

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“COMPARATIVO DE FUENTES NITROGENADAS EN UN SUELO  
ARENOSO UTILIZANDO COMO CULTIVO INDICADOR AL MAÍZ  
(*Zea mays* L.), A NIVEL DE INVERNADERO”**

**Presentado por:**

**SOPHIA ELENA SALCEDO CANDELA**

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

**Lima – Perú**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mi hijo Pablo por ser la motivación que estuvo en mi vientre en todo el proceso de la tesis.

A mi familia, amigos y comunidad que siempre rezan y me animan a ser mejor persona.

A Dios por siempre cuidar de mí y regalarme tanta alegría en esta vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por siempre enseñarme a perseverar, y apoyarme siempre en mis ideas y proyectos.

Al Doctor Loli que ha sido desde que lo conocí como un padre que me ha guiado dentro de la carrera que tanto amo.

A los profesores que me guiaron y apoyaron en mi carrera: Castillo, Loli, Palomo, Carbonell y espero no olvidar a alguno más, gracias por haber contagiado siempre su amor por la agricultura y por enseñarme siempre a ser una correcta persona en cualquier lugar y frente a cualquier situación.

A mis amigos de la universidad los “titos”, por siempre brindarme su apoyo, sus sonrisas y sus consejos.

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de diferentes fuentes nitrogenadas, convencionales y líquidas, a diferentes dosis, teniendo un testigo en cada caso. Los parámetros evaluados en el cultivo de maíz a nivel de invernadero fueron principalmente biométricos, entre ellos altura, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco de raíz, peso seco de raíz y nitrógeno total. La interacción de la fuente del fertilizante nitrogenado y las diferentes dosis dieron como resultado una mayor diferencia significativa, a comparación de cada efecto evaluado de manera aislada. Se concluye que la interacción de una fuente nitrogenada principalmente un fertilizante líquido obtiene resultados significativos a comparación de una fuente convencional dentro del presente trabajo de investigación.

**Palabras clave:** Nitrógeno, Full Top e interacción.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1.	Los nutrientes y su importancia	3
2.2.	El nitrógeno (N)	3
2.3.	Ciclo del nitrógeno	4
2.4.	El nitrógeno en el suelo	5
2.5.	El nitrógeno en la planta	15
2.6.	Maíz como planta indicadora	20
2.7.	Fertilizantes nitrogenados	23
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>27</b>
3.1.	Localidad experimental	27
3.2.	Características del suelo	27
3.3.	Características del agua de riego	28
3.4.	Características climatológicas	28
3.5.	Cultivo indicador	28
3.6.	Fertilización	29
3.7.	Características del ensayo experimental	29
3.8.	Tratamientos en Estudio	30
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>37</b>
4.1.	Durante el crecimiento y desarrollo	37
4.1.1.	Porcentaje de emergencia	37
4.1.2.	Altura de plantas	37
4.1.3.	Número de hojas	44
4.1.4.	Diámetro de caña	50
4.2.	En la cosecha	55
4.2.1.	Peso fresco aéreo	55
4.2.2.	Peso seco aéreo	59
4.2.3.	Peso fresco de la raíz	64
4.2.4.	Peso seco de la raíz	68
4.2.5.	Nitrógeno total	72

4.3.	Residualidad	77
4.3.1.	Altura de plantas– residualidad	77
4.3.2.	Peso fresco aéreo – residualidad	81
4.3.3.	Peso seco aéreo – residualidad	86
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>91</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>92</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>93</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N° 01.</b>	Géneros principales de bacterias nitrificantes	10
<b>CUADRO N°02.</b>	Análisis de caracterización de suelo	27
<b>CUADRO N°03.</b>	Croquis de distribución aleatorizada de los tratamientos en el ensayo experimental	31
<b>CUADRO N°04.</b>	Distribución de tratamientos en cada Bloque	31
<b>CUADRO N° 05.</b>	Actividades efectuadas (Año 2012)	33
<b>CUADRO N° 06.</b>	Porcentaje de germinación de las semillas	37
<b>CUADRO N° 07.</b>	Promedio de la altura, incremento (cm.día <sup>-1</sup> ) y porcentaje respecto a la altura máxima (cm) en nueve fechas, por efecto de la interacción fuente por dosis de N.	39
<b>CUADRO N° 08.</b>	Altura promedio de las plantas (cm) por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno a los 37 días después de la siembra* (5ta evaluación).	40
<b>CUADRO N° 09.</b>	Resultados del efecto de la interacción de la fuente y dosis sobre la altura, comparación en parejas por el método estadístico de Tukey (5ta evaluación)	41
<b>CUADRO N°10.</b>	Efecto de las fuentes sobre la altura (5ta evaluación)	42
<b>CUADRO N°11.</b>	Efecto de las dosis sobre la altura (5ta evaluación)	43
<b>CUADRO N°12.</b>	Promedio del número de hojas, incremento (hojas.día <sup>-1</sup> ) y porcentaje respecto al número de hojas máximo en cuatro fechas, por efecto de la interacción.	45
<b>CUADRO N°13.</b>	Número de hojas promedio por planta por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno a los 51 días después de la siembra* (4ta evaluación).	46
<b>CUADRO N°14.</b>	Efecto de la interacción de los factores sobre el número de hojas (4ta evaluación)	46
<b>CUADRO N°15.</b>	Efecto de las fuentes sobre el número de hojas (4ta evaluación)	47
<b>CUADRO N°16.</b>	Efecto de las dosis sobre el número de hojas (4ta evaluación)	49
<b>CUADRO N°17.</b>	Promedio del diámetro de caña, incremento (cm.día <sup>-1</sup> ) y porcentaje respecto a la altura máxima en cuatro fechas, por efecto de las dosis	51
<b>CUADRO N°18.</b>	Diámetro de caña promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno a los 58 días después de la siembra*.	52
<b>CUADRO N° 19.</b>	Efecto de las fuentes sobre el diámetro de caña (4ta evaluación)	52

<b>CUADRO N°20.</b>	Efecto de las dosis sobre el diámetro de caña (4ta evaluación)	54
<b>CUADRO N°21.</b>	Peso Fresco aéreo promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*.	55
<b>CUADRO N°22.</b>	Efecto de la interacción sobre el peso fresco aéreo	56
<b>CUADRO N°23.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo	57
<b>CUADRO N°24.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo	58
<b>CUADRO N°25.</b>	Peso Seco aéreo promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*	60
<b>CUADRO N°26.</b>	Efecto de la interacción sobre el peso seco aéreo	61
<b>CUADRO N°27.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso seco aéreo	62
<b>CUADRO N°28.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso seco aéreo	63
<b>CUADRO N°29.</b>	Peso Fresco de la raíz promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*.	64
<b>CUADRO N°30.</b>	Efecto de la interacción sobre el peso fresco de la raíz	65
<b>CUADRO N°31.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso fresco de la raíz	66
<b>CUADRO N°32.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso fresco de la raíz	67
<b>CUADRO N°33.</b>	Peso Seco de la raíz promedio por planta por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*.	69
<b>CUADRO N°34.</b>	Efecto de la interacción de los factores sobre el peso seco de la raíz	70
<b>CUADRO N°35.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso seco de la raíz	71
<b>CUADRO N°36.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso seco de la raíz	72
<b>CUADRO N°37.</b>	Datos obtenidos en la prueba de Kjeldahl y conversión N total en planta, expresada en (g/maceta)	73
<b>CUADRO N°38.</b>	Nitrógeno total en planta (g/maceta) por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno en el momento de la cosecha*	73
<b>CUADRO N°39.</b>	Efecto de la interacción de los factores sobre el nitrógeno total por planta	74
<b>CUADRO N°40.</b>	Efecto de las fuentes sobre el nitrógeno total en planta, expresado en (g/maceta)	75
<b>CUADRO N°41.</b>	Efecto de las dosis sobre el nitrógeno total en planta, expresado en (g/maceta)	77
<b>CUADRO N°42.</b>	Altura promedio de las plantas (cm) por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*. – Residualidad	78



<b>CUADRO N°43.</b>	Efecto de las fuentes sobre la altura de plantas – Residualidad	79
<b>CUADRO N°44.</b>	Efecto de las dosis sobre la altura de plantas – Residualidad	80
<b>CUADRO N°45.</b>	Peso fresco aéreo – Residualidad, promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*.	81
<b>CUADRO N°46.</b>	Efecto de la interacción entre los factores, peso fresco aéreo – Residualidad	83
<b>CUADRO N°47.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo - Residualidad	84
<b>CUADRO N°48.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo - Residualidad	85
<b>CUADRO N°49.</b>	Peso seco aéreo – Residualidad, promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha*.	87
<b>CUADRO N°50.</b>	Efecto de la interacción de los factores sobre el peso seco aéreo – Residualidad	88
<b>CUADRO N° 51.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso seco aéreo (g) – Residualidad	89
<b>CUADRO N°52.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso seco aéreo (g) – Residualidad	90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRAFICO N° 01.</b>	Composición gráfica de la estructura de una molécula de clorofila y de la metionina	18
<b>GRÁFICO N°02.</b>	Efecto de las fuentes sobre la variación de la altura de las plantas en nueve	42
<b>GRÁFICO N°03.</b>	Efecto de las dosis sobre la variación de la altura de las plantas en nueve fechas	43
<b>GRÁFICO N°04.</b>	Variación del número de hojas por planta en cuatro fechas, por efecto de 4 fuentes nitrogenadas.	48
<b>GRÁFICO N°05.</b>	Variación del número de hojas por planta en cuatro fechas, por efecto de las dosis.	53
<b>GRÁFICO N°06.</b>	Variación del grosor de caña en cuatro fechas, por efecto de las fuentes	54
<b>GRÁFICO N°07.</b>	Variación del grosor de caña en cuatro fechas, por efecto de las dosis	55
<b>GRÁFICO N°08.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco aéreo	57
<b>GRÁFICO N°09.</b>	Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo	59
<b>GRÁFICO N°10.</b>	Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo	60
<b>GRÁFICO N°11.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco aéreo	60
<b>GRÁFICO N°12.</b>	Variación en gramos (g) del peso seco aéreo por efecto de las fuentes	62
<b>GRÁFICO N°13.</b>	Variación en gramos (g.) del peso seco aéreo por efecto de las dosis	63
<b>GRÁFICO N°14.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco de la raíz.	64
<b>GRÁFICO N°15.</b>	Variación del peso fresco de la raíz por efecto de las fuentes	66
<b>GRÁFICO N° 16.</b>	Variación del peso fresco de la raíz por efecto de las dosis	67
<b>GRÁFICO N°17.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco de la raíz.	69
<b>GRÁFICO N°18.</b>	Peso seco total de la raíz por efecto de las fuentes	71
<b>GRÁFICO N°19.</b>	Peso seco total de la raíz por efecto de las dosis	72
<b>GRÁFICO N° 20.</b>	Variación del nitrógeno total (g/maceta), efecto de la fuente nitrogenada	75

<b>GRÁFICO N° 21.</b>	Variación del N total por planta expresado en (g/maceta), efecto de las dosis	77
<b>GRÁFICO N° 22.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre la altura residual	78
<b>GRÁFICO N°23.</b>	Variación de la altura de las plantas por efecto de las fuentes – Residualidad	79
<b>GRÁFICO N°24.</b>	Variación de la altura de las plantas en centímetros por efecto de las dosis – Residualidad	80
<b>GRÁFICO N°25.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco aéreo residual.	82
<b>GRÁFICO N°26.</b>	Variación del peso fresco aéreo total por efecto de las fuentes en gramos (g) Residualidad	84
<b>GRÁFICO N°27.</b>	Variación del peso fresco aéreo total por efecto de las dosis en gramos (g) – Residualidad	86
<b>GRÁFICO N°28.</b>	Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco aéreo residual.	87
<b>GRAFICO N°29.</b>	Variación del peso seco aéreo – Residualidad, total por efecto de las fuentes, expresada en gramos (g).	89
<b>GRAFICO N°30.</b>	Variación del peso seco aéreo – Residualidad, total por efecto de las dosis, expresada en gramos (g).	90

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO N° 01:</b>	Análisis de caracterización de suelo	101
<b>ANEXO N° 02:</b>	Cuadro de temperaturas medias, históricas en la estación meteorológica Alexanver Von Humboldt de la UNALM	101
<b>ANEXO N° 03:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre la altura 5° evaluación y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	101
<b>ANEXO N° 04:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para la altura 5° evaluación	102
<b>ANEXO N° 05:</b>	Tukey de efectos simples para altura 5° evaluación	102
<b>ANEXO N° 06:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre número de hojas 4°evaluación y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	104
<b>ANEXO N° 07:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para el número de hojas 4°evaluación	105
<b>ANEXO N° 08:</b>	Tukey de efectos simples para el número de hojas 4° evaluación	105
<b>ANEXO N° 09:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el grosor de caña 4°evaluación y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	106
<b>ANEXO N° 10:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso fresco aéreo y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	107
<b>ANEXO N°11:</b>	Analisis de variancia de efectos simples para el peso fresco aéreo	108
<b>ANEXO N°12:</b>	Tukey de efectos simples para peso fresco aéreo	108
<b>ANEXO N°13:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso seco aéreo y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	110
<b>ANEXO N°14:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para peso seco aéreo	111
<b>ANEXO N° 15:</b>	Tukey de efectos simples para peso seco aéreo	111
<b>ANEXO N° 16:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso fresco de la raíz y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	113
<b>ANEXO N° 17:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para peso fresco de la raíz	114
<b>ANEXO N° 18:</b>	Tukey de efectos simples para peso fresco de la raíz	114

<b>ANEXO N° 19:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso seco de la raíz y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	116
<b>ANEXO N° 20:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para peso seco de la raíz	117
<b>ANEXO N° 21:</b>	Tukey de efectos simples para peso seco de la raíz	117
<b>ANEXO N° 22:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el nitrógeno total por maceta y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	119
<b>ANEXO N° 23:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para el nitrógeno total por maceta	120
<b>ANEXO N° 24:</b>	Tukey de efectos simples para nitrógeno total por maceta	120
<b>ANEXO N° 25:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre la altura residual y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	122
<b>ANEXO N° 26:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso fresco residual y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	123
<b>ANEXO N° 27:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para peso fresco residual	124
<b>ANEXO N° 28:</b>	Tukey de efectos simples para peso fresco residual	124
<b>ANEXO N° 29:</b>	Análisis de variancia del efecto de factores principales e interacción sobre el peso seco residual y comparaciones tukey por efecto del fertilizante y dosis.	126
<b>ANEXO N° 30:</b>	Análisis de variancia de efectos simples para peso seco residual	127
<b>ANEXO N° 31:</b>	Tukey de efectos simples para peso seco residual	127

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en el Perú cuenta con 2 500 000 de has cultivadas, de las cuales el estimado de superficie agrícola bajo riego por goteo son unas 90 000 has aproximadamente, lo que representa el 3.6 por ciento del área cultivable. Las mismas que se localizan principalmente en condiciones de Costa. (Boletín Misti, 2012)

Son muchos los cultivos que en la actualidad resultan atractivos no sólo para el mercado nacional, sino que muchos de ellos han ingresado a ser productos exportables no tradicionales, como el espárrago, páprika, mango, banano, entre muchos más. No cabe duda que en un mundo globalizado, estamos en la búsqueda constante de optimizar la producción, implementando con tecnología, precisión y personal calificado, la agroindustria peruana.

Dentro de la normativa peruana, la importación y comercialización de fertilizantes es libre y no requiere de ningún registro por ninguna entidad estatal, además las últimas modificaciones arancelarias, realizada a fines del 2006, redujo a 0 por ciento el pago de aranceles para los fertilizantes, motivo por el cual existe una gran importación de éstos, conjuntamente al incremento del área agrícola cultivable que se registra año a año en el país.

Ahora siendo más específicos, el fertilizante más usado por la agroindustria es el nitrógeno debido a que éste es uno de los macronutrientes que junto con el agua, son los principales factores limitantes de las plantas (Vitousek et al., 1982).

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, ya que es un constituyente de todas las proteínas, puede encontrarse en diversos estados de oxidación y reducción. Es absorbido por las raíces generalmente bajo las formas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que son formas muy inestables en el suelo por lo cual su determinación como nitrógeno disponible no es práctica. El nitrógeno tiene una dinámica especial en el suelo, ya que los compuestos asimilables son fáciles de sufrir pérdida ya sea por lixiviación o por volatilización.

Debido a esta problemática muchas empresas del rubro de los fertilizantes buscan paliar dicho problema importando nitrogenados de liberación lenta, liberación controlada, con inhibidores de la ureasa y/o nitrificación y otros cubiertos con polímeros, sin dejar de lado a los granulados y/o tradicionales. En el 2011 se importaron 382 875 toneladas de urea, es decir unos US\$159.32 millones (FOB) (Boletín corporación Misti, 2012)

Según la información recogida por la Corporación Misti, éstos indican que la importación de fertilizantes nitrogenados va en aumento desde años anteriores, siendo la urea el nitrogenado con mayor volumen de importación, seguidos de el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, según lo reportado en el año 2010 se importaron alrededor de 438 000 toneladas de urea, seguidamente de 123 000 toneladas de Nitrato de Amonio y por último 121 000 toneladas de Sulfato de Amonio. (Boletín corporación Misti, 2012)

Es así que el nitrógeno, en la agricultura, es uno de los factores limitantes más importante del crecimiento. La aplicación de fertilizantes nitrogenados es el factor que determina los efectos más trascendentales en términos de aumento de la productividad en los cultivos (Villagarcía, 1975). El uso racional y eficiente de los fertilizantes nitrogenados es de suma importancia para obtener un máximo beneficio económico en el cultivo, es por ello que se debe conocer el comportamiento del nitrógeno en el suelo para evitar o paliar pérdidas de éste.

Por las razones anteriormente expuestas, se realizó el presente trabajo de investigación, por lo que se utilizó al maíz como planta indicadora debido a su alto poder extractivo de nutrientes por ser una planta C4, tratando de encontrar la eficiencia de las fuentes de lenta solubilidad. Para este objeto se plantearon los siguientes objetivos:

- Comparar la eficiencia de cuatro fuentes nitrogenadas, convencionales y no convencionales en el cultivo del maíz, a nivel de macetería.
- Evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilización nitrogenadas sobre los componentes del rendimiento en el maíz.
- Determinar el efecto de las dosis crecientes en los productos nitrogenados utilizados.
- Determinar la eficiencia del N Full top en comparación con otras fuentes comerciales.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. LOS NUTRIENTES Y SU IMPORTANCIA**

Todas las plantas superiores requieren los mismos nutrientes, aunque existe un pequeño número de excepciones. Para las plantas cultivadas en condiciones intensivas, el objetivo del agricultor es, habitualmente impedir que el suministro de nutrientes imponga limitaciones de rendimientos. Para actuar así, es necesario que las plantas dispongan de todos los nutrientes minerales esenciales y que la velocidad de suministro de cada uno sea, al menos, igual a la demanda de los cultivos. (Wild, 1989)

Según Arnon y Stout un elemento es esencial para los vegetales si: a) su carencia hace imposible que se completen las fases vegetativas o reproductoras que componen el ciclo vital de la planta; b) la deficiencia es específica y no puede ser prevenida o corregida más que con el aporte de este elemento; y c) el elemento está directamente relacionado con la nutrición de la planta, independientemente de que pueda presentar otros posibles efectos en la corrección de alguna condición química o microbiana desfavorable del suelo o de los medios de cultivo. Para poder satisfacer la condición c), las funciones biológicas y bioquímicas del elemento han de ser perfectamente conocidas. (Wild, 1989)

Los elementos que actualmente se consideran esenciales para las plantas superiores son:

1. Macronutrientes: carbono, hidrógeno y oxígeno; nitrógeno, fósforo y potasio (sus carencias son frecuentes y constituyen los componentes principales de los fertilizantes comerciales); calcio, magnesio y azufre (sus carencias son menos frecuentes, pueden adquirir cierta importancia en condiciones locales o regionales).
2. Micronutrientes: hierro, manganeso, cobre, cinc, boro, molibdeno y cloro.

### **2.2. EL NITRÓGENO (N)**

El nitrógeno está presente en la atmósfera, en la hidrósfera y en la litósfera, es un elemento esencial para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de las plantas y es totalmente volátil por calcinación. (Navarro, G. 2003)



El nitrógeno es el elemento con mayor probabilidad de limitar el crecimiento de las plantas, debido a que interviene en la formación de aminoácidos y proteínas y estos a su vez intervienen en el crecimiento de los diversos órganos de la planta aumentando la superficie foliar y la masa protoplasmática. Su deficiencia se manifiesta en las partes activas del crecimiento de las plantas. (Black, 1975)

Es un nutriente esencial para el crecimiento de los vegetales. Es absorbido por las raíces generalmente bajo las formas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Su asimilación se diferencia en el hecho de que el ión nitrato se encuentra disuelto en la solución del suelo, mientras que gran parte del ión amonio está adsorbido sobre las superficies de las arcillas. (Navarro, G. 2003)

El suelo contiene sólo una fracción minúscula del N de la litósfera, sólo una proporción muy pequeña está disponible directamente para las plantas, en forma de iones  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . El nitrógeno es un elemento muy móvil que circula entre la atmósfera, el suelo y los organismos vivos. Muchos procesos y factores están implicados en este ciclo del N, algunos son físico-químico y otros biológicos. (Navarro, G. 2003).

### **2.3. CICLO DEL NITRÓGENO**

El nitrógeno es uno de los macronutrientes en circulación más significativo en ecosistemas terrestres, tanto desde un punto de vista ecológico como económico. Junto con el agua y el fósforo, es el principal factor limitante de las plantas (Vitousek et al., 1982) y, aunque elementos como el potasio y el fósforo aumentan la productividad primaria en algunas circunstancias, el nitrógeno es el nutriente que más eleva la producción primaria. (Wight y Black, 1979)

La mayoría de los seres vivos sólo pueden utilizar el nitrógeno combinado, por eso la fracción orgánica edáfica supone el potencial de nitrógeno disponible más elevado, se cifra en  $1.5 \times 10^5 \text{Tg}$ . (Jenkinson, 1990).

A pesar de que la mayoría de los ecosistemas terrestres tienden a conservar un ciclo del nitrógeno cerrado, las pérdidas de nitrógeno con frecuencia son importantes. Los datos que cuantifican las pérdidas de nitrógeno son dispares (Vitousek et al., 1982).

Se considera que por volatilización se pierden anualmente 13 - 23 Tg, por lixiviación alrededor de 30 Tg N/año, a través de los óxidos de nitrógeno originados en la desnitrificación 1 - 44 Tg N/año y por erosión 2 - 20 Tg N/año (Rosswall y Panstian, 1984). Otros autores estiman que por volatilización se pierden 113 - 244 Tg N/año, por lixiviado 18 - 33 Tg N/año y por desnitrificación 107 - 161 Tg N/año.

Las transformaciones del nitrógeno en la biósfera consisten en una serie de reducciones y oxidaciones sucesivas entre los estados de oxidación (-3) y (+5), que convierten el nitrógeno molecular en formas metabolizables por las plantas, animales y microorganismos. A nivel edáfico en torno al 95 por ciento del nitrógeno que circula al año se localiza en el sistema suelo—microorganismos—plantas. (Rosswall, 1976)

Las etapas principales que constituyen el ciclo del nitrógeno son: Fijación, mineralización, nitrificación y desnitrificación.

## **2.4. EL NITRÓGENO EN EL SUELO**

### **2.4.1. Fijación de nitrógeno**

#### **2.4.1.1. Fijación biótica**

La atmósfera supone una vasta reserva de  $N_2$  molecular, sin embargo este no está inmediatamente disponible para el uso de las plantas superiores. Los procariontes son capaces de reducir  $NH_3$  directamente usando N atmosférico. De las 47 familias conocidas de bacterias, 11 son capaces de reducir  $N_2$  a  $NH_3$  y de las 8 familias de cianobacterias, 6 pueden efectuar esta reducción. Se puede decir, entonces, que es una propiedad exclusiva de ciertos procariontes unos de vida libre y otros que viven en asociaciones simbióticas. El proceso consiste en una reducción del nitrógeno atmosférico hasta amoníaco, asimilable por los microorganismos en forma orgánica como glutamina (Wolk et al., 1976).

Entre las cianobacterias, grupo primitivo de organismos. Podemos destacar *Nostoc*, *Aulosira* y *Anabaena*.

La fijación del nitrógeno atmosférico es un proceso que realizan los microorganismos poseedores de la enzima nitrogenasa que sufre una inhibición irreversible cuando se expone a la acción del oxígeno (Wong y Burris, 1972). Los microorganismos diazotróficos que obtienen energía mediante un metabolismo aerobio superan este problema desarrollando sistemas protectores que les permiten mantener la enzima en un ambiente anaerobio (Silvester et al., 1988). Este proceso se estudió en suelos encharcados y se señaló que la fijación aerobia y la anaerobia son perfectamente compatibles en el mismo suelo, pues se forma un mosaico de microambientes aerobios y anaerobios que permite el desarrollo de ambas microfloras (Magdoff y Bouldin, 1970).

La cantidad de  $N_2$  fijado puede variar considerablemente de un lugar a otro, dependiendo mucho de factores edáficos como el pH del suelo, P disponible, Potasio, la presencia de metales pesados y el régimen de humedad del suelo. La fijación es más bien lenta en las tierras de cultivo, pero en los pastos y bosques, en menor grado, en los arrozales, la fijación biológica del nitrógeno son una importante fuente de N para las plantas.

En la mayor parte de los casos las bacterias fijadoras de  $N_2$  viven en la rizosfera o eventualmente en la superficie radicular de las plantas y en los espacios intercelulares de las células de la epidermis de las raíces. Se supone que el mucilago excretado por las células de los extremos de la raíz puede favorecer el desarrollo de bacterias fijadoras de  $N_2$ . Las especies C-4 como el maíz son principalmente infectadas por *A. lipoferum*.

Todos estos microorganismos son los responsables de la fijación de  $N_2$ , es decir, la conversión del  $N_2$  molecular a una forma orgánica.

Los microorganismos capaces de fijar  $N_2$  también pueden vivir en simbiosis con las plantas superiores, desde el punto de vista agrícola la asociación simbiótica *Rhizobium*-leguminosa es de particular importancia. Es la relación más estudiada y que mejor se conoce, de ésta actividad simbiótica, surgen 90 millones de toneladas de nitrógeno cada año, aunque el grado de efectividad de esta asociación varía con numerosos factores (Campbell, 1985). Existen además gran número de simbiosis entre plantas criptógamas y fanerógamas con bacterias, como la formada entre no—leguminosas y actinomicetos del género *Frankia*

La intensidad de la reducción de  $N_2$  depende del suministro de carbohidratos.

El Cu parece ser esencial en la fijación del  $N_2$ .

#### 2.4.1.2.Fijación abiótica

Una pequeña cantidad de N<sub>2</sub> atmosférico se fija por descargas eléctricas en la atmósfera, rayos, que resultan en una oxidación del N<sub>2</sub>. (Sasser y Binkley, 1989). La precipitación, que deposita NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y la adsorción gaseosa de NH<sub>3</sub> son otras vías de entrada del nitrógeno atmosférico en el medio telúrico, que introducen en los ecosistemas desde cantidades insignificantes hasta 50 kg N/ha. Año, en virtud de la situación geográfica y de la proximidad a la fuente de nitrógeno (Stevenson, 1986).

#### 2.4.2. Mineralización y amonificación

Los sustratos orgánicos sufren un largo proceso de degradación, mediado por la microflora edáfica, que culmina con la transformación de los restos orgánicos en nitrógeno inorgánico asimilable por los vegetales y por los propios microorganismos (Dalal, 1979). Algunos indican que la cantidad de nitrógeno mineral que se produce cada año oscila entre el 5 y el 10 por ciento del nitrógeno total del suelo, mientras que otros calculan una tasa de transformación entre el 1 y el 4 por ciento (Alexander, 1980). Se señala que en suelos no fertilizados el nitrógeno necesario para la producción primaria se obtiene principalmente a través de la mineralización (Smith et al., 1986).

Los microorganismos proteolíticos fragmentan las proteínas en unidades menores hasta aminoácidos libres. Esta etapa se puede considerar como un primer paso dentro del complejo proceso de la degradación de la materia orgánica, en el que interviene una amplia variedad de microorganismos con actividades enzimáticas dispares y específicas para cada sustrato orgánico. La microflora proteolítica actúa en las etapas iniciales de la mineralización de los compuestos orgánicos nitrogenados y a continuación participan los microorganismos amonificantes que rinden amonio como producto final del proceso degradativo (Anderson, 1978). Hay que tener en cuenta, además, que proteólisis y amonificación son dos procesos sucesivos que están asociados, pues existen estirpes de microorganismos que son, a la vez, proteolíticos y amonificantes. Se señala también que la actividad proteolítica en hongos, bacterias aerobias, anaerobias estrictas y facultativas, lo que refleja un grupo funcional muy diverso y heterogéneo. En especies de *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Serratia* y *Micrococcus* hay bacterias que degradan fácilmente proteínas puras. En los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicilium* y *Rhizopus* hay hongos que presentan enzimas proteolíticos (Alexander, 1980).

Los amonificantes que liberan amonio como producto final de la mineralización, constituyen un grupo fisiológico que, como los anteriores, es muy dispar. Son numerosos los hongos y bacterias que atacan alguna forma de nitrógeno orgánico liberando amonio y la velocidad de descomposición de los sustratos nitrogenados varía con los géneros y especies. La mayoría de las bacterias heterótrofas del suelo liberan amonio cuando utilizan compuestos orgánicos nitrogenados como fuente de carbono (Alef y Kleiner, 1986).

Los microorganismos amonificantes son tanto aerobios como anaerobios y hay algunos capaces de formar esporas de resistencia viables tras periodos adversos, bien por falta de humedad, carencia de nutrientes o condiciones desfavorables de aerobiosis o de anaerobiosis (Alexander, 1980).

Se considera que la humedad y la temperatura son los factores abióticos primarios que influyen en la mineralización del nitrógeno en el sistema suelo—planta. El intervalo de humedad durante el cual los microorganismos amonificantes se muestran activos es muy amplio. El papel de la humedad en la amonificación se resalta en suelos secados al aire aprecian que el 80-90 por ciento de la transformación de nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral ocurre gracias a la humedad retenida en el complejo poroso del suelo (Stanford y Epstein, 1974).

El pH es otro factor a considerar. En suelos tropicales la tasa de amonificación aumenta según disminuye el pH. En el intervalo de pH entre 5.5 y 6.0 se señala la actividad máxima, incluso a pH 4.4 se mantiene en unos niveles considerables (Sahrawat, 1982)

#### 2.4.3. Fijación del amonio

El amonio se adsorbe a los minerales arcillosos negativamente cargados por sus propiedades catiónicas, puede estar unido selectivamente a arcillas 2:1 como illita, vermiculita y montmorillonita. El amonio y el K compiten por lo tanto, por los mismos puntos de unión selectivos dentro de la estructura de las arcillas. El amonio retenido no es susceptible de escapar del ecosistema por lixiviado e incluso representa un depósito de nitrógeno mineral que supone un aporte continuo de este elemento para el desarrollo de las plantas (Nommik y Vahtras, 1982).

Al analizar un gran número de muestra de suelo encontró que entre el 5 por ciento y 6 por ciento del N total de en los horizontes superiores de suelo estaba presente en forma de  $\text{NH}_4^+$  fijado, mientras que en las zonas más profundas del perfil, donde el contenido de arcillas era más alto, la proporción de  $\text{NH}_4^+$  fijado llegaba hasta un 20 por ciento o más.

Como consecuencia de los procesos de adsorción y fijación, la movilidad del  $\text{NH}_4^+$  en estos suelos es esencialmente menor que las del  $\text{NO}_3^-$  y por esta razón el N se lixivia principalmente en forma de  $\text{NO}_3^-$  y solo una parte muy pequeña en forma de  $\text{NH}_4^+$ . En la solución suelo la concentración de  $\text{NO}_3^-$  es normalmente mucho mayor que de la de  $\text{NH}_4^+$  excepto en suelos ácidos.

#### 2.4.4. Nitrificación

La oxidación biológica del amonio a nitrato se conoce como nitrificación. La nitrificación se realiza en dos etapas, pues los microorganismos no poseen el juego enzimático completo capaz de producir nitrógeno nitrato a partir de nitrógeno amonio. En una primera etapa el amonio se oxida hasta nitrito y, posteriormente, el nitrito es oxidado a nitrato. Ambos procesos son exergónicos y suministran energía tanto a la microflora nitrificante nitrosa, que produce nitrito, como a los microbios nitrificantes nítricos, que originan nitrato. Mientras que la última etapa ocurre en un solo paso, la oxidación de  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$  sucede a través de varios compuestos intermedios no identificados perfectamente que difieren en su estado de oxidación (Bremner y Blackmer, 1981).

Numerosas bacterias heterótrofas y hongos pueden oxidar formas reducidas de nitrógeno y producir nitrito y nitrato. Sin embargo las bacterias nitrificantes que predominan en la naturaleza son autótrofas y quimiolitótrofas. Las bacterias nitrificantes. Tanto nitrosas como nítricas, pertenecen a la familia *Nitrobacteriaceae*, con microorganismos de cinco géneros que oxidan el nitrógeno amonio hasta nitrógeno nitrito y con microorganismos de cuatro géneros que oxidan éste último hasta nitrato (Focht y Verstraete, 1977).

**Cuadro N° 01.** Géneros principales de bacterias nitrificantes

Oxidantes de amonio	Oxidantes de nitrito
<i>Nitrosomonas</i>	<i>Nitrobacter</i>
<i>Nitrosobolus</i>	<i>Nitrospira</i>
<i>Nitrosospira</i>	<i>Nitrococcus</i>
<i>Nitrosococcus</i>	<i>Nitrospina</i>
<i>Nitrosovibrio</i>	

Fuente: Bhuija y Walker (1977) citado por (Konrad y Kirkby, 2001)

Hay 2 grupos de bacterias muy especializadas, unos en la oxidación del  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  y otro en la oxidación del  $\text{NO}_2^-$  al  $\text{NO}_3^-$ . Los géneros oxidantes del amonio incluyen *Nitrosomonas*, *Nitrosobolus* y *Nitrosospira*, algunos destacan a *Nitrosobolus* ya que se ha encontrado indistintamente en cualquier suelo. (Bhuija y Walker, 1977, citado por Konrad y Kirkby, 2001). El nitrito producido por los autótrofos oxidantes del amonio es oxidado rápidamente a nitrato por especies de *Nitrobacter*. Los oxidantes del amonio como los oxidantes del nitrito son obligadamente aeróbicos. En suelos inundados la oxidación del  $\text{NH}_4^+$  se ve restringida. Las bacterias nitrificantes prefieren un pH de suelo neutro o levemente ácido. Generalmente el  $\text{NO}_2^-$  no se acumula en el suelo, ya que el  $\text{NO}_2^-$  formado es rápidamente oxidado por los *Nitrobacter*.

Las condiciones que determinan los hábitats óptimos para la actividad nitrificante son más estrictas que en los restantes grupos fisiológicos, ya que la nitrificación es una etapa que realiza un grupo restringido de bacterias. Los parámetros más importantes que controlan la nitrificación son: pH, humedad, presión parcial de oxígeno y temperatura (Focht y Verstraete, 1977). A ellos podríamos añadir textura, contenido de materia orgánica, concentración de dióxido de carbono y capacidad de cambio del suelo. Otro factor que actúa sobre la actividad nitrificante es la concentración de amonio. (Mahendrappa et al., 1976).

El pH es el factor que manifiesta un control más estricto sobre los microorganismos que oxidan el N-  $\text{NH}_4^+$  (Dommergues et al., 1978). El intervalo idóneo de pH para *Nitrobacter*

es de 6.2 a 7.0. Mientras que para *Nitrosomonas* la actividad máxima se encuentra a pH superior a 7.6 (Alexander. 1980). A pH inferior a 5.0 la nitrificación autótrofa desciende drásticamente. Mientras que se mantiene la acción heterótrofa que es considerable en suelos ácidos con pH entre 3.0 y 5.4, se destaca que la nitrificación autótrofa óptima ocurre entre 6.0 y 7.5. (Sahrawat, 1982).

Los microorganismos nitrificantes se dispondrían sobre la superficie de las partículas del suelo de tal manera que su actividad evitaría la difusión del oxígeno hacia el interior de las partículas, lugar donde ocurrirían otras etapas del ciclo del nitrógeno, como la desnitrificación, proceso que realizan microorganismos que se desarrollan en los espacios deficitarios en oxígeno. (Tate, 1985).

Como la nitrificación es tan escasa a temperaturas bajas, conviene usar en proporción menor los fertilizantes amoniacales en los meses fríos, ya que se puede acumular el amonio y ejercer un efecto tóxico sobre los cultivos de plantas de interés agrícola (Niemiera y Wright, 1987). Se postula que existe un control climático sobre las relaciones temperatura—actividad en la nitrificación, produciéndose en climas fríos adaptaciones de los microorganismos para mantener la actividad a temperaturas bajas. (Malhi y McGill, 1982).

Las bacterias nitrificantes oxidan tanto el  $\text{NH}_4^+$  liberado por la amonificación con el  $\text{NH}_4^+$  aplicado como fertilizante. El  $\text{NH}_4^+$  del fertilizante es también convertido en nitrato. La velocidad a la cual ocurre esta transformación depende de las condiciones ambientales prevalecientes de suelo. En la práctica a menudo se dan casos donde se aplica al suelo  $\text{N-NH}_4^+$  pero el cultivo lo absorbe principalmente como  $\text{N-NO}_3^-$

#### - **Inhibidores de la nitrificación**

Se ha desarrollado productos inhibidores de la desnitrificación para evitar grandes pérdidas de  $\text{NO}_3^-$  como resultado de la desnitrificación o lavado. Estos inhibidores bloquean la oxidación del  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$  por varias especies de *Nitrosomonas*, *Nitrosocystus* y *Nitrosospira* (Bhuija y Walker 1977, citado por Konrad y Kirkby, 2001).



#### 2.4.5. Desnitrificación

En condiciones anaerobias el nitrato puede servir como último aceptor de electrones en la cadena respiratoria, en una reducción desasimilatoria que genera ATP y que rinde formas gaseosas reducidas de nitrógeno como  $\text{NO}^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ , que escapan del ecosistema. Esta ruta de reducciones y oxidaciones de las formas minerales de nitrógeno que constituye la desnitrificación es un proceso biológico que se esquematiza con la siguiente secuencia como la vía más probable: (Payne, 1973)



Se considera como microorganismos desnitrificantes en sentido estricto a aquellos que producen  $\text{N}_2$  a partir de  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo hay numerosas bacterias sin la actividad enzimática necesaria para realizar el último paso y por tanto rinden como producto final  $\text{N}_2\text{O}$ , que puede escapar del suelo. En cada etapa de este proceso interviene una enzima distinta y son pocos los microorganismos que poseen la capacidad enzimática para realizar todas las transformaciones, pero en cualquier caso en el suelo se complementan las actividades desnitrificadoras parciales de la microflora y se produce  $\text{N}_2$  que se libera a la atmósfera. (Ingraham, 1981).

La microflora desnitrificante, al igual que los grupos fisiológicos antes citados, es muy heterogénea, con microorganismos que pueden desarrollarse en circunstancias muy diferentes.

La cantidad de N que puede perderse del sistema suelo por desnitrificación puede variar enormemente. Estas pérdidas de N gaseoso pueden oscilar desde el 5 por ciento al 50 por ciento del total del N aplicado. Incluso en suelos cultivables aireados pueden darse algunas pérdidas de N por desnitrificación ya que a menudo el  $\text{O}_2$  no está uniformemente distribuido a lo largo de todo el suelo y algunas partes del perfil puede ser anaeróbicas.

Entre el 30 y el 50 por ciento del nitrógeno que se aplica como fertilizante se pierde a través de la desnitrificación (Jagnow y Söchtig, 1983). Otros elevan esta tasa hasta el 70 por ciento. (Mikkelsen, 1987). Si se consideran todas las formas nitrogenadas gaseosas, las fugas se elevan hasta 10 kg N/ha.año. Este aporte de nitrógeno a la atmósfera equilibra la pérdida

que se produce en la fijación biológica del dinitrógeno y de ahí la importancia geoquímica de la desnitrificación.



En suelos arenosos bien aireados las tasas de desnitrificación son generalmente más bajas que en suelos arcillosos, se sabe que las pérdidas de desnitrificación son relativamente altas cuando en el medio edáfico hay abundantes raíces vivas, se supone que los exudados de las raíces estimulan a las bacterias desnitrificantes y por lo tanto aumentan las pérdidas por desnitrificación.

En ensayos extensivos se demostraron que las tasas de desnitrificación fueron máximas en primavera y a principios de verano, coincidiendo con los máximos niveles de absorción de los cultivos.

Generalmente el escape de N gaseoso del suelo hacia la atmósfera se considera como una pérdida de nutriente, por lo tanto, es indeseable. Cantidades considerables de  $\text{NO}_3^-$  se desnitrifican probablemente cuando drenan a las partes profundas del perfil del suelo de modo tal que disminuye la transferencia de esta nutriente al agua freática (Kolenbrander 1981).

Los factores que inciden directamente en las cantidades de N perdidas por este proceso son:

- Disponibilidad de nitratos: Es visiblemente lo principal: a mayor contenido de nitratos en el suelo, la magnitud de la pérdida aumenta.
- Contenido hídrico del suelo: Es el principal factor influyente ya que regula las condiciones de óxido-reducción en el suelo. Con elevados contenidos hídricos mayores al 70-80 por ciento del agua útil durante períodos prolongados que predisponen a la ocurrencia de la desnitrificación.
- Contenido de materia orgánica: La mayor fertilidad por contenido de M.O. es una condición que predispone. Asimismo, una vez que por lixiviación, los nitratos se desplazan a capas más profundas del suelo, con menor contenido de M.O. el proceso se hace más lento por ausencia de bacterias y de energía.

- Temperatura: todo proceso biológico está promovido por la temperatura. Por ende, son esperables mayores pérdidas en primavera-verano que en otoño invierno.
- Textura del suelo: suelos arcillosos poseen mayores pérdidas desnitrificación que los arenosos, ya que en los primeros, tanto la actividad biológica como la fertilidad química del suelo suelen ser mayor. En general, suelos más arcillosos poseen mayores niveles de materia orgánica, es decir mayor actividad microbiana (más sustratos carbonados)
- pH: una reacción del suelo neutra o ligeramente alcalina, promueven la desnitrificación por efecto sobre la actividad biológica bacteriana del suelo.

Cabe mencionar que por efecto dosel las plantas, éstas promueven el desarrollo de microclimas, regulan la intensidad y la frecuencia de los ciclos de humedad y secado en el suelo y modifican la composición florística, la diversidad, el pH, los niveles de nitrógeno y los cationes de cambio del suelo. (Campbell et al., 1985). Las raíces inducen cambios en la estructura del suelo, en los niveles de humedad, de aireación y de nutrientes del suelo, e incluso determinan la composición iónica de la rizosfera (Turner y Franz, 1985). La vegetación también dificulta la erosión del terreno y disminuye las pérdidas de los nutrientes en el ecosistema (Vitousek et al., 1982)

#### **2.4.6. Pérdidas de nitrógeno en el suelo**

##### **2.4.6.1. Volatilización**

La volatilización del amoníaco puede alcanzar hasta un 47 por ciento del nitrógeno añadido al suelo en forma de fertilizante (De Datta, 1987).

Las pérdidas de amonio por volatilización, a partir de la urea, son bastante generales, rápidas e importantes debido a las temperaturas y concentraciones altas, variables según la humedad del suelo después de la fertilización. Estas pérdidas, en experimentos de laboratorio pueden alcanzar el 40 por ciento de la urea introducida.

##### **2.4.6.2. Lixiviado**

El ión nitrato que se produce en la nitrificación, a diferencia del amonio que se origina en la mineralización, no se une a las arcillas del suelo, por lo que constituye una forma de

nitrógeno mineral móvil que por lixiviado sale del ecosistema y en ocasiones supone pérdidas cuantiosas. El amonio también puede perderse por lavado si las precipitaciones son intensas y prolongadas.

## **2.5. El nitrógeno en la planta**

La materia seca de las plantas contiene entre el 2 y el 4 por ciento de N. Los mayores contenidos de nitrógeno en las plantas se encuentran en los tejidos jóvenes. En estos, el porcentaje suele oscilar entre 5.5 y 6.5 por ciento en peso seco. A medida que la planta avanza en edad, la proporción de celulosa aumenta, el porcentaje de nitrógeno disminuye y se eleva la relación C/N. Las hojas suelen ser más ricas en N, pero su valor disminuye durante la floración. (Navarro, G. 2003)

El N es un constituyente elemental de numerosos compuestos orgánicos de importancia general (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos). Las plantas superiores son los principales contribuyentes a las grandes cantidades de N continuamente convertidas de la forma inorgánica a la orgánica. Las fuentes inorgánicas más importantes implicadas en esta conversión son el  $\text{NO}_3^-$  y el  $\text{NH}_4^+$

Tanto las formas  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  pueden ser absorbidas y metabolizadas por las plantas. El nitrato es a menudo una fuente preferencial para el desarrollo de los cultivos pero depende mucho de las especies vegetales y otras condiciones ambientales. Los cultivos absorben principalmente el  $\text{NO}_3^-$  incluso cuando se aplican fertilizantes de  $\text{NH}_4^+$ , debido a la oxidación microbiana del  $\text{NH}_4^+$  en el suelo. La tasa de absorción de  $\text{NO}_3^-$  es generalmente muy alta ya que las plantas requieren altas cantidades de N. (Navarro, G. 2003)

El flujo entrante de  $\text{NO}_3^-$  es un proceso activo, con el  $\text{NO}_3^-$  moviéndose en contra de un gradiente electroquímico y dependiente de la concentración de  $\text{NO}_3^-$  del medio externo. El flujo saliente de  $\text{NO}_3^-$  se pensaba que era pasivo, un escape de  $\text{NO}_3^-$  resultante del movimiento a favor de gradiente electroquímico.

Una diferencia muy importante entre la absorción del  $\text{NO}_3^-$  y la absorción del  $\text{NH}_4^+$  es su sensibilidad al pH. La absorción de N-  $\text{NH}_4^+$  se da mejor en medios neutros y disminuye al caer el pH. Lo contrario, es cierto para la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , dándose más rápidamente a pH más bajos. Estos investigadores sugirieron que la reducción de la absorción de  $\text{NO}_3^-$  a valores

de pH alto puede deberse a un efecto competitivo de los iones  $\text{OH}^-$  que suprimen el sistema de transporte de absorción de  $\text{NO}_3^-$ .

Se estudiaron la absorción de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  de varias especies vegetales y se encontró que, en experimentos a corto plazo ambas formas de N se absorbían al mismo ritmo hasta un pH de 6.8; la absorción del N-amoniaco se ve también influida por el nivel de carbohidratos de las plantas. Altos niveles de carbohidrato favorecen la absorción de N- $\text{NH}_4^+$  probablemente por mejorar la asimilación de  $\text{NH}_3$  mediante el suministro de esqueletos carbonados y energía. El amonio gaseoso puede ser también absorbido por las plantas superiores a través de los estomas. Esta absorción neta depende de la presión parcial de  $\text{NH}_3$  en la atmósfera. (Konrad y Kirkby, 2001)

El N-amoniaco puede resultar tóxico para el crecimiento de las plantas. La toxicidad resulta principalmente del  $\text{NH}_3$  amoniacado que afecta el crecimiento y al metabolismo de las plantas a concentraciones bajas a las que el N- $\text{NH}_4^+$  no es peligroso.

La germinación de las semillas puede verse afectada por concentraciones bajas de  $\text{NH}_3$ .

Un cierto número de estudios se han realizado sobre el tema de la absorción de diferentes formas de nitrógeno y sus efectos en el crecimiento y el metabolismo (Raven y Smith, 1976; Konrad y Kirkby, 2001).

El ciclo del nitrógeno en las plantas tiene 3 pasos principales: la conversión de N inorgánico en compuestos orgánicos nitrogenados de bajo peso molecular; la síntesis de compuestos nitrogenados de alto peso molecular, incluyen proteínas y ácidos nucleicos; y la ruptura de las macromoléculas que contienen N por las enzimas hidrolizantes.

Las tres fracciones se ven influida por la nutrición y en particular por el suministro de N. Un incremento en el nivel de nutrición nitrogenada resulta en un aumento general de todas las fracciones, pero el grado en que aumenta cada una es diferente. Hay muchas pruebas experimentales que demuestran que en caso de altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, el contenido de compuestos amino solubles aumenta considerablemente, mientras que el contenido de proteínas solo aumenta en cierta medida.

### 2.5.1. **Absorción**

Aunque la fuente principal de nitrógeno asimilable por las plantas es el nitrato, los vegetales también utilizan el amonio como fuente de nitrógeno. Por ejemplo, en bosques de clima templado se ha observado que la forma de nitrógeno mineral que predomina en el suelo es el amonio (Keeney, 1980).

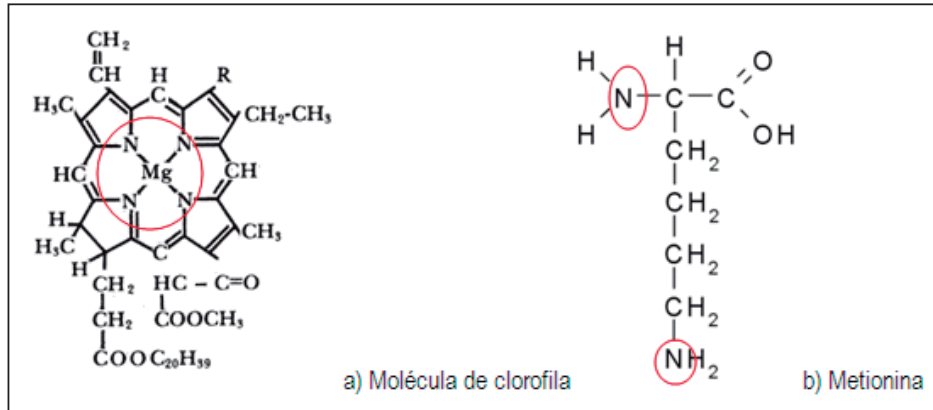
El nitrato  $\text{NO}_3^-$  y el amonio  $\text{NH}_4^+$  son dos formas mayores de nitrógeno disponible para la absorción de plantas, aunque la mayoría de las especies vegetales pueden usar cualquiera de las formas, el grado de efectividad en el crecimiento depende de la especie vegetal y de la proporción relativa de nitrato y amonio. Además agregan que el amonio como única fuente de nitrógeno es dañino al crecimiento de varias especies vegetales mayores, y que también por efecto de competitividad iónica disminuye la absorción de cationes e incrementa la absorción de aniones. (Barker y Mills, 1980).

El nitrógeno es absorbido por las planta en forma oxidada como ión nitrato o en forma reducida como ión amonio. El grado de absorción de cada ión es influenciado básicamente por la temperatura y el pH del suelo, aunque las concentraciones de cada uno de ellos también influyen su absorción por las plantas. Sin embargo, otros autores sostienen que las plantas en su primera fase de crecimiento muestran preferencia por el ion amonio. (Barber, 1988 y Tisdale y Nelson, 1991).

### 2.5.2. **Funciones del nitrógeno en la planta**

El nitrógeno es el elemento con mayor probabilidad de limitar el crecimiento de las plantas, debido a que interviene en la formación de aminoácidos y proteínas y estos a su vez intervienen en el crecimiento de los diversos órganos de la planta aumentando la superficie foliar y la masa protoplasmática. Su deficiencia se manifiesta en las partes activas del crecimiento de las plantas. (Black, 1975).

Los efectos que produce el suministro balanceado de nitrógeno son: fomentar el desarrollo de nuevos meristemas, determinar la corpulencia y succulencia de raíces, tallos y semillas, además produce en el follaje un verdor más intenso, aumenta el contenido de proteínas y en cierto grado regula la asimilación de potasio, fósforo y de otros nutrientes, necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Maya, 2001).



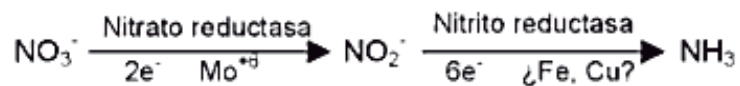
Fuente: Navarro, G. 2003

**GRAFICO N° 01.** Composición gráfica de la estructura de una molécula de clorofila y de la metionina

### 2.5.3. Reducción de nitratos

El ión nitrato es a menudo la fuente principal de N disponible para las plantas. Antes de que puedan metabolizarse deben de llevarse a formas reducidas, el proceso se da en dos pasos: reducción del  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  y la posterior reducción del  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_3$ . Hay dos enzimas implicadas son la nitrato-reductasa y la nitrito-reductasa. La nitrato-reductasa cataliza el primer paso que se da en el citoplasma; la reducción posterior de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_3$  ocurre en el cloroplasto se da por la enzima nitrito-reductasa, ambas funcionan en serie, de modo que no se da una acumulación apreciable de nitritos.

La actividad de la nitrito-reductasa ha sido detectada en un gran número de especies vegetales incluyendo bacterias, algas verde-azules, algas verdes, hongos y plantas superiores (Guerrero., 1990).



El mecanismo transportador es de particular importancia en las plantas C-4 ya que enlaza la actividad fotosintética con la reducción de nitratos.

La nitrato reductasa esta generalmente unida a una enzima con un sustrato inducible. La síntesis del complejo enzimático parece verse favorecida por condiciones nutricionales alcalinas como fue demostrado por (Mengel y Kirkby 1982). La asimilación del  $\text{NO}_3^-$

aumenta el pH en el citoplasma, la misma reducción del nitrato induce condiciones favorables para la síntesis de la nitrato reductasa.

El amonio, así como los aminoácidos, disminuye la actividad de la nitrato reductasa. El reciclaje de la enzima es rápido teniendo ésta una vida media de tan solo algunas horas. Su descomposición es efectuada por proteasas.

El  $\text{HNO}_2^-$  antes que el  $\text{NO}_2^-$  se transporta a través de la membrana del cloroplasto, y por lo tanto es el  $\text{NO}_2$  entra en el estroma del cloroplasto para reducirse a  $\text{NO}_3^-$ , se produce un  $\text{OH}^-$  por cada  $\text{NO}_2^-$  protonado. Esto significa que el pH citoplasmático aumenta induciendo la síntesis de malato, así se explica porque la nutrición con nitratos favorece la formación de malato. (Heber y Purczeld, 1977).

La reducción de nitratos también se da en las raíces. La luz juega un papel importante en la asimilación de  $\text{NO}_3^-$ .

Hay pruebas convincentes de que la presencia de  $\text{NO}_3^-$  en los tejidos no es indicativa de la falta de proteína enzimática, sino que se debe más bien de la falta de poder reductor. La fuente de poder reductor para la reducción del  $\text{NO}_3^-$  en el  $\text{NADH}^-$  este se produce por la reducción del fosfogliceraldehido o malato.

En las plantas C-4 el malato es la principal fuente de poder reductor mientras que en las plantas C-3 es el fosfogliceraldehido.

La asimilación de nitratos por las plantas se ve difundida por la nutrición mineral y en particular por el Mo. Cuando hay deficiencias de Mo, los nitratos se acumulan y disminuye el contenido de compuestos nitrogenados aminosolubles. Por la falta de  $\text{NH}_3$  disponible para la síntesis de aminoácidos. El manganeso puede también influir indirectamente en la asimilación de nitratos. Es esencial en el fotosistema II.

La actividad de la nitrato reductasa es potencialmente capaz de afectar a los rendimientos de los cultivos ya que de alguna forma controla la velocidad de asimilación de los nitratos.

#### **2.5.4. Síntomas de deficiencia de nitrógeno**

Los efectos iniciales de una deficiencia de nitrógeno se presentan en las hojas adultas de las plantas, debido a la gran movilidad de este elemento. Así, se inicia el amarillamiento a partir del ápice a lo largo de la nervadura central, extendiéndose a toda la hoja y abarcando



posteriormente a la planta entera. La magnitud de la deficiencia determina la severidad del enanismo de las plantas, clorosis, caída de hojas inferiores y reducción del rendimiento. (Tisdale y Nelson, 1991).

La deficiencia de N se caracteriza también por un bajo ritmo de crecimiento. Las plantas son pequeñas, los tallos tienen un aspecto zanquivano, las hojas son pequeñas y las más viejas con frecuencia caen prematuramente. El crecimiento radicular se ve afectado y la ramificación disminuye prematuramente. El crecimiento radicular también se ve afectado. La deficiencia de N resulta en un colapso de los cloroplastos así como también en un desajuste del desarrollo de los mismos.

#### **2.5.5. Exceso de nitrógeno en la planta**

Excesivas cantidades de nitrógeno estimulan el crecimiento desmesurado de la parte vegetativa, estimulando así la síntesis de proteínas a tal grado que el volumen de los carbohidratos es usado en la formación de proteínas mientras que la formación de tejidos de soporte mecánico es insuficiente, dando como resultado órganos esponjosos y débiles, facilitando las plantas al tumbado y reduciendo su resistencia a condiciones adversas de clima y enfermedades. (Jacob y Von Uexkull, 1963).

### **2.6. Maíz como planta indicadora**

El maíz es el cereal con mayor volumen de producción en todo el mundo, por encima del trigo y el arroz. Se considera una planta C4, es decir, posee una gran eficiencia a la hora de realizar la conversión de la luz solar en energía.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C.

Necesita bastante luminosidad y por eso en climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura del suelo debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz es una planta con mucha superficie foliar que se traduce en una

gran capacidad para la fotosíntesis, pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad en el suelo.

La absorción de N y P se realiza durante todo el ciclo y son transferidos al grano, mientras que la de K finaliza con la aparición de sedas. Así los suelos cultivados con maíz agotan rápidamente las reservas de N y P pero no las de K. (Berger, 1967).

El maíz tiene un alto potencial de rendimiento, es decir responden especialmente a los fertilizantes nitrogenados, es por ello que es sumamente utilizada como planta indicadora.

#### **2.6.1. Otros resultados con la planta indicadora, maíz**

El maíz es una de las plantas que mejor responden a la aplicación de fertilizantes, su corto periodo vegetativo exige disponer de elementos nutritivos asimilables desde la emergencia y sobre todo desde las primeras etapas de crecimiento. (Ferrini, 1967)

La asimilación del nitrógeno tiene lugar durante todo el periodo de crecimiento del cultivo de maíz, aminorando recién en la época de madurez. Hasta el momento de la floración, ha asimilado la planta aproximadamente un 25 por ciento de su necesidad de nitrógeno. Con la floración da principio a un periodo de intensa producción de materia a cual trae consigo una mayor necesidad de este elemento, siendo asimilados hasta la formación de las mazorcas 2/3 de la cantidad del nitrógeno requerido, el tercio restante se almacena en el grano durante su maduración. Cabe destacar que la influencia de Nitrógeno sobre la absorción de Fósforo es muy clara durante el crecimiento inicial. (Gruneberg, 1959)

En cuatro experimentos realizados en maíz de Kansas, en 1944, comprueban que el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y la urea se comportan igualmente eficaces como portadores de nitrógeno.

En un estudio se establece un orden de mérito para tres fuentes nitrogenadas a partir de un experimento en tres variedades de maíz para chala 1. Nitrato de amonio 2. Urea y 3. Sulfato de amonio. En su experimento encontró diferencias altamente significativas. (Raffo Otero, 1964)

En ensayos realizados por el programa de maíz PCIM, en el año 1959 se comprueba que no existen diferencias sustanciales entre los efectos de las distintas fuentes nitrogenadas.

Se determina una respuesta significativa para el maíz híbrido Cornelli-54 al incrementar la dosis de nitrógeno hasta el nivel de 160 kg/ha. Una dosis mayor de nitrógeno, produjo reducción en el rendimiento. (Melgar, 1967).

En base a una serie de ensayos en maíz en la costa central concluyó que hay necesidad de emplear el nitrógeno en dosis mayores, especialmente en las densidades altas. Ello corrobora la importancia capital del elemento nitrógeno para satisfacer los requerimientos del cultivo. (Arca, 1964).

Se reportó los resultados de tres experimentos de fertilización nitrogenada encontrando, que la aplicación de nitrógeno determino incrementos del orden del 60 por ciento en el rendimiento de maíz grano (2670 Kg/Ha) y la eficiencia de uso del agua en un 44 por ciento respecto del testigo no fertilizado. (Shimshi, 1969).

Investigando el comportamiento del cultivo de maíz en dos localidades de la costa central encontró que 240 Kg/Ha de nitrógeno era el nivel óptimo económico para esas áreas, siendo la respuesta de la fertilización nitrogenada lineal positiva, altamente significativa y cuadrática negativa. (Benites y Valdez, 1974)

En un comparativo de niveles crecientes de nitrógeno (0-60-120-240 kg/Ha) en el cultivo de maíz híbrido bajo condiciones de costa central, encontró que el incremento del rendimiento de grano para los niveles en estudio fue de 31, 48 y 54 por ciento con respecto al no fertilizado. Así mismos, los mayores rendimientos (7464 Kg/Ha) se presentaron a nivel de 120 Kg/Ha de nitrógeno bajo un régimen de riego alto y constante. En cambio, cuando el nivel de humedad fue medio, fueron necesarios 240 (Kg/ha) de nitrógeno para lograr el máximo rendimiento 7108kg/ha. Finalmente bajo condiciones de déficit de humedad se presentó efectos variables en el rendimiento significativamente disminuidos por la aplicación de nitrógeno (Hurtado, 1979).

En el cultivo de maíz la curva de respuesta al nitrógeno se hace menor a medida que el pH aumenta de 7.4 a 8.0, también determinaron que valores bajos de pH disminuyen los procesos de desnitrificación por tal motivo se esperaría una mayor respuesta del nitrógeno a pH bajo que a pH alto. (Gasser, 1969 y Benites y Valdes, 1974).

En suelos arenosos y pH 5.4 a 6.0 encontró una mayor respuesta del nitrato de amonio con relación a la urea, probablemente a la presencia del ión amonio y la rapidez de asimilación del nitrato (Volk, 1966).

Se obtuvo en el cultivo indicador de maíz, tomando como promedio de fuentes a la urea como 100 por ciento, por ser el fertilizante más usado y al nitrato de amonio 97,5 por ciento utilizando un suelo franco arenoso; el incremento del rendimiento en promedio al elevar el nivel de nitrógeno de 150ppm a 300ppm fue de 25 por ciento con relación al peso seco total del cultivo indicador de maíz (Zegarra, 2003).

Se asegura que la fuente de fertilización nitrogenada no influye en la variación de la altura. (Chaviguri, 1964)

Se señala no haber obtenido diferencias significativas por el efecto residual en el suelo (Figari, 1966), coincidiendo con Yrigoyen, quien dice no haber obtenido respuesta al abonamiento por probable efecto residual del abonamiento del cultivo anterior. (Yrigoyen, 1966).

## **2.7. Fertilizantes nitrogenados**

Desde el punto de vista de la agricultura comercial, la fijación industrial del nitrógeno es la forma más importante de aportar ese elemento como nutriente de las plantas (Tisdale y Nelson, 1991).

### **2.7.1. Comportamiento de las diferentes fuentes de nitrógeno**

La influencia de la clase de suelo sobre el efecto que ejerce en el nitrógeno es muy importante, porque de él va a depender la respuesta que se obtenga, después de evaluar durante cuatro años fertilizantes nitrogenados en condiciones de suelos pesados y ligeros, encontraron que las respuestas son más positivas en suelos ligeros y los fertilizantes amoniacales fueron mucho más eficientes que los nítricos y amídicos, dado a la presencia del ión amonio y sus propiedades de fijación a los coloides del suelo impidiendo q dicho ión se pierda por la acción de aguas de drenaje. (Gruner, 1975)

Se indica que en suelos alcalinos, el comportamiento del ión nitrato es superior al ión amonio, dado que bajo tales condiciones, los compuestos amoniacales son transformados con resultados tóxicos a la planta y otra gran parte es pérdida en forma de amoniaco. (Tejero, 1970 y Jacob y Uexkull, 1973).

Los fertilizantes nítricos tienen una mayor distribución en el suelo y son rápidamente asimilados por la planta, incrementando las concentraciones en las partes inferiores debido al arrastre por el agua de infiltración (Nelson, 1953). En cambio otro autor encontró que la ascensión capilar del agua hace que los nitratos que se encuentran en los estratos inferiores, ascienden y aumenten su concentración en las capas superiores; además determino que el amonio no tiene la misma distribución que el nitrato y por esta razón son acumulados en los sitios de aplicación del fertilizante. (Terman et. al, 1962).

Los fertilizantes que contienen la tecnología FULL TOP, evitan las pérdidas de nitrógeno por volatilización y lavado, aumentando así la eficiencia entre 90 y 98 por ciento (TQC, 2012)

La tecnología FULL TOP radica en la captura e inactivación de los activadores enzimáticos del suelo, responsables de la activación de la ureasa y las nitrato-oxidasas tales como Níquel, Cobre y Hierro, minimizando así las pérdidas de nitrógeno por volatilización y lavado, protegiendo por 10 a 12 meses al fertilizante en el suelo.

La característica principal de ésta molécula es que es un polímero ramificado, estable en cualquier pH a menos de 300°C, estable en altas concentraciones iónicas, soluble en agua y biodegradable de 10 a 12 meses, su peso molecular va entre 3 - 4000; su CIC es de 1800 meq/100g. (TQC, 2012).

## **2.7.2. Fuentes de fertilización nitrogenada**

Se describe a continuación las fuentes que serán utilizadas en el presente trabajo de investigación:

### **2.6.2.1 Urea**

Es un tipo de abono simple nitrogenado amídico, es el fertilizante sólido de mayor concentración de nitrógeno (46 por ciento de N). En el proceso de producción existen dos tecnologías que le otorgan diferentes características físicas a las partículas de urea que se refieren básicamente a la dureza, tamaño y uniformidad de los gránulos. Por estas diferencias la urea se comercializa bajo dos formas: Perlada y Granulada. Presenta un índice de salinización de 75 y un índice de acidificación de 80.

La Urea, en su forma original, no contiene amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sin embargo ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones superficiales de Urea, algún porcentaje de Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se pierde por volatilización. La Urea, al hidrolizarse produce amonio y bicarbonato. Los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), éste es adsorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas.

La urea no es fijada directamente por el poder absorbente pero se descompone rápidamente por hidrólisis enzimática en gas carbónico y amoníaco que es retenido por el suelo. Mientras la urea no sufra ninguna modificación, ésta se difunde libremente y llegado el caso se desplaza como un nitrato, lo que asegura su buena distribución en el suelo (Villagarcía, 1986; Guerrero, 1990).

#### **2.6.2.2 Nitrato de Amonio**

El nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de amonio. Su fórmula es  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua. Contiene en su composición 33 por ciento de Nitrógeno y hasta 3 por ciento de Fósforo, se le denomina también Fosfonitrato (FFN) o Nitrofosfato (NFF). Con un índice de salinidad de 105 y un índice de acidificación de 60.

El nitrato de amonio tiende a acidificar el suelo a largo plazo, pero su índice de acidificación es una de los más bajos en comparación a otras fuentes.

El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración. (Guerrero, 1990).

La forma nítrica es de disponibilidad y absorción inmediata, mientras que el amonio es de lenta disponibilidad ya que se fija en los coloides del suelo permitiendo de esa manera un suministro al suelo durante un período más prolongado de tiempo.

### **2.6.2.3 Urea Full Top**

El fertilizante Urea Full Top de la compañía TQC representa una innovación al presentar como ingrediente activo al nitrógeno en forma polimerizada, conteniendo la misma ley química que cualquier urea del mercado (Nitrógeno 46 por ciento y polímero 2 por ciento

El modo de acción de este fertilizante consiste en que los polímeros contenidos en la urea Full Top tienen la capacidad de retener cationes que activan los sistemas enzimáticos responsables de la transformación del Nitrógeno Ureico a formas asimilables, llámese Níquel que activa el proceso de hidrólisis y Hierro y Cobre que activan la nitrificación de esta manera se desacelera la transformación del Nitrógeno minimizando las pérdidas al ambiente (TQC, 2012).

### **2.6.2.4 Big N Full Top**

El fertilizante Big N Full Top de la compañía TQC representa una innovación al presentar una formulación líquida, compuesta principalmente por Nitrógeno Nítrico Polimerizado, Nitrógeno Amoniacal Polimerizado y Nitrógeno Ureico Polimerizado a un pH de 5.0

Su composición química es la siguiente: Nitrógeno total 33 por ciento p/p; Nitrógeno nítrico 8 por ciento p/p, Nitrógeno amoniacal 8 por ciento p/p, Nitrógeno ureico 17 por ciento p/p y polímero 0.5 por ciento v/v.

El mecanismo de acción del producto consiste en que el Nitrógeno ureico sufre transformaciones hasta llegar a formas asimilables para las plantas llámense formas amoniacales y formas nítricas, estas transformaciones son el resultado de los procesos de hidrólisis y nitrificación respectivamente dominados por procesos enzimáticos dependientes la actividad microbial del suelo. Según se aceleren los procesos de transformación del Nitrógeno existe la tendencia de pérdida de Nitrógeno por volatilización y lixiviación, pérdidas que se ven minimizadas debido a la polimerización de Big N Full Top, ya que los polímeros contenidos en él tienen la capacidad de retener cationes que activan los sistemas enzimáticos responsables de la transformación del Nitrógeno Ureico a formas asimilables, llámese Níquel que activa el proceso de hidrólisis y Hierro y Cobre que activan la nitrificación de esta manera se desacelera la transformación del Nitrógeno minimizando las pérdidas al ambiente. (TQC, 2012).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localidad experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los módulos del laboratorio de fertilidad de suelos ubicado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (latitud 12°05'S, longitud 76°57'W, altitud 238 m.s.n.m) en el distrito de La Molina, departamento de Lima, Perú.

#### 3.2. Características del suelo

El análisis de la muestra se realizó en el laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y los resultados se presentan en el Cuadro N°02, en el cual se observan las principales características físicas y químicas del suelo.

El suelo es de textura arenosa, con un contenido bajo de materia orgánica, el pH del suelo es ligeramente básico, presentando un contenido bajo de sales por lo que es clasificado como muy ligeramente salino; tiene baja disponibilidad de fosforo y de potasio, debido a su bajo contenido de coloides, su retención de cationes y de agua es bajo. (Anexo N° 01)

**CUADRO N°02.** Análisis de caracterización de suelo

pH (1:1)	7.63
C.E. (1:1) dS/m	0.35
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.40
M.O. (%)	0.02
P (ppm)	1.5
K (ppm)	54
Arena (%)	100
Limo (%)	0
Arcilla (%)	0
Clase Textural	A.
C.I.C.	5.60
<b>Cationes</b>	
Ca <sup>+2</sup>	4.68
Mg <sup>+2</sup>	0.63
K <sup>+</sup>	0.10
Na <sup>+</sup>	0.18
Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	0.00

Elaboración Propia, en base al análisis de Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM



### **3.3. Características del agua de riego**

Se evaluó el pH y la CE del agua utilizada para el riego en el laboratorio de fertilidad de suelos, el agua era suministrada por una cisterna, trayendo agua de Huachipa, se obtuvo un pH de 7,38 y una CE de 11,9 us/cm. Es un agua sin problema salino, sin limitaciones para su uso en el riego.

### **3.4. Características climatológicas**

La información meteorológica registrada durante la realización del presente trabajo de investigación se realizó en la estación Meteorológica Agrícola Principal MAP-Alexander Von Humboldt, de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Vale mencionar que las temperaturas en la segunda quincena del mes Abril de años anteriores fueron registradas: temperaturas mínimas y máximas promedio de 17,2°C y 26,8°C, respectivamente. Durante el mes de junio, con temperaturas mínimas promedio de 12,5°C y máximas promedio de 19,5°C; durante el mes de setiembre con temperatura máxima y mínima promedio de 17,9°C y 12,5°C, respectivamente. (Anexo N° 02)

### **3.5. Cultivo indicador**

Se utilizó maíz como cultivo indicador, se empleó semilla del híbrido Experimental 5 del programa de investigación y proyección social en maíz de la UNALM.

Este cultivo fue escogido por su capacidad de extracción de nutrientes, velocidad de crecimiento y formación de materia seca, permitiendo observar los efectos de la fertilización nitrogenada.

#### **3.5.1. Características del cultivo indicador**

El programa de maíz de la UNALM, señala que las características principales del híbrido experimental 5, es la adaptación a los meses de invierno en costa central, un periodo vegetativo de 160 a 180 días, altura de planta de 2.50m a 2.80m, altura de mazorcas 1.40 a 1.80m, 1.5 mazorcas por planta, resistencia a tumbada, grano anaranjado y semiduro, con un potencial de rendimiento de 12 000Kg/Ha.

### 3.6. Fertilización

Fue empleada una formulación de 200-200-200 ppm, siendo las dosis de N variadas de (0 – 80 – 160 – 240 ppm).

Las fuentes de nitrogenadas usadas fueron urea, nitrato de amonio, urea Full Top y Big N Full Top, las cuales sus aplicaciones fueron fraccionadas en un primer 50 por ciento en la primera semana de siembra y el 50 por ciento restante al mes de siembra, dependiendo de la dosis a aplicar por tratamiento (0-80-160-240 ppm); el fósforo se incorporó en su totalidad (200ppm) en el momento de la siembra; el potasio fue incorporado en su totalidad (200ppm) a la semana de siembra.

Respecto a los tratamientos sin abonamiento nitrogenado, cabe resaltar que sólo fueron fertilizados con fósforo y potasio.

Como fuente de P fue empleado el Super fosfato triple de calcio y como fuente de K el Cloruro de potasio.

### 3.7. Características del ensayo experimental:

#### Block

Número de bloques 3

#### Macetas

Número total de macetas 48

Peso de maceta 0.3 Kg

Cantidad de suelo por maceta 4 Kg

Número de semillas por maceta 3

Número de tratamientos 16

Forma de instalación de los tratamientos Jaulas

### **3.7.1. Disposición y diseño experimental**

El diseño experimental empleado en el experimento fue el de bloques completamente randomizado distribuidos en arreglo factorial, se dejaron 3 plantas por maceta de 4kg de suelo cada una (unidad experimental) el diseño experimental fue entonces el de Bloques Completamente randomizados en arreglo factorial de 4 x 4 x 3, constituido por 16 tratamientos, distribuidos en 3 bloques, haciendo un total de 48 unidades experimentales. Los datos fueron analizados a través del programa estadístico Minitab ver. 16, system for Windows, empleando el procedimiento ANOVA para el análisis de varianza ( $p < 0,05$  y  $p < 0,09$ ), y para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos cuando el ANVA fuese significativo (interacción de los factores principales), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey mediante Excel 2007. Todos los resultados fueron considerados significativamente a  $p < (0,05)$  y  $p < (0,09)$  (Steel y Torrie, 1992).

### **3.8. Tratamientos en Estudio**

#### **3.8.1. Factores en estudio**

En el presente trabajo de investigación se evaluó los efectos de dos principales factores, (fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados) en el cultivo indicador de maíz, los cuales fueron los siguientes:

#### **Fuentes de Nitrógeno:**

- Urea
- Nitrato de amonio
- Urea Full Top
- Big N Full Top

#### **Dosis de Nitrógeno:**

- 0 ppm
- 80 ppm
- 160 ppm
- 240 ppm

**CUADRO N°03.** Croquis de distribución aleatorizada de los tratamientos en el ensayo experimental

N°	FUENTE (N)	N (ppm)	FUENTE (P)	P2O5 (ppm)	FUENTE (K)	K2O (ppm)
T1	Urea	0	Super Fosfato triple de Calcio	200	Cloruro de Potasio	200
T2		80		200		200
T3		160		200		200
T4		240		200		200
T5	Nitrato de Amonio	0		200		200
T6		80		200		200
T7		160		200		200
T8		240		200		200
T9	Urea Full Top	0		200		200
T10		80		200		200
T11		160		200		200
T12		240		200		200
T13	Big N Full Top	0		200		200
T14		80		200		200
T15		160		200		200
T16		240		200		200

Elaboración Propia

### 3.8.2. Distribución de tratamientos

Las unidades experimentales (macetas) fueron distribuidas al azar en cada uno de los bloques:

**CUADRO N°04.** Distribución de tratamientos en cada Bloque

Bloques	Tratamientos															
I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
II	T3	T6	T9	T12	T15	T2	T5	T16	T11	T14	T1	T4	T7	T10	T13	T8
III	T7	T9	T11	T15	T13	T1	T3	T5	T6	T8	T10	T14	T12	T16	T2	T4

Elaboración Propia

Las macetas estuvieron dispuestas en tres hileras como se aprecia en el Cuadro N° 04, y siendo reordenadas cada 10 días aproximadamente para que todas puedan recibir la misma intensidad solar por la posición de las macetas con respecto a la luz solar.

### **3.8.3. Instalación y conducción del ensayo experimental**

En el ensayo se instaló macetas de plástico de un mismo tipo. Se lavaron con agua y detergente, luego se colocó cinta adhesiva para tapar los agujeros de drenaje. Se colocó etiquetas para la identificación por tratamiento y repetición, se procedió a llenar con 4kg de suelo arenoso tamizado a 2mm.

La siembra se realizó con semilla botánica, proveniente del programa de investigación y proyección social en maíz de la UNALM, experimental 5, previamente ésta se preparó un día antes, dejándola sumergida en agua por 24 horas, la fertilización del fósforo se efectuó antes de la siembra en un 100 por ciento (200ppm) utilizando como fuente el Super triple en las 48 macetas, aplicando de la siguiente manera:

Se extrajo 1/3 de suelo de la maceta, se incorporó el fertilizante y se procedió a mezclar con el suelo presente en la maceta, posteriormente se agregó el suelo que había sido sacado para luego echar 600ml de agua, cantidad determinada para llevar a capacidad de campo 4Kg de suelo (14 por ciento). Inmediatamente después de la fertilización se sembraron 5 semillas de maíz en todas las macetas a una profundidad de entre 1.5 y 2.5 cm, para luego aplicar 150ml adicionales de agua.

La germinación de las semillas comenzó a los 3 días después de siembra (85,25 por ciento), posteriormente las demás semillas germinaron hasta el día 6 después de siembra (100 por ciento).

Se efectuaron riegos diarios las 3 primeras semanas, para luego regar de forma interdiaria de acuerdo a la capacidad de campo, teniendo en cuenta el peso total de la maceta, suelo y agua en CC. Cabe resaltar que cuando se realizaron las aplicaciones de nitrógeno se regó antes de la aplicación y posteriormente 2 días después, para evitar el lixiviado.

Posiblemente por las bajas temperaturas, la incidencia de plagas fue inadvertida.

### 3.8.4. Cronograma

**CUADRO N° 05.** Actividades efectuadas (Año 2012)

<b>MAYO</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
1	Lavado y rotulado de macetas
2	Lavado y rotulado de macetas
3	Lavado y rotulado de macetas
4	Tamizado de suelo
7	Preparación de semilla, llenado de macetas y fertilización al 100% de P
8	Siembra 5 semillas
10	Desahije a 3 plantas por maceta
17	Fertilización 50% N y 100% K, 1° Evaluación altura y número de hojas
24	2° Evaluación altura y 1° evaluación de grosor de caña
31	3° Evaluación altura y 2° evaluación de número de hojas
<b>JUNIO</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
7	4° Evaluación de altura y fertilización del 50% N, 2° Ev. Grosor de caña
14	5° Evaluación altura y 3° evaluación de número de hojas
21	6° Evaluación altura y 3° evaluación de grosor de caña
28	7° Evaluación altura y 4° evaluación de número de hojas
<b>JULIO</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
5	8° Evaluación altura y 4° evaluación de grosor de caña
12	9° Evaluación altura
16	Cosecha, procesamiento de muestras y metido a estufa
19	Obtención del peso seco aéreo
23	Procesamiento y obtención del peso fresco de raíz, muestras a estufa
24	Molido de muestras del peso seco aéreo
26	Obtención del peso seco de raíz
30	Obtención del % de nitrógeno
31	Obtención del % de nitrógeno
<b>AGOSTO</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
1	Obtención del % de nitrógeno
2	Obtención del % de nitrógeno
14	Preparación de semilla y fertilización al 100% P (residualidad)
15	Siembra (residualidad)
23	Fertilización 100% K (residualidad)
<b>SETIEMBRE</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
17	Evaluación de altura, cosecha y procesamiento de muestras, peso fresco (Residualidad)
18	Procesamiento de muestras, peso fresco (Residualidad)
20	Obtención del peso seco de plantas (Residualidad)

*\*Los riegos fueron las primeras 3 semanas diarias, dependiendo de la capacidad de campo y en base a la pérdida de peso. Los días siguientes fue interdiario.*

Elaboración Propia

### **3.8.5. Evaluaciones**

#### **3.8.5.1. Durante el crecimiento y desarrollo**

##### **- *Porcentaje de emergencia de plantas***

Se determinó contando el número de plantas emergidas a los 3, 4, 5 y 6 días después de la siembra, se expresó en porcentaje de plantas emergidas.

##### **- *Altura de plantas***

Para evaluar el crecimiento de las plantas se tomaron en nueve oportunidades las medidas de todas las plantas, 3 por maceta. La medida se tomó desde el cuello de la planta hasta la altura del ápice de la hoja más larga.

##### **- *Grosor de caña***

Para evaluar el grosor de las plantas se tomaron en cuatro oportunidades las medidas del grosor de las cañas de todas las plantas, 3 por maceta. La medida se tomó con un vernier en el cuello de planta.

##### **- *Número de hojas***

Para evaluar el número de hojas de las plantas se tomaron en cuatro oportunidades el conteo de hojas de todas las plantas, 3 por maceta, que conformaban la unidad experimental.

#### **3.8.5.2. En la cosecha**

La cosecha se realizó el día 16 de julio, 2012 cortando el tallo con una tijera de podar desde el cuello de planta, se tomaron las medidas respectivas, para luego de 7 días sacar las raíces de las macetas, ya que el suelo se encontraba húmedo, con el motivo de obtener las raíces íntegras.

##### **- *Peso fresco aéreo***

Mediante el uso de una balanza se determinó el peso de las plantas, se cortaron las plantas por cada maceta con ayuda de una tijera de podar, incluyendo hojas y tallo.

##### **- *Peso seco aéreo***

Se colocaron las muestras de peso fresco aéreo debidamente rotuladas a la estufa, 48 muestras en total por 72 horas con una temperatura promedio de 70°C, hasta obtener peso constante.

- ***Determinación del nitrógeno total***

Luego de obtener la muestra seca, ésta se muele en un pequeño molino para tomar después 100mg por cada muestra, la misma que es depositada en una fiola.

Se procesa la muestra dentro de una fiola, se agrega una pequeña cantidad de catalizador, luego 3ml de ácido sulfúrico con ayuda de una pipeta para luego llevar la muestra a la estufa por una hora y media en promedio a una temperatura mayor a 100°C.

Posteriormente se deja enfriar la muestra, se agrega 20 ml de agua destilada, para colocarla en un destilador tipo Kjeldahl; paralelamente se prepara una solución con 20 ml de ácido bórico al 2 por ciento para recibir la muestra, proveniente del Kjeldahl (amoníaco) que precipita al ácido bórico, el exceso se titula con hidróxido de sodio al 50 por ciento hasta obtener un color rosado, la cantidad utilizada se multiplica con el factor de conversión de 0.28 para obtener el por ciento (%) de N por 100mg de muestra.

- ***Peso fresco raíz***

Mediante el uso de una balanza se determinó el peso de las raíces, para ello se procedió a sacar todo el suelo de la maceta junto con las raíces, volteando cada maceta en una bandeja, para luego proceder a limpiar las raíces en agua, se esperó un par de horas para que cada muestra seque bien y luego ser cortada con una tijera dentro de una bolsa para luego ser pesada.

- ***Peso seco raíz***

Se colocaron las muestras de peso fresco de las raíces debidamente rotuladas a la estufa, fueron 48 muestras en total, se dejaron en la estufa por 72 horas con una temperatura promedio de 70°C, para luego ser pesadas en la balanza, obteniéndose el peso seco.

### **3.8.5.3. Residualidad**

Tres semanas después de la cosecha se sembró nuevamente 3 semillas de maíz en cada maceta, para determinar la residualidad de los tratamientos, se mantuvieron estas plantas sólo 4 semanas.



- *Altura de plantas*

Para evaluar el crecimiento de las plantas se tomó sólo una medida al final de las cuatro semanas. La medida se tomó desde el cuello de la planta hasta la altura del ápice de la hoja más larga de las tres plantas de cada maceta.

- *Peso fresco aéreo residual*

Mediante el uso de una balanza se determinó el peso de las plantas, se cortaron las plantas por cada maceta con ayuda de una tijera de podar, incluyendo hojas y tallo.

- *Peso seco aéreo residual*

Se colocaron las muestras de peso fresco aéreo debidamente rotuladas a la estufa, 48 muestras en total por 72 horas con una temperatura promedio de 70°C, para luego ser pesadas en la balanza.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1.DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

#### 4.1.1. Porcentaje de emergencia

Las semillas proporcionadas por el programa de maíz tuvieron una buena germinación, las cuales fueron las siguientes: El 100 por ciento de las semillas germinaron a los 6 días, el progreso de los porcentajes se detalla en el cuadro N° 06.

**CUADRO N° 06.** Porcentaje de germinación de las semillas

<b>Días</b>	<b>Germinación</b>
<b>3</b>	85.25%
<b>4</b>	91.55%
<b>5</b>	97.30%
<b>6</b>	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Altura de plantas

##### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

En el cuadro N° 07 se muestran los promedios, de todos los tratamientos, de la altura de las plantas, el incremento entre períodos y el porcentaje respecto a la altura máxima en nueve fechas, por efecto de la interacción de la fuente y la dosis utilizada, así mismo se muestra también los promedios por cada fertilizante utilizado. Con respecto a la interacción fuente por dosis, existe diferencias significativas al 95% de confianza, más no en 99% de confianza (anexo N° 03).

Según el cuadro N° 07, se observa que, a los 9 días la altura promedio fue de 9,21 cm, a los 16 días fue de 22,96 cm, a los 23 días alcanzó 40,44 cm, luego llegó a 55,75 cm a los 30 días, a los 37 días aumentó a 68,87 cm, a los 42 días fue de 80,69cm, a los 49 días alcanzó 87,04cm, a los 56 días alcanzó 92,25cm, para finalmente llegar a 94,60cm a los 63 días como el máximo porte.

Así mismo se aprecia que el crecimiento se dio de la siguiente manera, entre los días 9 y 16 se presentó un incremento de  $1,96 \text{ cm.día}^{-1}$ , luego el ritmo de crecimiento incrementó a  $2,50 \text{ cm.día}^{-1}$  entre los días 16 y 23, para luego ir disminuyendo paulatinamente a  $2,19 \text{ cm.día}^{-1}$  entre los 23 y 30 días, luego siguió declinando entre los 30 y 37 días con  $1,87 \text{ cm.día}^{-1}$ , entre los días 37 y 42 con  $1,69 \text{ cm.día}^{-1}$ , entre los días 42 y 49 con  $0,91 \text{ cm.día}^{-1}$ , entre los días 49 y 56 con  $0,74 \text{ cm.día}^{-1}$  y por último se obtuvo el menor incremento en altura entre los 56 y 63 días con  $0,34 \text{ cm.día}^{-1}$ . Se considera que todos los tratamientos, es decir las plantas fertilizadas con urea, nitrato de amonio, urea Full Top y Big N Full top, así como también las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno, siguieron una tendencia similar en crecimiento.

**CUADRO N° 07.** Promedio de la altura de plantas, incremento (cm.día<sup>-1</sup>) y porcentaje respecto a la altura máxima (cm) en nueve fechas, por efecto de la interacción fuente por dosis de N.

		17-may	24-may	31-may	07-jun	14-jun	21-jun	28-jun	05-jul	12-jul
TRATAMIENTOS	ÍNDICES	9 D	16 D	23 D	30 D	37 D	42 D	49 D	56 D	63 D
Urea 0 ppm	Promedio	9.17	23.33	34.44	38.89	43.33	44.11	47.44	49.67	49.89
	(cm/día)		2.02	1.59	0.64	0.63	0.11	0.48	0.32	0.03
	% del max	18.38	46.76	69.03	77.95	86.85	88.41	95.09	99.56	100.00
Urea 80 ppm	Promedio	10.56	25.11	44.78	60.89	71.44	77.89	90.89	94.56	95.56
	(cm/día)		2.08	2.81	2.30	1.51	0.92	1.86	0.52	0.14
	% del max	11.05	26.28	46.86	63.72	74.76	81.51	95.11	98.95	100.00
Urea 160 ppm	Promedio	9.83	23.11	41.78	62.44	72.33	88.00	96.33	104.33	106.33
	(cm/día)		1.90	2.67	2.95	1.41	2.24	1.19	1.14	0.29
	% del max	9.24	21.73	39.29	58.72	68.02	82.76	90.60	98.12	100.00
Urea 240 ppm	Promedio	9.72	23.89	44.11	69.89	86.56	101.89	110.67	119.11	133.00
	(cm/día)		2.02	2.89	3.68	2.38	2.19	1.25	1.21	1.98
	% del max	7.31	17.96	33.17	52.55	65.08	76.61	83.21	89.56	100.00
<b>UREA PROMEDIO</b>		<b>9.82</b>	<b>23.86</b>	<b>41.28</b>	<b>58.03</b>	<b>68.42</b>	<b>77.97</b>	<b>86.33</b>	<b>91.92</b>	<b>96.20</b>
Nitrate de Amonio 0 ppm	Promedio	8.89	22.89	35.11	42.00	44.78	46.78	48.00	48.44	48.56
	(cm/día)		2.00	1.75	0.98	0.40	0.29	0.17	0.06	0.02
	% del max	18.31	47.14	72.30	86.49	92.22	96.33	98.85	99.75	100.00
Nitrate de Amonio 80 ppm	Promedio	9.94	23.89	43.33	58.22	71.00	85.67	91.89	98.33	98.78
	(cm/día)		1.99	2.78	2.13	1.83	2.10	0.89	0.92	0.06
	% del max	10.06	24.19	43.87	58.94	71.88	86.73	93.02	99.54	100.00
Nitrate de Amonio 160 ppm	Promedio	8.83	24.56	43.11	58.11	71.78	88.67	103.89	113.89	114.22
	(cm/día)		2.25	2.65	2.14	1.95	2.41	2.17	1.43	0.05
	% del max	7.73	21.50	37.74	50.88	62.84	77.63	90.96	99.71	100.00
Nitrate de Amonio 240 ppm	Promedio	10.11	25.67	46.00	57.78	80.22	98.00	100.89	106.33	107.39
	(cm/día)		2.22	2.90	1.68	3.21	2.54	0.41	0.78	0.15
	% del max	9.41	23.90	42.83	53.80	74.70	91.26	93.95	99.01	100.00
<b>NITRATO DE AMONIO PROMEDIO</b>		<b>9.44</b>	<b>24.25</b>	<b>41.89</b>	<b>54.03</b>	<b>66.95</b>	<b>79.78</b>	<b>86.17</b>	<b>91.75</b>	<b>92.24</b>
Urea Full Top 0 ppm	Promedio	9.44	21.56	31.78	37.33	44.33	48.67	49.33	51.22	51.89
	(cm/día)		1.73	1.46	0.79	1.00	0.62	0.09	0.27	0.10
	% del max	18.19	41.55	61.24	71.94	85.43	93.79	95.07	98.71	100.00
Urea Full Top 80 ppm	Promedio	10.50	24.89	46.67	64.89	76.67	92.11	94.67	99.33	101.00
	(cm/día)		2.06	3.11	2.60	1.68	2.21	0.37	0.67	0.24
	% del max	10.40	24.64	46.21	64.25	75.91	91.20	93.73	98.35	100.00
Urea Full Top 160 ppm	Promedio	10.00	23.78	43.89	63.33	87.61	100.11	100.67	101.33	103.33
	(cm/día)		1.97	2.87	2.78	3.47	1.79	0.08	0.09	0.29
	% del max	9.68	23.01	42.48	61.29	84.79	96.88	97.43	98.06	100.00
Urea Full Top 240 ppm	Promedio	9.44	23.22	41.78	61.33	80.00	96.89	105.78	111.33	114.00
	(cm/día)		1.97	2.65	2.79	2.67	2.41	1.27	0.79	0.38
	% del max	8.28	20.37	36.65	53.80	70.18	84.99	92.79	97.66	100.00
<b>UREA FULL TOP PROMEDIO</b>		<b>9.85</b>	<b>23.36</b>	<b>41.03</b>	<b>56.72</b>	<b>72.15</b>	<b>84.48</b>	<b>87.61</b>	<b>90.80</b>	<b>92.56</b>
Big N Full Top 0 ppm	Promedio	8.78	20.67	32.33	41.56	45.61	46.44	47.56	48.56	48.83
	(cm/día)		1.70	1.67	1.32	0.58	0.12	0.16	0.14	0.04
	% del max	17.98	42.33	66.21	85.11	93.41	95.11	97.40	99.45	100.00
Big N Full Top 80 ppm	Promedio	9.28	22.00	39.33	54.33	68.78	82.11	88.33	95.89	99.44
	(cm/día)		1.82	2.48	2.14	2.06	1.90	0.89	1.08	0.51
	% del max	9.33	22.12	39.55	54.64	69.17	82.57	88.83	96.43	100.00
Big N Full Top 160 ppm	Promedio	7.50	19.22	35.67	52.67	70.22	92.94	102.22	110.11	114.50
	(cm/día)		1.67	2.35	2.43	2.51	3.25	1.33	1.13	0.63
	% del max	6.55	16.79	31.15	46.00	61.33	81.17	89.28	96.17	100.00
Big N Full Top 240 ppm	Promedio	5.33	19.56	42.89	68.33	87.22	100.78	114.11	123.50	126.89
	(cm/día)		2.03	3.33	3.63	2.70	1.94	1.90	1.34	0.48
	% del max	4.20	15.41	33.80	53.85	68.74	79.42	89.93	97.33	100.00
<b>BIG N FULL TOP PROMEDIO</b>		<b>7.72</b>	<b>20.36</b>	<b>37.56</b>	<b>54.22</b>	<b>67.96</b>	<b>80.57</b>	<b>88.06</b>	<b>94.52</b>	<b>97.42</b>
<b>PROMEDIO TRATAMIENTOS</b>		<b>9.21</b>	<b>22.96</b>	<b>40.44</b>	<b>55.75</b>	<b>68.87</b>	<b>80.69</b>	<b>87.04</b>	<b>92.25</b>	<b>94.60</b>

Elaboración Propia

Los incrementos en la altura se producen hasta el 07 de junio, a partir de esa fecha, estos se reducen, este comportamiento obedece a la ley de los incrementos decrecientes que fue desarrollado por Mitscherlich, en el año 1909 (Urbano, 2001)

De la misma forma, en el cuadro N° 08 se puede apreciar los resultados obtenidos por fuente y dosis de nitrógeno empleada. Se observa que existen diferencias significativas, al 95% de confianza, sobre el porte de plantas en cuanto a las dosis utilizadas, siendo las plantas que alcanzan mayor altura al aumentar la dosis del fertilizante nitrogenado (anexo N° 03)

**CUADRO N° 08.** Altura promedio de las plantas (cm) por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno a los 37 días después de la siembra\* (5ta evaluación).

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				
	0	80	160	240	Promedio
Urea	43,33	71,44	72,33	86,56	68,42
Nitrato de Amonio	44,78	71,00	71,78	80,22	66,95
Urea Full Top	44,33	76,67	87,61	80,00	72,15
Big N Full Top	45,61	68,78	70,22	87,22	67,96
Promedio	44,51	71,97	75,49	83,50	68,87

\*Si existe diferencias significativas por interacción

Coefficiente de variabilidad: 7,51%

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 04), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 05), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 09).

**CUADRO N° 09.** Resultados del efecto de la interacción de la fuente y dosis sobre la altura, comparación en parejas por el método estadístico de Tukey (5ta evaluación)

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	86,55	a
D3F1	72,33	bc
D2F1	71,44	cd
D1F1	43,33	e

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	87,61	abc
D4F3	80,00	bcd
D2F3	76,67	cd
D1F3	44,33	e

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	80,22	abc
D3F2	71,78	bcd
D2F2	71,00	cd
D1F2	44,78	e

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	87,22	a
D3F4	70,22	bc
D2F4	68,78	cd
D1F4	45,61	e

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	87,61	a
F1D3	72,33	bc
F2D3	71,78	cd
F4D3	70,22	de

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción.

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis de sólo 160ppm, y se obtuvo el mejor resultado con el fertilizante F3, el cual corresponde a Urea Full Top con 160 ppm, Tratamiento 11.

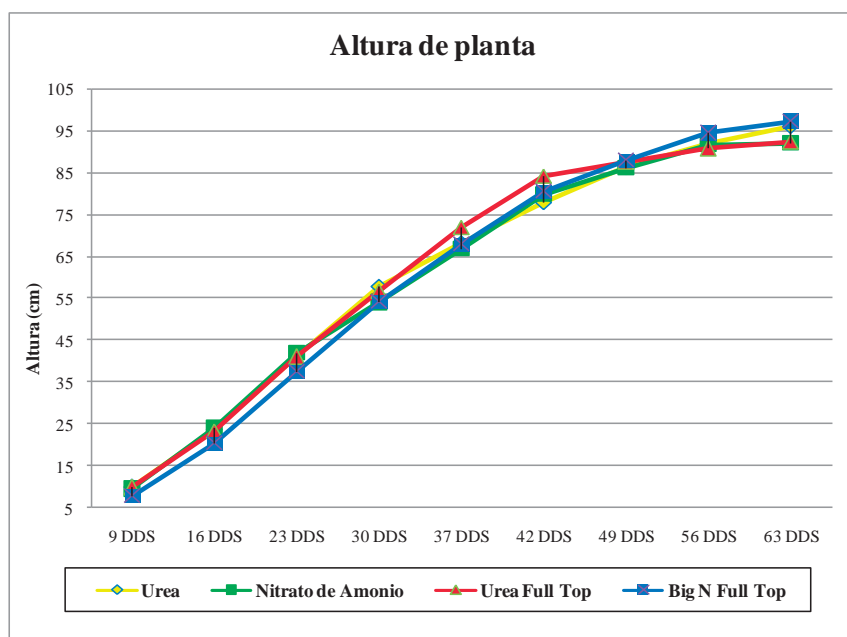
### **B. Efecto de las fuentes nitrogenadas**

No se observan diferencias estadísticas (anexo N° 03) entre las alturas obtenidas por el cultivo de maíz en las diferentes fuentes nitrogenadas en prueba (cuadro N° 10 y gráfico N° 02)

**CUADRO N°10.** Efecto de las fuentes sobre la altura (5ta evaluación)

FUENTES	ALTURA 5° Ev. cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
Urea Full Top	72,20	a
Urea	68,40	a
Big N Full Top	68,00	a
Nitrato de Amonio	66,90	a

\*No existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°02.** Efecto de las fuentes sobre la variación de la altura de las plantas en nueve fechas.

De acuerdo a los resultados, la fuente de nitrógeno no afecta la altura de plantas Chaviguri, 1964.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

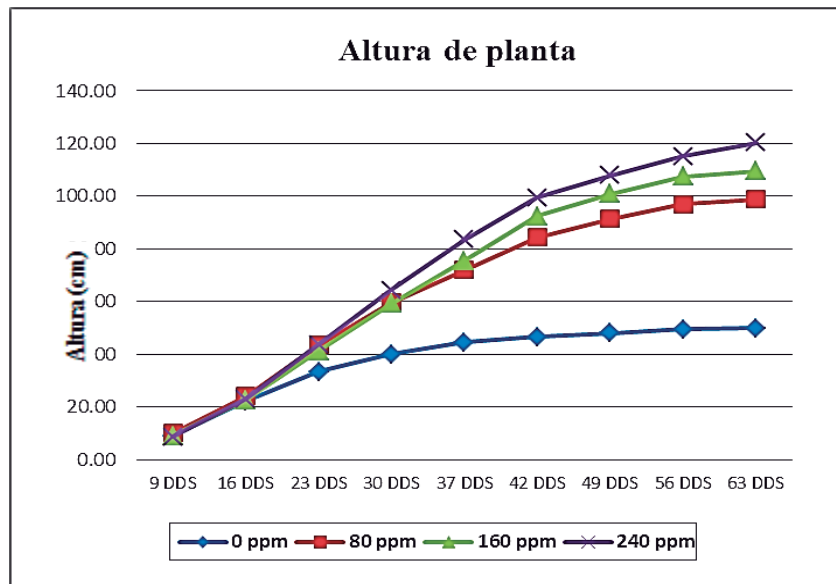
En el cuadro N° 11 podemos observar que las dosis nitrogenadas altas presentan una altura significativamente superior (160 y 80 ppm), (anexo N° 03) con un 95% y 99% de confianza, siendo estas significativamente superiores al testigo (gráfico N° 03).

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 03), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente a la altura en la 5ta evaluación, siendo ésta la más representativa dentro de todas las evaluaciones que hubieron durante el periodo del cultivo; en el gráfico N° 03 se puede apreciar que la curva de crecimiento para la dosis de 0 ppm, tiene una ligera pendiente a comparación de los tratamientos que fueron fertilizados, los cuales, su curva de crecimiento sigue el mismo comportamiento a los largo de las 9 fechas de evaluación, siendo la dosis de 240 ppm, la que alcanza mayor altura frente a las demás.

**CUADRO N°11.** Efecto de las dosis sobre la altura (5ta evaluación)

DOSIS	ALTURA 5° Ev. cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	83,50	a
160 ppm	75,50	b
80 ppm	72,00	b
0 ppm	44,50	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°03.** Efecto de las dosis sobre la variación de la altura de las plantas en nueve fechas.



El nitrógeno tiene un efecto en el desarrollo estructural de la planta, normalmente el amoníaco en la planta reacciona con una cadena carbonatada y forma la parte estructural de la planta (Waehner, 1995, citado por Konrad y Kirkby, 2001).

#### **4.1.3. NÚMERO DE HOJAS**

##### **A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno**

En el cuadro N° 12 se muestran los promedios, por cada uno de los tratamientos, del número de hojas de las plantas de maíz, se muestra asimismo el incremento entre periodos y el porcentaje respecto al número de hojas máximo en cuatro fechas. Existiendo diferencias significativas al 95% de confianza, más no en 99% de confianza (anexo N° 06).

El cuadro N° 12 muestra que, a los 9 días (1° evaluación) el número promedio en general de todos los tratamientos fue de 3,23hojas, a los 23 días fue de 6,02, a los 37 días alcanzó 7,00 hojas, para finalmente llegar a 9,07 a los 51 días con el máximo número de hojas por planta.

Se observa también que el incremento, en promedio por tratamiento, se dio de la siguiente manera, entre los días 9 y 23 se presentó un incremento de 0,2 hojas.día<sup>-1</sup>, luego el ritmo de crecimiento disminuyó a 0,7 hojas.día<sup>-1</sup> entre los días 23 y 37, para luego aumentar finalmente a 0,15 hojas.día<sup>-1</sup> entre los 37 y 51 días. Se aprecia que todos los tratamientos, es decir las plantas fertilizadas con urea, nitrato de amonio, urea Full Top y Big N Full top, así como también las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno, siguieron una tendencia similar en cuanto al número de hojas por planta, más no los mismos resultados.

**CUADRO N°12.** Promedio del número de hojas por planta, incremento (hojas.día<sup>-1</sup>) y porcentaje respecto al número de hojas máximo en cuatro fechas, por efecto de la interacción.

TRATAMIENTOS	INDICES	17-may	31-may	14-jun	28-jun
		9 D	23 D	37 D	51 D
Urea 0 ppm	Promedio	3,44	5,78	6,78	7,56
	(hojas/día)		0,17	0,07	0,06
	% del max	45,50	76,46	89,68	100,00
Urea 80 ppm	Promedio	3,00	6,11	6,89	9,78
	(hojas/día)		0,22	0,06	0,21
	% del max	30,67	62,47	70,45	100,00
Urea 160 ppm	Promedio	3,00	6,67	7,44	9,56
	(hojas/día)		0,26	0,06	0,15
	% del max	31,38	69,77	77,82	100,00
Urea 240 ppm	Promedio	3,44	6,00	7,22	9,78
	(hojas/día)		0,18	0,09	0,18
	% del max	35,17	61,35	73,82	100,00
Nitrato de Amonio 0 ppm	Promedio	3,00	5,89	6,44	7,11
	(hojas/día)		0,21	0,04	0,05
	% del max	42,19	82,84	90,58	100,00
Nitrato de Amonio 80 ppm	Promedio	3,22	6,67	7,11	9,33
	(hojas/día)		0,25	0,03	0,16
	% del max	34,51	71,49	76,21	100,00
Nitrato de Amonio 160 ppm	Promedio	3,11	6,28	7,00	9,78
	(hojas/día)		0,23	0,05	0,20
	% del max	31,80	64,21	71,57	100,00
Nitrato de Amonio 240 ppm	Promedio	3,22	6,44	6,78	9,44
	(hojas/día)		0,23	0,02	0,19
	% del max	34,11	68,22	71,82	100,00
Urea Full Top 0 ppm	Promedio	3,11	5,22	6,11	7,67
	(hojas/día)		0,15	0,06	0,11
	% del max	40,55	68,06	79,66	100,00
Urea Full Top 80 ppm	Promedio	3,33	6,44	7,00	9,33
	(hojas/día)		0,22	0,04	0,17
	% del max	35,69	69,02	75,03	100,00
Urea Full Top 160 ppm	Promedio	3,44	5,89	7,11	9,78
	(hojas/día)		0,18	0,09	0,19
	% del max	35,17	60,22	72,70	100,00
Urea Full Top 240 ppm	Promedio	3,22	6,00	7,78	9,22
	(hojas/día)		0,20	0,13	0,10
	% del max	34,92	65,08	84,38	100,00
Big N Full Top 0 ppm	Promedio	3,22	5,44	6,39	7,22
	(hojas/día)		0,16	0,07	0,06
	% del max	44,60	75,35	88,50	100,00
Big N Full Top 80 ppm	Promedio	3,22	5,56	7,33	9,44
	(hojas/día)		0,17	0,13	0,15
	% del max	34,11	58,90	77,65	100,00
Big N Full Top 160 ppm	Promedio	3,33	6,11	7,22	10,00
	(hojas/día)		0,20	0,08	0,20
	% del max	33,30	61,10	72,20	100,00
Big N Full Top 240 ppm	Promedio	3,33	5,89	7,33	10,11
	(hojas/día)		0,18	0,10	0,20
	% del max	32,94	58,26	72,50	100,00
<b>PROMEDIO</b>		<b>3,23</b>	<b>6,02</b>	<b>7,00</b>	<b>9,07</b>

Elaboración Propia

En el cuadro N° 13 se aprecia que existen diferencias significativas sobre el número de hojas por planta en cuanto a las dosis utilizadas y la interacción de ambos factores (anexo N° 06).

**CUADRO N°13.** Número de hojas promedio por planta por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno a los 51 días después de la siembra\* (4ta evaluación).

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				
	0	80	160	240	Promedio
Urea	7,56	9,78	9,56	9,78	9,17
Nitrato de Amonio	7,11	9,33	9,78	9,44	8,92
Urea Full Top	7,67	9,33	9,78	9,22	9,00
Big N Full Top	7,22	9,44	10,00	10,11	9,19
Promedio	7,39	9,47	9,78	9,64	9,07

\*Si existe diferencias significativas por interacción

Coefficiente de variabilidad: 3,40%

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 07), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey con un 95% de confianza para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 08), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 14)

**CUADRO N°14.** Efecto de la interacción de los factores sobre el número de hojas (4ta evaluación)

D en f1	PROMEDIOS	
D2F1	9,78	abc
D2F1	9,78	bcd
D3F1	9,56	cd
D1F1	7,56	e

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	9,78	abc
D4F2	9,44	bcd
D2F2	9,33	cd
D1F2	7,11	e

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	9,78	abc
D2F3	9,33	bcd
D4F3	9,22	cd
D1F3	7,67	e

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	10,11	abc
D3F4	10,00	bcd
D2F4	9,44	cd
D1F4	7,22	e

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	10,11	abc
F1D4	9,78	bcd
F2D4	9,44	cde
F3D4	9,22	ef

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción

Según los resultados obtenidos mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D3 y D4, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis de sólo 240ppm, y se obtuvo el mejor resultado con el fertilizante F4, el cual corresponde a Big N Full Top con 240 ppm, tratamiento 16.

### B. Efecto de las fuentes nitrogenadas

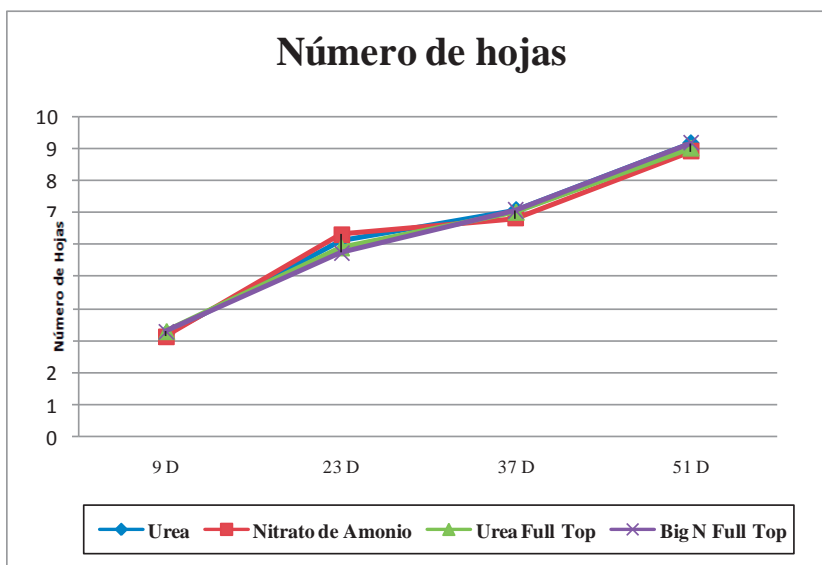
En el cuadro N° 15, se observa que no hay una diferencia estadísticamente significativa, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 06), entre las fuentes nitrogenadas en prueba, en lo relacionado con el número de hojas, aun cuando la tendencia a un mayor número de hojas por parte del Big N y la urea, sea mayor a las otras dos fuentes utilizadas.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 06), viéndose que no existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al número de hojas en la 4ta evaluación, siendo ésta la más representativa dentro de todas las evaluaciones que hubieron durante el periodo del cultivo; en el gráfico N° 04 se puede apreciar que la curva de crecimiento por efecto de las fuentes es bastante similar, siendo la curva de crecimiento para la fuente de Big N Full Top ligeramente superior en las últimas fechas, lo que concuerda con el cuadro N° 15 al ver que la mayor media la presenta dicha fuente.

**CUADRO N°15.** Efecto de las fuentes sobre el número de hojas (4ta evaluación)

FUENTES	HOJAS 4º Ev. (Media)	TUKEY (95% confianza)
Big N Full Top	9,20	a
Urea	9,20	a
Urea Full Top	9,00	a
Nitrato de Amonio	8,90	a

\*No existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°04.** Variación del número de hojas por planta en cuatro fechas, por efecto de 4 fuentes nitrogenadas.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Rhoades H. y Lowre, ellos comprobaron en cuatro experimentos realizados en maíz de Kansas, en 1944, que el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y la urea se comportan igualmente eficaces como portadores de nitrógeno, lo mismo se observa en el presente parámetro evaluado, considerando los fertilizantes con el polímero Full Top, se obtiene una misma respuesta al usar diferentes fuentes.

Muy por el contrario, no se concuerda con lo obtenido por Raffo Otero E. el cual establece un orden de mérito para tres fuentes nitrogenadas a partir de un experimento en tres variedades de maíz para chala 1. Nitrato de amonio 2. Urea y 3. Sulfato de amonio. En su experimento encontró diferencias altamente significativas.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

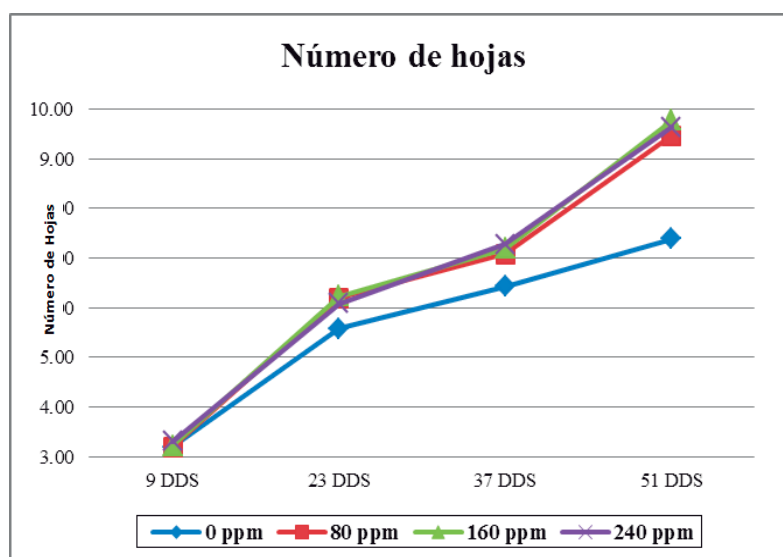
En el cuadro N° 16, se observa que la aplicación de nitrógeno permite obtener mayor número de hojas en comparación con el testigo. Se observa una tendencia de obtener un mayor número de hojas a mayor dosis de nitrógeno (anexo N° 06) con un 95% y 99% de confianza.

**CUADRO N°16.** Efecto de las dosis sobre el número de hojas (4ta evaluación)

DOSIS	HOJAS 4° Ev. (Media)	TUKEY (95% confianza)
160 ppm	9,80	a
240 ppm	9,60	a
80 ppm	9,50	a
0 ppm	7,40	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis

En el gráfico N° 05 se observa el efecto de las dosis sobre la variación del número de hojas en cuatro fechas.



Elaboración propia

**GRÁFICO N°05.** Variación del número de hojas por planta en cuatro fechas, por efecto de las dosis.

Se concuerda también con Ferrini, 1967, él encontró que el maíz es una de las plantas que mejor responden a la aplicación de fertilizantes, su corto periodo vegetativo exige disponer de elementos nutritivos asimilables desde la emergencia y sobre todo desde las primeras etapas de crecimiento, lo cual se puede observar comparando las plantas no fertilizadas y fertilizadas con nitrógeno.

Las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno concuerdan con lo reportado con Thomson y Weier, 1962, el cual manifiesta que la deficiencia de N se caracteriza también

por un bajo ritmo de crecimiento. La deficiencia de N resulta en un colapso de los cloroplastos así como también en un desajuste del desarrollo de los mismos.

#### **4.1.4. DIÁMETRO DE CAÑA**

##### **A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno**

En el cuadro N° 17 se muestran los promedios, por cada uno de los tratamientos, del diámetro de caña de las plantas de maíz, se muestra asimismo el incremento entre periodos y el porcentaje respecto al diámetro de caña máximo en cuatro fechas.

El cuadro N° 17 muestra que a los 16 días el diámetro promedio de la caña fue de 0,62 cm, a los 30 días fue de 0,81 cm, a los 44 días alcanzó 1,06 cm, luego finalmente alcanzó los 1,24 cm a los 58 días como el máximo diámetro de caña, en promedio de todos los tratamientos.

Se puede apreciar también que el diámetro de cañas se definió a los 58 días. El crecimiento se dio de la siguiente manera, entre los días 16 y 30 se presentó un incremento de 0,01  $\text{cm.día}^{-1}$ , luego el ritmo de crecimiento incrementó ligeramente a 0,02  $\text{cm.día}^{-1}$  entre los días 30 y 44, para luego disminuir nuevamente a 0,01  $\text{cm.día}^{-1}$  entre los 44 y 58 días. Se aprecia que todos los tratamientos, es decir las plantas fertilizadas con urea, nitrato de amonio, urea Full Top y Big N Full top, así como también las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno, siguieron una tendencia similar en crecimiento.

**CUADRO N°17.** Promedio del diámetro de caña, incremento (cm.día<sup>-1</sup>) y porcentaje respecto a la altura máxima en cuatro fechas, por efecto de las dosis

TRATAMIENTOS	INDICES	24-may	07-jun	21-jun	05-jul
		16 D	30 D	44 D	58 D
Urea 0 ppm	Promedio	0,51	0,62	0,70	0,71
	(hojas/día)		0,01	0,01	0,00
	% del max	71,83	87,32	98,59	100,00
Urea 80 ppm	Promedio	0,61	0,74	0,93	1,21
	(hojas/día)		0,01	0,01	0,02
	% del max	50,41	61,16	76,86	100,00
Urea 160 ppm	Promedio	0,69	0,92	1,04	1,21
	(hojas/día)		0,02	0,01	0,01
	% del max	57,02	76,03	85,95	100,00
Urea 240 ppm	Promedio	0,76	0,96	1,23	1,37
	(hojas/día)		0,01	0,02	0,01
	% del max	55,47	70,07	89,78	100,00
Nitrato de Amonio 0 ppm	Promedio	0,58	0,74	0,71	0,79
	(hojas/día)		0,01	0,00	0,01
	% del max	73,42	93,67	89,87	100,00
Nitrato de Amonio 80 ppm	Promedio	0,63	0,84	1,12	1,33
	(hojas/día)		0,02	0,02	0,02
	% del max	47,37	63,16	84,21	100,00
Nitrato de Amonio 160 ppm	Promedio	0,62	0,80	1,08	1,46
	(hojas/día)		0,01	0,02	0,03
	% del max	42,47	54,79	73,97	100,00
Nitrato de Amonio 240 ppm	Promedio	0,63	0,70	1,18	1,31
	(hojas/día)		0,01	0,03	0,01
	% del max	48,09	53,44	90,08	100,00
Urea Full Top 0 ppm	Promedio	0,54	0,64	0,72	0,88
	(hojas/día)		0,01	0,01	0,01
	% del max	61,36	72,73	81,82	100,00
Urea Full Top 80 ppm	Promedio	0,61	0,94	1,12	1,29
	(hojas/día)		0,02	0,01	0,01
	% del max	47,29	72,87	86,82	100,00
Urea Full Top 160 ppm	Promedio	0,60	0,89	1,28	1,53
	(hojas/día)		0,02	0,03	0,02
	% del max	39,22	58,17	83,66	100,00
Urea Full Top 240 ppm	Promedio	0,72	0,96	1,32	1,53
	(hojas/día)		0,02	0,03	0,02
	% del max	47,06	62,75	86,27	100,00
Big N Full Top 0 ppm	Promedio	0,52	0,66	0,81	0,79
	(hojas/día)		0,01	0,01	0,00
	% del max	65,82	83,54	102,53	100,00
Big N Full Top 80 ppm	Promedio	0,62	0,81	1,17	1,51
	(hojas/día)		0,01	0,03	0,02
	% del max	41,06	53,64	77,48	100,00
Big N Full Top 160 ppm	Promedio	0,61	0,82	1,27	1,48
	(hojas/día)		0,02	0,03	0,02
	% del max	41,22	55,41	85,81	100,00
Big N Full Top 240 ppm	Promedio	0,67	0,91	1,28	1,47
	(hojas/día)		0,02	0,03	0,01
	% del max	45,58	61,90	87,07	100,00
<b>PROMEDIO</b>		<b>0,62</b>	<b>0,81</b>	<b>1,06</b>	<b>1,24</b>

Elaboración Propia

En el cuadro N° 18 se puede apreciar que las fuentes y dosis de nitrógeno empleadas mostraron diferencias significativas sobre el diámetro de caña por planta, más no en la interacción de ambos factores, por lo cual no es necesario realizar el ANVA de efectos simples.



**CUADRO N°18.** Diámetro de caña promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno a los 58 días después de la siembra\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				
	0	80	160	240	Promedio
Urea	0,64	0,87	0,97	1,08	0,89
Nitrato de Amonio	0,71	0,98	0,99	0,96	0,91
Urea Full Top	0,70	0,99	1,08	1,13	0,98
Big N Full Top	0,70	1,03	1,05	1,08	0,97
Promedio	0,69	0,97	1,02	1,06	0,94

\*No existe diferencias significativas por interacción

Coefficiente de variabilidad: 10.887%

### B. Efecto de las fuentes nitrogenadas

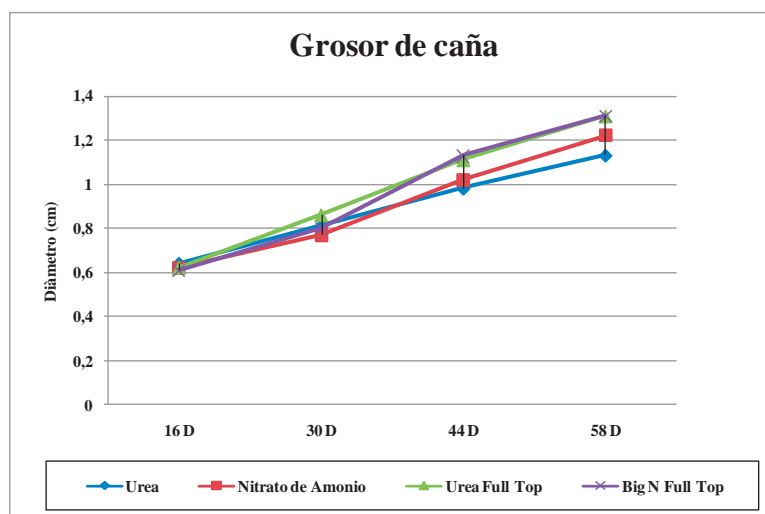
En el cuadro N° 19, se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 09), en lo relacionado con el grosor de caña, siendo los fertilizantes Full Top los que presentan una tendencia mayor a los otros fertilizantes convencionales utilizados en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 09), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al diámetro de la caña en la 4ta evaluación, siendo ésta la más representativa dentro de todas las evaluaciones que hubieron durante el periodo del cultivo; en el gráfico N° 06 se puede apreciar que la curva de crecimiento por efecto de las fuentes es bastante similar, siendo la curva de crecimiento para la fuente de Big N Full Top ligeramente superior en las dos últimas fechas.

**CUADRO N° 19.** Efecto de las fuentes sobre el diámetro de caña (4ta evaluación)

FUENTES	GROSOR CAÑA 4° Ev. cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
Big N Full Top	1,30	a
Urea Full Top	1,30	a
Nitrato de Amonio	1,20	ab
Urea	1,20	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°06.** Variación del grosor de caña en cuatro fechas, por efecto de las fuentes

Esto concuerda a lo obtenido en ensayos realizados por el programa de maíz PCIM, en el año 1959 en donde comprobaron que no existen diferencias sustanciales entre los efectos de las distintas fuentes nitrogenadas.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

En el cuadro N° 20 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis de nitrógeno utilizadas en la prueba, (anexo N° 09) con un 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el grosor de caña, existe una mejor respuesta de las dosis crecientes de nitrógeno con respecto al testigo no fertilizado.

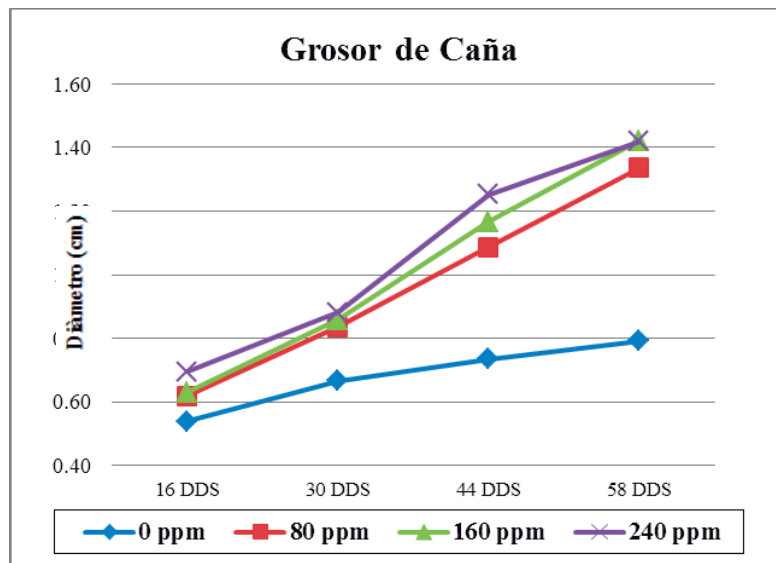
Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 09), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al diámetro de la caña en la 4ta evaluación, siendo ésta la más representativa dentro de todas las evaluaciones que hubieron durante el periodo del cultivo; en el gráfico N° 07 se puede apreciar que la curva de crecimiento es mayor proporcionalmente al incrementar la dosis nitrogenada, siendo el testigo no fertilizado el que representa un menor crecimiento frente a éste parámetro, sin embargo en la última evaluación los testigos fertilizados con 160 ppm y 240 ppm obtienen

la misma media, lo cual se corrobora en el cuadro N° 20 y el gráfico N° 07 en la evaluación de la última fecha.

**CUADRO N°20.** Efecto de las dosis sobre el diámetro de caña (4ta evaluación)

DOSIS	GROSOR CAÑA 4º Ev. cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
160 ppm	1,40	a
240 ppm	1,40	a
80 ppm	1,30	a
0 ppm	0,80	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°07.** Variación del grosor de caña en cuatro fechas, por efecto de las dosis

Las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno concuerdan con lo reportado con Thomson y Weier, 1962, el cual manifiesta que la deficiencia de N se caracteriza también por un bajo ritmo de crecimiento. Las plantas son pequeñas, los tallos tienen un aspecto zanquivano, las hojas son pequeñas y las más viejas con frecuencia caen prematuramente.

## 4.2. EN LA COSECHA

### 4.2.1. Peso fresco aéreo

#### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

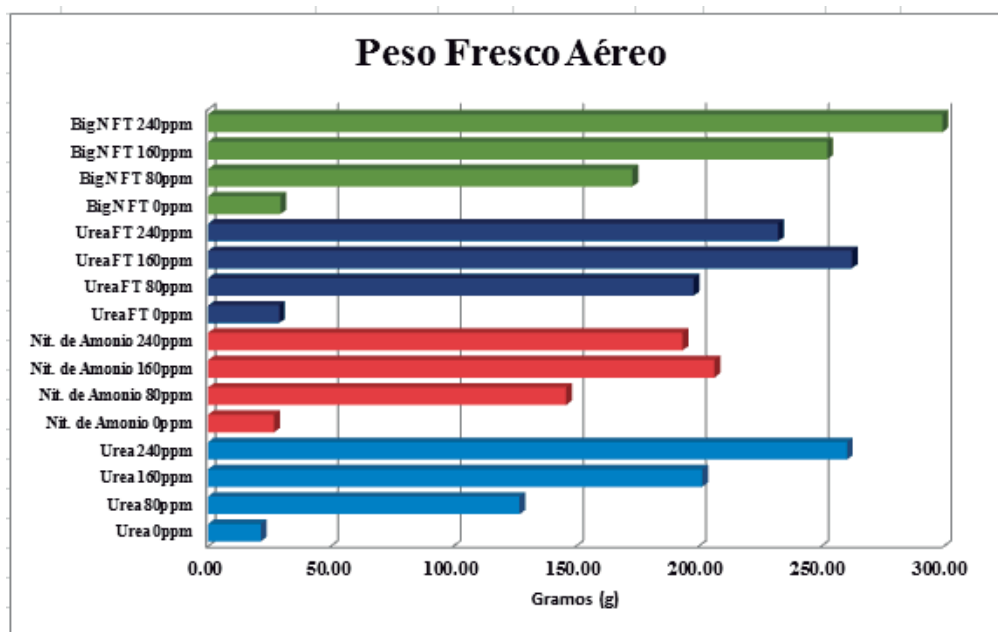
En el cuadro N° 21 y gráfico N° 08, se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, al 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el peso fresco aéreo, expresados en g.planta<sup>-1</sup> (anexo N° 10)

**CUADRO N°21.** Peso Fresco aéreo promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	21,50	127,00	201,50	260,50	152,63
Nitrato de Amonio	27,00	146,00	206,50	193,50	143,25
Urea Full Top	29,00	198,00	262,50	232,50	180,50
Big N Full Top	29,50	173,00	252,50	299,50	188,63
Promedio	26,75	161,00	230,75	246,50	166,25

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coefficiente de variabilidad: 6,59%



**GRÁFICO N°08.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco aéreo

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 11), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 12), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 22).

**CUADRO N°22.** Efecto de la interacción sobre el peso fresco aéreo

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	260,50	a
D3F1	201,50	b
D2F1	127,00	c
D1F1	21,50	d

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	206,50	ab
D4F2	193,50	bc
D2F2	146,00	d
D1F2	27,00	e

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	262,50	a
D4F3	232,50	b
D2F3	198,00	c
D1F3	29,00	d

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	299,50	a
D3F4	252,50	b
D2F4	173,00	c
D1F4	29,50	d

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	198,00	a
F4D2	173,00	b
F2D2	146,00	c
F1D2	127,00	cd

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	262,50	ab
F4D3	252,50	bc
F2D3	206,50	d
F1D3	201,50	de

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	299,50	a
F1D4	260,50	b
F3D4	232,50	c
F2D4	193,50	d

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0 ppm, se obtuvieron los mejores resultados con los fertilizantes F3 y F4, habiendo obtenido el mejor resultado con F4D4, Big N Full Top 240 ppm, tratamiento 16.

## B. Efecto de las fuentes nitrogenadas

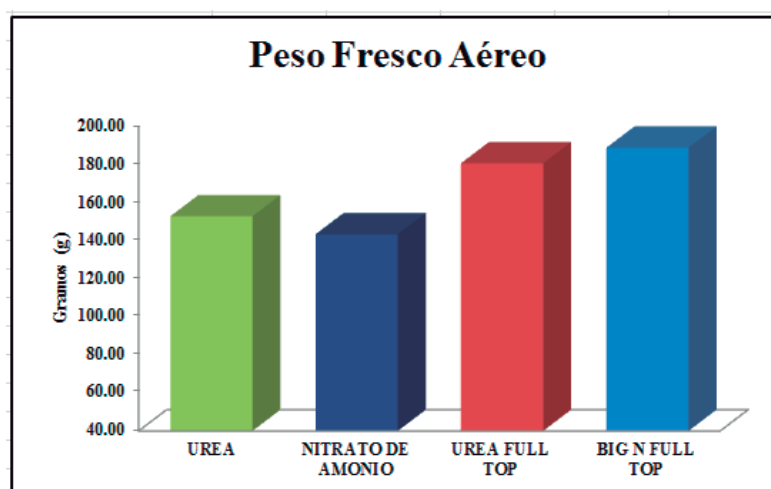
En el cuadro N° 23 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 10), en lo relacionado con el peso fresco aéreo, siendo los fertilizantes Full Top los que presentan una tendencia mayor a los otros fertilizantes convencionales utilizados en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 10), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al peso fresco aéreo; en el gráfico N° 08 se puede apreciar gráficamente que la fuente Big N Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Urea Full Top, Urea y Nitrato de Amonio, corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°23.** Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo

FUENTES	PESO FRESCO AEREO g (Media)	TUKEY (95% confianza)
<b>Big N Full Top</b>	188.60	a
<b>Urea Full Top</b>	180.50	a
<b>Urea</b>	152.60	b
<b>Nitrato de Amonio</b>	143.30	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°09.** Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo

De acuerdo a lo obtenido, se puede afirmar que el rendimiento está de alguna manera influenciado por la aplicación de distintas fuentes de fertilizantes nitrogenados.

Lo obtenido concuerda con lo obtenido por Raffo Otero E., él establece un orden de mérito para tres fuentes nitrogenadas a partir del rendimiento de un experimento en tres variedades de maíz para chala 1. Nitrato de amonio 2. Urea y 3. Sulfato de amonio. En su experimento encontró diferencias altamente significativas; es necesario mencionar que la tecnología Full Top es reciente y se ha obtenido una mejor respuesta en el presente experimento en comparación a los fertilizantes tradicionales.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

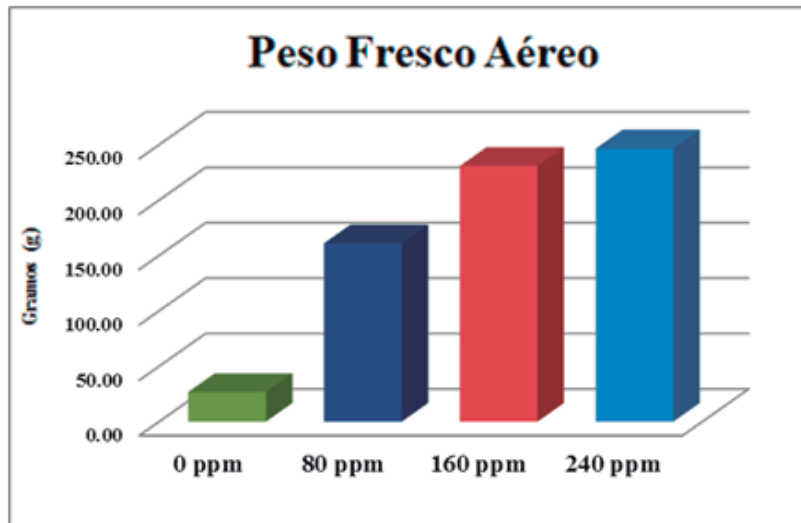
En el cuadro N° 24 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, (anexo N° 10) con un 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el peso fresco aéreo, existe una mejor respuesta de los nitrogenados con dosis crecientes con respecto a los testigos no fertilizados.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 10), comprobándose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al peso fresco aéreo; en el gráfico N° 09 se observa los rendimientos obtenidos en gramos del peso fresco aéreo, por efecto de las dosis, a la vez se puede apreciar que los resultados son directamente proporcional a la dosis nitrogenada utilizada, a mayor dosis, mayor peso fresco aéreo en gramos.

**CUADRO N°24.** Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo

DOSIS	PESO FRESCO AEREO g (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	246.50	a
160 ppm	230.80	b
80 ppm	161.00	c
0 ppm	26.80	d

\* Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°10.** Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo

De la misma manera Shimshi, 1969, reportó los resultados de tres experimentos de fertilización nitrogenada encontrando, que la aplicación de nitrógeno determinó incrementos del orden del 60% en el rendimiento de maíz grano (2 670 Kg/Ha) y la eficiencia de uso del agua en un 44% respecto del testigo no fertilizado, de igual forma se encuentran grandes diferencias en el peso fresco aéreo total obtenido en los tratamientos con fertilización nitrogenada a comparación de los testigos no fertilizados con nitrógeno.

#### 4.2.2. PESO SECO AÉREO

##### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

En el cuadro N° 25 y gráfico N° 11 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, en lo relacionado con el peso seco aéreo, expresados en g.planta<sup>-1</sup> al 95% de confianza, (anexo N° 13)

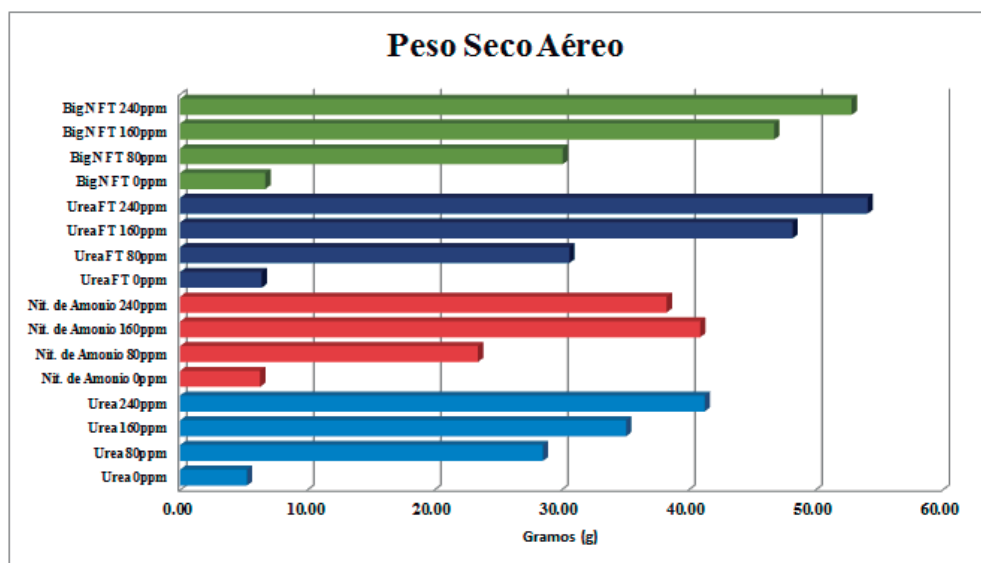


**CUADRO N°25.** Peso Seco aéreo promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	5,26	28,55	35,11	41,28	27,55
Nitrato de Amonio	6,30	23,44	40,93	38,29	27,24
Urea Full Top	6,41	30,64	48,19	54,10	34,84
Big N Full Top	6,71	30,11	46,75	52,85	34,11
Promedio	6,17	28,19	42,75	46,63	30,93

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coefficiente de variabilidad: 12,37%



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°11.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco aéreo

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 14), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 15), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 26).

**CUADRO N°26.**

Efecto de la interacción sobre el peso seco aéreo

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	41,28	ab
D3F1	35,11	bc
D2F1	28,55	cd
D1F1	5,26	e

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	40,93	ab
D4F2	38,29	bc
D2F2	23,44	d
D1F2	6,30	e

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	54,10	ab
D3F3	48,19	bc
D2F3	30,65	d
D1F3	6,41	e

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	52,85	ab
D3F4	46,75	bc
D2F4	30,11	d
D1F4	6,71	e

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	48,19	ab
F4D3	46,75	bc
F2D3	40,93	cd
F1D3	35,11	de

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	54,10	ab
F4D4	52,85	bc
F1D4	41,28	d
F2D4	38,29	de

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción de la interacción

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D3 y D4, es decir en las dosis más altas, se obtuvo diferencias significativas con el fertilizante F3 frente al fertilizante en la dosis, habiendo obtenido el mejor resultado con F3D4, Urea Full Top 240 ppm, tratamiento 12, seguidamente del tratamiento 16.

### **B. Efecto de las fuentes nitrogenadas**

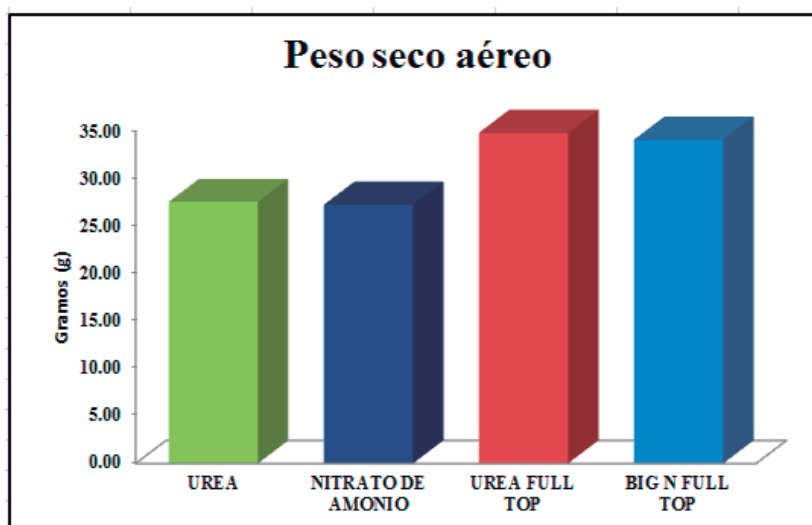
En el cuadro N° 27 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 13), en lo relacionado con el peso seco aéreo, siendo los fertilizantes Full Top los que presentan una tendencia mayor a los otros fertilizantes convencionales utilizados en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 13), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al peso seco aéreo; en el gráfico N° 10 se puede apreciar que la fuente Urea Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de Big N Full Top, Urea y Nitrato de Amonio, corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°27.** Efecto de las fuentes sobre el peso seco aéreo

FUENTES	PESO SECO AEREO g (Media)	TUKEY (95% confianza)
Urea Full Top	34.80	a
Big N Full Top	34.10	a
Urea	27.60	b
Nitrato de Amonio	27.20	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°12.** Variación en gramos (g) del peso seco aéreo por efecto de las fuentes

Sin embargo se obtiene todo lo contrario en comparación a los ensayos realizados por el programa de maíz PCIM, en el año 1959 en donde se comprueba que no existen diferencias sustanciales entre los efectos de las distintas fuentes nitrogenadas, cabe destacar que se utilizaron sólo los fertilizantes tradicionales.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

En el cuadro N° 28 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, (anexo N° 13) con un 95% y 99% de confianza en lo relacionado con el peso seco aéreo, existe una mejor respuesta de los nitrogenados con dosis crecientes con respecto a los testigos no fertilizados.

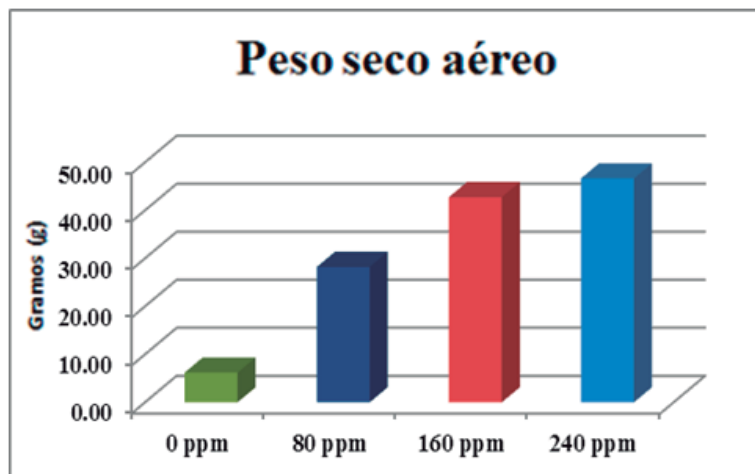
Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 13), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al peso seco aéreo; en el

gráfico N°13 se puede apreciar que los resultados del peso seco aéreo es directamente proporcional a las dosis utilizadas, a mayor dosis, mayor peso seco, siendo los testigos no fertilizados seriamente afectados en el rendimiento.

**CUADRO N°28.** Efecto de las dosis sobre el peso seco aéreo

DOSIS	PESO SECO AEREO g (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	46.60	a
160 ppm	42.70	a
80 ppm	28.20	b
0 ppm	6.20	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°13.** Variación en gramos (g.) del peso seco aéreo por efecto de las dosis

De acuerdo a lo obtenido, se puede afirmar que la producción de materia seca, principalmente en la caña está directamente relacionada a la producción de carbohidratos estructurales, ello tiene influencia en la calidad final del producto.

Lo obtenido concuerda con los resultados de Zegarra, 2003, él obtuvo en el cultivo indicador de maíz, tomando como promedio de fuentes a la urea como 100% por ser el fertilizante más usado y al nitrato de amonio 97,5% utilizando un suelo franco arenoso; el incremento del rendimiento en promedio al elevar el nivel de nitrógeno de 150ppm a 300ppm fue de 25% con relación al peso seco total del cultivo indicador de maíz, lo cual concuerda de igual manera, sin considerar la textura del suelo, en el experimento, a mayor dosis de nitrógeno, mayor peso seco.

### 4.2.3. Peso fresco de la raíz

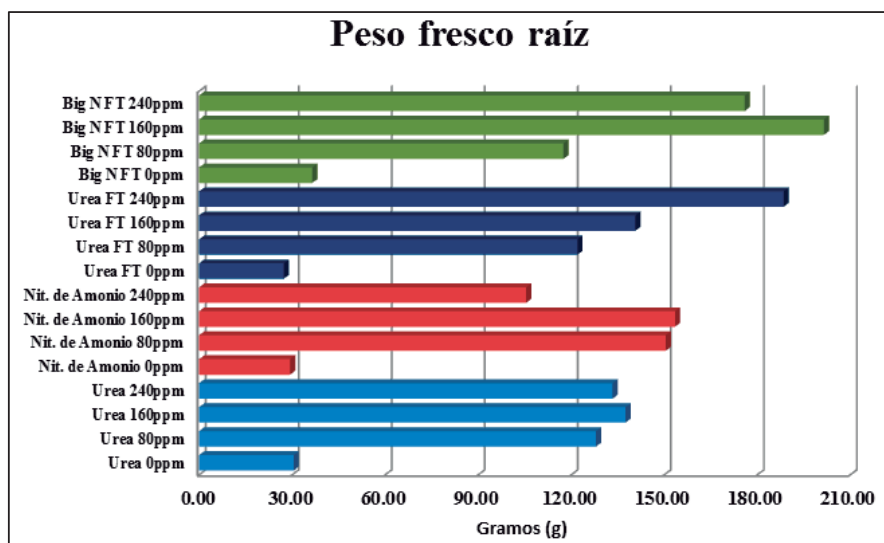
#### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

En el cuadro N° 29 y gráfico N° 14 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, en lo relacionado con el peso fresco de la raíz, expresados en g.planta<sup>-1</sup> al 95% y 99% de confianza (anexo N° 16).

**CUADRO N°29.** Peso Fresco de la raíz promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	30,50	128,00	137,50	133,33	107,33
Nitrato de Amonio	29,33	150,50	153,50	105,50	109,71
Urea Full Top	27,33	122,00	140,67	188,50	119,63
Big N Full Top	36,50	117,50	201,50	176,00	132,88
Promedio	30,92	129,50	158,29	150,83	117,39

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción  
Coeficiente de variabilidad: 8,54%



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°14.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco de la raíz.

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 17), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para

hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 18), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 30)

**CUADRO N°30.** Efecto de la interacción sobre el peso fresco de la raíz

D en f1	PROMEDIOS	
D3F1	137,50	abc
D4F1	133,33	bcd
D2F1	128,00	cd
D1F1	30,50	e

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	153,50	ab
D2F2	150,50	bc
D4F2	105,50	d
D1F2	29,33	e

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	188,50	a
D3F3	140,67	bc
D2F3	122,00	cd
D1F3	27,33	e

D en f4	PROMEDIOS	
D3F4	201,50	a
D4F4	176,00	b
D2F4	117,50	c
D1F4	36,50	d

F en d2	PROMEDIOS	
F2D2	150,50	a
F1D2	128,00	bcd
F3D2	122,00	cde
F4D2	117,50	def

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	201,50	a
F2D3	153,50	bcd
F3D3	140,67	cde
F1D3	137,50	def

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	188,50	ab
F4D4	176,00	bc
F1D4	133,33	d
F2D4	105,50	e

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0ppm, se obtuvieron los mejores resultados con el fertilizante F4, habiendo obtenido el mejor resultado con F4D3, Big N Full Top 160 ppm, tratamiento 15.

### B. Efecto de las fuentes nitrogenadas

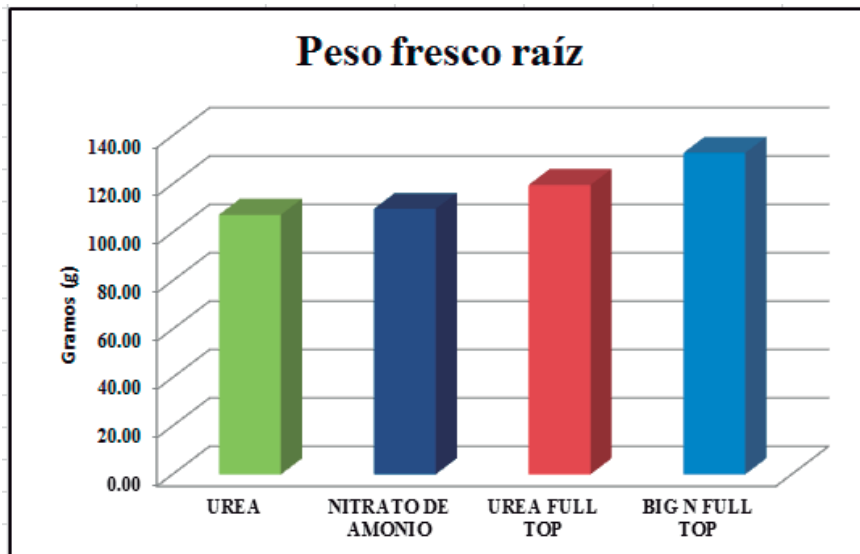
En el cuadro N° 31 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 16), en lo relacionado con el peso fresco de la raíz, obteniéndose una mejor respuesta del fertilizante Big N Full Top frente a los otros fertilizantes utilizados en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 16), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al peso fresco de la raíz; en el gráfico N° 15 se puede apreciar que la fuente Big N Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Urea Full Top, Nitrato de Amonio y finalmente la Urea corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°31.** Efecto de las fuentes sobre el peso fresco de la raíz

FUENTES	PESO FRESCO RAIZ g (Media)	TUKEY (95% confianza)
<b>Big N Full Top</b>	132.90	a
<b>Urea Full Top</b>	119.60	b
<b>Nitrato de Amonio</b>	109.70	bc
<b>Urea</b>	107.30	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°15.** Variación del peso fresco de la raíz por efecto de las fuentes

Esto no concuerda a lo obtenido en ensayos realizados por el programa de maíz PCIM, en el año 1959 en donde comprobaron que no existen diferencias sustanciales entre los efectos de las distintas fuentes nitrogenadas.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

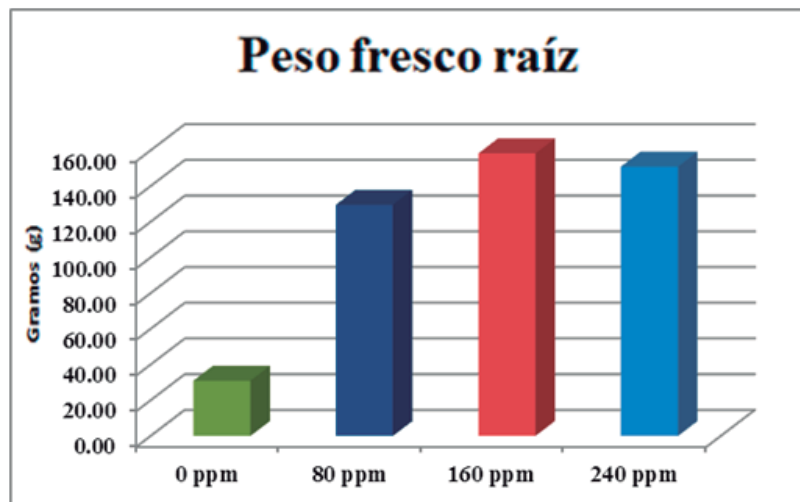
En el cuadro N° 32 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, (anexo N° 16) con un 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el peso seco aéreo, existe una mejor respuesta de los nitrogenados con dosis crecientes con respecto a los testigos no fertilizados.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 16), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al peso fresco de la raíz; en el gráfico N° se puede apreciar que se obtienen mejores resultados del peso fresco de la raíz con la dosis de 160 ppm, seguidamente de 240 ppm, 80 ppm y finalmente de los testigos no fertilizados 0 ppm.

**CUADRO N°32.** Efecto de las dosis sobre el peso fresco de la raíz

DOSIS	PESO FRESCO RAIZ g (Media)	TUKEY (95% confianza)
160 ppm	158.30	a
240 ppm	150.80	a
80 ppm	129.50	b
0 ppm	30.90	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N° 16.** Variación del peso fresco de la raíz por efecto de las dosis



Se puede discutir que existe mejor respuesta frente a la dosis de 160 ppm a comparación de una mayor dosis, en este caso 240 ppm, ya que normalmente en macetería se trabaja con una dosis de 200 ppm de nitrógeno, con lo cual el excedente de nitrógeno pasaría dentro de la planta a formar  $\text{NH}_3$  y posteriormente a la formación de compuestos carbonados, para lo cual podría quitar estos compuestos de otros órganos, en este caso las raíces.

De acuerdo a lo obtenido, se puede afirmar que la producción de raíz, está directamente relacionada a la absorción de nitrógeno, según Pérez, 1991, asevera que los efectos que produce el suministro balanceado de nitrógeno son: fomentar el desarrollo de nuevos meristemas, determinar la corpulencia y succulencia de raíces, tallos y semillas, además produce en el follaje un verdor más intenso, aumenta el contenido de proteínas y en cierto grado regula la asimilación de potasio, fósforo y de otros nutrientes, necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cabe destacar una vez más la importancia del fósforo en el crecimiento de las raíces de las plantas.

Lo obtenido también concuerda con los resultados de Gruneberg, 1959, éste afirma que la asimilación del nitrógeno tiene lugar durante todo el periodo de crecimiento del cultivo de maíz, aminorando recién en la época de madurez, destaca la influencia del Nitrógeno sobre la absorción de Fósforo es muy clara durante el crecimiento inicial, lo cual se observa en los tratamientos fertilizados con nitrógeno frente a los testigos no fertilizados.

#### **4.2.4. PESO SECO DE LA RAÍZ**

##### **A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno**

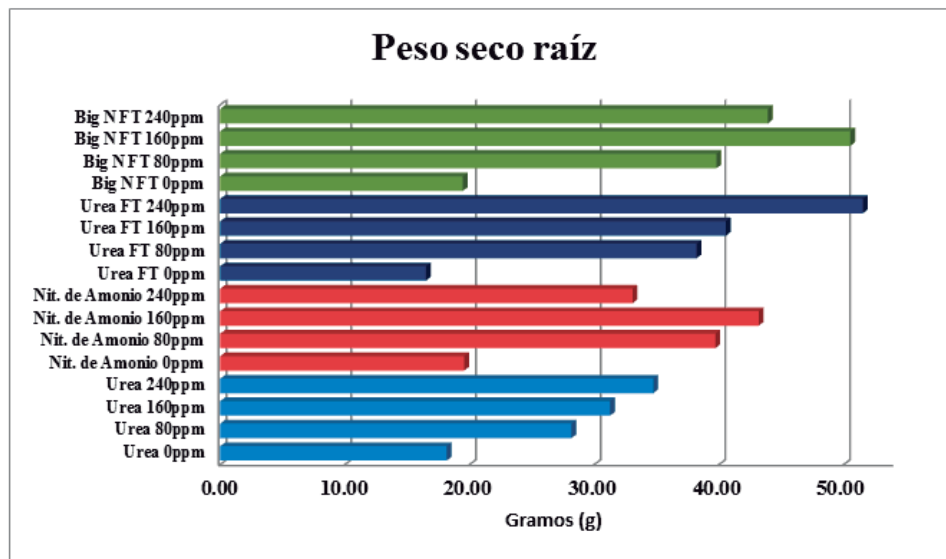
En el cuadro N° 33 y gráfico N° 17 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, al 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el peso seco de la raíz, expresados en  $\text{g.planta}^{-1}$  (anexo N° 19).

**CUADRO N°33.** Peso Seco de la raíz promedio por planta por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				
	0	80	160	240	Promedio
Urea	18,16	28,17	31,26	34,73	28,08
Nitrato de Amonio	19,56	39,70	43,18	33,06	33,88
Urea Full Top	16,50	38,20	40,54	51,53	36,69
Big N Full Top	19,46	39,79	50,53	43,92	38,43
Promedio	18,42	36,47	41,38	40,81	34,27

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coefficiente de variabilidad: 7,44%



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°17.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco de la raíz.

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 20), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 21), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 34).

**CUADRO N°34.** Efecto de la interacción de los factores sobre el peso seco de la raíz

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	34,73	ab
D3F1	31,26	bc
D2F1	28,17	cd
D1F1	18,16	e

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	43,18	ab
D2F2	39,70	bc
D4F2	33,06	d
D1F2	19,56	e

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	51,53	a
D3F3	40,54	bc
D2F3	38,20	cd
D1F3	16,50	e

D en f4	PROMEDIOS	
D3F4	50,53	a
D4F4	43,92	bc
D2F4	39,79	cd
D1F4	19,46	e

F en d2	PROMEDIOS	
F4D2	39,79	abc
F2D2	39,70	bcd
F3D2	38,20	cde
F1D2	28,17	f

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	50,53	a
F2D3	43,18	bc
F3D3	40,54	cd
F1D3	31,26	e

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	51,53	a
F4D4	43,92	b
F1D4	34,73	cd
F2D4	33,06	de

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción de los factores

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0ppm, se obtuvieron los mejores resultados con los fertilizantes F3 y F4, habiendo obtenido el mejor resultado con F3D4, Urea Full Top 240 ppm, tratamiento 12.

### **B. Efecto de las fuentes nitrogenadas**

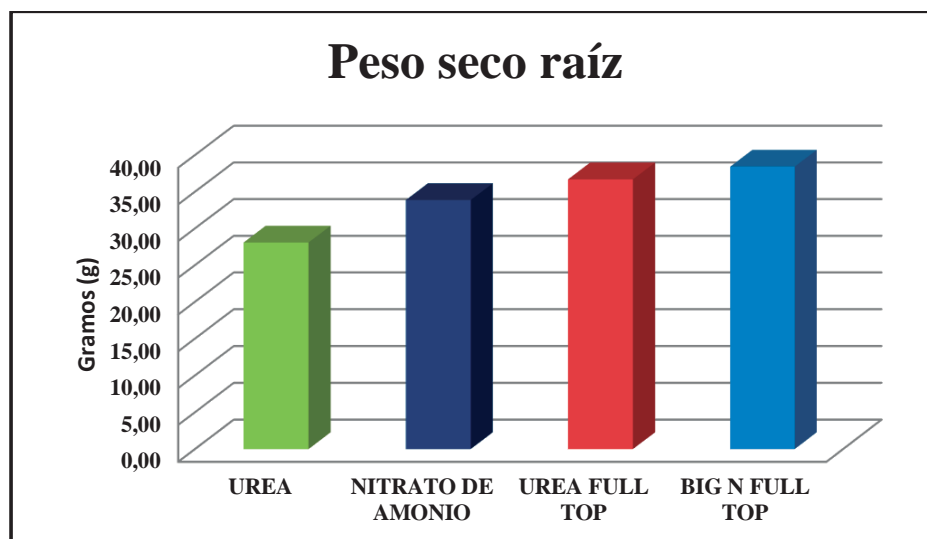
En el cuadro N° 35 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, en lo relacionado con el peso seco de la raíz. Al 95% y 99% de confianza (anexo N° 19),

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 19), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al peso seco de la raíz; en el gráfico N° 18 se puede apreciar que la fuente Big N Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Urea Full Top, Nitrato de Amonio y finalmente la Urea corroborándose estadísticamente la diferencia significativa y obteniéndose resultados similares a los pesos frescos de la raíz.

**CUADRO N°35.** Efecto de las fuentes sobre el peso seco de la raíz

FUENTES	PESO SECO RAIZ g (Media)	TUKEY (95% confianza)
<b>Big N Full Top</b>	38.40	a
<b>Urea Full Top</b>	36.70	ab
<b>Nitrato de Amonio</b>	33.90	b
<b>Urea</b>	28.10	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°18.** Peso seco total de la raíz por efecto de las fuentes

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

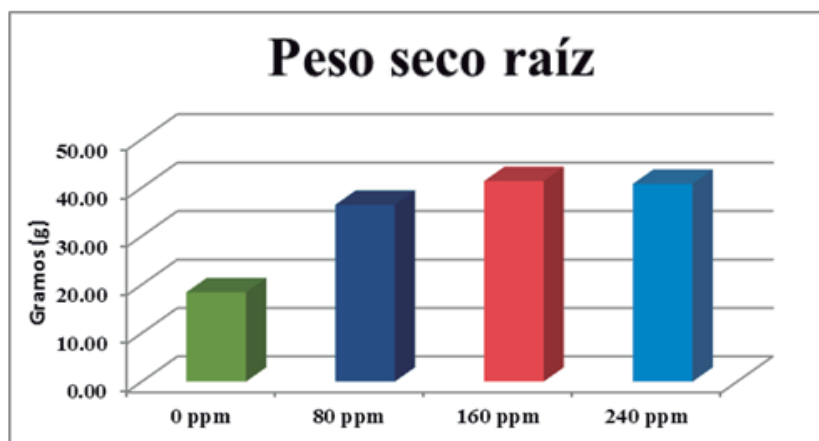
En el cuadro N° 36 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, (anexo N° 19) con un 95% y 99% de confianza, en lo relacionado con el peso seco de la raíz, existe una mejor respuesta de los nitrogenados con dosis crecientes con respecto a los testigos no fertilizados.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 19), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al peso seco de la raíz, entre los testigos fertilizados con nitrógeno y los no fertilizados; en el gráfico N° 19 se puede apreciar que se obtienen mejores resultados del peso seco de la raíz con la dosis de 160 ppm, seguidamente de 240 ppm, 80 ppm y finalmente de los testigos no fertilizados 0 ppm, al igual que los resultados de los pesos frescos de las raíces.

**CUADRO N°36.** Efecto de las dosis sobre el peso seco de la raíz

DOSIS	PESO SECO RAIZ g (Media)	TUKEY (95% confianza)
160 ppm	41.40	a
240 ppm	40.80	a
80 ppm	36.50	b
0 ppm	18.40	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°19.** Peso seco total de la raíz por efecto de las dosis

Lo obtenido concuerda con los resultados de Gruneberg, 1959, éste afirma que la asimilación del nitrógeno tiene lugar durante todo el periodo de crecimiento del cultivo de maíz, aminorando recién en la época de madurez, destaca la influencia del nitrógeno sobre la absorción de fósforo sobre el crecimiento inicial, lo cual se observa en los tratamientos fertilizados con nitrógeno frente a los testigos no fertilizados.

#### 4.2.5. NITRÓGENO TOTAL

##### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

En el cuadro N° 37 se observa los resultados obtenidos en laboratorio, mediante el método de Kjeldahl, en el cual es necesaria la correcta lectura del uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ya que a este resultado se le multiplica por el factor 0.28 para hallar el % de N por 100mg de muestra, esto finalmente se multiplica por el contenido de materia seca por planta para hallar el nitrógeno total por planta.

**CUADRO N°37.** Datos obtenidos en la prueba de Kjeldahl y conversión N total en planta, expresada en (g/maceta)

Tratamiento	Gasto H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	%N en 100 mg	Peso Seco (g)	N Total (g/maceta)
Urea 0ppm	2.13	0.60	5.3	0.0314
Urea 80ppm	3.40	0.95	28.5	0.2718
Urea 160ppm	4.57	1.28	35.1	0.4490
Urea 240ppm	5.20	1.46	41.3	0.6011
Nit. de Amonio 0ppm	2.37	0.66	6.3	0.0417
Nit. de Amonio 80ppm	3.27	0.91	23.4	0.2144
Nit. de Amonio 160ppm	4.50	1.26	40.9	0.5157
Nit. de Amonio 240ppm	5.47	1.53	38.3	0.5861
Urea FT 0ppm	2.60	0.73	6.4	0.0466
Urea FT 80ppm	3.83	1.07	30.6	0.3289
Urea FT 160ppm	4.63	1.30	48.2	0.6252
Urea FT 240ppm	5.80	1.62	54.1	0.8786
Big N FT 0ppm	2.53	0.71	6.7	0.0476
Big N FT 80ppm	3.97	1.11	30.1	0.3344
Big N FT 160ppm	5.13	1.44	46.7	0.6719
Big N FT 240ppm	6.33	1.77	52.9	0.9372

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 38, se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, al 95% y 99% de confianza, en lo relacionado al nitrógeno total por maceta (anexo N° 22)

**CUADRO N° 38.** Nitrógeno total en planta (g/maceta) por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno en el momento de la cosecha\*

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	0.0314	0.2714	0.4486	0.6009	<b>0.3381</b>
Nitrato de Amonio	0.0417	0.2143	0.5152	0.5855	<b>0.3392</b>
Urea Full Top	0.0466	0.3294	0.6245	0.8715	<b>0.4680</b>
Big N Full Top	0.0475	0.3346	0.6686	0.9357	<b>0.4966</b>
Promedio	<b>0.0418</b>	<b>0.2874</b>	<b>0.5642</b>	<b>0.7484</b>	<b>0.4105</b>

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coefficiente de variabilidad: 10,50%

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 23), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para

hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 24), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 39)

**CUADRO N°39.** Efecto de la interacción de los factores sobre el nitrógeno total por planta

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	0.6008	a
D3F1	0.4486	b
D2F1	0.2721	c
D1F1	0.0314	d

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	0.5855	ab
D3F2	0.5152	bc
D2F2	0.2143	d
D1F2	0.0417	e

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	0.8715	a
D3F3	0.6245	b
D2F3	0.3294	c
D1F3	0.0466	d

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	0.9357	a
D3F4	0.6686	b
D2F4	0.3345	c
D1F4	0.0475	d

F en d2	PROMEDIOS	
F4D2	0.3345	abc
F3D2	0.3294	bc
F1D2	0.2721	cd
F2D2	0.2143	de

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	0.6686	ab
F3D3	0.6245	bc
F2D3	0.5152	de
F1D3	0.4486	ef

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	0.9357	ab
F3D4	0.8715	bc
F1D4	0.6008	de
F2D4	0.5855	ef

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción de los factores.

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0ppm, se obtuvieron los mejores resultados con el fertilizante F4, habiendo obtenido el mejor resultado con F4D4, Big N Full Top 240 ppm, tratamiento 16.

### B. Efecto de las fuentes nitrogenadas

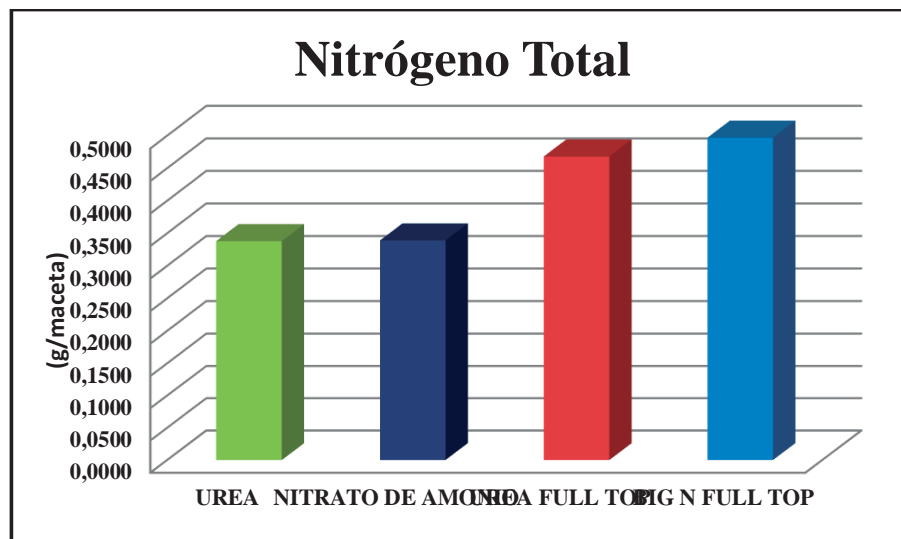
En el cuadro N° 40 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, en lo relacionado con el nitrógeno total, expresado en g/maceta, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 22).

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 22), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes frente al nitrógeno total por planta; en el gráfico N° 20 se puede apreciar que la fuente Big N Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Urea Full Top, Nitrato de Amonio y finalmente la Urea corroborándose estadísticamente la diferencia significativa y obteniéndose resultados similares a parámetros anteriores.

**CUADRO N°40.** Efecto de las fuentes sobre el nitrógeno total en planta, expresado en (g/maceta)

FUENTES	% N por Planta	TUKEY (95% confianza)
Big N Full Top	0.4970	a
Urea Full Top	0.4680	a
Nitrato de Amonio	0.3390	b
Urea	0.3380	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N° 20.** Variación del nitrógeno total (g/maceta), efecto de la fuente nitrogenada



Se obtiene entonces un mejor resultado con los fertilizantes con los polímeros Full Top a comparación de los fertilizantes convencionales.

Lo obtenido concuerda con los resultados de Volk, 1966, en suelos arenosos, en condiciones de pH 5.4 a 6.0 encontró una mayor respuesta del nitrato de amonio con relación a la urea, probablemente a la presencia del ión amonio y la rapidez de asimilación del nitrato, de la misma forma que en el presente trabajo, existe una mejor respuesta por parte del nitrato de amonio que de la urea, sin embargo se obtuvo un mejor resultado con los tratamientos utilizados con el polímero Full Top, considerando que ésta tecnología es relativamente nueva, aun así el comportamiento de los fertilizantes tradicionales frente a ésta variable es similar.

### **C. Efecto de las dosis nitrogenadas**

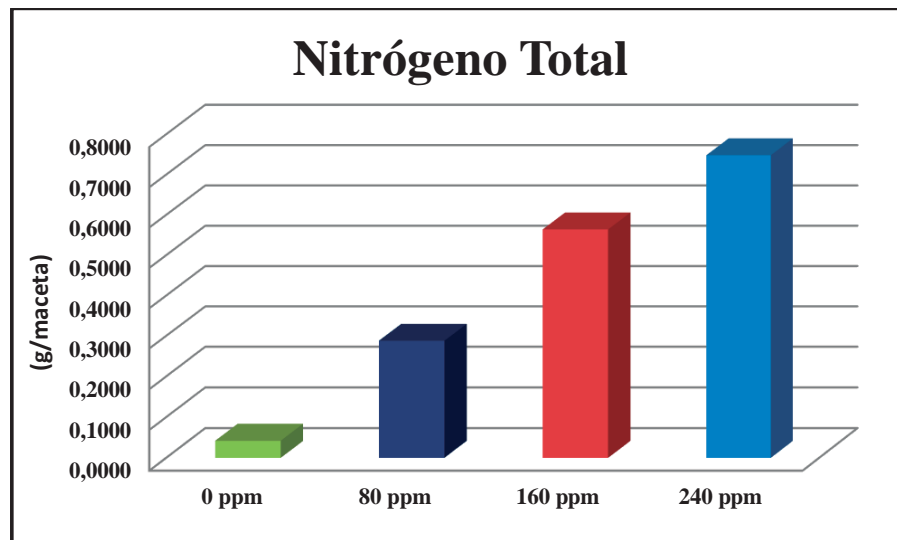
En el cuadro N° 41 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, en lo relacionado con el nitrógeno total, expresado en g/maceta. (Anexo N° 22) con un 95% y 99% de confianza.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 22), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis frente al nitrógeno total por planta, siendo la respuesta directamente proporcional a la dosis utilizada en las plantas, es decir, a mayor dosis de nitrógeno, mayor nitrógeno total encontrado en planta; en el gráfico N° 21 se puede apreciar que el testigo no fertilizado, está claramente alejado a los resultados obtenidos por los testigos fertilizados de 80, 160 y 240 ppm.

**CUADRO N°41.** Efecto de las dosis sobre el nitrógeno total en planta, expresado en (g/maceta)

DOSIS	NITRÓGENO POR PLANTA (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	0.748	a
160 ppm	0.564	b
80 ppm	0.288	c
0 ppm	0.042	d

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N° 21.** Variación del N total por planta expresado en (g/maceta), efecto de las dosis

### 4.3.RESIDUALIDAD

#### 4.3.1. Altura de plantas– residualidad

La altura de las plantas se determinó antes de iniciar la cosecha de las plantas que fueron sembradas para evaluar la residualidad, estas últimas tuvieron un tiempo de vida de 4 semanas.

### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

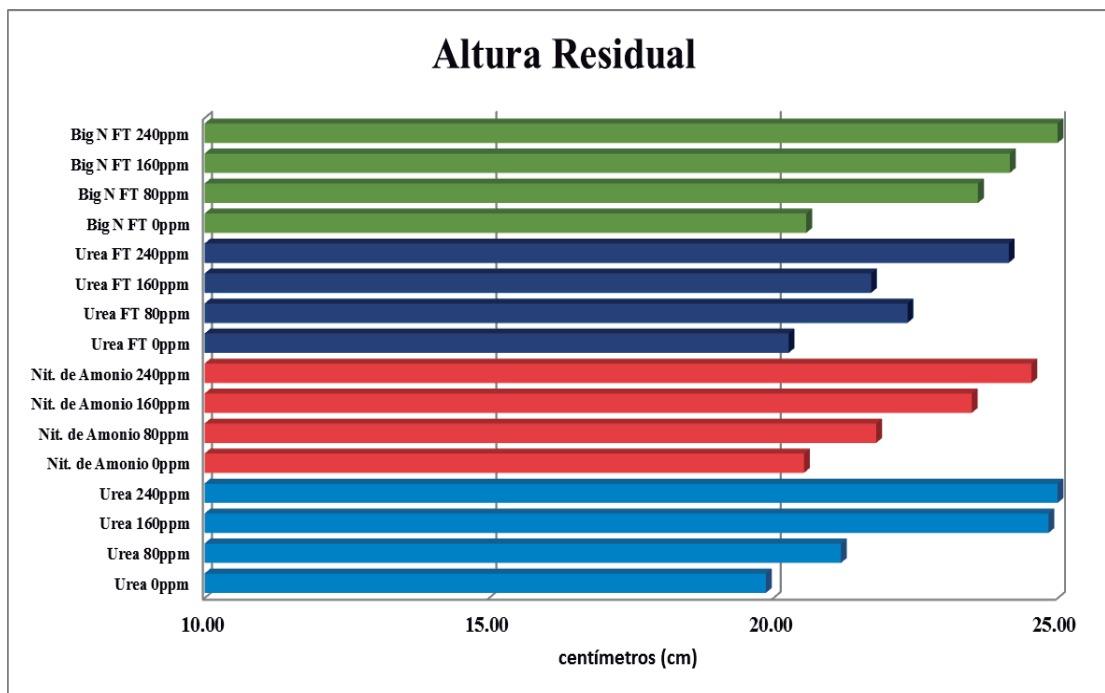
En el cuadro N° 42 y gráfico N° 22 se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, en lo relacionado con la altura residual de las plantas, expresadas en centímetros (anexo N° 25). Por lo cual no es necesario realizar el ANVA de efectos simples.

**CUADRO N°42.** Altura promedio de las plantas (cm) por efecto de la interacción de las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*. – Residualidad

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	19,87	21,19	24,84	26,40	23,08
Nitrato de Amonio	20,54	21,81	23,49	24,54	22,60
Urea Full Top	20,27	22,36	21,72	24,14	22,12
Big N Full Top	20,58	23,60	24,16	26,96	23,83
Promedio	20,32	22,24	23,55	25,51	22,90

\*No existe diferencias significativas por interacción

Coefficiente de variabilidad: 7,13%



**GRÁFICO N° 22.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre la altura residual

## B. Efectos de las fuentes nitrogenadas

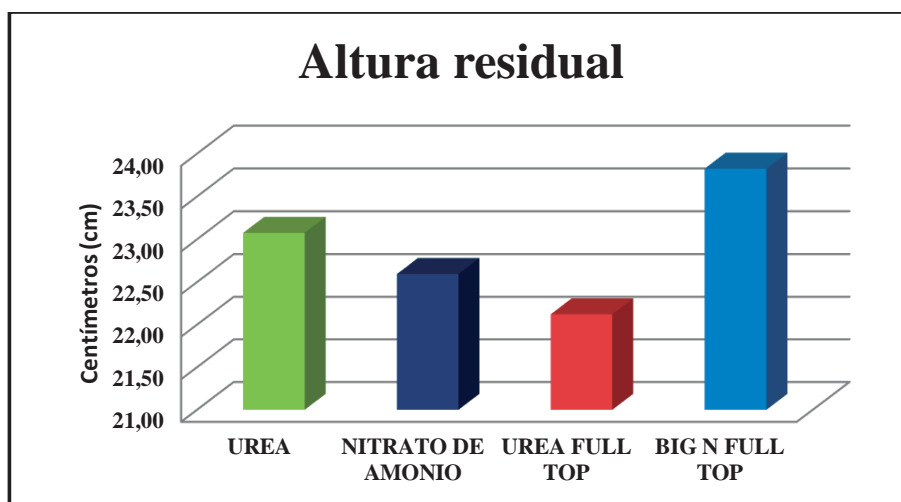
En el cuadro N° 43 se observa que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, en lo relacionado con la altura residual de las plantas.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 25), viéndose que no existen diferencias significativas por el efecto de las fuentes sobre la altura residual de las plantas; en el gráfico N° 23 se puede apreciar que la fuente Big N Full Top, presenta una mejor media con respecto a otros fertilizantes, pero estadísticamente no existe diferencias.

**CUADRO N°43.** Efecto de las fuentes sobre la altura de plantas - Residualidad

FUENTES	ALTURA RESIDUAL cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
Big N Full Top	23,80	a
Urea	23,10	a
Nitrato de Amonio	22,60	a
Urea Full Top	22,00	a

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°23.** Variación de la altura de las plantas por efecto de las fuentes – Residualidad.

Lo obtenido es similar a los resultados de Figari, 1966, quien señala no haber obtenido diferencias significativas por el efecto residual en el suelo.

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

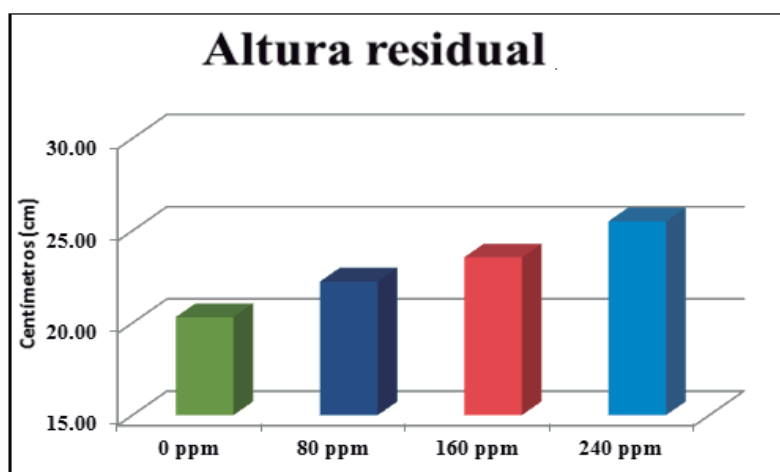
En el cuadro N° 44 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 25), en lo relacionado con la altura residual de las plantas, obteniéndose un mejor resultado con las dosis crecientes de nitrógeno a comparación de los testigos no fertilizados.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 25), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis sobre la altura residual de las plantas; en el gráfico N° 24 se puede apreciar que los resultados son directamente proporcionales a las dosis utilizadas, se obtuvo una mejor respuesta con los testigos que anteriormente habían sido fertilizados con 240 ppm, seguidamente de 160 ppm, 80 ppm y finalmente los testigos no fertilizados, por lo que se puede apreciar que existe respuesta del cultivo frente a la residualidad del nitrógeno utilizado en el suelo.

**CUADRO N°44.** Efecto de las dosis sobre la altura de plantas - Residualidad

DOSIS	ALTURA RESIDUAL cm (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	25,50	a
160 ppm	23,60	b
80 ppm	22,20	b
0 ppm	20,30	c

\*Si existe diferencias significativas por efecto de dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°24.** Variación de la altura de las plantas en centímetros por efecto de las dosis - Residualidad

Los resultados obtenidos coinciden con Yrigoyen, 1966, ya que las diferencias se encuentran principalmente por dosis de nitrógeno previamente aplicado al cultivo anterior.

Resulta interesante mencionar a Nishizama et al., 1983, el cual expresa que el mucilago excretado por las células de los extremos de la raíz puede favorecer el desarrollo de bacterias fijadoras de N<sub>2</sub>. Las especies C-4 como el maíz son principalmente infectadas por *A. lipoferum*, esto podría explicarse cómo es que las plantas que no fueron fertilizadas con nitrógeno siguen un ritmo de crecimiento, claro está que no es el óptimo.

#### 4.3.2. PESO FRESCO AÉREO - RESIDUALIDAD

El peso fresco de las plantas residuales se determinó de la misma forma que el peso fresco de la cosecha anterior.

##### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

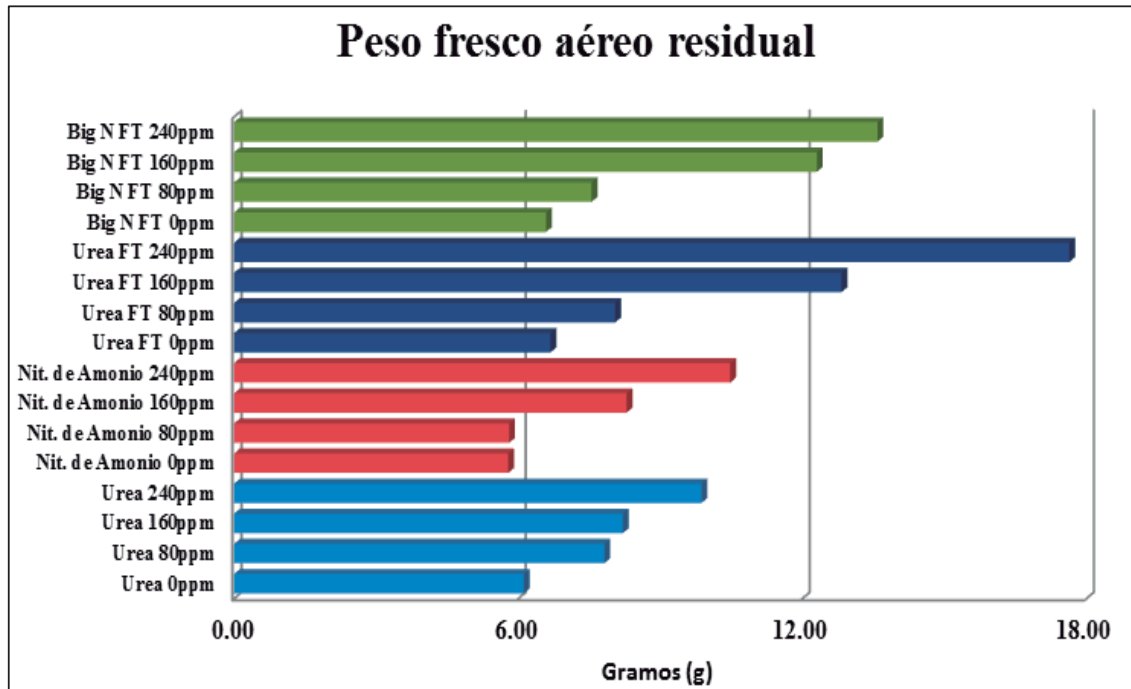
En el cuadro N° 45 y gráfico N° 25 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 26), en lo relacionado con el peso fresco aéreo residual de las plantas, expresado en gramos.

**CUADRO N°45.** Peso fresco aéreo – Residualidad, promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				
	0	80	160	240	Promedio
Urea	6,12	7,82	8,21	9,87	8,01
Nitrato de Amonio	5,79	5,81	8,29	10,48	7,59
Urea Full Top	6,68	8,05	12,83	17,64	11,30
Big N Full Top	6,59	7,55	12,31	13,59	10,01
Promedio	6,30	7,31	10,41	12,90	9,23

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coeficiente de variabilidad: 5,56%



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°25.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso fresco aéreo residual.

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 27), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 28), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 46)

**CUADRO N°46.** Efecto de la interacción entre los factores sobre el peso fresco aéreo  
- Residualidad

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	9,87	a
D3F1	8,21	bc
D2F1	7,82	cd
D1F1	6,12	e

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	10,48	a
D3F2	8,29	b
D2F2	5,81	cd
D1F2	5,79	de

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	17,64	a
D3F3	12,83	b
D2F3	8,05	c
D1F3	6,68	d

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	13,59	a
D3F4	12,31	b
D2F4	7,55	cd
D1F4	6,59	de

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	8,05	abc
F1D2	7,82	bcd
F4D2	7,55	cd
F2D2	5,81	e

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	12,83	ab
F4D3	12,31	bc
F2D3	8,29	de
F1D3	8,21	ef

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	17,64	a
F4D4	13,59	b
F2D4	10,48	cd
F1D4	9,87	de

\*Si existe diferencias significativas por efecto de dosis

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0ppm, se obtuvieron los mejores resultados con el fertilizante F3, habiendo obtenido el mejor resultado con F3D4, Urea Full Top 240 ppm, tratamiento 12.

Lo obtenido resulta contrario a los resultados de Figari, 1966, quien señala no haber obtenido diferencias significativas por el efecto residual en el suelo, coincidiendo con Yrigoyen, 1966.

### **B. Efectos de las fuentes nitrogenadas**

En el cuadro N° 47 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 26), en lo



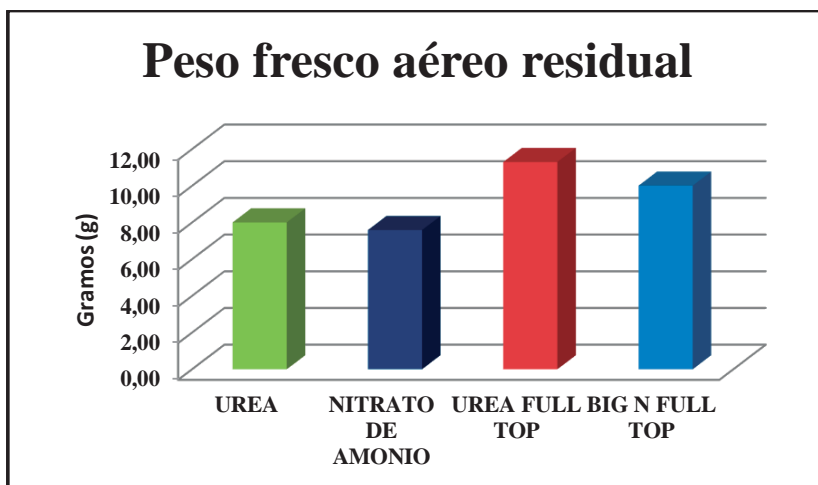
relacionado con el peso fresco aéreo residual, se observa que existe una mejor respuesta con los fertilizantes Full Top a comparación de las otras fuentes convencionales utilizadas en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 26), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes sobre el peso fresco residual de las plantas, sin embargo no hay una diferencia considerable; visualmente se observa en el gráfico N° 26 los resultados obtenidos del peso fresco residual de las plantas en gramos, por efecto de las fuentes nitrogenadas. Se puede apreciar que la fuente Urea Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Big N Full Top, Urea y finalmente el Nitrato de Amonio corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°47.** Efecto de las fuentes sobre el peso fresco aéreo - Residualidad

FUENTES	PESO FRESCO RESIDUAL (g)	TUKEY (95% confianza)
Urea Full Top	11.30	A
Big N Full Top	10.00	B
Urea	8.00	C
Nitrato de Amonio	7.60	C

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°26.** Variación del peso fresco aéreo total por efecto de las fuentes en gramos (g) Residualidad

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

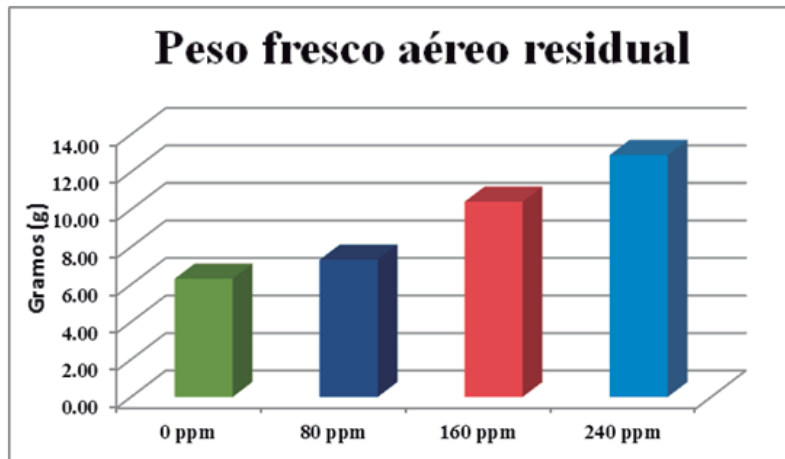
En el cuadro N° 48 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 26), en lo relacionado con el peso fresco aéreo residual, se observa que existe una mejor respuesta con las dosis crecientes de nitrógeno, las dos más altas, a comparación de la dosis baja de nitrógeno y el testigo no fertilizado.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 26), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis sobre el peso fresco residual de las plantas; visualmente se observa en el gráfico N° 27 los resultados obtenidos del peso fresco residual de las plantas en gramos, por efecto de las dosis. Se puede apreciar que los resultados son directamente proporcionales a la dosis aplicada anteriormente al cultivo, entonces a mayor dosis anteriormente aplicada, se presenta una mejor respuesta en peso fresco residual del siguiente cultivo sembrado en la maceta, corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°48.** Efecto de las dosis sobre el peso fresco aéreo - Residualidad

<b>DOSIS</b>	<b>PESO FRESCO RESIDUAL g (Media)</b>	<b>TUKEY (95% confianza)</b>
<b>240 ppm</b>	12.90	<b>a</b>
<b>160 ppm</b>	10.40	<b>b</b>
<b>80 ppm</b>	7.30	<b>c</b>
<b>0 ppm</b>	6.30	<b>d</b>

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°27.** Variación del peso fresco aéreo total por efecto de las dosis en gramos (g) – Residualidad

#### 4.3.3. PESO SECO AÉREO – RESIDUALIDAD

El peso seco de las plantas residuales se determinó de la misma forma que el peso seco de la cosecha anterior.

##### A. Efecto de la interacción fuente por dosis de nitrógeno

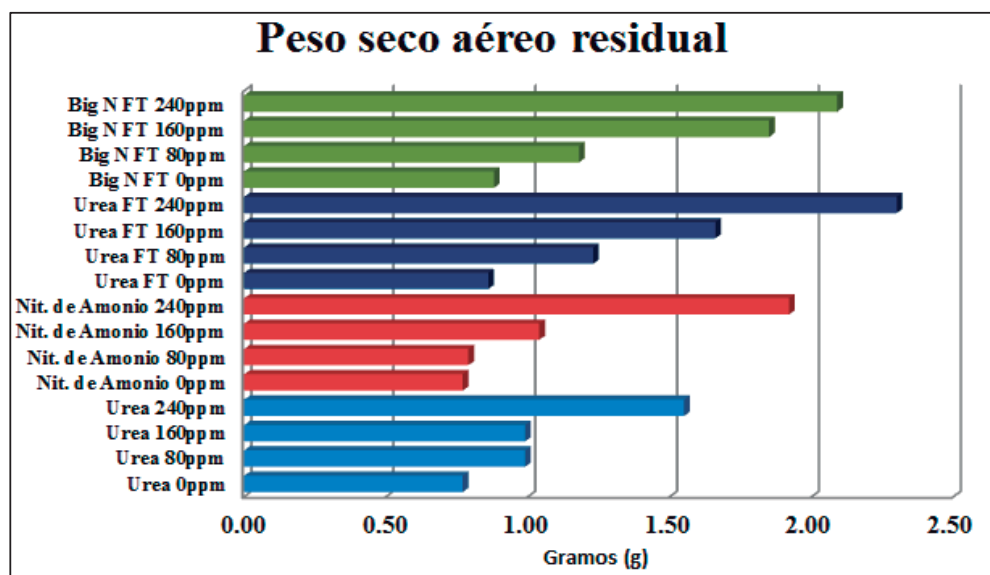
En el cuadro N° 49 y gráfico N° 28 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa por la interacción de las fuentes y las dosis utilizadas en la prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 29), en lo relacionado con el peso seco aéreo residual de las plantas, expresado en gramos.

**CUADRO N°49.** Peso seco aéreo – Residualidad, promedio por planta por efecto de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno al momento de la cosecha\*.

FUENTES	Dosis de nitrógeno (ppm)				Promedio
	0	80	160	240	
Urea	0,77	0,99	0,99	1,55	1,08
Nitrato de Amonio	0,77	0,79	1,04	1,92	1,13
Urea Full Top	0,86	1,23	1,66	2,30	1,51
Big N Full Top	0,88	1,18	1,85	2,09	1,50
Promedio	0,82	1,05	1,39	1,97	1,30

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes, dosis y su interacción

Coefficiente de variabilidad: 4,95%



Elaboración Propia

**GRÁFICO N°28.** Efecto de las de la interacción entre las fuentes y dosis de nitrógeno sobre el peso seco aéreo residual.

Debido a la significancia en la interacción de los factores principales, se realiza el análisis de variancia para los efectos simples (anexo N° 30), en los casos en donde existan diferencias significativas, se procede a realizar la prueba estadística Tukey para efectos simples para hallar el mejor tratamiento y/o dosis (anexo N° 31), evaluando aisladamente la dosis a utilizada por el fertilizante utilizado. Se detallan los resultados a continuación (cuadro N° 50)

**CUADRO N°50.** Efecto de la interacción de los factores sobre el peso seco aéreo - Residualidad

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	1,55	a
D3F1	0,99	bc
D2F1	0,99	cd
D1F1	0,77	e

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	1,92	a
D3F2	1,04	b
D2F2	0,79	cd
D1F2	0,77	de

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	2,30	a
D3F3	1,66	b
D2F3	1,23	c
D1F3	0,86	d

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	2,09	a
D3F4	1,85	b
D2F4	1,18	c
D1F4	0,88	d

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	1,23	ab
F4D2	1,18	bc
F1D2	0,99	d
F2D2	0,79	e

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	1,85	a
F3D3	1,66	b
F2D3	1,04	cd
F1D3	0,99	de

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	2,30	a
F4D4	2,09	b
F2D4	1,92	c
F1D4	1,55	d

\*Si existe diferencias significativas por efecto de la interacción

Según los resultados obtenido mediante Tukey, se observa que se obtiene un mejor resultado con las dosis D4 y D3, frente a los cuatro fertilizantes empleados, siendo éstas las dosis de 160ppm y 240ppm.

Se obtuvo diferencias significativas en el fertilizante frente a la dosis D2, D3 y D4, es decir en todas menos en el testigo de 0ppm, se obtuvieron los mejores resultados con los fertilizantes F3 y F4, habiendo obtenido el mejor resultado con F3D4, Urea Full Top 240 ppm, tratamiento 12.

Lo obtenido resulta contrario a los resultados de (Figari, 1966) quien señala no haber obtenido diferencias significativas por el efecto residual en el suelo, coincidiendo con (Yrigoyen, 1966).

### **B. Efecto de las fuentes nitrogenadas**

En el cuadro N° 51 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 29), en lo relacionado con el peso seco aéreo residual, se observa que existe una mejor respuesta con

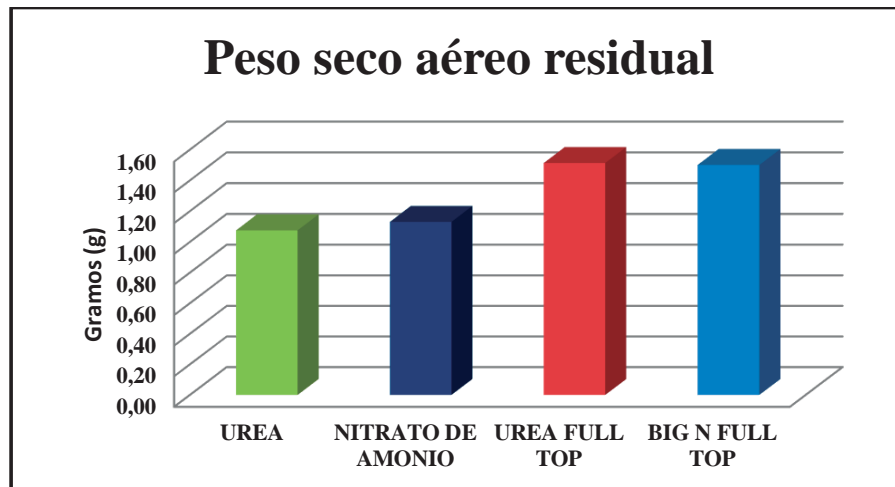
los fertilizantes Full Top a comparación de las otras fuentes convencionales utilizadas en la prueba.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 29), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las fuentes sobre el peso seco residual de las plantas, sin embargo la diferencia es considerable entre los fertilizantes con polímero Full Top y los tradicionales, siendo los primeros los que muestran una mejor respuesta; en el gráfico N° 29 se puede apreciar que la fuente Big N Full Top, presenta mejor respuesta, seguidamente de la Urea Full Top, Nitrato de Amonio y finalmente Urea corroborándose estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N° 51.** Efecto de las fuentes sobre el peso seco aéreo (g) – Residualidad

FUENTES	PESO SECO RESIDUAL g (Media)	TUKEY (95% confianza)
Urea Full Top	1.50	a
Big N Full Top	1.50	a
Urea	1.10	b
Nitrato de Amonio	1.10	b

\*Si existe diferencias significativas por efecto de fuentes



Elaboración Propia

**GRAFICO N°29.** Variación del peso seco aéreo – Residualidad, total por efecto de las fuentes, expresada en gramos (g).

### C. Efecto de las dosis nitrogenadas

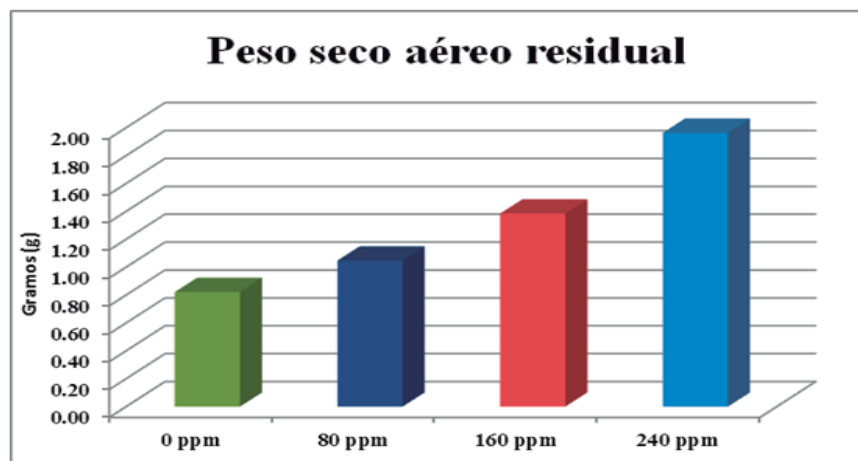
En el cuadro N° 52 se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dosis nitrogenadas en prueba, al 95% y 99% de confianza (anexo N° 29), en lo relacionado con el peso seco aéreo residual, se observa que existe una mejor respuesta con las dosis crecientes de nitrógeno, las dos más altas, a comparación de la dosis baja de nitrógeno y el testigo no fertilizado.

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un 95% de confianza (anexo N° 29), viéndose que existe diferencia significativa por el efecto de las dosis sobre el peso seco residual de las plantas, siendo los testigo fertilizados anteriormente que presentan mejor rendimiento, respondiendo directamente proporcional a la dosis utilizada de nitrógeno aplicado al cultivo anterior; en el gráfico N° 30 se presenta a los resultados obtenidos del peso seco residual de las plantas en gramos, por efecto de las dosis en donde se puede apreciar lo anteriormente escrito, finalmente se corrobora estadísticamente la diferencia significativa.

**CUADRO N°52.** Efecto de las dosis sobre el peso seco aéreo (g) – Residualidad

DOSIS	PESO SECO RESIDUAL g (Media)	TUKEY (95% confianza)
240 ppm	2.00	a
160 ppm	1.40	b
80 ppm	1.00	c
0 ppm	0.80	d

\*Si existe diferencias significativas por efecto de las dosis



Elaboración Propia

**GRAFICO N°30.** Variación del peso seco aéreo – Residualidad, total por efecto de las dosis, expresada en gramos (g).

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las cuales se efectuó el trabajo y en base a los resultados obtenidos se puede concluir en:

- Los productos Full Top presentaron las mejores respuestas a los parámetros evaluados. La Urea Full Top en la dosis de 240 ppm y Big N Full Top en la dosis de 240 ppm, presentaron los mejores resultados en rendimiento de materia seca, así cabe destacar que en la mayoría de las variables estudiadas el comportamiento de los fertilizantes con contienen el polímero Full Top tiene una mejor respuesta frente a las otras dos fuentes convencionales.
- En todas las variables estudiadas en el trabajo de investigación se obtienen mejores resultados al aumentar la dosis de nitrógeno, independientemente de la fuente nitrogenada utilizada.
- El empleo de fertilizantes nitrogenados de lenta solubilidad permiten una mejor respuesta en cuanto a la producción de materia seca y características en la planta de maíz.
- Existe un efecto residual para todos los fertilizantes nitrogenados, obteniendo una ligera ventaja con los fertilizantes que contienen el polímero Full Top.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda llevar a cabo el presente trabajo de investigación a campo definitivo, probar con diferentes tipos de suelos, diferentes tipos de sistemas de riego para ver el comportamiento de los fertilizantes que contienen el polímero Full Top, así mismo probar con diferentes cultivos para poder tener mayor evidencia científica del comportamiento del polímero en el suelo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALEF, K. y KLEINER, D. 1986 Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potentials in soils. *Soil Biol Biochem.* 18, 233-235.

ALEXANDER, M. 1980. *Introducción a la Microbiología del Suelo.* AGT Ed S.A. México. 491 pp.

ANDERSON, J. R. 1978. Some methods for assessing pesticide effects on non-target soil micro-organisms and their activities. En: *Pesticide Microbiology.* I. R. Hills y S.J.L. Wright (eds.) Academic Press. London. 247-312

ARCA, M.N. 1964. Estudio comparativo sobre el efecto de la densidad de siembra y el nivel de abonamiento en el rendimiento de diferentes híbridos y variedades locales. *Anales científicos.* Vol. 2 (2): 105-147

BARBER, D. A. 1988. Microorganisms and the inorganic nutrition of higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 19. 71-76.

BARKER, A and MILLS, P. 1980.  $\text{NH}_4$  and  $\text{NH}_3$  Nutrition of horticultural crops. *EEUU Hort. Rev.* Vol. 58: 356-365

BENITES J.J. y VALDES A. 1974 Efecto de los fertilizantes nitrogenados y algunos factores del suelo sobre los rendimientos del maíz híbrido. IX reunión latinoamericana de fitotecnia. Panamá. Res 11pp

BERGER, J. 1967. *El maíz: su producción y abonamiento.* Kansas City. Edit. Agricultura de las Américas. Pag 122-145.

BLACK, C.A. 1975. *Relaciones suelo planta.* Tomo II. Editorial Hemisferio Sur. Mexico. 445-456pp

BREMNER, J. M. y BLACKMER, A. M. 1981. Terrestrial nitrification as a source of atmospheric source of atmospheric nitrous oxide. En: Denitrification, Nitrification and Atmospheric Nitrous Oxide. C. C. Delwiche (ed.). j. Wiley and Sons New York. 151-170.

BOLETÍN CORPORACIÓN MISTI, 2012. Departamento técnico Corporación Misti S.A. Lima – Perú.

CAMPBELL, R. 1985. Microbiology of Roots. En: Plant Microbiology. R. Cambell (eds.) Edward Arnold Ltd. London. 106-152.

CHAVIGURI, J. 1964. Efecto de 4 niveles de abonamiento nitrogenado y 4 densidades de siembra de maíz híbrido PM 701 en la costa central. Tesis Ing Agrónomo UNALM Lima Perú 92p

DALAL, R. C. 1979. Mineralization of carbon and phosphorus from Carbon-14 and Phosphorus-32 labeled plant material added to soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 43, 913-916.

DE DATTA, S. K. 1987. Nitrogen transformation processes in relation to improved cultural practices for lowland rice. Plant and Soil. 100. 47-69.

DOMMERGUES 1978. Limiting factors for microbial growth and activity in soil. Adv. Microbiol. Ecol. 2. 49-104.

FERRINI, E. 1967. Fuentes nitrogenadas en el cultivo de maíz Híbrido en el valle de Cañete. Tesis Ing agrónomo. UNALM Lima Perú 87p

FIGARI, H. 1966. Ensayo de abonamiento en maíz híbrido PM 211 a diversos niveles de NPK y diversas fuentes de abono nitrogenado en el valle del medio Piura. Tesis Ing. Agrónomo UNALM Lima Perú 97p

FOCHT, D. D. y VERSTRAETE, W. 1977, Biochemical ecology of nitrification and denitrification. Ann. Rev. Microbiol. Ecol. 1. 135-214.

GASSER, J.K.R. 1969. Urea as a fertiizer. Soil and fertilizer. 27: 175-186 pp

- GRUNER, G. 1975 La fertilización de la papa. Fur ackerbau m.b.h. 16-18pp
- GRUNEBERG. F.M. 1959. Nutrición y fertilización de maíz. Imprenta Ackerbau. Verlagsgesellschaft. MBH, Boletin verde N09. 46pp
- GUERRERO, A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-prensa. Madrid España
- HEBER U, PURCZELD P (1977) Substrate and product fluxes across the chloroplast envelope during bicarbonate and nitrite reduction. In DO Hall, J Coombs, TW Goodwin, eds, Proceedings of the Fourth International Congress on Photosynthesis. The Bio-chemical Society, London, pp 107-118
- HURTADO, L.1979 Efectos del régimen de riego y de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz híbrido PM-204 tesis Ing agrónomo UNALM Lima Perú 158pp
- INGRAHAM, J.L. 1981. Microbiology and genetic of denitrifiers. En: Denitrification, Nitrification and Atmospheric Nitrous Oxide. C.C. Delwiche (ed.). Jhon Wiley and Sons. New York. 45-84.
- JACOB, A. and UEXKULL, V. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales. 4ta edición. Ediciones euroamericanas. Barcelona. Pp. 84-90
- JAGNOW, G. y SOCHTIG, H. 1983. Nitrogen losses from the soil to the atmosphere and to ground water-possible ways of limiting them – a survey. Plant. Res. Develop. 17, 68-88.
- JENKINSON, D.S. 1990. An introduction to the global nitrogen cycle. Soil use and management. 6, 56-60.
- KEENEY, D. R. 1980. Prediction of soil nitrogen availability in forest ecosystems: a literature review. Forest Sci. 26, 159-171.
- KONRAD M. and KIRKBY E.A., 2001. Principles of plants nutrition. Kluwer Academic Publishers, 5ta Edición USA, 410-412.

KOLEBRANDER G. J., NEETESON J.J., WIJNEN G. (1981). Investigation in the Netherlands of optimum nitrogen fertilization on the basis of the amount of Nmin in the soil profile. *Pedologie* 31, 365-377.

MAGDOFF, F.R. y BOULDIN, D.R. 1970. Nitrogen fixation in submerged soil-sand-energy material media and the aerobic-anaerobic interface. *Plant and Soil*. 33, 49-61.

MAHENDRAPP, M. K., 1976. Nitrifying organisms affected by climatic region in western United States. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30, 60-63.

MALHI, S.S. y MCGILL, W.B. 1982. Nitrification in three Alberta soils Effects of temperature. *Soil Biol. Biochem.* 14, 393-399.

MAYA C.M. 2001. Evaluación de la eficiencia de los fertilizantes compuestos en un suelo arenoso utilizando como cultivos indicadores al maíz (*Zea mays L.*) y a la lechuga (*Lactuca sativa L.*). Tesis Ing agrónomo UNALM Lima Perú 30-50 pp

MELGAR L.E., 1967. Ensayo de fertilización en maíz híbrido PM-204, PM-211, Cornelli 54, con cuatro fórmulas de abonamiento nitrogenado y tres densidades de siembra (Valle de Huaura). Tesis UNALM, pp 16-20

MENGEL, K and KIRKBY, E. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Tercera edición. Berna-Suiza 655 pp

MIKKELSEN, D. S. 1987. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice production. *Plant and soil*. 100, 71-97.

NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, 2º edición, México, 165-180pp

NELSON, C.E. 1953. Methods of applying ammonium nitrate fertilizer on field corns and a study of the movement of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  nitrogen in the soil under irrigation. *Agro. Jour.* 45: 154-157

NIEMIERA, A. X. y WRIGHT, R. D. 1987. Influence of temperature on nitrification in a pine bark medium. *Hortscience*. 22, 615-616.

NISHIZAWA, N and MORI S, 1987. The particular vesicle appearing in the barley roots cells and its relation to mugineic acid secretion. *J. Plant Nutrition* 10: pp 1020-1030.

NOMMIK, H. y VAHTRAS, K. 1982. Retention and Fixation of Ammonium in soils. En: *Nitrogen in Agricultural Soils*. F. J. Stevenson (eds.). American Society of Agronomy, Madison, Wis. 123-171.

PAYNE, W.J. 1973. Reduction of nitrogenous oxides by microorganisms. *Bacteriol. Reviews*. 37, 409-452.

RAFFO OTERO, E. 1964. Estudio de 3 variedades de maíz para chala bajo el efecto de 3 fuentes de nitrógeno. Tesis UNALM, Pp 26-40.

RAVEN J.A. y SMITH F.A., 1976 . Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intercellular pH regulation. *New Phytologist* 1976;76:415-431.

ROSSWALL. T. 1976. The internal Nitrogen Cycle between Microorganisms, Vegetation and Soil. En: *Nitrogen, Phosphorus, and Sulphur Global Cycles*. B.H. Svensson y R. Soderlund (eds.) SCOPE Report 7, *Ecol. Bull.* 22, 157 – 167.

ROSSWALL, T. y PANSTIAN, K. 1984. Cycling of nitrogen in modern agricultural systems. *Plant and Soil*. 76, 3-21.

SAHRAWAT, K.L. 1982. Nitrification in some tropical soils. *Plant and Soil*. 65, 281-286.

SASSER, C.L. y BINKLEY, d. 1989. Nitrogen mineralization in high-elevation forest of the Appalachians. II. Patterns whit stand development in fir waves. *Biogeochemistry* 7, 147-156.

SHIMSHI, D. 1969. Interaction between irrigation and plant nutrition. *Proc. VIIth Coll intern. Potash Institute, Israel*. 11-120pp

SILVESTER, W.B., 1988. Adaptation of nitrogenase to varying oxygen tension and the role of the vesicle in root nodules of *Alnus incana* ssp. *Rugosa*. *Can. J. Bot.* 66, 1772-1779.

SMITH, J.L. 1986. Calculation of microbial maintenance rates and net nitrogen mineralization in soil at steady-state. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 322-338.

STANFORD, G. y EPSTEIN, E. 1974. Nitrogen mineralization water relations in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 103-107.

STEEL, R.G.D y TORRIE, J.H. 1992. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill Segunda edición. México 622p

STEVENSON, F.J. 1986. The nitrogen cycle in soil: Global and ecological aspects. En: *Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*, F.J. Stevenson (Ed.). J. Wiley Sons. New York. 106-154.

TATE, R.L. 1985. Microorganisms, ecosystem disturbance and soil formation processes. En: *Soil Reclamation Processes, Microbial Analyses and Applications*. R.L. Tate III y A. K. Donald. (ed.) 1-3

TEJERO, C.L. 1970 Estudio de la eficiencia del uso de nitrógeno en el cultivo de trigo (var. *Helvia* from), determinado mediante el isótopo estable  $^{15}\text{N}$ . Tesis para optar el título de Ing. agrónomo, UNALM Lima Perú

TERMAN, G.L.; BOULDIN, D.R. and WEBB, S.R. 1962. Evaluation of fertilizer by biological methods. *adv. Agron.* 14: 265-317.

TISDALE, S y NELSON, W. 1991 *Fertilidad de suelos y fertilizantes*. Editorial Limusa México 760pp

THOMSON, W.W. y T.E. WEIER. 1962. The fine structure of chloroplasts from mineral deficient leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Amer. J. Bot.* 49:1047-1055.

TQC, 2012. Boletín técnico commercial, Tecnología Química y Comercio S.A. 2012. Lima-Perú. 84

TURNER, D.P. y FRANZ, E.H. 1985, The influence of western hemlock and western redcedar on microbial numbers, nitrogen mineralization, and nitrification. *Plant and Soil*, 88, 259-267.

URBANO, T.P., 2001. *Tratado de Fitotecnia General*, 2da Edición. Mundi prensa – España. Pag 450

VILLAGARCIA, S. 1975. Recomendaciones para aliviar el alto costo y escases de fertilizantes para consumo nacional. UNALM dpto. De suelos y fertilizantes Abril Lima Perú

VILLAGARCIA, S. 1986. *Fertilidad de Suelos*. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, Lima (Peru). Pp 35-60

VITOUSEK, P.M., GOSZ, J.R., GRIER, C.C., MELILLO, J.M. y REINERS, W.A. 1982. A comparative analysis potential nitrification an nitrate mobility in forests ecosystems. *Ecol. Monographs*. 52, 155-157.

VOLK, G. M. 1966. Efficiency of fertilizer urea as affected by method of application, soil moisture and lime. *Agron. Jour.* 58: 249-252 pp

WIGHT. J.R. y BLACK, A.L. 1979. Range fertilization: plant response and water use. *J. Range Management*. 32, 343-349.

WILD, A. 1989. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según RUSSELL*. Mundi-Prensa España 11 edición. Pag 73-74.

WOLK, C.P., THOMAS, J.C. y SHAFFER, P.W. 1976. Phatway of nitrogen metabolism after fixation of N-labelled nitrogen gas by the cyanobacterium *Anabaena cylindrica* *J. Biol Chemistry*. 251, 5027-5034.

WONG, P.P. y BURRIS, R.H. 1972. Nature of oxygen inhibition of nitrogenase form *Azotobacter vinelandii*. *Proc. Acad. Sci. U.S.A.* 69, 672-675.



YRIGOYEN, J. 1969. Ensayo de abonamiento en el cultivo de maíz híbrido PM 203 a cuatro niveles de nitrógeno, tres niveles de fósforo y dos niveles de potasio en costa central. Tesis Ing. Agrónomo UNALM Lima Perú 105p

ZEGARRA, J.C. 2003. Evaluación de la eficiencia de diferentes fertilizantes nitrogenados en un suelo

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 01: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO

pH (1:1)	7.63
C.E. (1:1) dS/m	0.35
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.40
M.O. (%)	0.02
P (ppm)	1.5
K (ppm)	54
Arena (%)	100
Limo (%)	0
Arcilla (%)	0
Clase Textural	A.
C.I.C.	5.60
<b>Cationes</b>	
Ca <sup>+2</sup>	4.68
Mg <sup>+2</sup>	0.63
K <sup>+</sup>	0.10
Na <sup>+</sup>	0.18
Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	0.00

### ANEXO 02: CUADRO DE TEMPERATURAS MEDIAS, HISTÓRICAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ALEXANVER VON HUMBOLDT DE LA UNALM

Temperaturas medias	Abril	Junio	Setiembre
Mínima (°C)	17.2	12.5	12.5
Máxima (°C)	26.8	19.5	17.5

### ALTURA 5° EVALUACION

### ANEXO N° 03: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE LA ALTURA 5° EVALUACIÓN Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para ALTURA 5° Ev., utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	138,08	138,08	69,04	2,58	0,092	n.s.	n.s.
FERT N	3	186,21	186,21	62,07	2,32	0,095	n.s.	n.s.
DOSIS	3	10327,37	10327,37	3442,46	128,76	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	655,90	655,90	72,88	2,73	0,019	*	n.s.
Error	30	802,09	802,09	26,74				
Total	47	12109,65						

S = 5,17072 R-cuad. = 93,38% R-cuad. (ajustado) = 89,62%

CV=7,51%

Observaciones inusuales de ALTURA 5° Ev.

Obs	ALTURA 5° Ev.	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
33	101,500	89,815	3,166	11,685	2,86 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT	N	Media	Agrupación
3	12	72,2	A
1	12	68,4	A
4	12	68,0	A
2	12	66,9	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	83,5	A
3	12	75,5	B
2	12	72,0	B
1	12	44,5	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### ANEXO Nº 04: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA LA ALTURA 5° EVALUACIÓN

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	2947,840	982,613	36,747	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	2122,693	707,564	26,461	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	3284,404	1094,801	40,942	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	2628,332	876,111	32,764	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	8,112	2,704	0,101	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	100,404	33,468	1,252	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d3	3	595,156	198,385	7,419	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	138,443	46,148	1,726	2,92	4,51	n.s.	n.s.
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>802,090</b>	<b>26,740</b>					

#### ANEXO Nº 05: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA ALTURA 5° EVALUACIÓN

Sx=	2,99	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	11,49	

## COMPARACIÓN EN PAREJAS

D en f1					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	14,2 >	11,49 *
D4	-	D2	=	15,1 >	11,49 *
D4	-	D1	=	43,2 >	11,49 *
D3	-	D2	=	0,9 <	11,49 n.s.
D3	-	D1	=	29,0 >	11,49 *
D2	-	D1	=	28,1 >	11,49 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	86,55	a
D3F1	72,33	bc
D2F1	71,44	cd
D1F1	43,33	e

D en f2					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	8,4 <	11,49 n.s.
D4	-	D2	=	9,2 <	11,49 n.s.
D4	-	D1	=	35,4 >	11,49 *
D3	-	D2	=	0,8 <	11,49 n.s.
D3	-	D1	=	27,0 >	11,49 *
D2	-	D1	=	26,2 >	11,49 *

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	80,22	abc
D3F2	71,78	bcd
D2F2	71,00	cd
D1F2	44,78	e

D en f3					
Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D4	=	7,6 <	11,49 n.s.
D3	-	D2	=	10,9 <	11,49 n.s.
D3	-	D1	=	43,3 >	11,49 *
D4	-	D2	=	3,3 <	11,49 n.s.
D4	-	D1	=	35,7 >	11,49 *
D2	-	D1	=	32,3 >	11,49 *

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	87,61	abc
D4F3	80,00	bcd
D2F3	76,67	cd
D1F3	44,33	e

D en f4					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	17,0 >	11,49 *
D4	-	D2	=	18,4 >	11,49 *
D4	-	D1	=	41,6 >	11,49 *
D3	-	D2	=	1,4 <	11,49 n.s.
D3	-	D1	=	24,6 >	11,49 *
D2	-	D1	=	23,2 >	11,49 *

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	87,22	a
D3F4	70,22	bc
D2F4	68,78	cd
D1F4	45,61	e

F en d3					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F1	=	15,3 >	11,49 *
F3	-	F2	=	15,8 >	11,49 *
F3	-	F4	=	17,4 >	11,49 *
F1	-	F2	=	0,6 <	11,49 n.s.
F1	-	F4	=	2,1 <	11,49 n.s.
F2	-	F4	=	1,6 <	11,49 n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	87,61	a
F1D3	72,33	bc
F2D3	71,78	cd
F4D3	70,22	de

## HOJAS 4º EVALUACIÓN

### **ANEXO Nº 06: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE NÚMERO DE HOJAS 4ºEVALUACIÓN Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para HOJAS 4º Ev., utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	0,0334	0,0335	0,0167	0,18	0,839	n.s.	n.s.
FERT N	3	0,6426	0,6426	0,2142	2,26	0,102	n.s.	n.s.
DOSIS	3	45,7386	45,7386	15,2462	160,67	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	2,0591	2,0591	0,2288	2,41	0,034	*	n.s.
Error	30	2,8468	2,8468	0,0949				
Total	47	51,3205						

S = 0,308045    R-cuad. = 94,45%    R-cuad.(ajustado) = 91,31%

CV=3,40%

Observaciones inusuales de HOJAS 4º Ev.

Obs	HOJAS 4º Ev.	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
22	10,0000	9,4371	0,1886	0,5629	2,31 R
31	10,3300	9,7704	0,1886	0,5596	2,30 R
32	9,0000	9,7479	0,1886	-0,7479	-3,07 R
34	8,6700	9,2171	0,1886	-0,5471	-2,25 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	9,2	A
1	12	9,2	A
3	12	9,0	A
2	12	8,9	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
3	12	9,8	A
4	12	9,6	A
2	12	9,5	A
1	12	7,4	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO N° 07: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA EL NÚMERO DE HOJAS 4º EVALUACIÓN**

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	10,490	3,497	36,845	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	13,373	4,458	46,972	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	7,593	2,531	26,669	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	16,343	5,448	57,403	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	0,640	0,213	2,249	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	0,408	0,136	1,433	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d3	3	0,295	0,098	1,036	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d4	3	1,358	0,453	4,771	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>2,847</b>	<b>0,095</b>					

**ANEXO N° 08: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA EL NÚMERO DE HOJAS 4º EVALUACIÓN**

Sx=	0,18	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	0,68	

**COMPARACIÓN EN PAREJAS**

D en f1							
Comparación en Pares					Significancia		
D2	-	D2	=	-	<	0,68	n.s.
D2	-	D3	=	0,2	<	0,68	n.s.
D2	-	D1	=	2,2	>	0,68	*
D2	-	D3	=	0,2	<	0,68	n.s.
D2	-	D1	=	2,2	>	0,68	*
D3	-	D1	=	2,0	>	0,68	*

D en f1	PROMEDIOS	
D2F1	9,78	abc
D2F1	9,78	bcd
D3F1	9,56	cd
D1F1	7,56	e

D en f2							
Comparación en Pares					Significancia		
D3	-	D4	=	0,3	<	0,68	n.s.
D3	-	D2	=	0,5	<	0,68	n.s.
D3	-	D1	=	2,7	>	0,68	*
D4	-	D2	=	0,1	<	0,68	n.s.
D4	-	D1	=	2,3	>	0,68	*
D2	-	D1	=	2,2	>	0,68	*

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	9,78	abc
D4F2	9,44	bcd
D2F2	9,33	cd
D1F2	7,11	e

D en f3						
Comparación en Pares					Significancia	
D3	-	D2	=	0,4	<	0,68 n.s.
D3	-	D4	=	0,6	<	0,68 n.s.
D3	-	D1	=	2,1	>	0,68 *
D2	-	D4	=	0,1	<	0,68 n.s.
D2	-	D1	=	1,7	>	0,68 *
D4	-	D1	=	1,6	>	0,68 *

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	9,78	abc
D2F3	9,33	bcd
D4F3	9,22	cd
D1F3	7,67	e

D en f4						
Comparación en Pares					Significancia	
D4	-	D3	=	0,1	<	0,68 n.s.
D4	-	D2	=	0,7	<	0,68 n.s.
D4	-	D1	=	2,9	>	0,68 *
D3	-	D2	=	0,6	<	0,68 n.s.
D3	-	D1	=	2,8	>	0,68 *
D2	-	D1	=	2,2	>	0,68 *

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	10,11	abc
D3F4	10,00	bcd
D2F4	9,44	cd
D1F4	7,22	e

F en d4						
Comparación en Pares					Significancia	
F4	-	F1	=	0,3	<	0,68 n.s.
F4	-	F2	=	0,7	<	0,68 n.s.
F4	-	F3	=	0,9	>	0,68 *
F1	-	F2	=	0,3	<	0,68 n.s.
F1	-	F3	=	0,6	<	0,68 n.s.
F2	-	F3	=	0,2	<	0,68 n.s.

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	10,11	abc
F1D4	9,78	bcd
F2D4	9,44	cde
F3D4	9,22	ef

## GROSOR DE CAÑA 4º EVALUACIÓN

### ANEXO Nº 09: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL GROSOR DE CAÑA 4º EVALUACIÓN Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para GROSOR CAÑA 4º Ev., utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	0,10165	0,10165	0,05083	2,80	0,077	n.s.	n.s.
FERT N	3	0,27949	0,27949	0,09316	5,12	0,006	*	**
DOSIS	3	3,29991	3,29991	1,09997	60,49	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	0,18319	0,18319	0,02035	1,12	0,380	n.s.	n.s.
Error	30	0,54555	0,54555	0,01818				
Total	47	4,40979						

S = 0,134851 R-cuad. = 87,63% R-cuad.(ajustado) = 80,62%

CV=10,88%

Observaciones inusuales de GROSOR CAÑA 4° Ev.

Obs	GROSOR CAÑA 4° Ev.	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
20	1,13000	1,42229	0,08258	-0,29229	-2,74 R
21	1,95000	1,52479	0,08258	0,42521	3,99 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	1,3	A
3	12	1,3	A
2	12	1,2	A B
1	12	1,1	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
3	12	1,4	A
4	12	1,4	A
2	12	1,3	A
1	12	0,8	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### **PESO FRESCO AÉREO**

#### **ANEXO N° 10: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO FRESCO AEREO Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Fresco AEREO, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0.05-0.01)	
REP	2	129	129	64	0,54	0,590	n.s.	n.s.
FERT N	3	17020	17020	5673	47,30	0,000	*	**
DOSIS	3	361057	361058	120353	1003,45	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	18587	18587	2065	17,22	0,000	*	**
Error	30	3598	3598	120				
Total	47	400391						

S = 10,9516 R-cuad. = 99,10% R-cuad.(ajustado) = 98,59%

CV= 6,59%

Observaciones inusuales de Peso Fresco AEREO

Obs	Peso Fresco AEREO	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
16	162,000	144,094	6,706	17,906	2,07 R
29	222,000	197,812	6,706	24,188	2,79 R
30	174,000	200,094	6,706	-26,094	-3,01 R



R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT	N	Media	Agrupación
4	12	188,6	A
3	12	180,5	A
1	12	152,6	B
2	12	143,3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	246,5	A
3	12	230,8	B
2	12	161,0	C
1	12	26,8	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### ANEXO N°11: ANALISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA EL PESO FRESCO AEREO

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	95628,563	31876,188	265,635	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	60141,750	20047,250	167,060	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	98059,500	32686,500	272,388	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	125814,563	41938,188	349,485	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	120,750	40,250	0,335	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	8682,000	2894,000	24,117	2,92	4,51	*	**
F en d3	3	8774,250	2924,750	24,373	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	18030,000	6010,000	50,083	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>3598,000</b>	<b>120,000</b>					

#### ANEXO N°12: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO FRESCO AÉREO

Sx=	6,32	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	24,35	

#### COMPARACIÓN EN PAREJAS

D en f1					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	59,0 >	24,35 *
D4	-	D2	=	133,5 >	24,35 *
D4	-	D1	=	239,0 >	24,35 *
D3	-	D2	=	74,5 >	24,35 *
D3	-	D1	=	180,0 >	24,35 *
D2	-	D1	=	105,5 >	24,35 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	260,50	a
D3F1	201,50	b
D2F1	127,00	c
D1F1	21,50	d

D en f2					
Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D4	=	13,0 <	24,35 n.s.
D3	-	D2	=	60,5 >	24,35 *
D3	-	D1	=	179,5 >	24,35 *
D4	-	D2	=	47,5 >	24,35 *
D4	-	D1	=	166,5 >	24,35 *
D2	-	D1	=	119,0 >	24,35 *

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	206,50	ab
D4F2	193,50	bc
D2F2	146,00	d
D1F2	27,00	e

D en f3					
Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D4	=	30,0 >	24,35 *
D3	-	D2	=	64,5 >	24,35 *
D3	-	D1	=	233,5 >	24,35 *
D4	-	D2	=	34,5 >	24,35 *
D4	-	D1	=	203,5 >	24,35 *
D2	-	D1	=	169,0 >	24,35 *

D en f3	PROMEDIOS	
D3F3	262,50	a
D4F3	232,50	b
D2F3	198,00	c
D1F3	29,00	d

D en f4					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	47,0 >	24,35 *
D4	-	D2	=	126,5 >	24,35 *
D4	-	D1	=	270,0 >	24,35 *
D3	-	D2	=	79,5 >	24,35 *
D3	-	D1	=	223,0 >	24,35 *
D2	-	D1	=	143,5 >	24,35 *

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	299,50	a
D3F4	252,50	b
D2F4	173,00	c
D1F4	29,50	d

F en d2					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	25,0 >	24,35 *
F3	-	F2	=	52,0 >	24,35 *
F3	-	F1	=	71,0 >	24,35 *
F4	-	F2	=	27,0 >	24,35 *
F4	-	F1	=	46,0 >	24,35 *
F2	-	F1	=	19,0 <	24,35 n.s.

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	198,00	a
F4D2	173,00	b
F2D2	146,00	c
F1D2	127,00	cd

F en d3					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	10,0 <	24,35 n.s.
F3	-	F2	=	56,0 >	24,35 *
F3	-	F1	=	61,0 >	24,35 *
F4	-	F2	=	46,0 >	24,35 *
F4	-	F1	=	51,0 >	24,35 *
F2	-	F1	=	5,0 <	24,35 n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	262,50	ab
F4D3	252,50	bc
F2D3	206,50	d
F1D3	201,50	de

F en d4					
Comparación en Pares					Significancia
F4	-	F1	=	39,0 >	24,35 *
F4	-	F3	=	67,0 >	24,35 *
F4	-	F2	=	106,0 >	24,35 *
F1	-	F3	=	28,0 >	24,35 *
F1	-	F2	=	67,0 >	24,35 *
F3	-	F2	=	39,0 >	24,35 *

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	299,50	a
F1D4	260,50	b
F3D4	232,50	c
F2D4	193,50	d

## PESO SECO

### ANEXO N°13: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO SECO AEREO Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Seco AEREO, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0.05-0.01)	
REP	2	7,50	7,50	3,75	0,26	0,776	n.s.	n.s.
FERT N	3	604,70	604,70	201,57	13,77	0,000	*	**
DOSIS	3	12079,19	12079,19	4026,40	275,10	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	395,96	395,96	44,00	3,01	0,011	*	n.s.
Error	30	439,08	439,08	14,64				
Total	47	13526,43						

S = 3,82572    R-cuad. = 96,75%    R-cuad. (ajustado) = 94,91%

CV= 12,37%

Observaciones inusuales de Peso Seco AEREO

Obs	Peso Seco AEREO	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
35	44,6430	54,4921	2,3428	-9,8491	-3,26 R
36	63,5540	54,2465	2,3428	9,3075	3,08 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT	N	Media	Agrupación
3	12	34,8	A
4	12	34,1	A
1	12	27,6	B
2	12	27,2	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	46,6	A
3	12	42,7	A
2	12	28,2	B
1	12	6,2	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### ANEXO N°14: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO AÉREO

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	2230,247	743,416	50,780	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	2286,971	762,324	52,071	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	4125,283	1375,094	93,927	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	3832,652	1277,551	87,264	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	3,573	1,191	0,081	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	97,302	32,434	2,215	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d3	3	321,780	107,260	7,327	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	578,009	192,670	13,160	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>439,080</b>	<b>14,640</b>					

#### ANEXO N° 15: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO AÉREO

Sx=	2,21	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	8,50	

## COMPARACIÓN EN PAREJAS

D en f1					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	6,2 <	8,50 n.s.
D4	-	D2	=	12,7 >	8,50 *
D4	-	D1	=	36,0 >	8,50 *
D3	-	D2	=	6,6 <	8,50 n.s.
D3	-	D1	=	29,8 >	8,50 *
D2	-	D1	=	23,3 >	8,50 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	41,28	ab
D3F1	35,11	bc
D2F1	28,55	cd
D1F1	5,26	e

D en f2					
Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D4	=	2,6 <	8,50 n.s.
D3	-	D2	=	17,5 >	8,50 *
D3	-	D1	=	34,6 >	8,50 *
D4	-	D2	=	14,9 >	8,50 *
D4	-	D1	=	32,0 >	8,50 *
D2	-	D1	=	17,1 >	8,50 *

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	40,93	ab
D4F2	38,29	bc
D2F2	23,44	d
D1F2	6,30	e

D en f3					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	5,9 <	8,50 n.s.
D4	-	D2	=	23,5 >	8,50 *
D4	-	D1	=	47,7 >	8,50 *
D3	-	D2	=	17,5 >	8,50 *
D3	-	D1	=	41,8 >	8,50 *
D2	-	D1	=	24,2 >	8,50 *

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	54,10	ab
D3F3	48,19	bc
D2F3	30,65	d
D1F3	6,41	e

D en f4					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	6,1 <	8,50 n.s.
D4	-	D2	=	22,7 >	8,50 *
D4	-	D1	=	46,1 >	8,50 *
D3	-	D2	=	16,6 >	8,50 *
D3	-	D1	=	40,0 >	8,50 *
D2	-	D1	=	23,4 >	8,50 *

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	52,85	ab
D3F4	46,75	bc
D2F4	30,11	d
D1F4	6,71	e

F en d3							
Comparación en Pares					Significancia		
F3	-	F4	=	1,4	<	8,50	n.s.
F3	-	F2	=	7,3	<	8,50	n.s.
F3	-	F1	=	13,1	>	8,50	*
F4	-	F2	=	5,8	<	8,50	n.s.
F4	-	F1	=	11,6	>	8,50	*
F2	-	F1	=	5,8	<	8,50	n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	48,19	ab
F4D3	46,75	bc
F2D3	40,93	cd
F1D3	35,11	de

F en d4							
Comparación en Pares					Significancia		
F3	-	F4	=	1,2	<	8,50	n.s.
F3	-	F1	=	12,8	>	8,50	*
F3	-	F2	=	15,8	>	8,50	*
F4	-	F1	=	11,6	>	8,50	*
F4	-	F2	=	14,6	>	8,50	*
F1	-	F2	=	3,0	<	8,50	n.s.

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	54,10	ab
F4D4	52,85	bc
F1D4	41,28	d
F2D4	38,29	de

### PESO FRESCO RAIZ

#### **ANEXO N° 16: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO FRESCO DE LA RAÍZ Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Fresco RAIZ, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	116,8	116,8	58,4	0,58	0,566	n.s.	n.s.
FERT N	3	4859,1	4859,1	1619,7	16,11	0,000	*	**
DOSIS	3	124988,3	124988,3	41662,8	414,37	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	18350,5	18350,5	2038,9	20,28	0,000	*	**
Error	30	3016,4	3016,4	100,5				
Total	47	151331,1						

S = 10,0273 R-cuad. = 98,01% R-cuad. (ajustado) = 96,88%

CV=8,54%

Observaciones inusuales de Peso Fresco RAIZ

Obs	Peso Fresco RAIZ	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estandar
19	121,000	151,521	6,140	-30,521	-3,85 R
20	186,000	153,646	6,140	32,354	4,08 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	132,9	A
3	12	119,6	B

2	12	109,7	B C
1	12	107,3	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
3	12	158,3	A
4	12	150,8	A
2	12	129,5	B
1	12	30,9	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### ANEXO N° 17: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO FRESCO DE LA RAÍZ

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	23749,500	7916,500	78,771	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	30178,563	10059,521	100,095	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	41129,729	13709,910	136,417	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	48281,063	16093,688	160,136	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	140,083	46,694	0,465	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	1930,500	643,500	6,403	2,92	4,51	*	**
F en d3	3	7898,563	2632,854	26,198	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	13240,500	4413,500	43,915	2,92	4,51	*	**
ERROR	30	3016,400	100,500					

### ANEXO N° 18: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO FRESCO DE LA RAÍZ

Sx=	5,79	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	22,28	

### COMPARACIÓN EN PAREJAS

D en f1		Comparación en Pares		Significancia	
D3	- D4	= 4,2 <	22,28	n.s.	
D3	- D2	= 9,5 <	22,28	n.s.	
D3	- D1	= 107,0 >	22,28	*	
D4	- D2	= 5,3 <	22,28	n.s.	
D4	- D1	= 102,8 >	22,28	*	
D2	- D1	= 97,5 >	22,28	*	

D en f1	PROMEDIOS	
D3F1	137,50	abc
D4F1	133,33	bcd
D2F1	128,00	cd
D1F1	30,50	e

D en f2		Comparación en Pares		Significancia	
D3	- D2	= 3,0 <	22,28	n.s.	
D3	- D4	= 48,0 >	22,28	*	
D3	- D1	= 124,2 >	22,28	*	
D2	- D4	= 45,0 >	22,28	*	
D2	- D1	= 121,2 >	22,28	*	
D4	- D1	= 76,2 >	22,28	*	

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	153,50	ab
D2F2	150,50	bc
D4F2	105,50	d
D1F2	29,33	e

D en f3				
Comparación en Pares				Significancia
D4	-	D3	= 47,8 >	22,28 *
D4	-	D2	= 66,5 >	22,28 *
D4	-	D1	= 161,2 >	22,28 *
D3	-	D2	= 18,7 <	22,28 n.s.
D3	-	D1	= 113,3 >	22,28 *
D2	-	D1	= 94,7 >	22,28 *

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	188,50	a
D3F3	140,67	bc
D2F3	122,00	cd
D1F3	27,33	e

D en f4				
Comparación en Pares				Significancia
D3	-	D4	= 25,5 >	22,28 *
D3	-	D2	= 84,0 >	22,28 *
D3	-	D1	= 165,0 >	22,28 *
D4	-	D2	= 58,5 >	22,28 *
D4	-	D1	= 139,5 >	22,28 *
D2	-	D1	= 81,0 >	22,28 *

D en f4	PROMEDIOS	
D3F4	201,50	a
D4F4	176,00	b
D2F4	117,50	c
D1F4	36,50	d

F en d2				
Comparación en Pares				Significancia
F2	-	F1	= 22,5 >	22,28 *
F2	-	F3	= 28,5 >	22,28 *
F2	-	F4	= 33,0 >	22,28 *
F1	-	F3	= 6,0 <	22,28 n.s.
F1	-	F4	= 10,5 <	22,28 n.s.
F3	-	F4	= 4,5 <	22,28 n.s.

F en d2	PROMEDIOS	
F2D2	150,50	a
F1D2	128,00	bcd
F3D2	122,00	cde
F4D2	117,50	def

F en d3				
Comparación en Pares				Significancia
F4	-	F2	= 48,0 >	22,28 *
F4	-	F3	= 60,8 >	22,28 *
F4	-	F1	= 64,0 >	22,28 *
F2	-	F3	= 12,8 <	22,28 n.s.
F2	-	F1	= 16,0 <	22,28 n.s.
F3	-	F1	= 3,2 <	22,28 n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	201,50	a
F2D3	153,50	bcd
F3D3	140,67	cde
F1D3	137,50	def

F en d4				
Comparación en Pares				Significancia
F3	-	F4	= 12,5 <	22,28 n.s.
F3	-	F1	= 55,2 >	22,28 *
F3	-	F2	= 83,0 >	22,28 *
F4	-	F1	= 42,7 >	22,28 *
F4	-	F2	= 70,5 >	22,28 *
F1	-	F2	= 27,8 >	22,28 *

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	188,50	ab
F4D4	176,00	bc
F1D4	133,33	d
F2D4	105,50	e

### PESO SECO RAIZ



**ANEXO N° 19: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO SECO DE LA RAÍZ Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Seco RAIZ, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	4,34	4,34	2,17	0,33	0,719	n.s.	n.s.
FERT N	3	739,16	739,16	246,39	37,90	0,000	*	**
DOSIS	3	4192,18	4192,18	1397,39	214,93	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	793,86	793,86	88,21	13,57	0,000	*	**
Error	30	195,05	195,05	6,50				
Total	47	5924,59						

S = 2,54983 R-cuad. = 96,71% R-cuad. (ajustado) = 94,84%

CV=7,44%

Observaciones inusuales de Peso Seco RAIZ

Obs	Peso Seco RAIZ	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
19	37,2600	43,4283	1,5614	-6,1683	-3,06 R
20	49,1000	43,3549	1,5614	5,7451	2,85 R
46	48,2300	44,1649	1,5614	4,0651	2,02 R
48	39,3100	43,4935	1,5614	-4,1835	-2,08 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	38,4	A
3	12	36,7	A B
2	12	33,9	B
1	12	28,1	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
3	12	41,4	A
4	12	40,8	A
2	12	36,5	B
1	12	18,4	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO N° 20: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO DE LA RAÍZ**

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	458,559	152,853	23,516	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	978,383	326,128	50,174	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	1934,554	644,851	99,208	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	1614,548	538,183	82,797	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	18,403	6,134	0,944	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	279,766	93,255	14,347	2,92	4,51	*	**
F en d3	3	570,382	190,127	29,250	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	664,469	221,490	34,075	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>195,050</b>	<b>6,500</b>					

**ANEXO N° 21: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO DE LA RAÍZ**

Sx=	1,47	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	5,67	

**COMPARACIÓN EN PAREJAS**

D en f1					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	3,5 <	5,67 n.s.
D4	-	D2	=	6,6 >	5,67 *
D4	-	D1	=	16,6 >	5,67 *
D3	-	D2	=	3,1 <	5,67 n.s.
D3	-	D1	=	13,1 >	5,67 *
D2	-	D1	=	10,0 >	5,67 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	34,73	ab
D3F1	31,26	bc
D2F1	28,17	cd
D1F1	18,16	e

D en f2					
Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D2	=	3,5 <	5,67 n.s.
D3	-	D4	=	10,1 >	5,67 *
D3	-	D1	=	23,6 >	5,67 *
D2	-	D4	=	6,6 >	5,67 *
D2	-	D1	=	20,1 >	5,67 *
D4	-	D1	=	13,5 >	5,67 *

D en f2	PROMEDIOS	
D3F2	43,18	ab
D2F2	39,70	bc
D4F2	33,06	d
D1F2	19,56	e

**D en f3**

Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	11,0 >	5,67 *
D4	-	D2	=	13,3 >	5,67 *
D4	-	D1	=	35,0 >	5,67 *
D3	-	D2	=	2,3 <	5,67 n.s.
D3	-	D1	=	24,0 >	5,67 *
D2	-	D1	=	21,7 >	5,67 *

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	51,53	a
D3F3	40,54	bc
D2F3	38,20	cd
D1F3	16,50	e

**D en f4**

Comparación en Pares					Significancia
D3	-	D4	=	6,6 >	5,67 *
D3	-	D2	=	10,7 >	5,67 *
D3	-	D1	=	31,1 >	5,67 *
D4	-	D2	=	4,1 <	5,67 n.s.
D4	-	D1	=	24,5 >	5,67 *
D2	-	D1	=	20,3 >	5,67 *

D en f4	PROMEDIOS	
D3F4	50,53	a
D4F4	43,92	bc
D2F4	39,79	cd
D1F4	19,46	e

**F en d2**

Comparación en Pares					Significancia
F4	-	F2	=	0,1 <	5,67 n.s.
F4	-	F3	=	1,6 <	5,67 n.s.
F4	-	F1	=	11,6 >	5,67 *
F2	-	F3	=	1,5 <	5,67 n.s.
F2	-	F1	=	11,5 >	5,67 *
F3	-	F1	=	10,0 >	5,67 *

F en d2	PROMEDIOS	
F4D2	39,79	abc
F2D2	39,70	bcd
F3D2	38,20	cde
F1D2	28,17	f

**F en d3**

Comparación en Pares					Significancia
F4	-	F2	=	7,4 >	5,67 *
F4	-	F3	=	10,0 >	5,67 *
F4	-	F1	=	19,3 >	5,67 *
F2	-	F3	=	2,6 <	5,67 n.s.
F2	-	F1	=	11,9 >	5,67 *
F3	-	F1	=	9,3 >	5,67 *

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	50,53	a
F2D3	43,18	bc
F3D3	40,54	cd
F1D3	31,26	e

**F en d4**

Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	7,6 >	5,67 *
F3	-	F1	=	16,8 >	5,67 *
F3	-	F2	=	18,5 >	5,67 *
F4	-	F1	=	9,2 >	5,67 *
F4	-	F2	=	10,9 >	5,67 *
F1	-	F2	=	1,7 <	5,67 n.s.

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	51,53	a
F4D4	43,92	b
F1D4	34,73	cd
F2D4	33,06	de

## NITROGENO TOTAL POR MACETA

### **ANEXO N° 22: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL NITRÓGENO TOTAL POR MACETA Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para NITROGENO POR PLANTA, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	0,00088	0,00088	0,00044	0,24	0,791	n.s.	n.s.
FERT N	3	0,25229	0,25229	0,08410	45,26	0,000	*	**
DOSIS	3	0,34662	3,46621	1,15540	621,79	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	0,16347	0,16347	0,01816	9,77	0,000	*	**
Error	30	0,05575	0,05575	0,00186				
Total	47	3,93859						

S = 0,0431 R-cuad. = 98,58% R-cuad.(ajustado) = 97,78%

CV=10,50%

Observaciones inusuales de NITROGENO POR PLANTA

Obs	NITROGENO POR PLANTA	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
29	0,4072	0,3353	2,6397	7,1817	2,11 R
35	0,7750	0,8775	2,6397	-10,2516	-3,01 R
36	0,9609	0,8690	2,6397	9,1871	2,70 R
47	0,8666	0,9417	2,6397	-7,5150	-2,21 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	0,497	A
3	12	0,468	A
2	12	0,339	B
1	12	0,338	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	0,748	A
3	12	0,564	B
2	12	0,288	C
1	12	0,042	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**ANEXO N° 23: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA EL NITRÓGENO TOTAL POR MACETA**

**ANVA DE EFECTOS SIMPLES**

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0.05	0.01
D en f1	3	0.539	0.180	96.583	2.92	4.51	*	**
D en f2	3	0.587	0.196	105.226	2.92	4.51	*	**
D en f3	3	1.152	0.384	206.516	2.92	4.51	*	**
D en f4	3	1.351	0.450	242.155	2.92	4.51	*	**
F en d1	3	0.000	0.000	0.087	2.92	4.51	n.s.	n.s.
F en d2	3	0.029	0.010	5.143	2.92	4.51	*	**
F en d3	3	0.091	0.030	16.290	2.92	4.51	*	**
F en d4	3	0.296	0.099	52.989	2.92	4.51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>0.0558</b>	<b>0.00186</b>					

**ANEXO N° 24: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA NITRÓGENO TOTAL POR MACETA**

Sx=	0.02	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3.85
ALS(t)=	0.10	

## COMPARACIÓN EN PAREJAS

### D en f1

Comparación en Pares	Significancia
D4 - D3 = 0.2 >	0.10 *
D4 - D2 = 0.3 >	0.10 *
D4 - D1 = 0.6 >	0.10 *
D3 - D2 = 0.2 >	0.10 *
D3 - D1 = 0.4 >	0.10 *
D2 - D1 = 0.2 >	0.10 *

D en f1	PROMEDIOS
D4F1	0.60 a
D3F1	0.45 b
D2F1	0.27 c
D1F1	0.03 d

### D en f2

Comparación en Pares	Significancia
D4 - D3 = 0.1 <	0.10 n.s.
D4 - D2 = 0.4 >	0.10 *
D4 - D1 = 0.5 >	0.10 *
D3 - D2 = 0.3 >	0.10 *
D3 - D1 = 0.5 >	0.10 *
D2 - D1 = 0.2 >	0.10 *

D en f2	PROMEDIOS
D4F2	0.59 ab
D3F2	0.52 bc
D2F2	0.21 d
D1F2	0.04 e

### D en f3

Comparación en Pares	Significancia
D4 - D3 = 0.2 >	0.10 *
D4 - D2 = 0.5 >	0.10 *
D4 - D1 = 0.8 >	0.10 *
D3 - D2 = 0.3 >	0.10 *
D3 - D1 = 0.6 >	0.10 *
D2 - D1 = 0.3 >	0.10 *

D en f3	PROMEDIOS
D4F3	0.87 a
D3F3	0.62 b
D2F3	0.33 c
D1F3	0.05 d

### D en f4

Comparación en Pares	Significancia
D4 - D3 = 0.3 >	0.10 *
D4 - D2 = 0.6 >	0.10 *
D4 - D1 = 0.9 >	0.10 *
D3 - D2 = 0.3 >	0.10 *
D3 - D1 = 0.6 >	0.10 *
D2 - D1 = 0.3 >	0.10 *

D en f4	PROMEDIOS
D4F4	0.94 a
D3F4	0.67 b
D2F4	0.33 c
D1F4	0.05 d

F en d2							
Comparación en Pares				Significancia			
F4	-	F3	=	0.0	<	0.10	n.s.
F4	-	F1	=	0.1	<	0.10	n.s.
F4	-	F2	=	0.1	>	0.10	*
F3	-	F1	=	0.1	<	0.10	n.s.
F3	-	F2	=	0.1	>	0.10	*
F1	-	F2	=	0.1	<	0.10	n.s.

F en d2	PROMEDIOS	
F4D2	0.33	abc
F3D2	0.33	bc
F1D2	0.27	cd
F2D2	0.21	de

F en d3							
Comparación en Pares				Significancia			
F4	-	F3	=	0.0	<	0.10	n.s.
F4	-	F2	=	0.2	>	0.10	*
F4	-	F1	=	0.2	>	0.10	*
F3	-	F2	=	0.1	>	0.10	*
F3	-	F1	=	0.2	>	0.10	*
F2	-	F1	=	0.1	<	0.10	n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	0.67	ab
F3D3	0.62	bc
F2D3	0.52	de
F1D3	0.45	ef

F en d4							
Comparación en Pares				Significancia			
F4	-	F3	=	0.1	<	0.10	n.s.
F4	-	F1	=	0.3	>	0.10	*
F4	-	F2	=	0.4	>	0.10	*
F3	-	F1	=	0.3	>	0.10	*
F3	-	F2	=	0.3	>	0.10	*
F1	-	F2	=	0.0	<	0.10	n.s.

F en d4	PROMEDIOS	
F4D4	0.94	ab
F3D4	0.87	bc
F1D4	0.60	de
F2D4	0.59	ef

### ALTURA RESIDUAL

#### **ANEXO N° 25: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE LA ALTURA RESIDUAL Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Altura RESIDUAL, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	3,300	3,300	1,650	0,62	0,545	n.s.	n.s.
FERT N	3	20,601	20,601	6,867	2,58	0,072	n.s.	n.s.
DOSIS	3	173,512	173,512	57,837	21,73	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	23,179	23,179	2,575	0,97	0,485	n.s.	n.s.
Error	30	79,861	79,861	2,662				
Total	47	300,453						

S = 1,63157 R-cuad. = 73,42% R-cuad. (ajustado) = 58,36%

CV=7,13%

Observaciones inusuales de Altura RESIDUAL

Obs	Altura RESIDUAL	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
28	24,9000	21,6810	0,9991	3,2190	2,50 R
48	30,3300	27,2512	0,9991	3,0787	2,39 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT N	N	Media	Agrupación
4	12	23,8	A
1	12	23,1	A
2	12	22,6	A
3	12	22,0	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	25,5	A
3	12	23,6	B
2	12	22,2	B
1	12	20,3	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### **PESO FRESCO RESIDUAL**

#### **ANEXO N° 26: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO FRESCO RESIDUAL Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Fresco RESIDUAL, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	0,906	0,906	0,453	1,72	0,196	n.s.	n.s.
FERT N	3	108,675	108,675	36,225	137,62	0,000	*	**
DOSIS	3	325,351	325,351	108,450	412,01	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	72,340	72,340	8,038	30,54	0,000	*	**
Error	30	7,897	7,897	0,263				
Total	47	515,169						
S = 0,513050		R-cuad. = 98,47%		R-cuad. (ajustado) = 97,60%				

CV=5,56%



Observaciones inusuales de Peso Fresco RESIDUAL

Obs	Peso Fresco RESIDUAL	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
7	7,3600	8,3877	0,3142	-1,0277	-2,53 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT	N	Media	Agrupación
3	12	11,3	A
4	12	10,0	B
1	12	8,0	C
2	12	7,6	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.  
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	12,9	A
3	12	10,4	B
2	12	7,3	C
1	12	6,3	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### ANEXO N° 27: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO FRESCO RESIDUAL

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	21,266	7,089	26,953	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	45,744	15,248	57,978	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	223,155	74,385	282,832	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	107,526	35,842	136,281	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	1,550	0,517	1,964	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	9,323	3,108	11,816	2,92	4,51	*	**
F en d3	3	56,248	18,749	71,291	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	113,894	37,965	144,352	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>7,897</b>	<b>0,263</b>					

#### ANEXO N° 28: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO FRESCO RESIDUAL

Sx=	0,30	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	1,14	

#### COMPARACIÓN EN PAREJAS

**D en f1**

Comparación en Pares				Significancia
D4	-	D3	= 1,7 >	1,14 *
D4	-	D2	= 2,0 >	1,14 *
D4	-	D1	= 3,7 >	1,14 *
D3	-	D2	= 0,4 <	1,14 n.s.
D3	-	D1	= 2,1 >	1,14 *
D2	-	D1	= 1,7 >	1,14 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	9,87	a
D3F1	8,21	bc
D2F1	7,82	cd
D1F1	6,12	e

**D en f2**

Comparación en Pares				Significancia
D4	-	D3	= 2,2 >	1,14 *
D4	-	D2	= 4,7 >	1,14 *
D4	-	D1	= 4,7 >	1,14 *
D3	-	D2	= 2,5 >	1,14 *
D3	-	D1	= 2,5 >	1,14 *
D2	-	D1	= 0,0 <	1,14 n.s.

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	10,48	a
D3F2	8,29	b
D2F2	5,81	cd
D1F2	5,79	de

**D en f3**

Comparación en Pares				Significancia
D4	-	D3	= 4,8 >	1,14 *
D4	-	D2	= 9,6 >	1,14 *
D4	-	D1	= 11,0 >	1,14 *
D3	-	D2	= 4,8 >	1,14 *
D3	-	D1	= 6,1 >	1,14 *
D2	-	D1	= 1,4 >	1,14 *

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	17,64	a
D3F3	12,83	b
D2F3	8,05	c
D1F3	6,68	d

**D en f4**

Comparación en Pares				Significancia
D4	-	D3	= 1,3 >	1,14 *
D4	-	D2	= 6,0 >	1,14 *
D4	-	D1	= 7,0 >	1,14 *
D3	-	D2	= 4,8 >	1,14 *
D3	-	D1	= 5,7 >	1,14 *
D2	-	D1	= 1,0 <	1,14 n.s.

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	13,59	a
D3F4	12,31	b
D2F4	7,55	cd
D1F4	6,59	de

F en d2					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F1	=	0,2 <	1,14 n.s.
F3	-	F4	=	0,5 <	1,14 n.s.
F3	-	F2	=	2,2 >	1,14 *
F1	-	F4	=	0,3 <	1,14 n.s.
F1	-	F2	=	2,0 >	1,14 *
F4	-	F2	=	1,7 >	1,14 *

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	8,05	abc
F1D2	7,82	bcd
F4D2	7,55	cd
F2D2	5,81	e

F en d3					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	0,5 <	1,14 n.s.
F3	-	F2	=	4,5 >	1,14 *
F3	-	F1	=	4,6 >	1,14 *
F4	-	F2	=	4,0 >	1,14 *
F4	-	F1	=	4,1 >	1,14 *
F2	-	F1	=	0,1 <	1,14 n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F3D3	12,83	ab
F4D3	12,31	bc
F2D3	8,29	de
F1D3	8,21	ef

F en d4					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	4,1 >	1,14 *
F3	-	F2	=	7,2 >	1,14 *
F3	-	F1	=	7,8 >	1,14 *
F4	-	F2	=	3,1 >	1,14 *
F4	-	F1	=	3,7 >	1,14 *
F2	-	F1	=	0,6 <	1,14 n.s.

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	17,64	a
F4D4	13,59	b
F2D4	10,48	cd
F1D4	9,87	de

## PESO SECO RESIDUAL

### ANEXO N° 29: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES E INTERACCIÓN SOBRE EL PESO SECO RESIDUAL Y COMPARACIONES TUKEY POR EFECTO DEL FERTILIZANTE Y DOSIS.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
REP	fijo	3	1; 2; 3
FERT N	fijo	4	1; 2; 3; 4
DOSIS	fijo	4	1; 2; 3; 4

Análisis de varianza para Peso Seco RESIDUAL, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	Sig(0,05-0,09)	
REP	2	0,03328	0,03328	0,01664	4,02	0,028	*	n.s.
FERT N	3	1,97555	1,97555	0,65852	159,04	0,000	*	**
DOSIS	3	8,87920	8,87920	2,95973	714,80	0,000	*	**
FERT N*DOSIS	9	1,00946	1,00946	0,11216	27,09	0,000	*	**
Error	30	0,12422	0,12422	0,00414				
Total	47	12,02170						

S = 0,0643478 R-cuad. = 98,97% R-cuad.(ajustado) = 98,38%

CV=4,95%

Observaciones inusuales de Peso Seco RESIDUAL

Obs	Peso Seco RESIDUAL	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
5	1,10700	0,99316	0,03940	0,11384	2,24 R
11	1,45500	1,55732	0,03940	-0,10232	-2,01 R
12	1,65200	1,51951	0,03940	0,13249	2,60 R
32	1,56000	1,66382	0,03940	-0,10382	-2,04 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

FERT	N	Media	Agrupación
3	12	1,5	A
4	12	1,5	A
2	12	1,1	B
1	12	1,1	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

DOSIS	N	Media	Agrupación
4	12	2,0	A
3	12	1,4	B
2	12	1,0	C
1	12	0,8	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### ANEXO N° 30: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO RESIDUAL

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fcal	F-Tab0.05 (3,30)	F-Tab0.01 (3,30)	SIGNIFICANCIA	
							0,05	0,01
D en f1	3	1,006	0,335	80,997	2,92	4,51	*	**
D en f2	3	2,610	0,870	210,185	2,92	4,51	*	**
D en f3	3	3,419	1,140	275,261	2,92	4,51	*	**
D en f4	3	2,853	0,951	229,745	2,92	4,51	*	**
F en d1	3	0,032	0,011	2,564	2,92	4,51	n.s.	n.s.
F en d2	3	0,360	0,120	29,010	2,92	4,51	*	**
F en d3	3	1,704	0,568	137,183	2,92	4,51	*	**
F en d4	3	0,889	0,296	71,581	2,92	4,51	*	**
<b>ERROR</b>	<b>30</b>	<b>0,124</b>	<b>0,004</b>					

### ANEXO N° 31: TUKEY DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO SECO RESIDUAL

Sx=	0,04	
AES(t)=	Tabla GL(error)(30) / P=4	3,85
ALS(t)=	0,14	

## COMPARACIÓN EN PAREJAS

D en f1					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	0,6 >	0,14 *
D4	-	D2	=	0,6 >	0,14 *
D4	-	D1	=	0,8 >	0,14 *
D3	-	D2	=	0,0 <	0,14 n.s.
D3	-	D1	=	0,2 >	0,14 *
D2	-	D1	=	0,2 >	0,14 *

D en f1	PROMEDIOS	
D4F1	1,55	a
D3F1	0,99	bc
D2F1	0,99	cd
D1F1	0,77	e

D en f2					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	0,9 >	0,14 *
D4	-	D2	=	1,1 >	0,14 *
D4	-	D1	=	1,1 >	0,14 *
D3	-	D2	=	0,2 >	0,14 *
D3	-	D1	=	0,3 >	0,14 *
D2	-	D1	=	0,0 <	0,14 n.s.

D en f2	PROMEDIOS	
D4F2	1,92	a
D3F2	1,04	b
D2F2	0,79	cd
D1F2	0,77	de

D en f3					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	0,6 >	0,14 *
D4	-	D2	=	1,1 >	0,14 *
D4	-	D1	=	1,4 >	0,14 *
D3	-	D2	=	0,4 >	0,14 *
D3	-	D1	=	0,8 >	0,14 *
D2	-	D1	=	0,4 >	0,14 *

D en f3	PROMEDIOS	
D4F3	2,30	a
D3F3	1,66	b
D2F3	1,23	c
D1F3	0,86	d

D en f4					
Comparación en Pares					Significancia
D4	-	D3	=	0,2 >	0,14 *
D4	-	D2	=	0,9 >	0,14 *
D4	-	D1	=	1,2 >	0,14 *
D3	-	D2	=	0,7 >	0,14 *
D3	-	D1	=	1,0 >	0,14 *
D2	-	D1	=	0,3 >	0,14 *

D en f4	PROMEDIOS	
D4F4	2,09	a
D3F4	1,85	b
D2F4	1,18	c
D1F4	0,88	d

F en d2					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	0,0 <	0,14 n.s.
F3	-	F1	=	0,2 >	0,14 *
F3	-	F2	=	0,4 >	0,14 *
F4	-	F1	=	0,2 >	0,14 *
F4	-	F2	=	0,4 >	0,14 *
F1	-	F2	=	0,2 >	0,14 *

F en d2	PROMEDIOS	
F3D2	1,23	ab
F4D2	1,18	bc
F1D2	0,99	d
F2D2	0,79	e

F en d3					
Comparación en Pares					Significancia
F4	-	F3	=	0,2 >	0,14 *
F4	-	F2	=	0,8 >	0,14 *
F4	-	F1	=	0,9 >	0,14 *
F3	-	F2	=	0,6 >	0,14 *
F3	-	F1	=	0,7 >	0,14 *
F2	-	F1	=	0,0 <	0,14 n.s.

F en d3	PROMEDIOS	
F4D3	1,85	a
F3D3	1,66	b
F2D3	1,04	cd
F1D3	0,99	de

F en d4					
Comparación en Pares					Significancia
F3	-	F4	=	0,2 >	0,14 *
F3	-	F2	=	0,4 >	0,14 *
F3	-	F1	=	0,7 >	0,14 *
F4	-	F2	=	0,2 >	0,14 *
F4	-	F1	=	0,5 >	0,14 *
F2	-	F1	=	0,4 >	0,14 *

F en d4	PROMEDIOS	
F3D4	2,30	a
F4D4	2,09	b
F2D4	1,92	c
F1D4	1,55	d