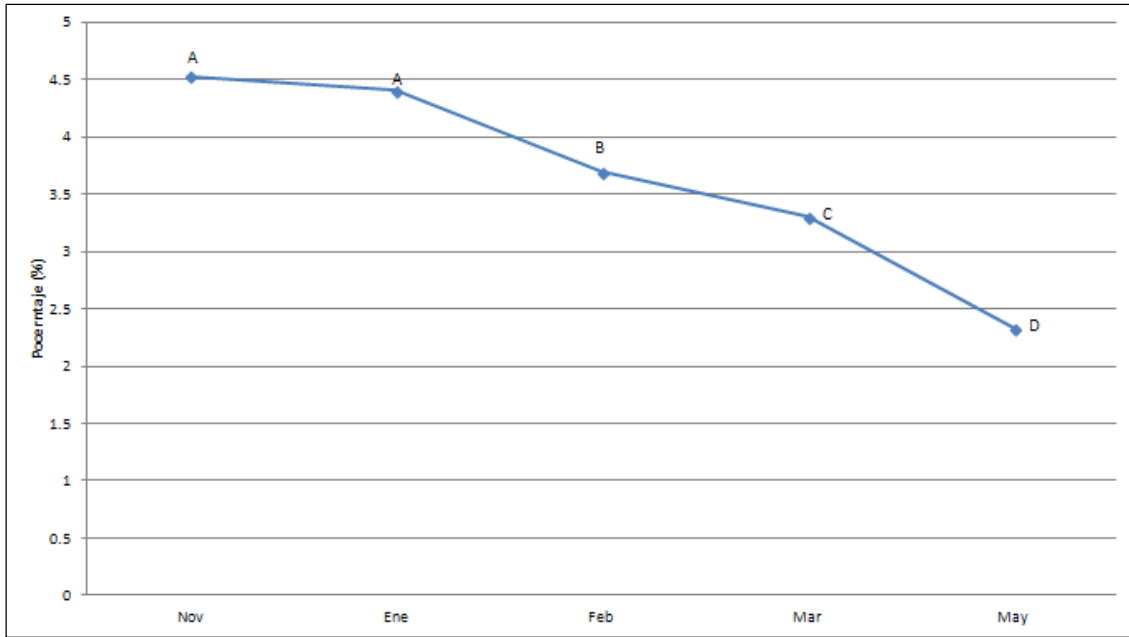
Estos resultados pueden estar relacionados a las fechas de evaluación al tipo de compuesto nitrogenado aportado por cada fertilizante; aunque se observó, que en la fase vegetativa las que obtuvieron las mayores concentraciones foliares fueron los tratamientos con la tecnología de liberación lenta (a los 45 – 60 DDT), y en la fase reproductiva, los tratamientos sin la tecnología de liberación lenta obtuvieron un mayor porcentaje de nitrógeno en las hojas, siendo la más importante la concentración registrada con la aplicación de Urea bajo ese periodo del cultivo (120 – 150 DDT).

**Cuadro 15: Concentración de nitrógeno foliar (%) en ají escabeche (*C. baccatum* var. *pendulum*) empleando fuentes nitrogenadas.**

TRATAMIENTO	Fecha de Evaluación				
	45 DDT	60 DDT	100 DDT	120 DDT	150 DDT
Urea Full Top	4.61 a	4.61 a	3.40 b	3.23 ab	2.33 a
Furia	4.63 a	4.78 a	3.84 ab	3.26 ab	2.30 a
Urea	4.24 a	4.13 b	3.78 ab	3.42 a	2.35 a
Nitrato Amonio Full Top	4.74 a	4.30 ab	3.37 b	3.40 ab	2.41 a
Nitrato Amonio	4.56 a	4.68 a	4.06 a	3.34 ab	2.28 a
Testigo	4.48 a	3.97 b	3.68 ab	3.22 b	2.26 a
Media General	4.55	4.41	3.70	3.32	2.31
CV (%)	7.90	6.77	9.73	4.35	10.42
ANVA	NS	**	*	*	NS

\*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan (0.05). DDT = Días Después de Trasplante.

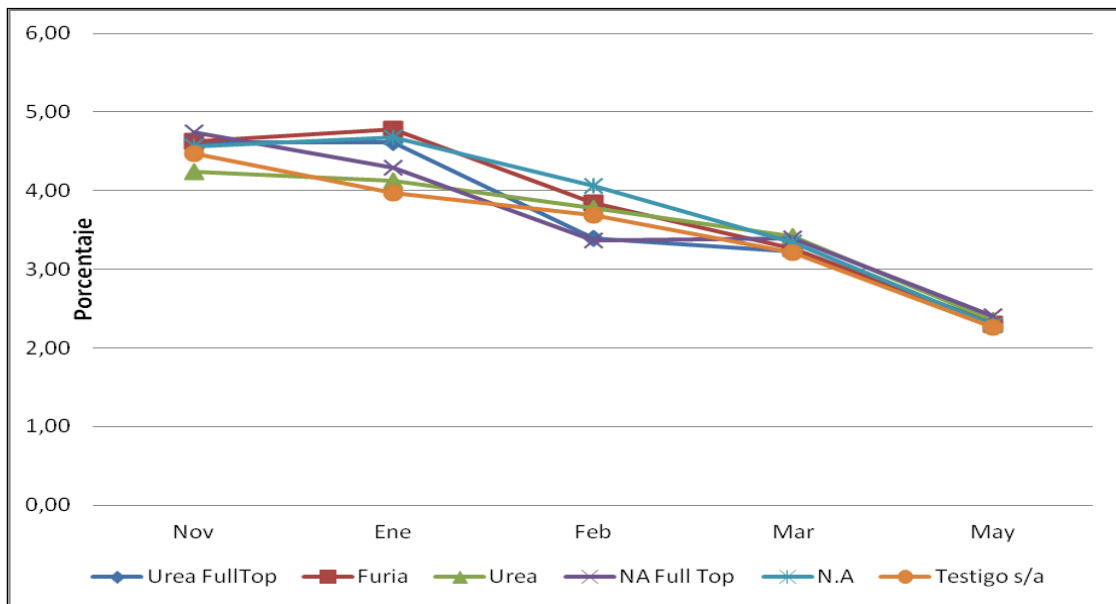
En la figura 13 se grafica la concentración promedio de N en cada fecha de muestreo a lo largo del ciclo fenológico del cultivo. Las concentraciones varían de 4.74% a 2.26%. Las mayores concentraciones de N foliar se registraron en los primeros muestreos (a los 45 y 60 DDT), en los estadios iniciales del cultivo, conforme el cultivo avanza en el tiempo el N foliar va disminuyendo, observándose la concentración más baja en el último muestreo (150 DDT).



Fechas de muestreo

**Figura 13: Concentración promedio de nitrógeno foliar en cada una de las fechas de muestreo en el cultivo ají escabeche empleando cinco fuente nitrogenadas.**

Esto concuerda con Mengel y Kirby (2000), que mencionan que el nitrógeno foliar es demandado en la planta por los frutos a partir de su aparición en la planta, por lo que este nutriente es trasladado constantemente hacia estos órganos de la planta tan pronto aparecen y este se explica por el efecto sumidero indicado por Evans (1984).



**Figura 14: Concentración promedio de nitrógeno foliar en cada una de las fechas de muestreo en *C. baccatum* var. *pendulum* en empleando fuentes nitrogenadas**

Las diferencias obtenidas en cada fecha de muestreo (cuadro 3) indican que la dinámica del nitrógeno interno fue distinta con cada producto o fertilizante nitrogenado utilizado. Se observó por ejemplo en el caso de la Urea que la concentración de nitrógeno no fue muy relevante al inicio del ciclo productivo, pero en la fase reproductiva tendió a tener la más alta concentración en el tejido foliar de la planta, y ello indicaría que habría una absorción importante o más en estos órganos, lo cual probablemente tuvo un impacto adverso en la acumulación de nitrógeno en el fruto que se desarrolló bajo ese tratamiento.

En cambio, en el caso del tratamiento Furia se observó lo inverso, dado que su concentración de nitrógeno foliar fue similar a los demás tratamientos al inicio del ciclo vegetativo, en el reproductivo tuvo también una concentración similar, lo cual indicaría que se distribuyó de forma adecuada este nutriente en toda la planta a lo largo del ciclo del cultivo, dado que estaría proveyendo más y probablemente en forma adecuada al fruto, que es el órgano que más demanda este nutriente en ese periodo fenológico, y además, en toda la planta. Marschner (1995) reporta que altas dosis de nitrógeno inducen a un excesivo crecimiento de los órganos vegetativos de la planta, lo que acarrearía que estas demanden nutrientes, y por ende compitan con los demás órganos de las plantas.

Se observa que el tipo de fertilizante nitrogenado influyó en la concentración de nitrógeno foliar durante el desarrollo del cultivo, observándose que en general las aplicaciones de fertilizantes con la tecnología de liberación lenta mostraron una repuesta y acumulación del nutriente nitrogenado diferente en el cultivo comparado con lo observado con los fertilizantes convencionales.



## V. CONCLUSIONES

- Los tratamientos con NA Full Top y Furia mostraron las mayores alturas de planta y los mayores pesos secos acumulados en la planta, así como los mayores porcentajes de nitrógeno foliar hasta antes de la formación de los frutos. Los tratamientos testigo y con aplicación de Urea mostraron las menores alturas y pesos secos.
- Los rendimientos de fruto de mayor a menor se dieron en el siguiente orden: Furia, NA Full Top, NA, Urea Full Top, Urea y Testigo. Los tratamientos aplicados con NA Full Top y Furia obtuvieron los mayores números de frutos y el menor número de frutos se observó en el tratamiento testigo.
- Los mayores porcentajes de calidad de fruto de primera, las mayores dimensiones de fruto y los mayores pesos promedio de fruto se registraron en los tratamientos NA Full Top y Furia. El tratamiento testigo mostraron los valores más bajos en estas variables.
- Los fertilizantes con la tecnología de liberación lenta superaron en la mayor cantidad de variables evaluadas(vegetativas, productivas y de calidad)a los fertilizantes convencionales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Establecer los tratamientos en estudio en diferentes ambientes edáficos, para evaluar el comportamiento de la fertilización nitrogenada con liberación lenta frente a los de liberación convencional.
- Evaluar la respuesta de los tratamientos en sistemas de riego de mayor tecnificación y eficiencia, como los presurizados, para conocer el potencial productivo de los fertilizantes evaluados en el estudio.
- Realizar estudios con combinaciones de insumos ecológicos u orgánicos para ver la interacción de estos insumos con los fertilizantes probados en el estudio.
- Evaluar rendimientos en cultivos que hayan utilizado sustratos de más de un ciclo ya que estos pueden contener cierto grado de nutrientes de aplicaciones de fertilizantes de la cosecha anterior.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTEAGA, F. 2012. Determinación de la curva de extracción y de la hoja a muestrear para análisis de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Tesis Mg. Sc. Lima, PE.
2. BARCELO, J; POSCHENRIEDER C; L. ANDREU; GUNSE B. 1988. "Cadmium induced structural and ultrastructural changes in the vascular system of bush bean stems". Bot. Acta, (101): 254–261.
3. BARKER, A.V. Y D.J. PILBEAM 2007. Handbook of Plant Nutrition. Boca Raton, Florida, United States. 22 - 23 p.
4. BERRIN, KATHERINE & LARCO MUSEUM. 1997. The Spirit of Ancient Peru: Treasures from the Museo Arqueológico Rafael Larco Herrera. New York: Thames and Hudson.
5. CHAPMAN HD, PRATT PF. 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Trillas. México, D.F. 195 P.
6. CIAMPITTI, I. y GARCÍA, F. 2007. Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes secundarios II. Hortalizas, Frutales y Forrajes. Archivo Agronomic N° 12 – 1.
7. DEMOLON, A.1966. Principios de Agronomía. Tomo II. Ed.Omega.Barcelona-España.253 p.
8. EDUCAR CHILE. s.f. Situación mundial del cultivo del pimiento. En: [ww2.educarchile.cl/.../=8859\\_1BU0IUUVFDSdNOIA===MUNDIAL%2...](http://ww2.educarchile.cl/.../=8859_1BU0IUUVFDSdNOIA===MUNDIAL%2...)
9. EVANS, L.T. (1984). Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur, Bs.As. 402 p.

10. FAO. 2007. Ecocrop, *Capsicum baccatum* var. *Pendulum*. (<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=4177>). Revisado el 01 de noviembre 2012.
  
11. FRANZEN, D; GOOS, J.; NORMAN, R.; WALKER, T.; ROBERTS, T.; SLATON, N.; ENDRES, G.; ASHLEY, R.; STARICKA, J. AND LUKACH, J. 2011. Field and laboratory studies comparing Nutrisphere-nitrogen urea with urea in North Dakota, Arkansas, and Mississippi. *Journal of Plant Nutrition*, 34:1198–1222.
  
12. GARCIA, R. 1994. Efectos de Niveles de Fertilización Simples y Compuestos en el Rendimiento y Calidad de los cultivares de Melón. Tesis UNALM.
  
13. GARCIA, R. F. 2011. “Reacción de 7 cultivares de *Capsicum* L. a diferentes densidades poblacionales del nematodo del nódulo *Meloidogine incognita* (Kofoid&Wite 1919) Chitwood 1949, a nivel invernadero”. Tesis UNALM. Lima Perú 133p.
  
14. GROSS, A. 1981. Abonos: Guía práctica de la fertilización. 7ma Edición Edit. Mundi. Prensa. 559 p.
  
15. HUA, Y; SCHRAMLA, M.; VON TUCHERA, S.; LIA, B, F.; SCHMIDHALTER, U. 2014. Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: A meta-analysis of recent studies in Germany. *International Journal of Plant Production* 8 (1), ISSN: 1735-6814.
  
16. ILLANES, M. Y R. VALDÉS. 2012. Tecnología avanzada en fertilizantes: Nitrógenos de lenta entrega. BOLETÍN TÉCNICO N°5. Departamento Técnico ASP Chile SA. 4 p.
  
17. INFOAGRO. s.f. Fertilizantes Nitrogenados de Liberación Lenta. Curso on line. <http://www.agri-nova.com/>
  
18. JARAMILLO, C. R. 2005. “Propuesta de manejo integrado de plagas en el cultivo de pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) en el fundo Agricultor-Viru la Libertad”.

Tesis para optar el título de Magister Agricultura en Manejo Integrado de Plagas. 101 p. UNALM. Lima-Perú.

19. JOVICICH, E., D.J. CANTLIFFE, S.A. SARGENT Y L.S. OSBORNE. 2004. Production of Greenhouse-Grown Peppers in Florida. Consultado el 5 de Abril de 2011. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs228>.
20. LEGG, JO; MEISINGER, J. 1982. Soil nitrogen budgets. In F.J. Stevenson et al (ed). Nitrogen in Agricultural Soils American Society of Agronomy. Agron. J. 22:503-557.
21. LINDQUIST, J; BARKER, D.; KNEZEVIC, S.; MARTIN, A. Y WALTERS, D. 2007. Comparative Nitrogen Uptake and Distribution in Corn and Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science 2007 55:102–110
22. MALAVOLTA, E; VITTI, GC; OLIVEIRA, AS. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201p.
23. MARSCHNER, H. 2005. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Second Edition. Págs. 564
24. MENGEL K. Y KIRKBY A. 2000. Principios de Nutrición vegetal. International PotashInstitute Ed., Switzerland. 4<sup>th</sup> Ed. 691 p.
25. MEYER, BS., ANDERSON D.B; BOHNIGN, R.H. 1996. Introducción a la Fisiología Vegetal. Editorial Universitaria. Buenos aires, Argentina. 579 p.
26. MIN CUI; XUECHENG SUN; CHENGXIAO HU; HONG J. DI; QILING TAN; CHANGSHENG ZHAO. 2011. Effective mitigation of nitrate leaching and nitrous oxide emissions in intensive vegetable production systems using a nitrification inhibitor, dicyandiamide. Journal of Soils and Sediments. July 2011, Volume 11, Issue 5, pp 722-730

27. MITCHELL, C.; WATTS, D. AND MOORE, P. 2012. Alternative N Sources for Corn and Cotton in Alabama. Bulletin 677. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 8 p.
28. NAVAJAS M, V. 2011. Efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa y la absorción de nutrientes en *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria híbrido Mulato*. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Facultad. Bogotá, 73 p.
29. NAVARRO, G; NAVARRO, S. 2000. Química Agrícola – El suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Edic. Mundi Prensa. Madrid España 488 p.
30. NICHÓ, P. 2004. Cultivo de Ají Escabeche (*Capsicum baccatum var. pendulum*). Programa Nacional de Investigación en Hortalizas. Estación experimental Donoso Huaral.
31. NORMAN, R.; ROBERTS, T.; ENOCHS, A.; SLATON, S. AND WILSON, CH. 2008. Evaluation of Agrotain and Nutrisphere Coated Urea Applied Preflood to Delayed-Flood Rice. The ASA Southern Regional Branch. February, 3-5.
32. NUEZ VIÑALS, F; RUÍZ MARTÍNEZ, J. J. 1995. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa Libros. Págs. 607
33. OLSON-RUTZ, R; JONES, C. Y PARIERA. 2011. Enhanced efficiency fertilizers. Montana State University - Extension. Copyright MSU Extension. 16 p.
34. SALISBURY F. ; ROSS C. 2003. Fisiología de las plantas. Thomson Ed. Spain Paraninfo S.A. Madrid, España. 988 pp.
35. SANCHO, H. 2010. Curvas de Absorción de Nutrientes: Importancia y Uso en los Programas de Fertilización. Informaciones Agronómicas-INPOFOS. 36: 1-3.
36. STEWART M. 2007. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronomicas, número 67.

37. TISDALE, S.; NELSON. 1991. Fertilidad del suelo y Fertilizantes. Ed. Limusa S. A. México. 760p.
38. URCIA, P. 2012. Extracción de Micronutrientes en dos cultivares de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo las condiciones del valle de Casma. Tesis UNALM. Lima Perú.
39. WARREN, H. L.; HUBER N, D. M.; NELSON, D. W.; MANN, O. W. 1975. Stalk Rot Incidence and Yield of Corn as Affected by Inhibiting Nitrification of Fall-applied Ammonium. *Agron. Journal*. 67: 655–660.
40. ZAGAL E; DEL POZO C; REYES N; PAULINO L; MUÑOZ C. s.f. efecto de un fertilizante nitrogenado de liberación lenta sobre el rendimiento de cultivos. XI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Chile, pp. 26.
41. ZAMBRANO V., C.A. 2011. Efecto de cuatro fuentes y dos dosis de nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de chile dulce (*Capsicum annum*) en casa malla. Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 20 p.
42. ZARATE V., P. K. 2012. “Efecto de la Densidad de Siembra en la producción y calidad de ají escabeche (*Capsicum baccatum* L.var. *Pendulum* (Willd.)Eshbaugh), en el valle de Casma”.Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 100 p. UNALM. Lima-Perú.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: ANÁLISIS DE VARIANCIAS

Anexo 1.1: ANVA de la concentración de nitrógeno foliar.

		NOV		ENE		FEB		MAR		MAY	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIGN
TRAT	5	0.12142	NS	0.44667	**	0.30742	NS	0.03642	NS	0.01075	NS
BLOQ	3	0.13042	NS	0.10278	NS	0.11819	NS	0.04153	NS	0.04042	NS
ERROR	15	0.12942		0.08911		0.12919		0.02086		0.05808	
TOTAL	23										
CV		7.90		6.77		9.73		4.35		10.42	

Anexo 1.2: ANVA de rendimiento.

		RDTO (t/ha)		RDTO (kg/parcela)		PESO INDIVIDUAL DE FRUTO		ALTURA DE PLANTA		NUMERO DE FRUTOS	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIGN
TRAT	5	1377712 82.1	**	2430.29	**	5372.97	**	499.475	NS	420.7416	**
BLOQ	3	1390522	**	245.288	**	142.49	*	118.042	NS	17.8194	NS
ERROR	15	6.5		9.413		34.1791		40.675		17.7861	
TOTAL	23	533627. 8									
CV		2.64		2.64		2.25		5.33		6.85	

Anexo 1.3: ANVA de las variables Pesos Frescos.

		HOJAS		TALLO		LONG. FRUTO		DIAM. FRUTO	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG
TRAT	5	4152.64	*	2093.17	NS	11.1216	**	1.398422	**
BLOQ	3	16364.7	**	7007.67	**	0.30988	NS	0.030853	NS
ERROR	15	1150.38		839.50		0.35965		0.02086	
TOT	23								
CV		10.91		8.19		5.08		4.87	



Anexo 1.4: ANVA de las variables de Calidad de Frutos.

		FRUTOS 1ra C		FRUTOS 2da C		FRUTOS 3ra C		LONG. FRUTO		DIAM. FRUTO	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIGN
TRAT	5	7.76983	**	0.50946	*	4.50059	NS	11.1216	**	1.398422	**
BLOQ	3	0.11458	NS	0.14313	NS	2.77241	NS	0.30988	NS	0.030853	NS
ERROR	15	0.54079		0.18575		14.3592		0.35965		0.02086	
TOT	23										
CV		24.60		26.24		212.9		5.08		4.87	

Anexo 1.5: ANVA de las variables % de Nitrógeno.

		FRUTOS DESC		%N en Frutos		% N en Hojas		% N en tallos		% N en raíz	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIGN
TRAT	5	0.06808	NS	0.05200	NS	0.09875	NS	0.00342	NS	0.01564	NS
BLOQ	3	0.00208	NS	0.02444	NS	0.02375	NS	0.00264	NS	0.00264	NS
ERROR	15	0.03913		0.03378		0.11875		0.01697		0.02086	
TOT	23										
CV		103.2		12.67		12.25		18.07		13.70	

Anexo 1.6: ANVA de las variables Pesos Secos.

		PS HOJAS		PS TALLO		PS RAIZ		PS FRUTO		PS TOTAL	
FV	GL	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIG	CME	SIGN
TRAT	5	222.908	NS	494.508	NS	105.657	NS	37.6938	NS	2145.69	NS
BLOQ	3	167.966	NS	78.1028	NS	172.130	NS	5.56708	NS	781.352	NS
ERROR	15	272.688		205.654		108.373		13.0878		1049.98	
TOT	23										
CV		20.65		12.07		20.50		5.82		10.40	

**ANEXO 2: ANALISIS DE SUELO REALIZADO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL.**

Laboratorio: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes – UNALM

Procedencia: Fundo Don Germán, Cañete (Lima).

	<b>pH</b> <b>(1:1)</b>	<b>CE</b> <b>(dS/m)</b>	<b>MO</b> <b>(%)</b>	<b>P</b> <b>(ppm)</b>	<b>K</b> <b>(ppm)</b>	<b>Arena</b> <b>(%)</b>	<b>Limo</b> <b>(%)</b>	<b>Arcilla</b> <b>(%)</b>	<b>CIC</b>
Muestra 1	7.27	2.14	2.15	29.5	422	50	32	18	12.80
						Textura: Franco			

### ANEXO 3: ANÁLISIS DE AGUA

Laboratorio: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes – UNALM

Procedencia: Fundo Don Germán, Cañete (Lima).

<b>pH</b>	7.06
<b>CE (dS/m)</b>	0.41
<b>Calcio (me/l)</b>	2.56
<b>Magnesio (me/l)</b>	0.49
<b>Potasio (me/l)</b>	0.11
<b>Sodio (me/l)</b>	1.9
<b>Suma de cationes</b>	4.85
<b>Nitratos (me/l)</b>	0.01
<b>Carbonatos (me/l)</b>	0.00
<b>Bicarbonatos (me/l)</b>	1.83
<b>Sulfatos (me/l)</b>	0.44
<b>Cloruros (me/l)</b>	2.50
<b>Suma de aniones</b>	4.78
<b>Sodio (%)</b>	34.85
<b>RAS</b>	1.37
<b>Boro (ppm)</b>	0.12
<b>Clasificación</b>	C2 – S1

## ANEXO 4: RENDIMIENTO DE FRUTO EN CADA FECHA DE COSECHA

### COSECHA 1.

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	3095.2	4523.8	3095.2	4047.6	3333.3	2857.1
II	3571.4	4761.9	3571.4	4285.7	4047.6	2857.1
II	4047.6	4523.8	3333.3	4047.6	3809.5	3095.2
IV	4047.6	5476.2	3214.3	5000.0	4285.7	3095.2
PROMEDIO	3690.5 cd	4821.4 a	3303.6 de	4345.2 b	3869.0 c	2976.2 e

### COSECHA 2.

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	3809.5	5000.0	3571.4	4523.8	4166.7	3095.2
II	4047.6	4523.8	3571.4	4166.7	4047.6	3571.4
II	3809.5	4285.7	3571.4	4404.8	3571.4	3333.3
IV	3571.4	4881.0	3571.4	4047.6	3333.3	3095.2
PROMEDI O	3809.5 c	4672.6 a	3571.4 cd	4285.7 b	3779.8 c	3273.8 d

### COSECHA 3.

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	3571.4	4761.9	3571.4	4285.7	4047.6	2381.0
II	3333.3	4523.8	2857.1	3809.5	3809.5	2619.0
II	3095.2	4285.7	2857.1	3571.4	3333.3	2381.0
IV	3571.4	5238.1	3571.4	4523.8	4047.6	2857.1
PROMEDIO	3392.9 c	4702.4 a	3214.3 c	4047.6 b	3809.5 b	2559.5 d

COSECHA 4.

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	4047.6	4761.9	3809.5	4285.7	4047.6	3095.2
II	3333.3	4047.6	3333.3	3571.4	3571.4	2619.0
II	3333.3	4285.7	2857.1	3571.4	3809.5	2619.0
IV	3571.4	4523.8	3333.3	4047.6	3571.4	2381.0
PROMEDI O	3571.4 cd	4404.8 a	3333.3 d	3869.0 b	3750.0bc	2678.6 e

COSECHA 5.

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	3333.3	4285.7	3333.3	3809.5	3571.4	2142.9
II	3571.4	4523.8	3333.3	4047.6	4047.6	2142.9
II	3095.2	4047.6	2619.0	3809.5	3571.4	2381.0
IV	4047.6	4761.9	3809.5	4523.8	4047.6	2857.1
PROMEDIO	3511.9 c	4404.8 a	3273.8 c	4047.6 b	3809.5 b	2381.0 d

COSECHA 6:

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	2142.9	3333.3	2142.9	2619.0	2381.0	1904.8
II	2619.0	3571.4	2142.9	2619.0	2381.0	1666.7
II	2381.0	3809.5	1904.8	2857.1	2381.0	1666.7
IV	2619.0	4047.6	2381.0	3333.3	2857.1	2142.9
PROMEDIO	2440.5 c	3690.5 a	2142.9 d	2857.1 b	2500.0 c	1845.2 e

## COSECHA 7

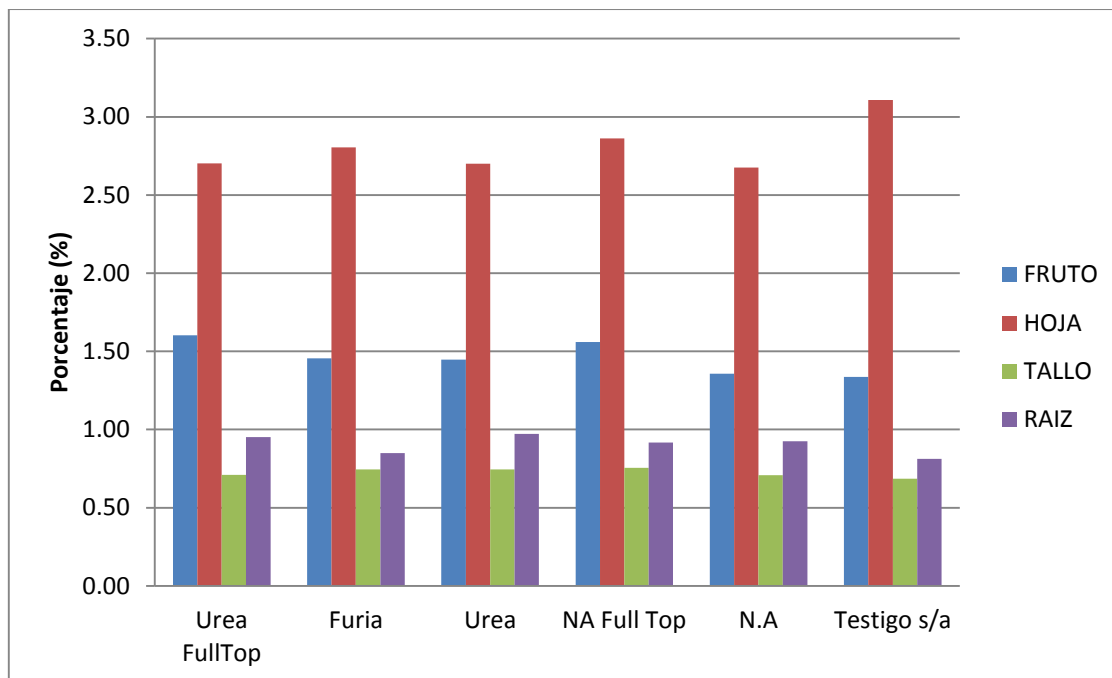
	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	1666.7	3333.3	1666.7	2619.0	2142.9	1428.6
II	2142.9	3095.2	1666.7	2142.9	2142.9	952.4
II	1904.8	3809.5	1666.7	2857.1	2381.0	1428.6
IV	2619.0	4047.6	2142.9	3095.2	2857.1	1666.7
PROMEDIO	2083.3 d	3571.4 a	1785.7 e	2678.6 b	2381.0 c	1369.0 f

## COSECHA 8

	UREA FULL TOP	FURIA	UREA	NA FULL TOP	NA	TESTIGO S/A
I	3333.3	5952.4	2857.1	4285.7	3809.5	2381.0
II	3571.4	6666.7	3095.2	4523.8	4047.6	2619.0
II	4047.6	6190.5	3809.5	4761.9	4761.9	2619.0
IV	4047.6	7142.9	4047.6	5714.3	5238.1	2857.1
PROMEDIO	3750.0 c	6488.1 a	3452.4 c	4821.4 b	4464.3 b	2619.0 e

## ANEXO 5: PORCENTAJE DE NITRÓGENO EN TODA LA PLANTA DEL CULTIVO

(Evaluado el 6 de Marzo)



### EN TODA LA PLANTA

	Urea Full Top	Furia	Urea	NA Full Top	N.A	Testigo s/a
FRUTO	1.60	1.46	1.45	1.56	1.36	1.34
HOJA	2.70	2.81	2.70	2.86	2.68	3.11
TALLO	0.71	0.745	0.745	0.755	0.7075	0.685
RAIZ	0.95	0.85	0.97	0.92	0.93	0.81

## CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN LA PLANTA

<b>% N FRUTOS</b>						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Urea FullTop	Furia	Urea	NA Full Top	N.A	Testigo s/a
I	2,0	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2
II	1,5	1,5	1,5	1,8	1,4	1,5
III	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	1,4
IV	1,4	1,4	1,3	1,8	1,2	1,3
Prom.	1,60	1,46	1,45	1,56	1,31	1,34

<b>% N RAIZ</b>						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Urea FullTop	Furia	Urea	NA Full Top	N.A	Testigo s/a
I	1,1	0,8	1,0	1,0	1,0	0,7
II	1,0	0,8	1,0	0,8	1,1	0,8
III	1,0	0,9	1,1	0,8	0,9	0,8
IV	0,8	0,9	0,8	1,0	0,8	1,0
Prom.	0,95	0,85	0,97	0,92	0,93	0,81