

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**COMPARATIVO ENTRE NIVELES DE NITRÓGENO Y FRECUENCIAS DE  
APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE ALCACHOFA cv. Imperial Star, BAJO  
RIEGO POR GOTEO.**

**Presentado por:  
SILVIA PILAR DE LA TORRE BARBOZA**

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

**LIMA – PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“COMPARATIVO ENTRE NIVELES DE NITRÓGENO Y  
FRECUENCIAS DE APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE  
ALCACHOFA cv. Imperial Star, BAJO RIEGO POR GOTEO”**

**Presentado por:**

**SILVIA PILAR DE LA TORRE BARBOZA**

**Tesis para optar el título de**

**INGENIERO AGRONOMO**

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

---

**Ing. Mg. Sc. Abel Basurto Lavanda  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo  
PATROCINADOR**

---

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

---

**Dr. Alberto Julca Otiniano  
MIEMBRO**

**Lima - Perú**

**2015**

## *DEDICATORIA*

*Dedicado a mi hijo Santiago con todo mi amor, como muestra que todo es posible con actitud y perseverancia. Por ser mí impulso, motivación y fortaleza.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al profesor Lorenzo Hurtado Leo por todo su apoyo, paciencia y ánimos conmigo y con mi trabajo. Gracias por ser un gran profesor, amigo y consejero.

Agradezco a mis padres Jorge De La Torre y Rosa Barboza por sus sacrificios y su apoyo incondicional siempre y en todos los aspectos de mi vida, por haber confiado en mí y por haberme inculcado grandes valores que han hecho de mí una gran persona. Nada hubiera sido posible sin ellos.

Agradezco a Victor Alvarado por su apoyo, por ser mi compañero en esta y muchas etapas de mi vida y por ayudarme a crecer.

Agradezco a los amigos que me apoyaron en este proyecto de tesis y en toda mi carrera universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

	PÁG.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	3
2.1. Agronomía del cultivo de alcachofa	3
2.2. Nutrición mineral del nitrógeno	6
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	9
<b>3.1 Materiales</b>	9
3.1.1 Ubicación del experimento	9
3.1.2 Datos meteorológicos	9
3.1.3 Características del suelo	9
3.1.4 Características del agua de riego	10
3.1.5 Características del cultivo	10
3.1.6 Sistema de riego	11
3.1.7 Fuentes de fertilizantes	11
3.1.8 Productos	15
3.1.9 Otros materiales	15
<b>3.2 Métodos</b>	15
3.2.1 Conducción del experimento	16
3.2.2 Factores en estudio	17
3.2.3 Diseño experimental	18
3.2.4 Características del campo experimental	18
3.2.5 Variables evaluadas	19
I. Fenología del cultivo	19
II. Variables morfológicas de crecimiento	19
III. Características de calidad de capítulo	21
IV. Rendimiento del cultivo	21
V. Componentes del rendimiento	21

3.2.6	Parámetros agronómicos	22
3.2.7	Análisis Agroeconómico	23
3.2.8	Cosecha	23
3.2.9	Cronograma del ensayo	23
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
4.1	Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	27
4.1.1	Eficiencia del uso del agua (EUA- $\text{kg/m}^3$ )	27
4.1.2	Evapotranspiración (ETc) y coeficiente del cultivo (Kc)	28
4.1.3	Índice de área foliar (IAF)	29
4.1.4	Índice de cosecha (IC%)	29
4.1.5	Coeficiente de transpiración (CT)	30
4.2	Fenología del cultivo de alcachofa y uso – consumo de agua de riego	30
4.3	Variables morfológicas de alcachofa cv. Imperial Star	33
4.3.1	Variables principales de crecimiento vegetativo	33
4.3.2	Materia seca total y sus componentes tallo, hojas y capítulos	37
4.4	Rendimiento de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star	47
4.5	Componentes del Rendimiento	55
4.5.1	Número de capítulos por planta en alcachofa cv. Imperial Star	55
4.5.2	Peso de capítulos en alcachofa cv. Imperial Star	59
4.5.3	Función de producción de alcachofa cv. Imperial Star	59
4.6	Análisis Agro-económico	60
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>

## RELACIÓN DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1</b>	Variables meteorológicas de la zona de estudio La Molina	12
<b>Cuadro N° 2</b>	Análisis físico – químico del suelo	13
<b>Cuadro N° 3</b>	Análisis del agua de riego	14
<b>Cuadro N° 4</b>	Cronología de la conducción del experimento	24
<b>Cuadro N° 5</b>	Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	31
<b>Cuadro N° 6</b>	Fenología del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star y uso - consumo de agua de riego	35
<b>Cuadro N° 7</b>	Variables morfológicas del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	38
<b>Cuadro N° 8</b>	Materia seca total y componentes del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	49
<b>Cuadro N° 9</b>	Rendimiento de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star	57
<b>Cuadro N° 10</b>	Componentes del rendimiento del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	61
<b>Cuadro N° 11</b>	Análisis agro – económico del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star	66

## RELACIÓN DE FIGURAS Y GRÁFICOS

<b>Figura 1</b>	Disposición de las parcelas experimentales	20
<b>Figura 2</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la altura de planta de alcachofa cv Imperial Star	39
<b>Figura 3</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el área foliar de alcachofa cv Imperial Star	40
<b>Figura 4</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el número de hojas por planta en alcachofa cv imperial Star	41
<b>Figura 5</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el diámetro de capítulos en alcachofa cv Imperial Star	42
<b>Figura 6</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la longitud de los capítulos en alcachofa cv Imperial Star	43
<b>Figura 7</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca de hojas en alcachofa cv Imperial Star	50
<b>Figura 8</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca de tallos en alcachofa cv Imperial Star	51
<b>Figura 9</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca de capítulos en alcachofa cv Imperial Star	52
<b>Figura 10</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca total en alcachofa cv Imperial Star	53



<b>Figura 11</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el rendimiento de alcachofa en alcachofa cv Imperial Star	58
<b>Figura 12</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el número de capítulos en alcachofa cv Imperial Star	62
<b>Figura 13</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el peso de capítulos en alcachofa cv Imperial Star	63
<b>Figura 14</b>	Función de producción de niveles de nitrógeno por frecuencias de aplicación	64

## RESUMEN

El presente trabajo compara niveles de nitrógeno y frecuencias de aplicación en el crecimiento y rendimiento de alcachofa cv. Imperial Star, bajo condiciones de riego localizado por goteo. El ensayo se realizó en la Unidad experimental en Riegos, perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de junio a diciembre del 2011.

A nivel de campo se probó en alcachofa cv. Imperial Star, cuatro niveles de fertilización con nitrógeno; 80 kg/ha, 160 kg/ha y 240 kg/ha, con un testigo no fertilizado, 0 kg/ha de N. Asimismo, por nivel de nitrógeno en estudio se probó tres frecuencias de aplicación F1: convencional (50% a los 15 ddt y 50% a los 45 ddt), F2: regular (cada 15 días) y F3: fertirriego.

El diseño estadístico empleado en el presente trabajo de investigación fue parcelas divididas, las frecuencias de aplicación fueron distribuidas aleatoriamente a nivel de parcelas y los niveles de nitrógeno fueron distribuidos aleatoriamente a nivel de subparcelas.

El rendimiento comercial y peso de capítulos, presentan diferencias estadísticas significativas, mientras el número de capítulos por planta, altamente significativas, para niveles de fertilización nitrogenada. El área foliar y el diámetro de capítulos presentan diferencias estadísticas significativas para frecuencias de aplicación. Asimismo la materia seca total, presenta diferencias estadísticas altamente significativas. Para ninguna de las variables existe interacción entre los factores en estudio.

El mayor rendimiento se encontró a nivel de 240 kg/ha de N a la frecuencia del fertirriego, alcanzando 23,542 kg/ha de capítulos, mientras que el menor rendimiento caracterizó al testigo no fertilizado a la frecuencia de aplicación de 50 – 50 con 14,259 kg/ha, siendo la diferencia porcentual 65%. Asimismo el rendimiento de capítulos aumenta conforme se eleva el nivel de nitrógeno aplicado. La adición de 80, 160 y 240 kg/ha de N respecto del testigo no fertilizado incrementan el rendimiento en 17.2%, 25.8 y 35.3% respectivamente, mientras que para frecuencias de aplicación, el rendimiento aumenta conforme se incrementa el número de aplicaciones del fertilizante nitrogenado.

La respuesta en las variables de crecimiento del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star establece que la altura de planta y área foliar alcanzan su valor máximo al nivel de 160 kg/ha de N, el número de hojas/planta a 240 Kg/ha de N, la materia seca total y de hojas y

tallos, a nivel 160 kg/ha de N y la materia seca de capítulos a 240 kg/ha de N. Para frecuencias de aplicación, la altura de planta y número de hojas/planta alcanzan su máximo valor en la frecuencia de 15 días, el área foliar y los componentes del rendimiento, en la frecuencia del fertirriego.

Bajo las condiciones de suelo, agua, clima y tecnología en el manejo del cultivo de alcachofa, los parámetros agronómicos que caracterizan al cv. Imperial Star, establecen una eficiencia de uso de agua (EUA) de 3.79 kg/m<sup>3</sup>, un coeficiente de transpiración (CT) de 249.38 l/kg, una evapotranspiración del cultivo (ETc) con una media de 2.35 mm/día, el índice de área Foliar (IAF) de 10.76 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, el índice de Cosecha (IC) de 20.8%. Para un ciclo vegetativo del cultivo de 177 días después del trasplante, el requerimiento de riego fue 5045.5 m<sup>3</sup>/ha y el coeficiente medio de cultivo (Kc) estimado en función de la evaporación del Tanque Clase A, de 0.99.

La función de producción del rendimiento vs. niveles de nitrógeno, establece modelos de regresión polinómica de segundo orden para las frecuencias de 15 días y fertirriego con R<sup>2</sup> de 0.9945 alcanzando su valor máximo 21,335 kg/ha y con R<sup>2</sup> de 0.9945 y 23,805 kg/ha respectivamente. La frecuencia 50-50, establece un modelo de regresión polinomial de tercer orden con R<sup>2</sup> de 1 pero de distribución errática y el análisis agroeconómico indica que los mayores índices de rentabilidad (IR) caracteriza al nivel 240 Kg/ha de N en todas las frecuencias de aplicación, siendo el valor más elevado en fertirriego con 90.1 % y una utilidad neta de US\$ 3,906.5.

## I. INTRODUCCIÓN

La alcachofa (*Cynara scolymus L.*), es una hortaliza que cada vez está tomando mayor importancia en el mercado internacional. Es considerada un producto atractivo por sus propiedades benéficas para la salud. Posee alto valor energético, gran contenido de hidratos de carbono, ácido fólico y vitamina A, B y C, que se mantienen aun cuando el producto es envasado como conserva.

Perú se ha convertido en uno de los grandes exportadores de alcachofa, llegando a ocupar el tercer lugar en el ranking mundial. Los principales mercados que se abastecen con la alcachofa peruana son Estados Unidos con 30 por ciento y España con 15 por ciento. Nuestro país también exporta este producto a Francia, Italia, Bélgica, Luxemburgo, Holanda, Arabia Saudita, al mercado del Asia y además se busca completar el ingreso a Europa, teniendo como objetivo llegar a los países que tienen cero arancel.

A diferencia de los países incluidos tanto en el hemisferio norte como sur; Perú produce alcachofa durante todo el año, principalmente durante el segundo semestre del año, cuando se cosecha la producción de la costa peruana en donde se encuentran las mayores y más eficientes áreas dedicadas a este cultivo. Esto nos ha llevado a un incremento en el área de producción (7500 ha de alcachofa sin espinas y 1000 ha de alcachofas con espinas). La producción se conglomeraba básicamente en 65 por ciento en la Costa y 35 por ciento en la Sierra, siendo las zonas productoras: Ica, La Libertad, Ancash, Lima, Ayacucho, Junín, Cajamarca, Arequipa y Abancay.

Para obtener grandes volúmenes exportables se debe tener en cuenta todos aquellos factores del crecimiento que influyen sobre la producción vegetal, entre ellos el aporte de nutrientes. La alcachofa es una planta que presenta un vigoroso desarrollo vegetativo con un elevado nivel de necesidades nutritivas que juegan un papel esencial en la obtención de producciones elevadas y capítulos de buena calidad. El nitrógeno, absorbido en grandes cantidades por la planta, tiene relación directa con el desarrollo vegetativo, el vigor y por tanto en su capacidad de producción, por lo que es importante el estudio de la dosificación adecuada y oportunidad de aplicación de este nutriente.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Determinar el efecto del nivel creciente de nitrógeno en el crecimiento y rendimiento de alcachofa cv. Imperial Star.

Determinar el efecto de la frecuencia de aplicación en el rendimiento de alcachofa cv. Imperial Star.

Determinar los efectos de interacción del nivel de nitrógeno y la frecuencia de aplicación en el rendimiento de alcachofa cv. Imperial Star.

Determinar los parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star, bajo riego por goteo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 AGRONOMÍA DEL CULTIVO DE ALCACHOFA

**Zahori, D., y Basnizki, 1975 (1975)**, mencionan que la alcachofa globo (*Cynara cardunculus l.*), subespecie *scolymus* (L) Hayek o (*Cynara scolymus l.*) es un cardo grande de la familia de las Compositae (Asteracea), nativa del mediterráneo, planta diploide, perenne y robusta; predominantemente de polinización cruzada, con una roseta característica de la hoja.

La planta crece hasta una altura de 1.0 m – 1.5 m o más y cubre una circunferencia de 1.5 m – 2.1 m aproximadamente de diámetro; con hojas de color verde plateado. Su modalidad de propagación vegetativa la hace semiperenne, la planta produce hijuelos estacionales a partir de una corona permanente, cuyo número varía de un simple hijuelo en una planta joven hasta aproximadamente 12 en las plantas adultas. Luego del trasplante cada hijuelo forma una roseta de hojas grandes basales a partir de los cuales crece el tallo productor de inflorescencias de tipo capítulo (**Minag, 2002**).

El sistema radicular es ramificado. En costa y sierra central del Perú, se ha observado que la raíz principal alcanza hasta 1.2 m de profundidad y las raíces secundarias cubren una circunferencia de 0.5 m a 0.6 m de diámetro y sirven como un órgano de almacenamiento. El tallo es erguido, grueso con 5 – 12 cm de diámetro en la base, ramificado y con nervaduras longitudinales y superficiales. Al inicio de su ciclo biológico se produce una roseta de hojas en un tallo comprimido, seguido del crecimiento de un tallo floral. El tallo produce una yema terminal (inflorescencia primaria), tres o cuatro yemas secundarias (inflorescencias secundarias), cuatro o cinco yemas terciarias (inflorescencias terciarias), cuatro a seis inflorescencias cuaternarias y varias yemas pequeñas que dependen del manejo agronómico. La yema terminal es la primera en aparecer y se desarrolla a medida que el tallo crece, las yemas secundarias, terciarias y cuaternarias se desarrollan ligeramente más tarde, (**INIA, 2000**).

Las hojas llegan a medir más de 1.0 m de largo con 0.3 m de ancho, con bordes lobulados y aserrados, de nervaduras pinnatinervadas y pecíolos que se unen en vaina al tallo de color grisáceo en la cara superior, vellosa en la inferior y de

nervadura central gruesa. Las yemas florales (cabezuelas), consisten de brácteas superpuestas con base carnosa sobre el receptáculo expandido: su utilización es antes que las partes florales estén bien desarrolladas. Los flósculos inmaduros en la etapa de yema son como cabellos y al madurar se abren, expandiendo los flósculos de color lila, que son muy atractivos para la vista. La alcachofa es una planta predominantemente de polinización cruzada la cual es promovida no por incompatibilidad, sino por protandria, por tanto la autopolinización es fácil de lograr. En la mayoría de los cultivares, las cabezuelas bien desarrolladas contienen de 800 a 1400 flósculos. Los flósculos periféricos florecen primero, y durante los posteriores dos o tres días la floración progresa completamente. En cada flósculo las anteras maduran primero y el estilo se alarga empujando el polen hacia arriba **(Robles, 2011)**.

La alcachofa es un cultivo de temporada fría que crece idealmente a 75 °F (24 °C) temperatura de día y 55 ° F (13 °C) de noche. El rango de temperatura para lograr una buena producción es de 85 °F (29 °C) a 45 °F (7 °C). La producción continua durante el año se ajusta a este rango de temperatura. Condiciones de calor, sequedad, y viento originan yemas (parte comestible) menos compactas, amargas y duras con brácteas que se curvan hacia fuera (recurvas). Las heladas dañan las brácteas causando una deformación de ampolla en el tejido de la yema más externa y una apariencia blanquecina. El daño por heladas es superficial y no afecta la calidad comestible, pero la decoloración de las yemas dificulta la comercialización. Las plantas maduras usualmente resisten las heladas fuertes aunque éstas reducen la productividad **(Schradler and Mayberry, 2002)**. También es preciso mencionar que para que la alcachofa florezca necesita cierta cantidad de horas de frío (vernalización). Este proceso se cumple normalmente en las zonas andinas, no siendo de igual manera en zonas costeras. Para ese caso se estimula la floración con la aplicación de ácido giberélico, no siendo la falta de frío en costa una limitación para la producción de este cultivo **(Robles 2001)**.

La alcachofa requiere una adecuada disponibilidad de agua principalmente durante el crecimiento vegetativo, formación de yemas y maduración de cabezuelas florales. Por lo que la falta de ésta trae como consecuencia plantas pequeñas en vigor y desarrollo. En caso que la escasez se presente durante la formación de yemas, se promoverá la formación de cabezuelas de inferior calidad. La mayor demanda hídrica se presenta al final de la etapa de crecimiento vegetativo e inicio de la formación de la inflorescencia **(Nicho y Catarona, 2002)**.

La alcachofa requiere riegos frecuentes durante el período de crecimiento. El método más empleado es por gravedad por surcos. El riego por aspersión tiene la ventaja de crear un ambiente de humedad alrededor de la planta que favorece el crecimiento y la producción. Las plantas de alcachofa son susceptibles a la podredumbre de la raíz si el riego es excesivo, por lo que se recomienda no regar por parcelas hidráulicas (pozas o melgas), (<http://www.cidh.org.mx/monografias/alcachofa.html>).

**Castillo (2006)**, indica que en Perú se encuentra una gran variedad de plagas y enfermedades de las cuales pocas son realmente de importancia económica como algunos pulgones (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*), mosca blanca (*Bemisia argentifolii*, *Bemisia tabaco*), lepidópteros (*Heliothis virescens*, *Copitarsia decolora* y *Pseudoplusia includens*).

Las enfermedades más comunes y mayor importancia económica en el Perú son el “Moho gris” producida por patógenos del suelo como la *Botrytis cinerea*, la *Erwinia carotovora* y la *Sclerotinia sclerotiorum*, estas enfermedades se pueden evitar o minimizar mediante el uso de labores culturales. La “oidiosis” (*Leveillula taurica*), es otra de las enfermedades que son críticas en el cultivo de la alcachofa, porque pueden ocasionar serias pérdidas económicas, el ataque de este patógeno empieza por el tercio inferior presentando manchas cloróticas en el haz y esporulaciones blanquecinas en el envés, al ser éste un parásito obligado necesita que el tejido de la hoja esté vivo. Si no se detecta a tiempo la enfermedad empieza a subir al tercio medio y luego hasta el tercio superior, en este estado el hongo muere pero el daño causado a la planta es irreversible, casi toda su masa foliar está necrosada, originando una alta producción de etileno envejeciendo prematuramente a la planta y por ende una alta producción de capítulos de descarte. Otro problema fitosanitario que tiene el cultivo de la alcachofa y por lo general casi todos los cultivos en la costa es la presencia de nematodos. El “nematodo del nódulo” (*Meloidogyne incognita*) es el que más ataca a este cultivo, la planta atacada presenta en la parte aérea una marcada clorosis en las hojas basales, en casos de ataques muy severos se observa muerte de plantas. En la parte radicular se puede observar la presencia de nódulos los que pueden llegar a deformar totalmente el sistema radicular, (**Apaza, 2006**).



## 2.2 NUTRICIÓN MINERAL DEL NITRÓGENO

Un deficiente suministro de nitrógeno se traduce en una planta raquítica de poco desarrollo vegetativo, ocasionando un follaje verde amarillento que provoca la madurez prematura de la planta y que finalmente produce un bajo rendimiento **(Billwell, 1993)**.

El nitrógeno asimilado por las plantas es principalmente el inorgánico y sobre todo bajo la forma de nitratos, además de la forma amoniacal, es por esta razón que ambos iones se denominan como portadores de N o formas aprovechables de nitrógeno. También pueden asimilar algunas formas de nitrógeno orgánico en forma de compuestos de bajo peso molecular, como los aminoácidos **(Primo y Carrasco, 1981)**

El nitrógeno es el macro elemento mineral que en mayores proporciones es utilizado por las plantas, formando compuestos tan esenciales como las proteínas, los ácidos nucleicos, algunas hormonas de crecimiento y muchas vitaminas; como componentes de estos y otros compuestos, el nitrógeno participa en la gran mayoría de las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas **(Armas, 1988)**.

El nitrógeno es el elemento que tiene mayor probabilidad de limitar el crecimiento de los cultivos, debido a que interviene en la formación de aminoácidos y proteínas, estos a su vez intervienen en el crecimiento de diversos órganos de la planta, aumentando la superficie foliar y la masa protoplasmática, manifestándose su deficiencia por esta razón en las partes activas del crecimiento de las plantas. Cuando el nitrógeno se encuentra en cantidades insuficientes para la planta, se presentan los síntomas que caracterizan la deficiencia: plantas achaparradas, enanas, de escaso crecimiento; tallos débiles que se mantienen erectos, hojas pequeñas y delgadas; follaje amarillento o verde claro. Sus efectos son ampliamente beneficiosos y más importantes que las dosis altas es la oportunidad de aplicación; ya que aplicaciones tardías en cantidades desproporcionadas producen envejecimiento y maduración atrasada **(Black, 1975)**.

El nitrógeno se encuentra en el suelo en tres formas diferentes, que no tienen la misma utilidad inmediata en la planta: orgánica, amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ). El nitrógeno presente en el humus es forma orgánica, se mineraliza en el suelo pasando primero a la forma amoniacal por la acción principal de bacterias

aeróbicas, cuya acción se ve favorecida por un medio neutro o alcalino. La oxidación continúa por acción de diversos microorganismos pasando el nitrógeno a la forma nítrica. Esta última transformación se ve acelerada por altas temperaturas y por la aireación del suelo, que es uno de los efectos benéficos del laboreo. El nitrógeno amoniacal es soluble en agua, pero es retenido por el complejo de cambio del suelo. Por el contrario, el nitrógeno nítrico no es retenido y además tiene una solubilidad muy alta por lo que puede ser arrastrado fácilmente por el agua **(Marschner, 1982)**.

El crecimiento vegetativo implica la formación y crecimiento de nuevas hojas, tallos y raíces. En este periodo los tejidos meristemáticos tienen un metabolismo de proteínas muy activo y los fotosintatos transportados a estos puntos se usan predominantemente en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Por esta razón, el suministro de nitrógeno a la planta en este periodo controla en gran medida su tasa de crecimiento. Una elevada tasa de crecimiento sólo se da cuando hay una gran disponibilidad de nitrógeno **(Carlson, 1980)**. A medida que prosigue el crecimiento vegetativo, el nivel de carbohidratos de las plantas anuales generalmente aumenta. El efecto del nitrógeno sobre la acumulación de carbohidratos es menos marcado hacia el final del periodo de crecimiento y al inicio de la floración. Si la nutrición de nitrógeno no es adecuada, el ciclo vital de las plantas se acorta, las plantas maduran más tempranamente y el rendimiento económico es bajo. Así, para un crecimiento óptimo de las plantas debe haber un equilibrio entre la tasa de producción de fotosintatos y la de asimilación de nitrógeno **(Mengel y Kirkby, 1987)**.

Cuando el suministro de nitrógeno desde el medio edáfico es inadecuado, el nitrógeno de las hojas más viejas se moviliza para nutrir a los órganos más jóvenes de la planta. Por esta razón las plantas que sufren deficiencia de nitrógeno muestran primero los síntomas de deficiencia en las hojas maduras. En estas hojas las proteínas se han hidrolizado y los aminoácidos se han redistribuido a los brotes y hojas más jóvenes. La proteólisis resulta de un colapso de los cloroplastos y en una disminución del contenido de clorofila. De ahí que el amarillamiento de las hojas más viejas sea el primer síntoma de una inadecuada nutrición nitrogenada. La Ley de acción del Nitrógeno como factor de crecimiento demuestra que es el elemento de eficacia más elevada, es decir, el que con un mismo peso asegura el mayor aumento relativo de rendimiento **(Demolon, 1996)**.

El nitrógeno, más que cualquier elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro de las hojas y suscita el crecimiento vegetativo de tallos y hojas más que el desarrollo de flores y frutos **(Plaster, 2000)**. Es en general, el factor limitante más importante del suelo para un óptimo crecimiento de las plantas cultivadas y se obtiene las respuestas significativas más notorias al aplicarlo, estando el crecimiento vegetativo directamente relacionado con las aplicaciones de nitrógeno **(Bennett, 1994)**.

**Bidwell (1993)**, afirma que el nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición vegetal, no sólo debido a su elevado requerimiento por las plantas sino porque está casi completamente ausente en la roca madre del cual se forman los suelos. De todas las enmiendas de nutrientes que se aplican al suelo, la adición de fertilizantes nitrogenados tiene el efecto más importante en el incremento de la producción del cultivo **(Mengel y Kirkby, 1987)**.

Un deficiente suministro de nitrógeno se traduce en una planta de disminuido desarrollo vegetativo, mostrando un follaje verde amarillento que provoca la madurez prematura de la planta y que finalmente produce un bajo rendimiento. El bajo ritmo de crecimiento genera plantas pequeñas, con tallos delgados y hojas pequeñas. Las hojas maduras con frecuencia caen prematuramente. El crecimiento radicular se ve afectado, el volumen radicular disminuye significativamente y la relación raíz/tallo aumenta. La deficiencia de nitrógeno trae el desajuste y colapso en el desarrollo de los cloroplastos, de ahí que las hojas muestran una clorosis uniformemente distribuida por toda la hoja. Si la deficiencia es severa la necrosis de la hoja o de partes de ella es consecuencia final. Los síntomas a diferencia de las deficiencias de potasio o de magnesio en que clorosis y necrosis de hojas aparecen en etapas tempranas del ciclo vegetativo y a diferencia de las deficiencias de hierro, calcio y azufre, cuyas clorosis se presentan en etapas tempranas, estas se localizan en las hojas jóvenes **(Mengel y Kirkby, 1987)**. Las plantas que sufren de deficiencia nitrogenada maduran antes reduciéndose el periodo vegetativo. Esta senescencia temprana se relaciona probablemente con el efecto del suministro de nitrógeno sobre la síntesis y translocación de citoquininas, la cual disminuye cuando la nutrición del nitrógeno no es la adecuada **(Hewitt y Cutting, 1979)**.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 MATERIALES**

#### **3.1.1 Ubicación del experimento**

El presente trabajo de tesis se realizó en una parcela de la Unidad de Investigación en Riegos, perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria (UNALM). Se encuentra a una latitud de 12° 05' 06" Sur, Longitud de 76° 57' 00" Oeste y Altitud de 238 msnm.

#### **3.1.2. Datos meteorológicos**

De acuerdo con el sistema modificado de Koeppen, basado en promedios anuales de temperatura y precipitación, a la zona de La Molina, le corresponde la clasificación de desierto subtropical árido caluroso.

El cuadro 1, presenta los datos climatológicos obtenidos en los registros del observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM para el ciclo del cultivo (junio – diciembre del 2011). Durante el crecimiento vegetativo del cultivo de alcachofa, se presentaron valores medios de 8387.5 Ly//mes de radiación circunglobal, 3.3 horas de heliofanía, 18°C de temperatura, 84.9% de humedad relativa, 2.27 mm/día de evaporación del tanque y 2.8 de precipitación.

#### **3.1.3. Características del suelo**

El suelo donde se estableció el experimento se encuentra clasificado según la Taxonomía de suelos (2010) como un Torri Ustifluents. Se encuentra ubicado en la terraza media del Valle del río Rímac, es profundo y de estructura granular media, con drenaje y permeabilidad moderada, consistencia en húmedo de friable a muy friable, textura franco arenoso, gran espacio aéreo, mediana capacidad retentiva de humedad y adecuada permeabilidad. Para la caracterización físico-química del suelo en estudio, se realizó un muestreo aleatorio del suelo de la parcela y se envió a analizar la muestra al laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la UNALM presentándose los resultados en el cuadro 2. El suelo presenta textura franco arenoso, que se traduce en una moderada capacidad de retención de humedad y buena aireación.

La conductividad eléctrica de 11.4 dS/m y ph de 7.5, indican que el suelo es medianamente salino y con reacción moderadamente básica. Se muestra en el análisis de suelo, alto contenido calcáreo total (4.3%. El porcentaje de materia orgánica baja, por tanto la cantidad de nitrógeno en el suelo será limitado. Asimismo, para el fósforo y el potasio, el análisis indica valores medios.

La CIC (9.1), muestra una fertilidad potencial baja del suelo. Respecto a los cationes cambiabiles, el calcio y el magnesio predominan saturando en un 95.5% el complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg; bajo (3.5), Ca/K; muy alta (35.7) y Mg/K; extremadamente alta (10.1), valores que sobrepasan largamente los niveles normales para una adecuada nutrición potásica principalmente y cálcica.

#### **3.1.4 Características del agua de riego**

El agua utilizada para el riego proviene de la red de agua potable de La Molina, se clasifica según USDA (1979) como C4 S1. Se envió una muestra de agua al laboratorio de la UNALM cuyos resultados se muestran en el cuadro 3. El análisis de agua de riego muestra que el agua es altamente salina y el RAS es bajo, lo que indica que no tiene problemas de alcalinidad. El pH 7.4 presenta una reacción ligeramente básica. Las sales que predominan son los cloruros de calcio y sodio. Las concentraciones de sodio y cloro son muy altas, por encima de los límites permisibles. Así mismo, la presencia de 0.65 meq/l de nitratos no común en las aguas de riego, significa un aporte extra al fertilizante sintético aplicado. Finalmente, el boro (0.75 ppm) no muestra niveles de toxicidad.

#### **3.1.5. Características del cv Imperial Star**

Imperial Star es una variedad de polinización abierta, obtención de W. Schrader y K. S. Mayberry de la Universidad de California en 1991. Es más temprana y productiva que otras variedades. La altura promedio de planta al momento de cosecha es de 1.45 m. el capítulo es de forma oval a achatada de color verde; algunas plantas tienen los capítulos con brácteas más abiertas. Los capítulos de orden inferior son a veces demasiado pequeños. Posee amplia adaptación a diferentes medios y esta variedad ha recibido la certificación de cultivar protegido bajo el acta de protección de las variedades de plantas de los Estados Unidos **INIA (2001)**.

### **3.1.6 Sistema de riego**

El módulo de riego de alta frecuencia (R.L.A.F) por goteo utilizado, estuvo constituido por 25 tuberías matriz de conducción de agua de PVC de 1 pulg.

#### Matriz

- 2 válvulas de 1 pulgada (llaves de control e ingreso de fertilizante).
- 20 metros de tubería principal PVC de 1 pulgada.
- 1 filtro de anillos de  $\frac{3}{4}$  pulgadas.
- 1 contómetro de agua tipo reloj.
- 12 microválvulas de 16 mm de diámetro.

#### Laterales

- 144 m. de laterales de goteo de 16mm.
- 384 emisores autocompensados Katiff de 2.1L/h
- 12 conectores de salida.
- 12 terminales de línea en ocho.

#### Fertilización

- 1 Tanque de inyección de fertilizantes.
- 1 elevador de 8 metros de altura
- 15 m de manguera de polietileno de 4 mm.

### **3.1.7 Fuentes de Fertilizantes**

- Nitrato de amonio (33.5% N)
- Ácido fosfórico (53%  $P_2O_5$ )
- Sulfato de potasio (50%  $K_2O$ )
- Nitrato de calcio (26% CaO y 15.5 % N)

**Cuadro 1. Variables meteorológicas de la zona de estudio (La Molina)**

**Longitud: 12° 05 06 S**

**Latitud: 76° 57 07 O**

**Altitud: 238 m.s.n.m**

<b>AÑO</b>	<b>Mes</b>	<b>Radiación solar circunglobal (Ly/mes)</b>	<b>Heliofania (horas)</b>	<b>Temperatura media mensual (°C)</b>	<b>Humedad relativa media mensual (%)</b>	<b>Evaporación media del tanque (mm/día)</b>	<b>Precipitación mensual (mm)</b>
2011	Junio	5754.3	1.8	18.5	83	1.54	2.3
	Julio	4559.9	1	16.6	88	1.44	5.4
	Agosto	4472.6	0.7	15.4	90	1.43	6.2
	Setiembre	8738.6	4.2	16.4	85	2.15	3.5
	Octubre	11611.7	5.2	17.7	87	2.73	0.4
	Noviembre	11358.8	5.3	19.5	82	3.15	1.6
	Diciembre	12216.5	4.7	21.7	79	3.45	0
<b>PROMEDIO</b>		<b>8387.5</b>	<b>3.3</b>	<b>18</b>	<b>84.9</b>	<b>2.27</b>	<b>2.8</b>

**Fuente: Observatorio meteorológico Alexander Von Humboldt – UNALM**

## **Cuadro 2. Análisis físico – químico del suelo**

¡Error! Vínculo no válido.

***Fuente: Laboratorio de análisis de Suelos, plantas, agua y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina***



**Cuadro 3. Análisis del agua para el riego**

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Conductividad eléctrica	3.1	dS/m
pH	7.4	
Calcio	19.3	meq/l
Magnesio	5.4	meq/l
Sodio	13.48	meq/l
Potasio	0.26	meq/l
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>38.45</b>	<b>meq/l</b>
Nitratos	0.65	meq/l
Carbonatos	0	meq/l
Bicarbonatos	1.52	meq/l
Cloruros	23.2	meq/l
Sulfatos	13.13	meq/l
<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>38.5</b>	<b>meq/l</b>
Sodio	35.1	%
Ras	3.8	meq/l
Boro	0.75	ppm
<b>CLASIFICACION</b>		<b>C4-S1</b>

*Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM.*

### 3.1.8 Productos

Se realizaron aplicaciones de productos químicos para el control de plagas, enfermedades y nemátodos. A continuación se describen los productos utilizados.

Nombre Comercial	Ingrediente activo	Dosis/ha	Plagas controladas
Topas	Penconazol	0.5 l/ha	Control de oídium
Sorba	Lufenuron	0.5 l/ha	Control de larvas
Amistar	Azoxistrobina+ Difenconazole	0.5 l/ha	Control de oídium
Vydate	Oxamilo	15 kg/ha	Control de nemátodos
Vapcomore	Acetamiprid	0.5 l/ha	Control de pulgones
Vertimec	Abamectina	0.5 l/ha	Control de araña
Rhizup	Ácido giberélico	60 ppm	Fitohormona

### 3.1.9 Otros materiales

Herramientas de campo (lampa, rastrillo, pico, carretilla, etc.), wincha, jabas de plástico, libreta de campo, cuchillo para cosechar.

Equipos e instrumentos de laboratorio: balanza de precisión (0.1 g), estufa (105 °C), vernier, bolsas de papel kraft, bolsas de plástico, sacabocado.

## 3.2 MÉTODOS

El presente ensayo se llevó a cabo bajo riego localizado de alta frecuencia por goteo. Se evaluó el efecto de la frecuencia de aplicación de nitrógeno, factor dispuesto a nivel de parcelas. Asimismo por frecuencias de aplicación se evaluaron tres niveles de nitrógeno (80 kg/ha, 160 kg/ha y 240 kg/ha) en base a un testigo no fertilizado con nitrógeno (0 kg/ha). El fertilizante nitrogenado utilizado fue el nitrato de amonio (33.5% de N), el cual fue disuelto y aplicado al suelo con un medidor graduado según la concentración de cada tratamiento.

El fósforo fue aplicado en tres oportunidades dentro de los primeros 28 ddt, el potasio fue aplicado en 6 oportunidades dentro de los 134 ddt y el calcio en 4 aplicaciones dentro de los primeros 80 ddt. Las aplicaciones de P-K-Ca, se realizaron vía fertirriego, con el uso de un recipiente de 20 litros de capacidad y elevada a una altura de 10 metros aproximadamente para inyectarlo al sistema de riego por diferencia de carga.

### **3.2.1 Conducción del experimento**

La preparación del terreno se realizó 5 días antes del trasplante. Para ello primero se sacó manualmente toda la maleza que había en la parcela y se limpió las sales superficiales. El suelo también se trabajó manualmente a una profundidad de 20 cm con ayuda de lampa y pico. Se formaron las camas de 1 metro de ancho y 0.15 cm de altura. El distanciamiento entre surcos fue de 1.6 m, dejando 60 cm entre líneas de planta. Una vez listas las camas, se puso pabito para poder nivelarlas. Se instaló el riego por goteo, cuyos emisores estuvieron distanciados cada 0.3 m y se revisó que todo el módulo de riego se encuentre en perfectas condiciones y sea uniforme. Se regó el campo antes del trasplante, para facilitar la labor.

El suelo se muestreó haciendo uso de un tornillo muestreador a una profundidad de 0.20 m. Se recogió 4 muestras de forma aleatoria de cada cama y se juntaron todas en una sola bolsa. Del total de la muestra, se tomó 1 kg y se mandó a analizar al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la UNALM.

En el trasplante se utilizaron plantines de alcachofa sin espinas cv. Imperial Star, de 35 días de edad, provenientes de un vivero certificado y bajo condiciones controladas. Se seleccionó los plantines más vigorosos y homogéneos para trasplantarlos en campo, cada 0.6 m de distancia entre ellos, lo que permitió manejar una densidad de 10400 plantas/Ha. Se realizó la eliminación de hijuelos de algunas plantas para evitar que compitan con las plantas madres y se hizo el recalce en plantas que no sobrevivieron al trasplante.

El control de malezas durante los dos primeros meses se realizó cada 5 días para evitar la competencia de las plantas con las malezas, después de los dos meses se realizó deshierbo cada 10 días. En el riego se aplicaron niveles de humedad previamente calculados de forma que se mantuviera la humedad alta y constante

en la zona radicular y se controló los ingresos de agua con la ayuda de medidores de caudal (contómetro) en la línea principal.

El control sanitario se realizó previa evaluación de plagas y enfermedades. Se aplicaron agroquímicos para el control de oidium, mosca blanca, pulgones, araña y nematodos. La aplicación se realizó con una mochila de aplicación a excepción del nematicida que se envió por el sistema de riego. Asimismo, se aplicó ácido giberélico (Ryzup) a los 75 a una dosis de 60 ppm.

La cosecha se realizó durante 57 días desde los 119 DDT hasta los 177 DDT de manera interdiaria. Los capítulos fueron cortados cuando se encontraban en un diámetro de 5 a 7 cm y el corte se realizó dejando 2 cm de pedúnculo floral. Los capítulos fueron pesados y medidos tanto en longitud como en diámetro.

### 3.2.2 Factores en estudio

#### a. Niveles de nitrógeno

Característica	Clave	Nivel de N (Kg /ha)
N0	Testigo	0
N1	Bajo	80
N2	Medio	160
N3	Alto	240

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 80 kg/ha**

**K<sub>2</sub>O: 160 kg/ha**

**CaO: 40 kg/ha**

#### b. Oportunidad de aplicación de nitrógeno

Clave	Característica	Frecuencia (días)
F1	Convencional	50% ( 15 ddt) – 50% (45 ddt)
F2	Regular	Cada 15 días
F3	Intensiva	Fertirriego

### 3.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de parcelas divididas. Las frecuencias de aplicación de nitrógeno fueron distribuidos aleatoriamente a nivel de parcelas y los niveles de nitrógeno fueron distribuidas aleatoriamente a nivel de subparcelas. Para establecer la diferencia entre las medias se aplicó la prueba de Duncan. El análisis de variancia y la prueba de Duncan se calcularon con ayuda del software estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 6.12.

### 3.2.4 Características del campo experimental

#### Del ensayo:

Largo : 9.6 m  
Ancho : 9.2 m  
Área : 184.32 m<sup>2</sup>

#### Del bloque:

Largo : 9.6 m  
Ancho : 4.8 m  
Área : 46.08 m<sup>2</sup>  
Nro. de bloques : 4

#### De las parcelas:

Largo : 9.6 m  
Ancho : 1.60 m  
Área : 15.36 m<sup>2</sup>  
Nro. De parcelas : 12

#### De las subparcelas:

Largo : 2.4 m  
Ancho : 1.6 m  
Área : 3.84 m<sup>2</sup>  
Nro. de subparcelas : 48

### **3.2.5 Variables a evaluar**

#### **I. Fenología del cultivo**

Se evaluaron los días transcurridos desde el trasplante hasta los diferentes estados fenológicos (2 hojas verdaderas, 4 hojas verdaderas, 5 a 8 hojas verdaderas, 8 a 10 hojas verdaderas, 10 a 14 hojas, 15 a 18 hojas, 22 a 28 hojas verdaderas, inicio de formación de capítulos, inicio de cosecha, a 30 días de cosecha, fin de riego y fin de cosecha)

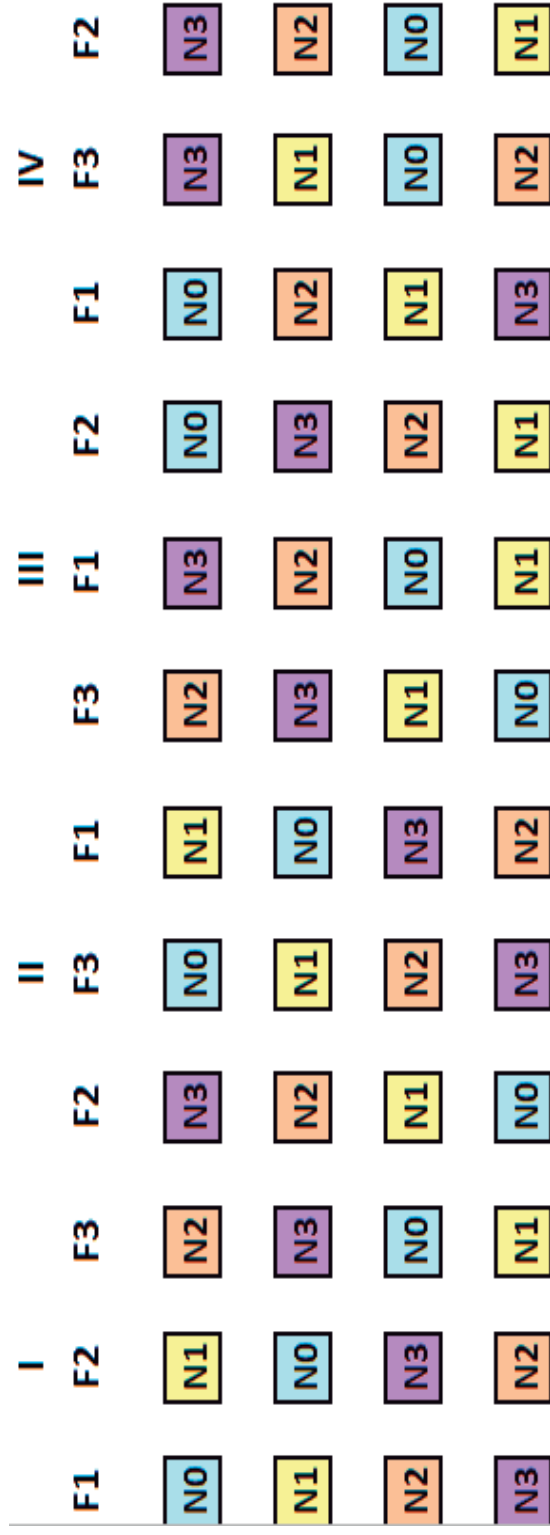
#### **II. Variables morfológicas**

##### **- Área foliar (m<sup>2</sup>/planta)**

Se utilizó un sacabocado de área conocida (19.63 cm<sup>2</sup>) para extraer las muestras de hojas (10 muestras), las cuales fueron pesadas con una balanza de alta precisión (0.1 g), para luego comparar este peso con el peso total de las hojas de cada planta evaluada (una planta por subparcela).

##### **- Altura de planta (cm)**

La planta fue medida con una wincha desde la base del tallo hasta el punto de inserción del primer capítulo cosechable. Esto se realizó al finalizar la cosecha.



COMPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Niveles de fertilización Nitrogenada      Frecuencias de aplicación de fertilizantes



Figura 1. Disposición de las parcelas experimentales

#### **- Materia seca total de la parte aérea (hojas, tallos y capítulos - g/planta)**

Se pesó la muestra de hojas frescas que se extrajeron con el sacabocado y 100 g del pseudo tallo fresco de cada planta evaluada. Se guardaron éstas muestras en bolsas de papel para dejarlas secar a medio ambiente durante 24 horas. Se llevó las muestras a estufa (70 °C por 72 horas para extraer la humedad restante) y luego se pesaron nuevamente (peso seco), para poder determinar el contenido de humedad de cada componente morfológico y calcular la materia seca de hojas y tallos. Para la materia seca total, se incluyó el peso seco de 8 capítulos con el mismo diámetro.

### **III. Características de calidad del capítulo**

#### **Longitud del capítulo (mm)**

Con la ayuda del vernier, se midió la longitud de los capítulos cosechados desde la inserción del pedúnculo hasta el ápice del capítulo y se calculó el promedio de ellos por subparcela.

#### **Diámetro del capítulo (cm)**

Se midió el diámetro ecuatorial de los capítulos cosechados con la ayuda del vernier y se calculó el promedio de ellos por subparcela.

### **IV. Rendimiento del cultivo (kg/ha)**

Se pesaron todos los capítulos cosechados hasta el final de cosecha por subparcela y se calculó el promedio, llevándolo a rendimiento comercial en kg/ha

### **V. Componentes del rendimiento**

#### **- Número de plantas por m<sup>2</sup>**

Se contabilizó el número total de plantas por parcela al final del ensayo y se calculó el promedio para obtener el número de plantas por metro cuadrado.



#### **- Número de capítulos por planta**

Se contaron el número de capítulos de las subparcela por separado y se dividió entre el número de plantas por subparcela para obtener el número de capítulos por planta.

#### **Peso promedio de capítulos (g)**

Se pesaron todos los capítulos cosechados por subparcela y se calculó el promedio.

### **3.2.6 Parámetros agronómicos**

#### **- Eficiencia del uso de agua (EUA – kg/m<sup>3</sup>)**

Se estableció la relación entre el rendimiento comercial y la cantidad de agua utilizada en su producción.

$$\text{EUA – kg/m}^3 = \frac{\text{Rendimiento comercial (kg/ha)}}{\text{Requerimiento de riego aplicado (m}^3\text{/ha)}}$$

#### **- Índice de cosecha (IC - %)**

Fue determinado en base a la relación entre la materia seca de los capítulos y la materia seca total producida (hojas + pseudo tallo + capítulos).

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{Materia seca de capítulos (kg)}}{\text{Materia seca total (kg)}} \times 100$$

#### **- Coeficiente de transpiración (CT – l/kg)**

Fue determinado en base a la relación entre la cantidad de agua usada en el proceso de evapotranspiración (lámina neta) respecto a la cantidad de materia seca total producida (hojas + tallos + capítulos)

$$\text{CT (l/kg)} = \frac{\text{Litros evapotranspirados (l)}}{\text{kg de materia seca producida (m}^3\text{/ha)}}$$

### **- Índice de área foliar (IAF)**

Determinado en base a la relación entre el área fotosintética expuesta a radiación solar por m<sup>2</sup> de superficie de terreno.

$$\text{IAF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ plantas / ha} \times \text{área foliar (m}^2\text{/planta)}}{10000 \text{ m}^2\text{/ha}}$$

### **- Evapotranspiración del cultivo (mm/campaña)**

Determinado en base a la lectura del contómetro de agua ubicado al inicio del módulo experimental (requerimiento total de agua) y la eficiencia de riego promedio del módulo de riego por goteo (85%).

### **3.2.7 Análisis agro económico**

Determinación del índice de rentabilidad (IR) del cultivo en base al rendimiento comercial de capítulos de toda la campaña con niveles de fertilización nitrogenada y el ingreso por la venta de capítulos a precio de exportación.

### **3.2.8 Cosecha**

La cosecha se realizó cuando los capítulos presentaron características aptas para la comercialización, debiendo presentar un diámetro de 5 a 7 cm. El corte se realizó dejando una porción de pedúnculo y los capítulos fueron pesados y medidos en su longitud y diámetro.

### **3.2.9. Cronograma del ensayo**

Las principales labores realizadas durante la conducción del experimento se encuentran en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Cronología de la conducción del experimento**

<b>LABOR REALIZADA</b>	<b>FECHA</b>	<b>DÍAS</b>
Análisis de suelo	20/06/2011	0
Preparación del terreno	22/06/2011	0
Apertura del sistema de riego y riego pre trasplante	23/06/2011	0
Trasplante de plantines de alcachofa	25/06/2011	0
Primera aplicación de ácido fosfórico	09/07/2011	14
Aplicación para oídium	09/07/2011	14
Aplicación de nitrógeno en F1 y F2	09/07/2011	14
Segunda aplicación de ácido fosfórico	15/07/2011	20
Primera aplicación para araña, mosca blanca	15/07/2011	20
Segunda aplicación para control de oídium	15/07/2011	20
Primera aplicación de nitrato de calcio	16/07/2011	21
Aplicación de nitrógeno en F3	18/07 - 22/07/11	23 - 27
Aplicación de nematicida	22/07/2011	27
Tercera aplicación de ácido fosfórico	23/07/2011	28
Segunda aplicación de nitrógeno en F2	23/07/2011	28
Primera evaluación de número de hojas	25/07/2011	30
Aplicación de nitrógeno en F3	26/07 - 05/08/11	31 - 41
Tercera aplicación de nitrógeno en F2	06/08/2011	42
Segunda evaluación de numero de hojas	08/08/2011	44
Segunda aplicación de nitrógeno en F1	08/08/2011	44
Segunda aplicación de nitrato de calcio	08/08/2011	44
Aplicación de nitrógeno en F3	08/08 - 19/08/11	44 - 55
Aplicación para mancha foliar	19/08/2011	55
Cuarta aplicación de nitrógeno en F2	20/08/2011	56
Primera aplicación de potasio	20/08/2011	56
Aplicación de nitrógeno en F2	21/08/2014	57
Aplicación de nitrógeno en F3	22/08/2014	58
Tercera aplicación de nitrato de calcio	22/08/2014	58
Tercera evaluación de número de hojas	23/08/2011	59
Aplicación de nitrógeno en F3	23/08 - 02/09/11	59 – 69
Quinta aplicación de nitrógeno en F2	03/09/2011	70
Segunda aplicación de potasio	03/09/2011	70
Aplicación de nitrógeno en F3	05/09 -	72 – 73

	06/09/11	
Cuarta evaluación de número de hojas	06/09/2011	73
Cuarta aplicación de nitrato de calcio	07/09/2011	74
Aplicación de nitrógeno en F3	07/09 - 08/09/11	74 – 75
Aplicación de ácido giberélico	08/09/2011	75
Aplicación de nitrógeno en F3	09/09/2011	76
Aplicación de ácidos húmicos y microelementos	14/09/2011	81
Aplicación de nitrógeno en F3	15/09 - 17/09/11	82 – 84
Sexta aplicación de nitrógeno en F2	17/09/2011	84
Tercera aplicación de potasio	17/09/2011	84
Aplicación de nitrógeno en F3	19/09 - 01/10/11	86 – 98
Séptima aplicación de nitrógeno en F2	01/10/2011	98
Cuarto aplicación de potasio	01/10/2011	98
Aplicación de nitrógeno en F3	02/10 - 08/10/11	99 – 105
Aparición del primer capítulo	08/10/2011	105
Aplicación de nitrógeno en F3	10/10 - 15/10/11	107 - 112
Octava aplicación de nitrógeno en F2	15/10/2011	112
Quinta evaluación de número de hojas	17/10/2011	114
Aplicación para gusano y pulgones (Vapcomore)	17/10/2011	114
Aplicación de nitrógeno en F3	17/10 - 22/10/11	114 - 119
Inicio de cosecha	22/10/2011	119
Sexta aplicación de potasio	06/11/2011	134
Sexta evaluación de número de plantas	14/11/2011	142
Aplicación de Topas	16/11/2011	144
Aplicación para control de oídio	01/12/2011	159
Fin de cosecha	19/12/2011	177

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadros que se presentan y discuten a continuación han sido elaborados en base a los datos de los anexos, los cuales muestran los valores promedios de las variables morfológicas evaluadas, el rendimiento y los componentes del rendimiento, así como los costos de producción del cultivo, acompañados del resumen de análisis de variancia del combinado de los factores en estudio, presentándose su significación estadística, los coeficientes de variabilidad y la prueba de comparación de medias de Duncan.

### 4.1 Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star

El Cuadro 5, presenta los resultados generales y los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de alcachofa cv Imperial Star; Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m<sup>3</sup>), índice de cosecha (IC%), índice de área foliar (IAF –m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), coeficiente de transpiración (CT- l/kg) y evapotranspiración del cultivo (ETc – mm/campaña).

Bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el periodo vegetativo del cultivo fue de 177 días después del trasplante (ddt), siendo el gasto de agua de riego de 5045.5 m<sup>3</sup>/ha y el rendimiento comercial promedio de capítulos de 19,118 kg/ha. Asimismo, para una población de 1.04 plantas/m<sup>2</sup>, el número promedio de capítulos por planta es 21.97 y el peso promedio de 82.9 gramos. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 71.94 cm, expanden una superficie foliar de 10.35 m<sup>2</sup>/planta y acumulan un total de materia seca de 1,653.6 g/planta, siendo la relación de hojas: tallos: capítulos de 56.2%, 22.9% y 20.8% respectivamente, presentando un diámetro de capítulos de 6.67 cm y una longitud de capítulos de 7.05 cm. Los parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv Imperial Star en general, alcanzaron valores similares comparados con ensayos con el mismo cultivar, en similares condiciones medio ambientales.

#### 4.1.1 Eficiencia de Uso de agua (EUA – kg/m<sup>3</sup>)

Respecto a la eficiencia de uso de agua (EUA), principal parámetro agronómico que indica la relación entre el rendimiento económico respecto a la cantidad total de agua aplicada en el riego, los valores para el cultivo se elevan a 3.79 kilogramos de capítulos producidos por metro cúbico de agua aplicada en el riego.

Al respecto, **Pérez (2007)**, en alcachofa Imperial Star encontró una EUA de 2.85 kg/m<sup>3</sup>, **Postigo (2009)** de 3.48 kg/m<sup>3</sup> con aplicación de AG3 y de 3.24 sin aplicación de AG3. **Mosquera (2006)**, en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró una Eficiencia de Uso de Agua (EUA) de 3.15 kilogramos de capítulos producidos por m<sup>3</sup> de agua aplicado y bajo estrés hídrico una EUA de 2.41 kg/m<sup>3</sup>. Asimismo, **Hurtado (2009)** encontró una EUA de 2.40 kg/m<sup>3</sup> bajo condiciones normalmente irrigadas, de 1.72 kg/m<sup>3</sup> bajo condiciones de estrés durante todo el período vegetativo, de 1.82 kg/m<sup>3</sup> bajo estrés durante su fase reproductiva y de 2.19 kg/m<sup>3</sup> bajo estrés durante su fase vegetativa. **Viscarra (2010)** encontró una EUA de 2.86 kg/m<sup>3</sup>. **Taboada (2012)**, indica como valor medio 3.92 kilogramos de capítulos por m<sup>3</sup> de agua aplicado. Finalmente **Palacios (2010)**, encontró una EUA de 3.2 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Evapotranspiración (ETc) y Coeficiente de Cultivo (Kc)

La evapotranspiración del cultivo (ETc) equivale al consumo neto de agua por la planta. El proceso se define como la pérdida total de agua de una cubierta vegetal bajo la forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo dado. La evaporación (E) y la transpiración (T) son procesos físicos muy similares, mediante los cuales el agua pasa del estado líquido al de vapor.

En las condiciones en que prosperó el cultivo de alcachofa cv. Imperial Star, la evapotranspiración promedio (ETc) fue de 428.9 mm/campaña, con una media de 2.35 mm/día (23.5 m<sup>3</sup>/ha/día) y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.99

Al respecto, **Taboada (2012)** indica estudiando el efecto de calcio y boro en el rendimiento de alcachofa encontró una evapotranspiración promedio (ETc) de 435.0 mm/campaña, con una media de 2.28 mm/día (22.8 m<sup>3</sup>/ha/día). **Postigo (2009)** estudiando el efecto de la fertilización NPK y la aplicación de AG3, encontró una ETc de 535.2 mm/campaña (30.2 mm/ha/día) y un Kc estimado de 1.29. **Mosquera (2006)**, en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró una ETc de 541.2 mm/campaña con una media de 2.47 mm/día y un Kc estimado de 1.08. Asimismo, **Hurtado (2009)**, probando el

efecto de estrés hídrico en alcachofa Imperial Star, encontró bajo condiciones de un régimen irrigado normalmente una ETc de 625.2 mm/campaña (35.3 m<sup>3</sup>/ha/día) y un Kc estimado de 0.95. Asimismo, bajo condiciones de estrés hídrico, encontró una ETC de 221.9 mm/campaña (13.4 mm/ha/día y un Kc estimado de 0.39, **Viscarra (2010)**, encontró una ETc de 571.9 mm/campaña con un Kc estimado de 1.10. Finalmente **Palacios (2010)**, probando el efecto de la fertilización de N-P-K y de la concentración de ácido giberélico en el rendimiento de alcachofa encontró evapotranspiración promedio (ETc) fue de 514.6 mm/campaña, con una media de 2.64 mm/día (26.4 m<sup>3</sup>/ha/día) y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 1.12.

#### 4.1.3 Índice de Área foliar (IAF)

Este parámetro expresa la relación entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar por unidad de terreno y por tanto, se convierte en un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo. El cultivar Imperial Star presenta un índice de área foliar (IAF) de 10.76 m<sup>2</sup> de área foliar por m<sup>2</sup> de superficie cultivada

Al respecto, **Pérez (2007)**, también en alcachofa Imperial Star encontró un IAF de 3.2. Postigo (2009) encontró un IAF promedio de 7.4, sin mayores diferencias con o sin la aplicación de AG3. **Mosquera (2006)**, en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró una IAF de 9.1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> bajo un régimen irrigado y de 5. 2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> bajo estrés hídrico. Asimismo, A su vez **Hurtado (2009)**, bajo condiciones de un régimen irrigado normalmente encontró un IAF de 9.7 y bajo condiciones de estrés hídrico el IAF fue de 3.2. Finalmente, **Viscarra (2010)**, encontró un IAF promedio de 7.0, **Taboada (2012)** encontró un índice de área foliar (IAF) de 9.29 m<sup>2</sup> y finalmente **Palacios (2011)**, en el cultivo de alcachofa encontró un índice de área foliar (IAF) de 7.1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

#### 4.1.4 Índice de cosecha (IC%)

El índice de cosecha expresa la eficiencia del cultivo, relacionando la materia seca del producto cosechado (capítulos) respecto de la materia seca total producida (hojas + tallos + capítulos). La media para el cultivo de alcachofa cv. Imperial Star tiene un valor de 20.88%.

Al respecto, **Mosquera (2006)**, en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró un índice de cosecha (IC) de 21.9% y bajo estrés hídrico un IC de 14.8%. Asimismo, **Pérez (2007)**, también en alcachofa Imperial Star encontró un IC de 36.4%, **Postigo (2009)** de 20.6% con aplicación de AG3 y de 29.4% sin aplicación de AG3. **Hurtado (2009)**, un IC promedio de 25.0 sin diferencias entre alcachofa irrigada normalmente y alcachofa bajo estrés hídrico,

**Viscarra (2010)** encontró un Índice de Cosecha de 22.4%, **Palacios (2010)** con 25.3%, **Santamaría (2010)** con 24.3% y finalmente, **Taboada (2012)** encontró una media para el cultivo de alcachofa de 30.4%.

#### **4.1.5 Coeficiente de transpiración (CT)**

Parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada necesaria para producir un kilogramo de materia seca - parte aérea, El valor encontrado es bajo en comparación con otros trabajos de tesis en alcachofa Imperial Star, siendo de 249.38 l/kg. Al respecto, **Mosquera (2006)**, en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró un Coeficiente de transpiración (CT) de 309 l/kg y bajo estrés hídrico un CT de 264 l/kg. Asimismo, **Pérez (2007)**, también en alcachofa Imperial Star encontró un CT de 274 l/kg, **Postigo (2009)** de 309 l/kg con aplicación de AG3 y de 328 l/kg sin aplicación de AG3. **Hurtado (2009)**, un CT de 457 l/kg bajo condiciones normalmente irrigadas, de 533 l/kg bajo condiciones de estrés durante todo el período vegetativo, de 555 l/kg bajo condiciones de estrés durante su fase reproductiva y de 429 l/kg bajo estrés durante su fase vegetativa, **Viscarra (2009)** encontró un CT de 374 l/kg. Finalmente, **Taboada (2012)**, **Palacios (2011)** y **Santamaría (2010)** encontraron valores de 314.47 l/kg, 404.9 y 329.3 l/kg respectivamente.

#### **4.2 Fenología del cultivo de alcachofa y uso – consumo de agua de riego**

El Cuadro 6, presenta el uso-consumo de agua de riego del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star, bajo las condiciones de suelo, clima y régimen de riego del ensayo. El requerimiento de agua se reporta por estado fenológico del cultivo y se presenta en términos de consumo neto (ET<sub>c</sub>-mm) y consumo total (m<sup>3</sup>/ha) considerando una eficiencia de riego de 85%. Asimismo, presenta valores medios estimados del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) elaborado en base a los datos del tanque evaporímetro clase A (E<sub>o</sub>-mm/día), para el periodo en estudio.



**Cuadro 5. Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star.**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>I. Requerimiento de agua de riego</b>	5045.5	m <sup>3</sup> /ha
<b>II. Rendimiento económico</b>	19,118.1	tn/ha
<b>III. Variables morfológicas</b>		
Área foliar	10.35	m <sup>2</sup> /planta
Altura de planta	71.94	m <sup>2</sup> /planta
Peso de materia seca de hojas	929.6	g/planta
Peso de materia seca de tallos	378.8	g/planta
Peso de materia seca de capítulos	345.2	g/planta
Peso de materia seca total	1,653.6	g/planta
Numero de hojas por planta	22.2	unid.
<b>IV. Componentes del rendimiento</b>		
Número de plantas / m <sup>2</sup>	1.04	plantas/m <sup>2</sup>
Numero de capítulos / planta	21.97	unid.
Peso promedio de capítulos	82.9	g
<b>V. Variables de calidad</b>		
Diámetro de capítulos	6.67	cm
Longitud de capítulos	7.05	cm
<b>VI. Parámetros agronómicos</b>		
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	2.35	mm/día
Eficiencia de uso de agua (EUA)	3.79	kg/m <sup>3</sup>
Índice de cosecha (IC)	20.88	%
Índice de área foliar (IAF)	10.76	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Coefficiente de transpiración (CT)	249.38	l/kg

Durante los 177 días que duró el ciclo vegetativo del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star el consumo de agua se elevó a 5045.5 m<sup>3</sup>/ha, con valores parciales desde el trasplante a cuatro hojas verdaderas y extendidas de 436 m<sup>3</sup>/ha, representando el 8.6% del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) es de 0.92 mm/día y el Kc estimado de 0.64.

A los 44 días después del trasplante (ddt), el cultivo alcanza de 5 a 8 hojas verdaderas y el consumo se eleva a 636.2 m<sup>3</sup>/ha, representando 12.6% del total. La ETc es 1.21 mm/día y el Kc estimado de 0.85.

A los 59 días después del trasplante (ddt), el cultivo alcanza de 8 - 10 hojas y el consumo de agua a 868.3 m<sup>3</sup>/ha, representando 17.3% del total aplicado. La ETc media alcanza 1.32 mm/día y el Kc estimado 0.92.

A los 74 días después del trasplante (ddt), el cultivo alcanza de 10 a 14 hojas y el consumo de agua a 1,235.4 m<sup>3</sup>/ha, representando 24.6% del total aplicado. La ETc media alcanza 2.08 mm/día y un Kc estimado de 0.97.

A los 90 días después del trasplante (ddt), el cultivo alcanza de 15 - 18 hojas y el consumo de agua a 1,662.7.4 m<sup>3</sup>/ha, representando 33.1% del total aplicado. La ETc media alcanza 2.27 mm/día y un Kc estimado de 1.06.

A los 100 días después del trasplante (ddt), el cultivo alcanza de 22 - 28 hojas y el consumo de agua a 2016 m<sup>3</sup>/ha, representando 40.2% del total aplicado. La ETc media alcanza 3.00 mm/día y un Kc estimado de 1.10.

A los 105 días después del trasplante (ddt), se alcanza el estado fenológico de inicio de formación de capítulos con 2,211.9 m<sup>3</sup>/ha, representando 44.1% del total aplicado. La ETc de 3.33 mm/día y un Kc estimado de 1.22.

A los 114 días después del trasplante (ddt), se inicia la etapa de cosecha, siendo el consumo de agua a 2,639.7 m<sup>3</sup>/ha, representando 52.6% del total aplicado. La ETc de 4.04 mm/día y un Kc estimado de 1.48.

A los 146 días después del trasplante (ddt), se alcanza los primeros 30 días de cosecha, siendo el consumo de agua de 4015.3 m<sup>3</sup>/ha, representando 80.0% del total aplicado. La ETc de 3.65 mm/día y un Kc estimado de 1.16.

A los 173 días después del trasplante (ddt), cuando se finaliza el riego, a los 59 días de cosecha, el consumo de agua es de 5045.5. m<sup>3</sup>/ha, representando 100% del total aplicado. La ET<sub>c</sub> de 3.24 mm/día y un K<sub>c</sub> estimado de 0.94.

Al respecto, muchos ensayos en el cultivo de alcachofa cv. Imperial Star y llevados a cabo en condiciones similares de agua, suelo, medio ambiente y tecnología de riego han llegado a las siguientes conclusiones: **Fuentes (1999)** menciona que el riego localizado es altamente eficiente debido a que la evaporación del agua del suelo es menor que en otros sistemas de riego, ya que solo se moja una parte de la superficie del suelo. En cambio la transpiración suele ser mayor, ya que las plantas absorben el agua con mayor facilidad. El aumento de la transpiración presupone un aumento de la cosecha.

**Pérez (2007)**, con 162 ddt obtuvo un gasto de 7,074 m<sup>3</sup>/ha y un K<sub>c</sub> de 1.12. **Postigo (2009)**, también en alcachofa cv. Imperial Star con 177 ddt de periodo vegetativo registro un consumo de agua de riego de 6,296 m<sup>3</sup>/ha y un K<sub>c</sub> estimado de 1.29. **Mosquera (2006)**, con 181 ddt de periodo vegetativo tuvo un gasto de 6,367 m<sup>3</sup>/ha, con una ET<sub>c</sub> media de 2.47 mm/día y un K<sub>c</sub> estimado promedio de 1.08. Asimismo,

**Hurtado (2009)**, indica que aplicando 7356.1 m<sup>3</sup>/ha, alcanzando una eficiencia de uso de agua (EUA) de 2.40 kg de capítulos por m<sup>3</sup> de agua aplicado, un coeficiente de transpiración (CT) de 457.6 litros de agua evapotranspirados por kg. de materia seca producida, un índice de área foliar (IAF) de 9.70 y un índice de cosecha de 25.1%. y un K<sub>c</sub> medio estimado de 0.95.

**Viscarra (2010)**, para un ciclo vegetativo de 166 DDT, obtuvo un gasto de 6,728 m<sup>3</sup>/ha y un K<sub>c</sub> medio estimado de 1.10. **Palacios (2011)** para un ciclo vegetativo de 182 días obtuvo un gasto de 6,055.1 m<sup>3</sup>/ha y un K<sub>c</sub> de 1.12 y **Santamaría (2010)**, para un ciclo de 176 ddt obtuvo un gasto de 5,507.9 m<sup>3</sup>/ha.

### **4.3 Variables morfológicas de alcachofa cv. Imperial Star**

#### **4.3.1 Variables principales del crecimiento**

El cuadro 7 y Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 presentan los resultados obtenidos en las principales variables morfológicas de primer orden del cultivo de alcachofa: altura de planta, área foliar, número de hojas/planta, diámetro de capítulos y longitud de capítulos, por efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación del

fertilizante. Al respecto, el análisis de variancia muestra para las cinco variables evaluadas, que no existe nivel de significación estadística para niveles de fertilización nitrogenada. Para el caso de la frecuencia de aplicación, el área foliar y el diámetro de capítulos, muestran que existen diferencias significativas. De otro lado, los efectos de la interacción niveles de nitrógeno x frecuencias de aplicación en las cinco variables, no presentan significación estadísticas.

Respecto a la variable **altura de planta** (Figura 2), la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de fertilización nitrogenada 80 kg/ha, 160 kg/ha, 240 kg/ha y el testigo no fertilizado, son estadísticamente similares. Asimismo, Duncan indica que las medias también son similares estadísticamente entre las frecuencias de aplicación. La frecuencia de aplicación fertirriego incrementa porcentualmente a la frecuencia 50-50 en 12.6%. **Postigo (2009)**, probando el efecto de niveles crecientes de NPK y de la aplicación de ácido giberélico encontró que la mayor altura de planta se presenta a nivel de 120 -60 -180 kg/ha de N -P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, similar estadísticamente a 180 -90 - 270 kg /ha de N -P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, pero diferente estadísticamente a 60 - 30 - 60 kg /ha de N -P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O y al testigo no fertilizado. **Viscarra (2010)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada en dos cultivares de alcachofa encontró alta, significación estadística para la fertilización nitrogenada obteniendo los mayores valores en altura de planta (135.7 cm) a nivel de 180 kg/ha de N. Finalmente, **Carrasco (2010)** estudiando el efecto del nitrógeno y de calcio en alcachofa cv. Imperial Star encontró alta significación estadística para la aplicación de nitrógeno, presentándose los mayores valores (118.9 cm) a nivel de 240 y 180 kg/ha de N.

Respecto a la variable **área foliar** (Figura 3), la prueba de DUNCAN indica que para niveles de fertilización nitrogenada, las medias son estadísticamente similares entre sí

**Cuadro 6. Fenología del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star y uso - consumo de agua de riego**

Etapas del cultivo	Estados fenológicos	Fecha	Ciclo vegetativo		Gasto (lt/ha)	Requerimiento de riego		ETc (mm/día)	Eo (mm/día)	Kc Estimado
			Parcial (días)	Acumulado (días)		Neto (mm)	Aplicado (m <sup>3</sup> /ha)			
Trasplante	Apertura del sistema de riego Plantula	23/06/11	-2		2649.4	12.2	143.7	-	-	-
		25/06/11	0							
Crecimiento vegetativo	2 hojas verdaderas	10/07/11	15	15	2388.8	11.0	129.6	0.73	1.44	0.51
	4 hojas verdaderas	25/07/11	15	30	2997.7	13.8	162.6	0.92	1.44	0.64
	5-8 hojas verdaderas	08/08/11	14	44	3690.1	17.0	200.2	1.22	1.43	0.85
	8 - 10 hojas verdaderas	23/08/11	15	59	4279.3	19.7	232.2	1.32	1.43	0.92
	10-14 hojas verdaderas	08/09/11	15	74	6765.6	31.2	367.1	2.08	2.15	0.97
	15-18 hojas verdaderas	23/09/11	16	90	7875.9	36.3	427.3	2.27	2.15	1.06
Floración y fructificación	22-28 hojas verdaderas	03/10/11	10	100	6511.9	30.0	353.3	3.00	2.73	1.10
	Inicio de formación de capítulos	08/10/11	5	105	3611.2	16.7	195.9	3.33	2.73	1.22
Cosecha	Inicio de cosecha	17/10/11	9	114	7885.3	36.4	427.8	4.04	2.73	1.48
	A 30 días de cosecha	18/11/11	32	146	25355.5	116.9	1375.6	3.65	3.15	1.16
	Fin de riego	15/12/11	27	173	18987.3	87.6	1030.1	3.24	3.45	0.94
	Fin de cosecha	19/12/11	4	177						
<b>TOTAL</b>				<b>92998.0</b>	<b>428.9</b>	<b>5045.5</b>	<b>2.35</b>	<b>2.26</b>	<b>0.99</b>	

**Eficiencia de riego: 85%**

**Área efectiva de riego: 184.32 m<sup>2</sup>**

**ETc: Eo x Kc**

En cuanto al efecto de la frecuencia de aplicación, la prueba de comparación de medias de DUNCAN indica que el mayor valor de área foliar caracteriza a la frecuencia de fertirriego (11.38 m<sup>2</sup>/planta), el cual difiere estadísticamente de la frecuencia 50 – 50 pero es estadísticamente similar a la frecuencia cada 15 días. También se observan incrementos de 18.3% con el nivel fertirriego respecto a la frecuencia 50 – 50, que tiene el menor valor (9.62 m<sup>2</sup>/planta). Al respecto, **Viscarra (2010)**, encontró alta significación estadística para la fertilización nitrogenada obteniendo los mayores valores en el área foliar (7.08 m<sup>2</sup>/planta) a nivel de 240 kg/ha de N. Finalmente, **Carrasco (2010)** encuentra en esta variable que el máximo valor (8.03 m<sup>2</sup>/planta) caracteriza a fertilización con 180 kg/ha de N, estadísticamente similar con 240 kg/ha de N.

Respecto al **número de hojas por planta**, la prueba de DUNCAN, para niveles de fertilización de nitrógeno, indica que las medias son estadísticamente similares, aunque el mayor valor caracteriza al nivel 240 kg/ha N el cual incrementa porcentualmente en 4.2% al testigo no fertilizado. Para el efecto de la frecuencia de aplicación, la prueba de DUNCAN indica que las frecuencias fertirriego es estadísticamente similar a la frecuencia cada 15 días pero difiere estadísticamente de la frecuencia 50-50 a la cual incrementa porcentualmente en 18%. Asimismo, la frecuencia cada 15 días y la frecuencia 50-50, tienen medias estadísticas similares. **Carrasco (2010)**, evaluando el efecto del nitrógeno en esta variable, encontró que el mayor valor caracteriza al nivel de fertilización de 120 kg/ha con 22.24 hojas/planta, estadísticamente similar al valor encontrado a nivel de 180 kg/ha, pero diferente estadísticamente de 240 y 60 kg/ha y del testigo no fertilizado con N, el cual presenta el menor valor con 14 hojas /planta.

Respecto a la **variable diámetro de capítulos** (figura 5), la prueba de DUNCAN para niveles de fertilización nitrogenada, indica que las medias son estadísticamente similares. Respecto al efecto de la frecuencia de aplicación, el análisis de variancia muestra que existe significación pero la prueba de DUNCAN indica que las medias son estadísticamente similares entre las tres frecuencias, siendo el mayor valor la frecuencia fertirriego. **Postigo (2009) y Viscarra (2010)**, no encontraron diferencias estadísticas en el diámetro de capítulos a los factores en estudio. Finalmente, **Carrasco (2010)**, no encontró diferencias estadísticas comparando niveles creciente de fertilización nitrogenada, aunque los mayores valores se presentaron a nivel de 240 y 180 kg/ha de nitrógeno.

#### **4.3.2 Materia seca total y sus componentes hojas, tallos y capítulos**

El cuadro N° 8 y las figuras N° 7, N° 8, N° 9 y N° 10, presentan los resultados obtenidos en la materia seca total de la parte aérea del cultivo de alcachofa y de sus componentes; materia seca de hojas, materia seca de tallos y materia seca de capítulos, por efecto de la fertilización Nitrogenada y la frecuencia de aplicación de fertilizante.

Al respecto, el análisis de variancia (cuadro N° 8), muestra para el nivel de fertilización nitrogenada, alta significación estadística para la materia seca de hojas, materia seca de capítulos y materia seca total, mientras que para la variable materia seca de tallos, no existe diferencias significativas.

Para el caso de frecuencia de aplicación, se muestra diferencias altamente significativas para la variable materia seca total y diferencias significativas para la materia seca de capítulos. Asimismo, para los efectos de la interacción niveles de fertilización nitrogenada y frecuencias de aplicación, las diferencias no son significativas.

#### **Materia seca de hojas (g/planta)**

Al respecto para esta variable (Figura 7), la prueba de comparación de medias de DUNCAN, indican que el mayor valor para los niveles de fertilización con nitrógeno (996.1 gr/planta), se presenta en el nivel 160 kg/ha, estadísticamente similar al nivel 80 kg/ha y 240 kg/ha, pero estadísticamente diferente al testigo no fertilizado que muestra el menor valor (787.6 g/planta). Los incrementos porcentuales de los niveles de nitrógeno 80, 160, 240 kg/ha y testigo no fertilizado son 23.6%, 26.4% y 21.9% respectivamente. Respecto al efecto de la frecuencia de aplicación, la prueba de DUNCAN indica que no existen diferencias estadísticas entre las medias de las tres frecuencias. A pesar de ellos, la frecuencia fertirriego, presenta la mayor cantidad de materia seca de hojas (961.6 g/planta) siendo el incremento porcentual 6.3% d respecto a la frecuencia 50 - 50 (904.5 g/planta).

Cuadro 7. Variables morfológicas del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star

	Altura de planta (cm)	Área foliar (m <sup>2</sup> /planta)	Número de hoja/planta	Diámetro promedio de capitulos (cm)	Longitud promedio de capitulos (cm)
<b>NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (kg/ha)</b> N1: 0 N2: 80 N3: 160 N4: 240	72.38	10.54	22.08	6.79	7.01
	71.84	9.94	22.00	6.62	7.19
	74.65	10.77	21.58	6.59	6.97
	68.91	10.15	23.00	6.68	7.02
<b>FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE</b> Frecuencia 1: (50-50) Frecuencia 2: C/D 15 días Frecuencia 3: Fertirriego	66.25	9.62	21.69	6.72	7.12
	74.97	10.06	22.56	6.52	7.06
	74.61	11.38	22.25	6.77	6.96
	<b>71.94</b>	<b>10.35</b>	<b>22.17</b>	<b>6.67</b>	<b>7.05</b>
<b>PROMEDIO</b>					

**ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>Significación</b>				
Nivel de fertilización Nitrogenada (N)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Frecuencia de aplicación Interacción Fertilización Nitrogenada x Frecuencia de aplicación	n.s	*	n.s	*	n.s
<b>CV (%)</b>	<b>14.7</b>	<b>17.7</b>	<b>11.0</b>	<b>4.8</b>	<b>5.2</b>



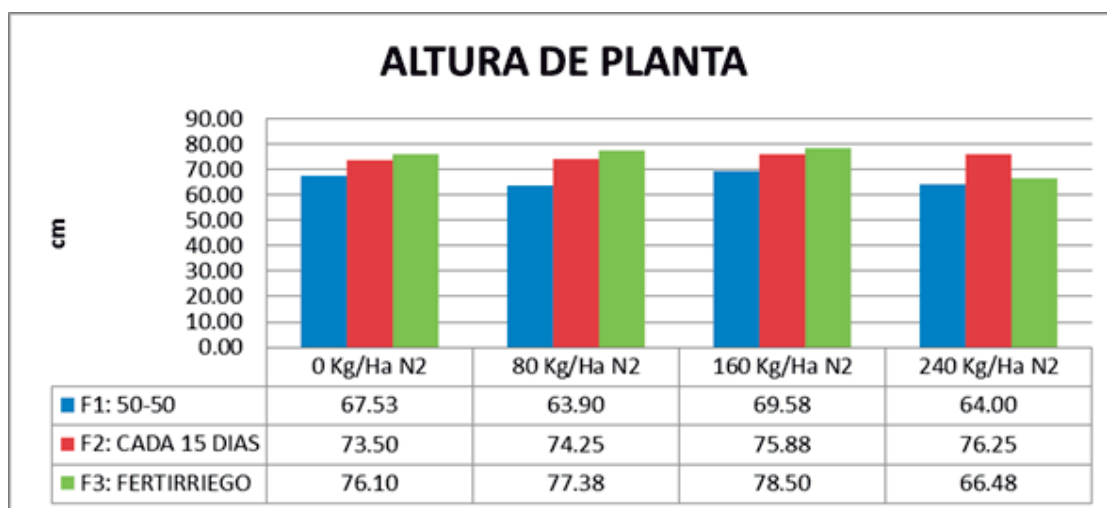


Figura 2. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación en la altura de planta de alcachofa cv. Imperial Star.

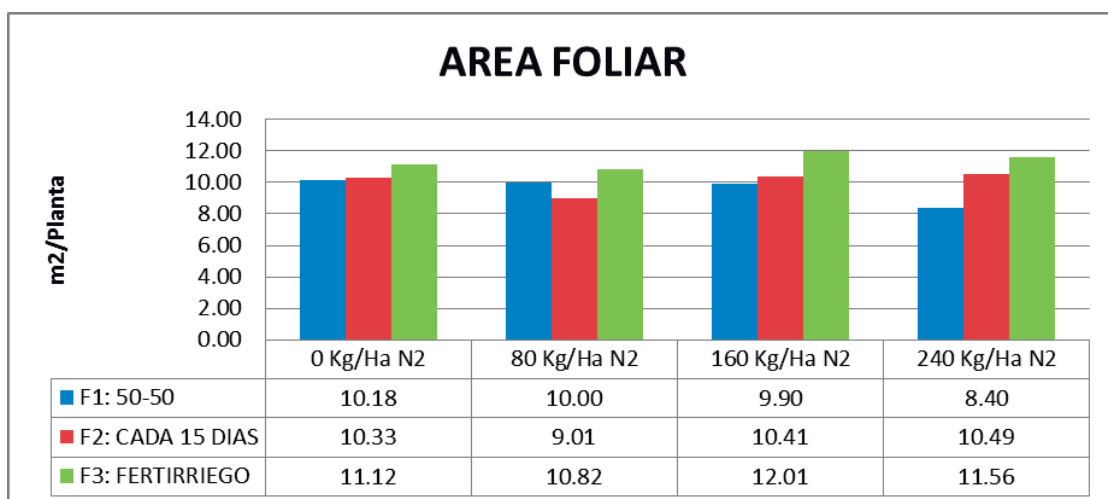
#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

##### Efecto de la frecuencia de aplicación en la altura de planta

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	66.25	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	74.97	113.2
Frecuencia 3 Fertirriego	A	74.61	112.6

##### Efecto de la fertilización nitrogenada en la altura de planta

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	A	72.38	105.0
80	A	71.84	104.3
160	A	74.65	108.3
240	A	68.91	100.0



**Figura 3. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación en el área foliar de alcachofa cv. Imperial Star**

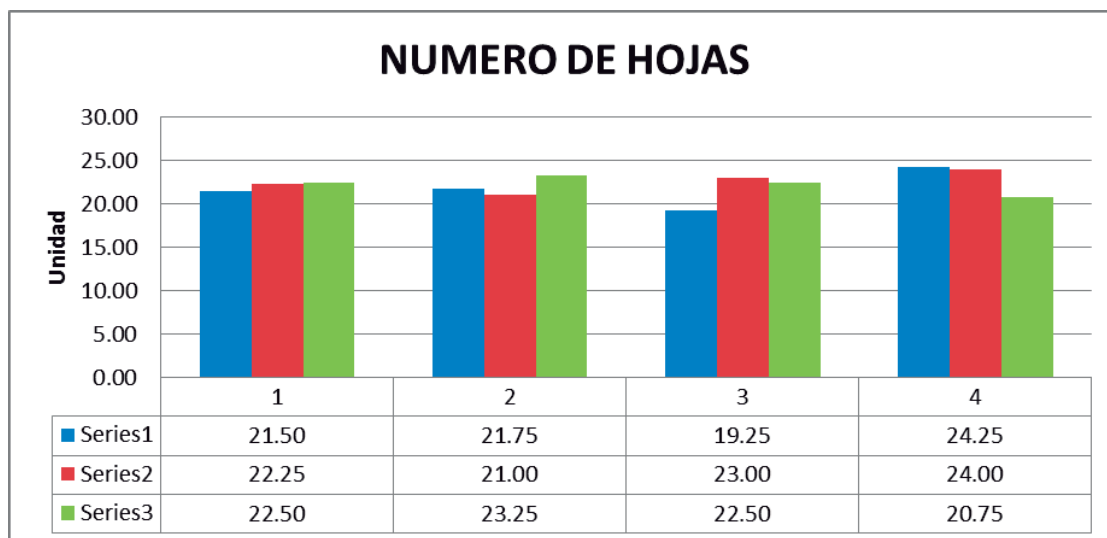
**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en el área foliar**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	B	9.62	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	AB	10.06	104.6
Frecuencia 3 Fertirriego	A	11.38	118.3

**Efecto de la fertilización nitrogenada en el área foliar**

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUN CAN	Promedio	(%)
0	A	10.54	106.0
80	A	9.94	100.0
160	A	10.77	108.3
240	A	10.15	102.1



**Figura 4. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación en el número de hojas por planta de alcachofa Imperial Star**

#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

##### Efecto de la frecuencia de aplicación en el número de hojas

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	21.69	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	22.56	102.6
Frecuencia 3 Fertirriego	A	22.25	104.0

##### Efecto de la fertilización nitrogenada en el número de hojas

NIVELES DE FERTILIZACION (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0 kg/ha	A	22.08	102.3
80 kg/ha	A	22.00	101.9
160 kg/ha	A	21.58	100.0
240 kg/ha	A	23.00	106.6

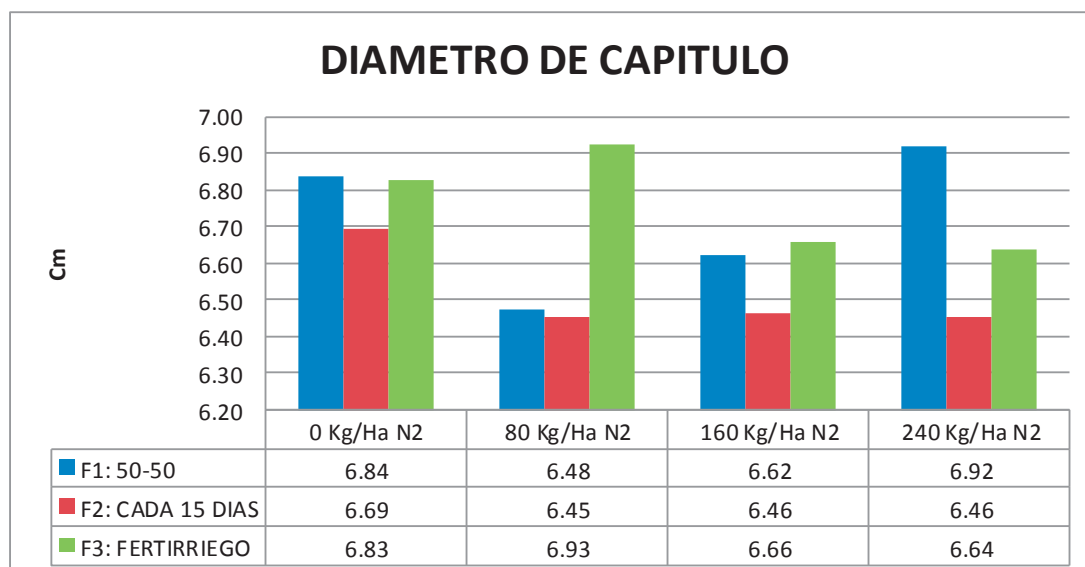


Figura 5. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación en el diámetro de capítulo de alcachofa cv. Imperial Star

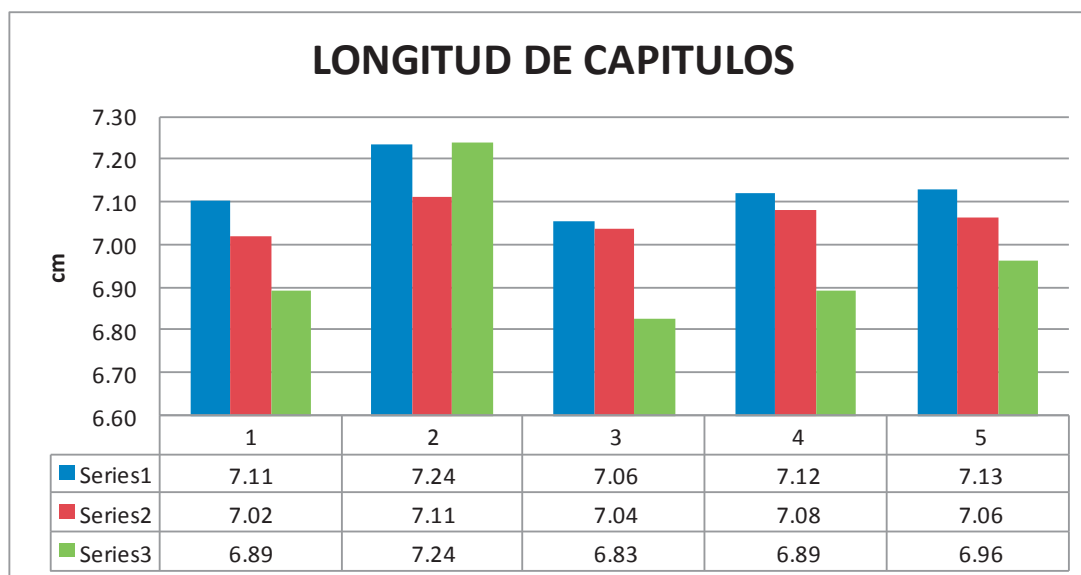
**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en el diámetro de capítulo**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	6.71	103.1
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	6.52	100.0
Frecuencia 3 Fertirriego	A	6.76	103.8

**Efecto de la fertilización nitrogenada en el diámetro de capítulo**

NIVELES DE FERTILIZACION (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0 kg/ha	A	6.78	103.0
80 kg/ha	A	6.61	100.5
160 kg/ha	A	6.58	100.0
240 kg/ha	A	6.67	101.3



**Figura 6.** Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación en la longitud del capítulo de alcachofa cv. Imperial Star.

#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

##### Efecto de la frecuencia de aplicación en la longitud de capítulo

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	7.12	102.3
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	7.06	101.4
Frecuencia 3 Fertirriego	A	6.96	100.0

##### Efecto de la fertilización nitrogenada en la longitud de capítulos

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	A	7.00	100.4
80	A	7.19	103.1
160	A	6.97	100.0
240	A	7.03	100.7

Al respecto, **Mosquera (2006)**, no encontró diferencias estadísticas a la aplicación de  $AG_3$  en la materia seca de hojas siendo el valor promedio de 919,3 g/planta en cambio, **Pérez (2007)**, encontró diferencias estadísticas altamente significativas. El menor valor caracterizo al nivel de 120 ppm de  $AG_3$  con 369.9 g/planta y el mayor al nivel de 60 ppm de  $AG_3$  con 532.7 g/planta. El testigo no aplicado con  $AG_3$  presentó valores medios. Asimismo, **Taboada (2012)**, encontró que el mayor valor para los niveles de fertilización con calcio (875.46 gr/planta) se presenta en el nivel 80 kg/ha de CaO, estadísticamente diferente al nivel 40, 120,160 kg./ha de CaO y del testigo no fertilizado que muestra el menor valor (626.71 g/planta) y respecto al efecto del boro el nivel de boro1 (dosis media) presenta la mayor cantidad de materia seca de hojas (798.85 g/planta) similar estadísticamente al boro 2 (dosis alta) y del testigo no aplicado, los cuales son estadísticamente iguales entre sí.

#### **Materia Seca de Tallos (g/planta)**

En cuanto a la variable materia seca de tallos (figura 8), la prueba comparación de medias de Duncan, para la variables fertilización nitrogenada, indica que todos los niveles en estudio son similares estadísticamente, siendo 160 kg/ha de N el nivel que presenta mayor valor (398.2 g/planta) con un incremento porcentual de 13.4 % respecto al testigo que presenta el menor valor (351.1 g/planta). Asimismo, el nivel 240 kg/ha de N presenta un incremento porcentual respecto al testigo de 10.3%. Para el efecto de las frecuencias de aplicación, Duncan indica que no existe diferencia estadísticas entre las tres frecuencias, sin embargo, la frecuencia fertirriego se caracteriza por presenta la mayor cantidad de materia seca de tallos (420.2 g/planta), seguido por la frecuencia cada 15 días (396.2 g/planta) y finalmente la frecuencia 50 – 50 con 319.8 g/planta de materia seca. El incremento porcentual de la frecuencia fertirriego, cada 15 días sobre la frecuencia 50-50 es de 31.4% y 23.9% respectivamente.

Al respecto, **Postigo (2009)** obtuvo el valor más alto 631.2 g. para el nivel de fertilización de 120-60-180 kg de  $N-P_2O_5-K_2O$ /ha, mientras que el valor más bajo (505.9 g.) se presentó a nivel del testigo no fertilizado, siendo el incremento del de 24.8%. Asimismo, **Viscarra (2010)**, encuentra alta significación estadística para niveles de nitrógeno, presentándose el mayor valor a nivel de 120 kg/ha de nitrógeno con 505.4 g/planta. Asimismo,

**Santamaría (2010)**, en el cultivo de alcachofa la materia seca de tallos tuvo el mayor valor al nivel de 120 kg/ha de CaO estadísticamente diferente del nivel de 40 kg/ha de CaO, que presenta el menor valor y donde el incremento fue 34.1%. Finalmente, **Taboada (2012)**, el mayor a nivel 80 kg/ha de CaO, con 164.3 g/planta y un incremento de 22.1 % respecto al testigo, que presenta el menor valor (134.58 g/planta). Respecto del efecto de la aplicación de boro Duncan informa que no existe diferencia significativa, el nivel de Boro 1 (2.5 l/ha) que se caracteriza por presenta el mayor en la materia seca de tallos (155.2 g/planta), el cual es similar al boro 2 (5 l/ha) y testigo no aplicado, presentando medias similares.

### **Materia Seca de Capítulos (g/planta)**

Respecto a esta variable (Gráfico 9), la prueba de comparación de medias Duncan, para los niveles de fertilización nitrogenada, indica que el mayor valor (383.0 g/planta), se presenta con el nivel 240 kg/ha de N, estadísticamente diferente a los niveles 80, 160 kg/ha de N y al testigo no fertilizado, que se caracteriza por presentar el menor valor (288.3 g/planta). Los incrementos porcentuales de los niveles 240 , 160 y 80 kg/ha de N sobre el testigo no fertilizado, son de 32.8%, 31.8% y 14.3% respectivamente.

De otro lado, para la frecuencia de aplicación de fertilizante, Duncan indica que el valor más elevado en la materia seca de capítulos se presenta en la frecuencia fertirriego (384.7 g/planta), la cual difiere estadísticamente de la frecuencia 50 – 50 que presenta el menor valor (310.9 g/planta) y al cual supera en 23.7%. La frecuencia 50 – 50 es estadísticamente similar a la frecuencia cada 15 días (339.9 g/planta).

Al respecto, **Viscarra (2009)**, encuentra significación estadística a la aplicación de N, obteniendo el mayor valor a nivel de 240 kg/ha de N (351.6 g/planta) similar estadísticamente a 180 kg/ha de N, siendo el incremento de 21.9% respecto del testigo no fertilizado con N. En cambio, Postigo (2009), obtuvo el valor más alto en la materia seca de capítulos con 434.4 g/planta a nivel de 120-60-180 k/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-k<sub>2</sub>O/ha, mientras que el valor más bajo (345.7 g/planta) se presentó en el tratamiento testigo no fertilizado, siendo el incremento de 25.7%.

**Hurtado (2009)**, en alcachofa Imperial Star no encontró diferencias estadísticas por efecto de la aplicación de niveles crecientes de calcio en todas las variables evaluadas. Sin embargo, en la variable materia seca de capítulos el valor observado en el nivel de 160 kg/ha de CaO, es estadísticamente diferentes que el testigo no aplicado con calcio. **Santamaría (2010)**, para la materia seca de capítulos el mayor valor caracteriza al nivel de 80 kg/ha de CaO, estadísticamente similar a 120 y a 40 kg/ha de CaO y estadísticamente diferente de 160 kg/ha de CaO y del testigo no fertilizado siendo en este caso las diferencias de 21.3%. **Palacios (2011)**, encontró la variable materia seca de capítulos, la prueba de DUNCAN indica que el mayor valor se presenta, similar a las variables anteriores, a nivel de NPK<sub>4</sub>: 240-120-240 kg/ha de N -P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, aunque similar estadísticamente a, NPK<sub>5</sub>, NPK<sub>3</sub>, NPK<sub>2</sub>, NPK<sub>1</sub> pero estadísticamente diferente del testigo no fertilizado, donde el incremento es de 12.2% y las diferencias cuantitativas muestran valores extremos de 326.2 a 290.8 g/planta. **Taboada (2012)**, encontró los niveles de fertilización con calcio, indica que el mayor valor (465.95 g/planta) se presenta con el nivel 80 kg/ha de CaO, estadísticamente diferente a los niveles 40,120 y 160 kg/ha de CaO, y difieren estadísticamente con el testigo no fertilizado que se caracteriza por presentar el menor valor (362.0 g/planta).

### **Materia Seca total (g/planta)**

Al respecto, en esta variable (Figura 10), la prueba de comparación de medias de Duncan, indica que los niveles de fertilización nitrogenada 80, 160 y 240 kg/ha tienen medias estadísticas similares entre sí, sin embargo, los tres niveles son estadísticamente diferentes del testigo no fertilizado que se caracteriza por presentar el menor valor (1427 g/planta). Los niveles 80, 160 y 240 kg/ha de N incrementan porcentualmente al testigo no fertilizado en 17.8%, 24.3% y 21.28% respectivamente.

Respecto a las frecuencias de aplicación, la frecuencia fertirriego presenta el mayor valor (1776.7 g/planta) y es estadísticamente similar a la frecuencia cada 15 días pero difiere estadísticamente de la frecuencia 50-50 que tiene el valor más bajo (1535.1 g/planta). La frecuencia fertirriego tiene un incremento de 15.5% respecto a la frecuencia 50-50.



Al respecto, **Schrader y Mayberry (2002)** concluye que las aplicaciones de AG3 incrementan el peso de la planta, al estimular la división celular y la elasticidad de la pared celular. **Mosquera (2006)**, no encontró diferencias estadísticas a la aplicación de ácido giberélico en esta variable, estando los valores comprendidos entre 1,778.0 y 1,584.2 g/planta para 30 ppm de AG3 y el testigo no aplicado. **Pérez (2007)**, en cambio encontró alta significación estadística en esta variable a la aplicación de AG3. El mayor valor caracteriza a 60 ppm de AG3 con 1,060.2 g/planta y el menor valor con 877.6 al nivel de 120 ppm de AG3. De otro lado **Postigo (2009)**, no encontró diferencias estadísticas a la aplicación de AG3, obteniendo valores de 1,955.8 y 1,842.2 g/planta con AG3 y sin AG3 respectivamente. **Hurtado (2009)**, encontró significación estadística sólo para el factor régimen de humedad con valores de materia seca total de 881.5 g/planta en condiciones normalmente irrigadas y de 268.5 g/planta bajo estrés hídrico. **Viscarra (2010)**, encontró alta significación estadística para la fertilización nitrogenada y para cultivares. Para Imperial Star el mayor valor caracteriza a 180 kg/ha de N con 1,669.2 g/planta. Asimismo, **Carrasco (2010)**, encontró que los máximos valores en la materia seca de alcachofa (653.2 g/planta) se presentaron a nivel de 180 kg/ha, estadísticamente similar a la materia seca en 240 kg/ha de N, pero diferente estadísticamente de 120 y 60 kg/ha de N y del testigo no fertilizado con nitrógeno. Finalmente, **Taboada (2012)**, encontró el mayor nivel de materia seca total en el nivel de 80 kg/ha de CaO (1505.7 g/planta diferente estadísticamente del testigo no fertilizado que presenta el menor valor (1123.3 g/planta). Así mismo para el nivel de boro (2.5 l/ha) presentó el mayor valor (1401.1 g/planta).

#### **4.4. Rendimiento de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star**

El Cuadro 9, presenta los resultados de la variable rendimiento comercial de capítulos por efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación del nitrógeno en el cultivo de alcachofa cv. Imperial Star.

El análisis de variancia para el rendimiento de capítulos, indica que se presentan diferencias significativas para la frecuencia de aplicación del nitrógeno y diferencias altamente significativas para niveles de fertilización nitrogenada. Sin embargo, no se presentan diferencias estadísticas para la interacción de los factores en estudio. De otro lado, la prueba de DUNCAN,

indica que el nivel 240 kg/ha de N, que presenta el máximo valor del rendimiento (21,638 kg/ha de N), es estadísticamente similar al nivel 160 kg/ha de N, pero diferente estadísticamente de los niveles 80 kg/ha de N y del testigo no fertilizado que presenta el valor de rendimiento más bajo (15,984 Kg/ha). El nivel 160 y 80 kg/ha de N, tiene medias estadísticas similares entre sí pero difieren estadísticamente del testigo no fertilizado. Finalmente el nivel 80 kg/ha de N presenta diferencias estadísticas con el testigo no fertilizado. Los incrementos porcentuales de los niveles 240, 160 y 80 kg/ha de N, sobre el testigo no fertilizado, son de 35.4%, 25.8% y 17.2% respectivamente.

Para el factor en estudio frecuencias de aplicación, el valor más alto se observa en la frecuencia fertirriego (20,814 kg/ha). La prueba de DUNCAN, indica que esta frecuencia tiene medias estadísticamente similares a la frecuencia cada 15 días, pero difiere estadísticamente de la frecuencia 50 – 50, que muestra el valor más bajo para el rendimiento (17472 kg/ha). Los incrementos porcentuales de la frecuencia fertirriego y cada 15 días, sobre la frecuencia 50 – 50 son de 9.1% y 19.2% respectivamente.

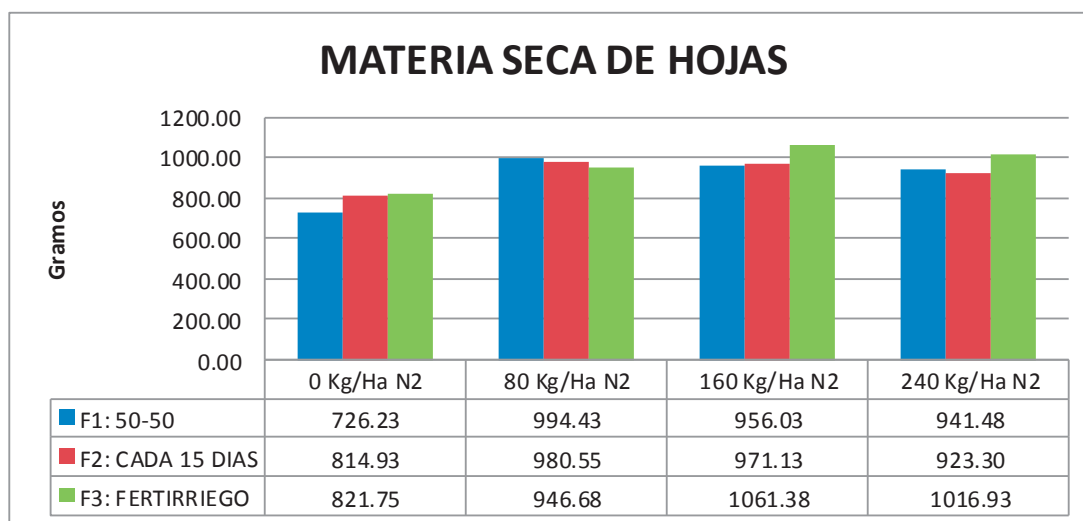
Al respecto, **Huamancaja (2007)**, evaluando el efecto de la aplicación del ácido giberélico encontró que los menores valores en el rendimiento comercial se presenta a nivel del tratamiento testigo no aplicado, alcanzando un rendimiento de 12,095 kg/ha de alcachofa y a la concentración 10 ppm de AG<sub>3</sub> el rendimiento se eleva a 15,845 kg/ha siendo el incremento de 31.0%, a la concentración de 20 ppm de AG<sub>3</sub> el rendimiento es máximo con 16,549 kg/ha siendo el incremento de 36.8%, Finalmente, a la concentración de 30 ppm de AG<sub>3</sub> el rendimiento disminuye a 15,057 kg /ha siendo el decremento del 9.0% respecto del mayor rendimiento. **Mosquera (2006)**, a su vez probando el efecto de la aplicación de AG3 bajo dos regímenes de humedad; R<sub>i</sub>: normalmente irrigado y R<sub>II</sub>: bajo estrés, encontró alta significación estadística para ambos factores. Para la aplicación de AG3 en condiciones normalmente irrigadas el rendimiento de capítulos a nivel del testigo sin AG3 fue de 17,300 kg/ha, a la concentración de 15 ppm de AG3 fue de 19,840 kg/ha, a la concentración de 30 ppm de AG3 fue 19820 kg/ha y a la concentración de 45 ppm de AG3 fue máximo con 23.17 t/ha. En cambio, bajo condiciones de estrés el cultivo fue afectado severamente.

Cuadro 8. Materia seca total y componentes del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star

	Materia seca de hojas (g/planta)	Materia seca de tallos (g/planta)	Materia seca de capítulos (g/planta)	Materia seca total (g/planta)
NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (kg/ha) N1: 0 N2: 80 N3: 160 N4: 240	787.6	351.1	288.3	1427.1
	973.8	378.3	329.4	1681.6
	996.1	398.2	380.0	1774.4
	960.5	387.3	383.0	1730.9
FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE Frecuencia 1: (50-50) Frecuencia 2: C/D 15 días Frecuencia 3: Fertirriego PROMEDIO	904.5	319.8	310.9	1,535.2
	922.4	396.2	339.9	1,658.7
	961.6	420.2	384.7	1,766.7
	929.5	378.7	345.2	1,653.5

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL COMBINADO

FUENTE DE VARIACIÓN	Significación	
Nivel de fertilización Nitrogenada (N)	**	**
Frecuencia de aplicación	n.s	*
Interacción Fertilización Nitrogenada x Frecuencia de aplicación	n.s	n.s
CV (%)	15.5	15.4
	25.4	12.2



**Figura 7. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno, en la materia seca de hojas de alcachofa cv. Imperial Star**

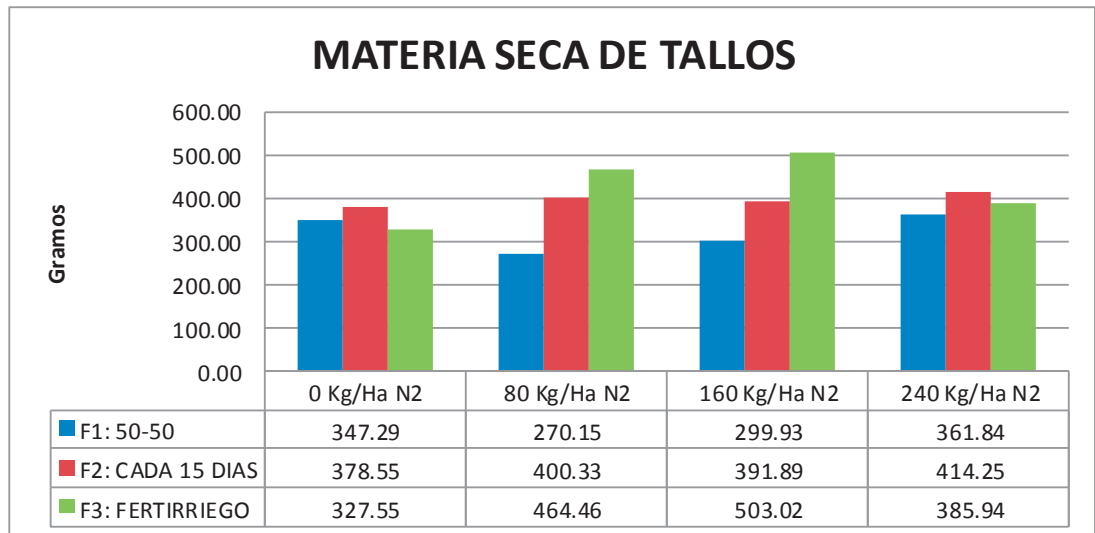
#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

##### Efecto de la frecuencia de aplicación en la materia seca de hojas

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	904.5	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	922.4	101.9
Frecuencia 3 Fertirriego	A	961.6	106.3

##### Efecto de la fertilización nitrogenada en la materia seca de hojas

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	B	787.6	100.0
80	A	973.8	123.6
160	A	996.1	126.4
240	A	960.5	121.9



**Figura 8. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca de tallos de alcachofa cv. Imperial Star**

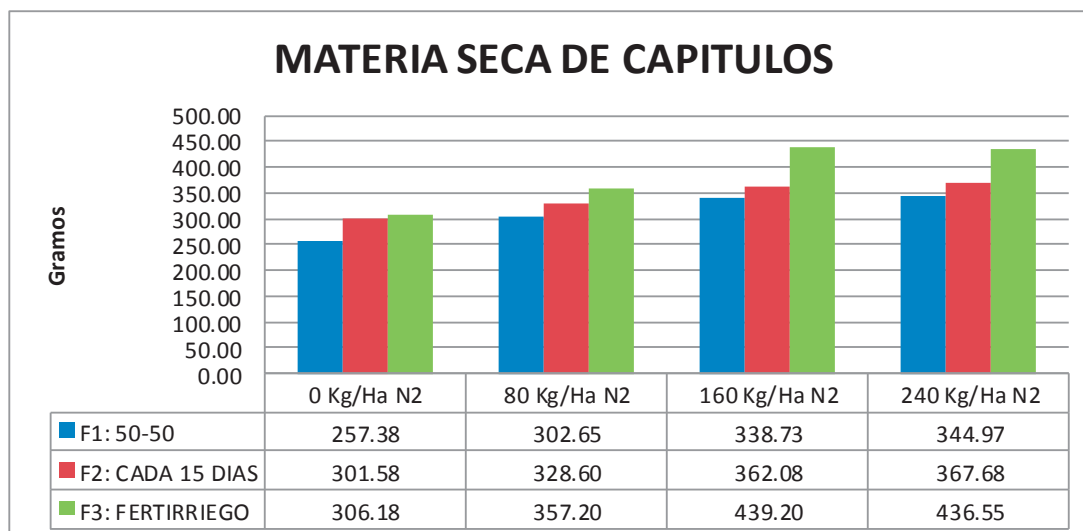
**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en la materia seca de tallos**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	319.8	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	396.2	123.9
Frecuencia 3 Fertirriego	A	420,2	131.4

**Efecto de la fertilización nitrogenada en la materia seca de tallos**

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	A	351.1	100.0
80	A	378.3	107.7
160	A	398.2	113.4
240	A	387.3	110.3



**Figura 9. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star**

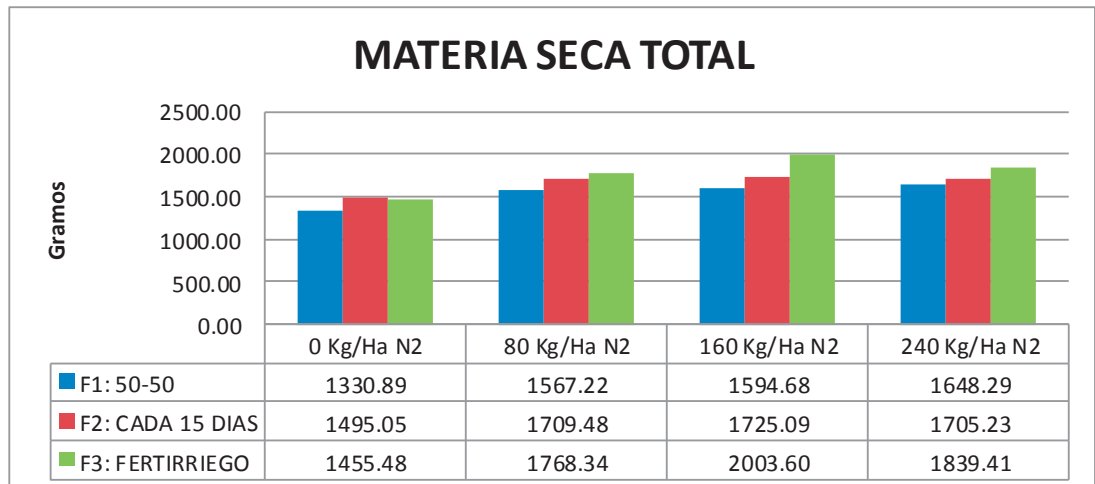
#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

##### Efecto de la frecuencia de aplicación en la materia seca de capítulos

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	B	310.9	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	AB	339.9	109.3
Frecuencia 3 Fertirriego	A	384.7	123.8

##### Efecto de la fertilización nitrogenada en la materia seca de capítulos

NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	A	288.3	100.0
80	A	329.4	114.3
160	A	380.0	131.8
240	B	383.0	132.8



**Figura 10. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en la materia seca total de alcachofa cv. Imperial Star**

**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en la materia seca total**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	B	1,535.2	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	AB	1,658.7	108.5
Frecuencia 3 Fertirriego	A	1,766.7	115.5

**Efecto de la fertilización nitrogenada en la materia seca total**

NIVELES DE FERTILIZACION (kg/ha)	DUNCAN	Promedio	(%)
0	B	1427.1	100.0
80	A	1681.6	117.8
160	A	1774.4	124.3
240	A	1730.9	121.28

A nivel del testigo no aplicado con AG3 el rendimiento alcanzo 7,180 t/ha y a la concentración de 15 ppm de AG3 el rendimiento fue máximo con 9,870 t/ha.

**Pérez (2007)**, en tres cultivares de alcachofa, Lorca, A – 106 e Imperial Star encontró que la tendencia a la aplicación del ácido giberélico en el rendimiento es creciente hasta la concentración de 60 ppm de ácido giberélico para luego decrecer a mayores concentraciones del fitoregulador. El tratamiento testigo sin AG3 presenta un rendimiento de 16,330 kg/ha, a nivel de 30 ppm de AG3 el rendimiento de capítulos se eleva a 19,060 kg/ha, es máximo a nivel de 60 ppm de AG3 con 21,200 kg/ha. Aniveles mayores de 90 y 120 ppm de AG3 el rendimientos de capítulos disminuye a 18,340 kg/ha. Sin embargo, **Postigo (2009)**, probando el efecto de la fertilización NPK con y sin la aplicación de AG3 no encontró significación estadística para la aplicación de ácido giberélico, donde la diferencia sólo fue del 7.2% con AG3 respecto de sin AG3, en cambio, Las diferencias estadísticas fue altamente significativas para niveles de fertilización NPK. A nivel del testigo no fertilizado el rendimiento fue de 18,570 kg/ha, a nivel de 60 – 30 – 90 kg/ha de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O, el rendimiento se elevó a 20,510 kg/ha. A nivel de 120 – 60 – 180 kg/ha de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O fue 23,770 kg/ha y a nivel de 180 – 90 – 270 kg/ha de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O disminuyo a 22,180 kg/ha. Estadísticamente los mayores niveles de NPK son similares y a su vez difieren del testigo y del nivel menor de fertilización NPK. **Carrasco (2010)**, evaluando el efecto de la fertilización nitrogenada y de la fertilización cálcica en alcachofa cv. Imperial Star, encontró alta significación estadística para nitrógeno y significación estadística para calcio. Los mayores valores del rendimiento se presentan a nivel de 180 kg/ha con 21,670 kg/ha, estadísticamente similar a 240 kg/ha, pero diferente estadísticamente a 120 y 60 kg/ha y al testigo no fertilizado con nitrógeno que presentó el menor rendimiento siendo de 11,600 kg/ha. Asimismo, para calcio el mayor rendimiento se encontró a nivel de 120 kg/ha de Ca, estadísticamente similar a 240 kg/ha de Ca y diferente estadísticamente del testigo no fertilizado con calcio.

Finalmente **Taboada (2012)** encontró que los niveles de calcio indica que el mayor rendimiento de capítulos (23,080 kg/ha), se presenta a nivel de 80 kg/ha de CaO, estadísticamente diferente del testigo no fertilizado, el cual presenta el menor rendimiento (17,690 kg/ha), siendo la diferencia del 30.4%. **Palacio (2011)**, el máximo rendimiento (26,375 kg/ha) se presenta a nivel del tratamiento con 40 ppm de AG3 y 300 -150 -300 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O, presentando un incremento del 105.9% respecto del menor valor (12,806 kg/ha) que se presenta en tratamiento testigo absoluto; sin AG3 y cero de fertilización NPK. De otro lado, los 0.65 meq/l de nitratos



presentes en el agua de riego a un requerimiento de riego de 5021.3 m<sup>3</sup>/ha, aporta 45.8 kg/ha de nitrógeno encontrándose en el testigo no fertilizado un rendimiento promedio de 15,984 kg/ha.

#### **4.5 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE CAPÍTULO**

En el cuadro 10, se presentan los resultados de los componentes del rendimiento del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star, número total de capítulos por planta y peso promedio de capítulos.

##### **4.5.1 Número de capítulos por planta en alcachofa cv. Imperial Star**

Al respecto, el análisis de variancia muestra diferencias estadísticas altamente significativas para los dos factores en estudio; Niveles de fertilización nitrogenada y frecuencia de aplicación. Sin embargo, la interacción niveles de nitrógeno x frecuencia de aplicación, resulta no tener significancia, por lo que es posible afirmar que cuando se combinan los factores en estudio son independientes el uno del otro.

La prueba de DUNCAN para niveles de fertilización nitrogenada, indica que el máximo número de capítulos de alcachofa (25.0), se presenta a nivel de 240 kg/ha con diferencias significativas con los niveles de nitrógeno 160 kg/ha, 80 kg/ha y del testigo no fertilizado, donde se presenta el menor número de capítulos por planta (18.6) Se observan que los niveles de nitrógeno 80 kg/ha y 160 kg/ha son estadísticamente similares pero difieren del testigo. Asimismo, las diferencias porcentuales indican que el máximo rendimiento en 240 kg/ha, supera al testigo no fertilizado en 33.8%. También los rendimientos a nivel de 80 kg/ha y 160 kg/ha supera al testigo en 14.8% y 21.5% respectivamente.

De otro lado, la prueba de comparación de medias de DUNCAN para frecuencias de aplicación, indica que el mayor número de capítulos se presenta a nivel de F3: fertirriego, con 24.0 capítulos/planta, estadísticamente similar a la frecuencia 2: cada 15 días pero diferente estadísticamente a la frecuencia 1: 50 – 50 que tiene el valor más bajo de capítulos/planta (20.0). Asimismo, la frecuencia 2: cada 15 días es estadísticamente diferente a la frecuencia 1. En cuanto a diferencias porcentuales, la frecuencia fertirriego supera a la frecuencias 50 - 50 y cada 15 días, en 20.2% y 11.1% respectivamente, mientras que la frecuencia cada 15 días supera a la frecuencia 50 – 50 en 9.0%.

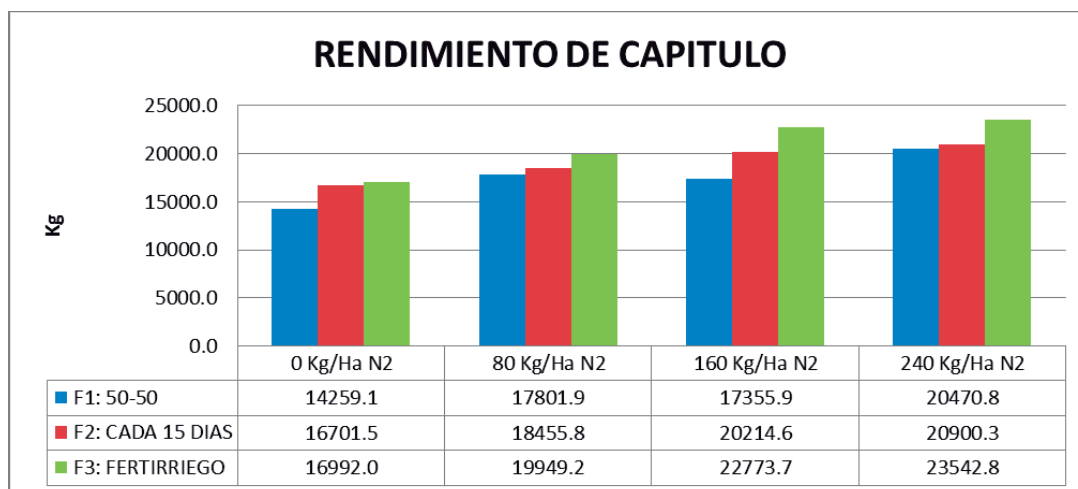
Al respecto, **Postigo (2009)**, concluye que la aplicación ácido giberélico, a la concentración de 24 ppm al cultivo de alcachofa, fraccionándolo en tres oportunidades (60 – 75 – y 90 DDT), no determinó diferencias estadísticas con el testigo Sin AG3 aplicado. La diferencia sólo fue de 6.4 % cuando aplicó AG3. Asimismo, la respuesta a la fertilización NPK muestra diferencias estadísticas significativas, con el valor más alto de 24.5 capítulos/planta para NPK2 (120-60-180 kg/ha de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O) mientras, que el valor, más bajo de 20.6 capítulos/planta se presenta a nivel del testigo no fertilizado, siendo el incremento del 18.7 %. **Mosquera (2006)**, concluye que bajo condiciones normalmente irrigadas el mayor número de capítulos por planta se presentó a nivel de 45 ppm de AG3 (24.1) con incrementos del 28.6%, 13.8 %, 14.1 % respecto del testigo no aplicado, de 15 ppm de AG3 y de 30 ppm de AG3. Asimismo, bajo condiciones de estrés hídrico, el máximo valor se presenta a nivel de 15 ppm de AG3 con 12.1 capítulos por planta. Asimismo, **Pérez (2007)** probando cuatro niveles de aplicación de AG3, encontró que el mayor valor en el número de capítulos caracterizó a 60 ppm de AG3, con incrementos de 34.0 % respecto del testigo no aplicado, de 7.6 % respecto de 30 ppm de AG3, de 13.8 % respecto de 90 ppm de AG3 y de 11.4 % respecto de 120 ppm de AG3. **Taboada (2012)**, encontró valor más elevado caracteriza al nivel de 80 kg/ha de CaO (27.46 capítulos/planta). Finalmente **Palacios (2011)**, encontró para niveles de fertilización NPK indica que el máximo rendimiento de capítulos de alcachofa (22,579 kg/ha), se presenta a nivel de NPK<sub>5</sub>: 300 -150 -300 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O, sin diferencias estadísticas con el rendimiento a nivel de NPK<sub>4</sub>: 240 -120-240 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O (21,790 kg/ha).

Cuadro 9. Rendimiento de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star (t/ha)

	FRECUENCIAS DE APLICACIÓN			Promedio general	Índice (%)
	Frecuencia 1: (50-50)	Frecuencia 2: C/D 15 días	Frecuencia 3: Fertiliriego		
<b>NIVELES DE FERTILIZACIÓN</b>					
N1: 0 kg/ha	14259	16701	16992	15984	100.0
N2: 80 kg/ha	17801	18455	19949	18735	117.2
N3: 160 kg/ha	17355	20214	22773	20114	125.8
N4: 240 kg/ha	20470	20900	23542	21637	135.3
Promedio general	17471	19068	20814		
Incremento (%)	100.0	109.1	119.1		

ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CM	Significación
Nivel de fertilización Nitrogenada (N)	3	69344637	**
Frecuencia de aplicación Interacción Fertilización Nitrogenada x Frecuencia de aplicación	3	4822011.58	*
	6	3101185.5	Ns
CV(%)	12.7323		
Promedio	19,118.12		



**Figura 11. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el rendimiento de alcachofa cv. Imperial Star.**

**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en el rendimiento de capítulo**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	B	17,471.9	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	AB	19,068.0	109.1
Frecuencia 3 Fertirriego	A	20,814.4	119.2

**Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de capítulos**

NIVELES DE FERTILIZACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
0 kg/ha	C	15984.2	100.0
80 kg/ha	B	18735.6	117.2
160 kg/ha	AB	20114.7	125.8
240 kg/ha	A	21638.0	135.4

#### 4.5.2 Peso de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star

El Cuadro N° 10, presenta los resultados de la variable **peso promedio de capítulos** por efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación.

Al respecto, el análisis de variancia muestra diferencias estadísticas significativas para niveles de fertilización nitrogenada. Para el caso de frecuencias de aplicación y la interacción de los factores en estudio, no se encontraron significancias.

La prueba de comparación de medias de DUNCAN indica que el máximo valor en el peso de capítulos se presenta a nivel de nitrógeno 80 kg/ha, estadísticamente similar a los niveles de nitrógeno 160 kg/ha, 240 kg/ha y al testigo no fertilizado. Estos últimos dos niveles y el testigo no fertilizado son también estadísticamente similares entre sí. Para el caso de frecuencias de aplicación, las frecuencias fertirriego, cada 15 días y 50- 50, son estadísticamente similares entre sí. Sin embargo el valor más alto para peso de capítulos, se encuentra en la frecuencia 3: fertirriego con 83.03 g.

Al respecto, **Mosquera (2006) y Postigo (2009)**, no encontraron significación estadística para la aplicación de diferentes concentraciones de AG3, en esta variable, en cambio, **Pérez (2007)**, encontró que el testigo presentaba una media diferente estadísticamente de todos los niveles de AG3 en estudio, **Taboada (2012)**, encontró el valor más elevado 80 kg/ha de CaO (80.88g) siendo el incremento del 7.9% respecto al nivel testigo 0 kg/ha de CaO que presenta el valor más bajo (74.90 g), **Hurtado (2009)**, encontró significación estadística a la aplicación de calcio en el número de capítulos por planta, en cambio, para la variable peso promedio de capítulos las diferencias estadísticas no fueron significativas. Finalmente **Vizcarra (2009)**, un número de capítulos promedio de 20.75 y un peso promedio de 84.26g.

#### 4.5.3 Función de producción del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star

La función de producción es la relación entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad de insumos utilizados en el proceso productivo, es por tanto, una relación física que en términos generales define las posibilidades de producción con las que cuenta el agricultor. En términos reales la información de este análisis no necesariamente es exacta, debido a factores que escapan al control del investigador, como son las variaciones en el clima, los suelos, la calidad de las aguas de riego, el problema de la sanidad vegetal o errores humanos. Asimismo, como la función de producción sólo puede interpretarse como una relación media

de una serie de observaciones, el análisis debe realizarse con precaución y discernimiento.

La figura 14, muestra la función de producción; Rendimiento de capítulos – Niveles de nitrógeno. La respuesta obtenida a las frecuencias de aplicación F2 (Cada 15 días) y F3 (fertirriego), se ajustan a un modelo de regresión polinómica de segundo grado, mientras que la frecuencia F1 (50-50) a una regresión polinómica de tercer grado. A continuación se muestran las ecuaciones para cada frecuencia de aplicación.

#### **Frecuencia de aplicación de nitrógeno**

$$\text{F1: 50-50} \quad Y= 0.0025 x^3 - 0.9015x^2 + 100.67x + 14259 \quad R^2 = 1$$

Según esta ecuación de producción no es posible determinar el máximo valor del rendimiento del cultivo de alcachofa. La secuencia de la curva es errática

$$\text{F2: Cada 15 días} \quad Y= -0.0417x^2 + 27.962x + 16648 \quad R^2 = 0.9945$$

Bajo esta ecuación el rendimiento del cultivo de alcachofa alcanza su valor máximo 21,335 kg/ha a nivel de 335 kg/ha de nitrógeno

$$\text{F3: Fertirriego} \quad Y= 0.0855x^2 + 48.611x + 16896 \quad R^2 = 0.9931$$

Bajo esta ecuación de producción el rendimiento del cultivo de alcachofa alcanza su valor máximo 23,805 kg/ha a nivel de 285 kg/ha de nitrógeno.

#### **4.6 ANÁLISIS AGRO – ECONÓMICO**

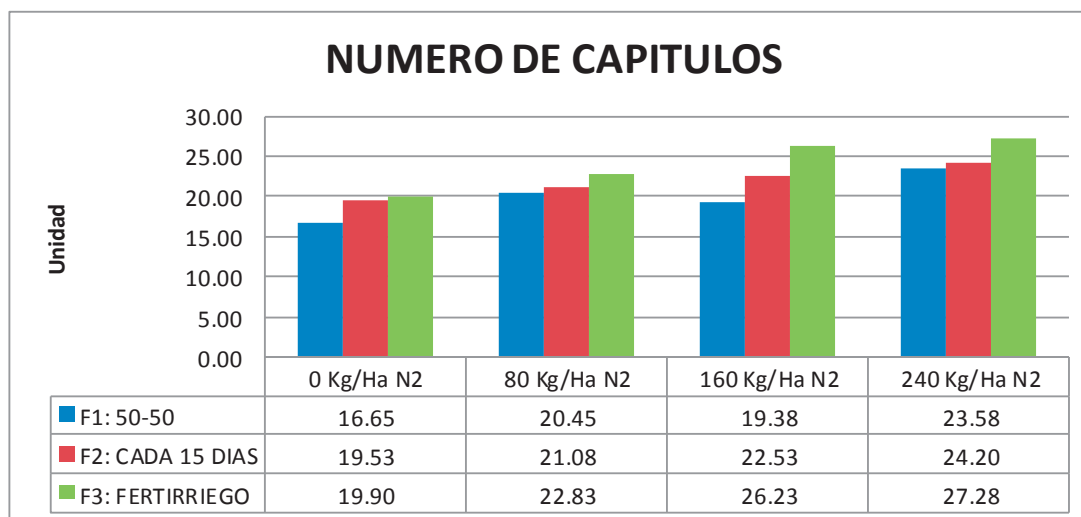
El cuadro 11, presenta los resultados del análisis económico de la alcachofa, basándonos en el rendimiento comercial del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star. Se han determinado los índices de rentabilidad por nivel de fertilización con nitrógeno bajo las tres frecuencias de aplicación del fertilizante: 50 – 50, cada 15 días y fertirriego. Al respecto, el análisis agro económico indica que los índices de rentabilidad más altos caracterizan al nivel 240 kg/ha de N con un promedio de 76.2%, seguidos por los niveles 160 y 80 kg/ha de N con promedios de 65.8% y 56.4% respectivamente. Asimismo el testigo no fertilizado presenta el menor valor con 35.86%.

Cuadro 10. Componentes del rendimiento del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star

	Número de capítulos por planta	%	Peso promedio de capítulos (g)	%
<b>NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/ha)</b>	N1: 0	100.0	82.0	100.0
	N2: 80	114.7	83.8	102.2
	N3: 160	121.4	83.0	101.1
	N4: 240	133.8	82.8	100.9
<b>FRECUENCIA DE APLICACIÓN</b>	20.0		82.8	
	21.8		82.9	
	24.0		83.0	
	<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>21.9</b>		<b>82.9</b>

**ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL COMBINADO**

FUENTE DE VARIACIÓN	Significación	
Nivel de fertilización Nitrogenada (N)	**	*
Frecuencia de aplicación	**	n.s
Interacción Fertilización Nitrogenada x Frecuencia de aplicación	n.s	n.s
CV (%)	12.0	1.4



**Figura 12. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el número de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star**

#### PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )

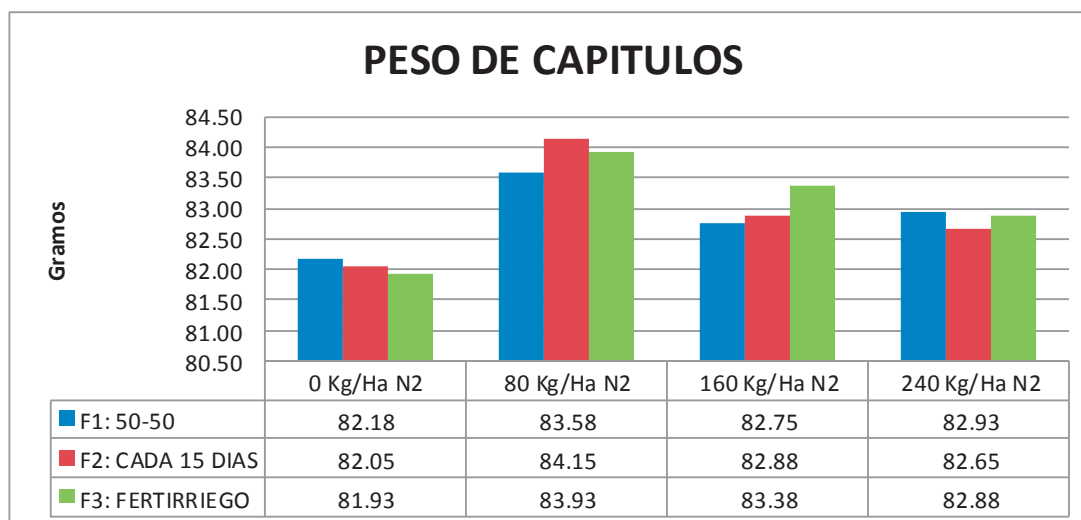
**Efecto de la frecuencia de aplicación en el número de capítulos**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	B	20.01	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	AB	21.83	109.0
Frecuencia 3 Fertirriego	A	24.06	120.2

**Efecto de la fertilización nitrogenada en el número de capítulos**

NIVELES DE FERTILIZACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
0	C	18.69	100.0
80	B	21.45	114.8
160	B	22.71	121.5
240	A	25.02	133.8





**Figura 13. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de aplicación de nitrógeno en el peso de capítulos de alcachofa cv. Imperial Star**

**PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la frecuencia de aplicación en el peso de capítulos**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
Frecuencia 1 (50-50)	A	82.86	100.0
Frecuencia 2 C/D 15 días	A	82.93	100.1
Frecuencia 3 Fertirriego	A	83.03	100.2

**Efecto de la fertilización nitrogenada en el peso de capítulos**

NIVELES DE FERTILIZACIÓN	DUNCAN	Promedio	(%)
0	A	82.05	100.0
80	A	83.88	102.2
160	A	83.00	101.2
240	A	82.82	100.9

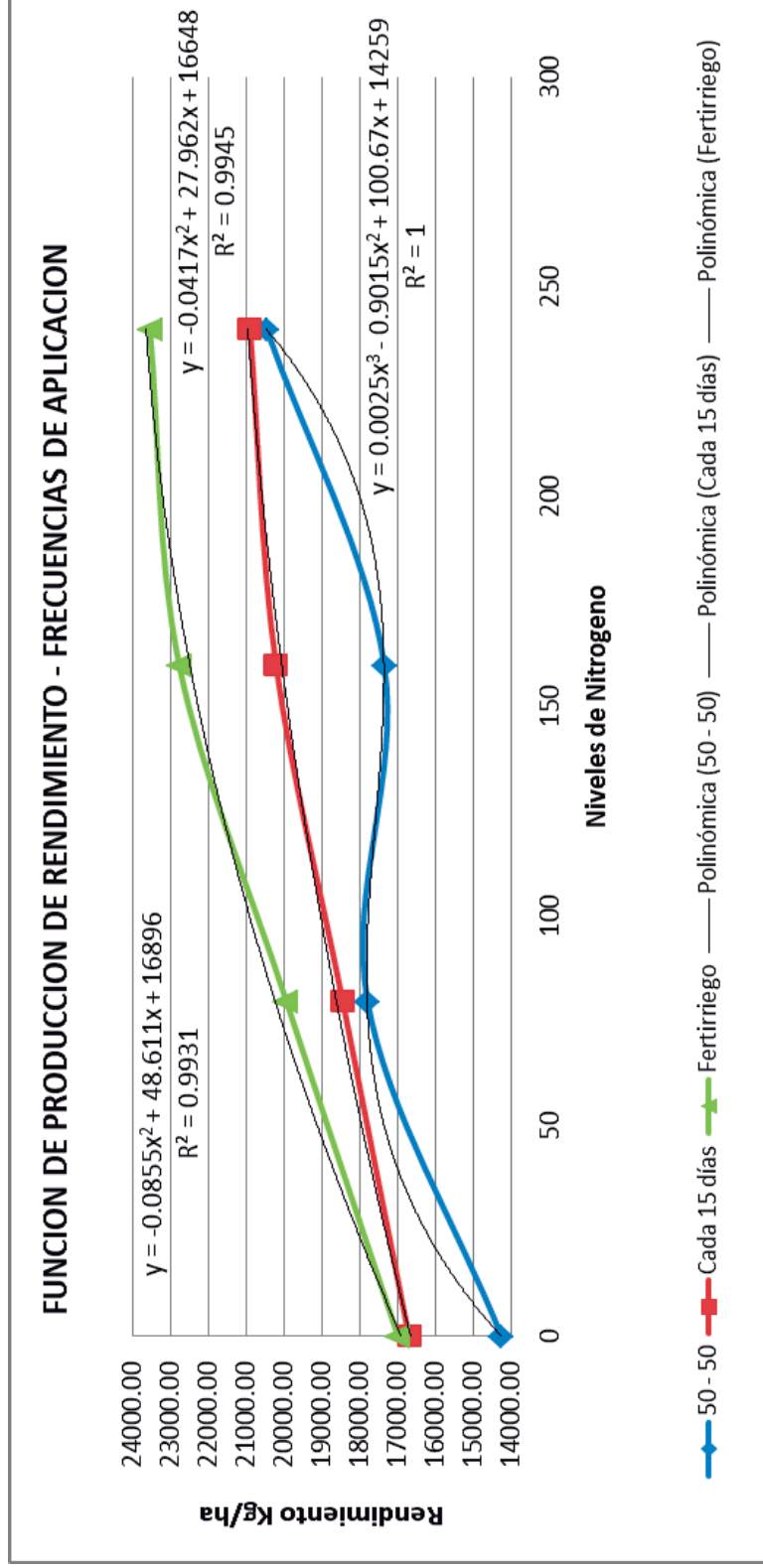


Figura 14. Función de producción de niveles de nitrógeno por frecuencias de aplicación

Respecto a la frecuencia de aplicación, fertirriego alcanza el mayor valor de índice de rentabilidad en promedio con 61.4%, seguido por la frecuencia de 15 días con 58.7% y por último la frecuencia 50-50 con el menor valor 45.5%. El índice de rentabilidad con mayor valor se encontró en el nivel 240 kg/ha de N y la frecuencia 3: fertirriego (90.1%) con una utilidad neta US \$ 3906.5, incrementando en un 68.9% al índice con menor rentabilidad (45.5%) y utilidad neta US \$ 872.7 que caracteriza al testigo no fertilizado a la frecuencia 50-50.

**Cuadro 11. Análisis agro – económico del cultivo de alcachofa**

FRECUENCIA DE APLICACIÓN	NIVELES DE NITRÓGENO	RENDIMIENTO	VALOR NETO DE LA PRODUCCION US \$	COSTO TOTAL US\$	UTILIDAD NETA US\$	ÍNDICE DE RENTABILIDAD %
F1	T0	14,259.10	4,990.70	4,118.00	872.7	21.2
	T1	17,801.90	6,230.70	4,171.30	2,059.40	49.4
	T2	17,355.90	6,074.60	4,221.90	1,852.70	43.9
	T3	20,470.80	7,164.80	4,275.00	2,889.80	67.6
F2	T0	16,701.50	5,845.50	4,118.00	1,727.50	42
	T1	18,455.80	6,459.50	4,175.80	2,283.70	54.7
	T2	20,214.60	7,075.10	4,226.40	2,848.70	67.4
	T3	20,900.30	7,315.10	4,279.50	3,035.60	70.9
F3	T0	16,992.00	5,947.20	4,118.00	1,829.20	44.4
	T1	19,949.20	6,982.20	4,229.80	2,752.40	65.1
	T2	22,773.70	7,970.80	4,281.90	3,688.90	86.2
	T3	23,542.80	8,240.00	4,333.50	3,906.50	90.1

**1KG= 0.35\$**

**Promedios por niveles de nitrógeno**

T0 (0 kg/ha de N): 35.8%

T1 (80 kg/ha de N): 56.4%

T2 (160 kg/ha de N): 65.8%

T3 (240 kg/ha de N): 76.2%

**Promedios por frecuencias de aplicación**

F1 (50-50): 45.5%

F2 (Cada 15 días): 58.7%

F3 (Fertirriego): 61.4%

## V. CONCLUSIONES

Para niveles de nitrógeno y frecuencias de aplicación, el número de capítulos por planta y la materia seca total, presentan diferencias estadísticas altamente significativas. El rendimiento comercial solo para niveles de nitrógeno.

Área foliar, diámetro de capítulos y rendimiento, presentan diferencias estadísticas significativas para la frecuencia de aplicación. No existe interacción entre los factores en estudio para ninguna de las variables evaluadas.

El mayor rendimiento se encontró a nivel de 240 kg/ha de N a la frecuencia del fertirriego, alcanzando 23,542 kg/ha de capítulos, mientras que el menor rendimiento caracterizó al testigo no fertilizado a la frecuencia de aplicación de 50 – 50 con 14,259 kg/ha, siendo la diferencia porcentual 65%.

El rendimiento de capítulos aumenta conforme se eleva el nivel de nitrógeno aplicado. La adición de 80, 160 y 240 kg/ha de N respecto del testigo no fertilizado, incrementan el rendimiento en 17.2%, 25.8% y 35.3% respectivamente, mientras que para frecuencias de aplicación, el rendimiento aumenta conforme se incrementa el número de aplicaciones del fertilizante nitrogenado.

La respuesta en las variables de crecimiento del cultivo de alcachofa cv. Imperial Star establece que la altura de planta y área foliar alcanzan su valor máximo al nivel de 160 kg/ha de N y el número de hojas/planta a 240 Kg/ha de N. La materia seca total y de hojas y tallos, alcanzan su valor máximo a 160 kg/ha de N y la materia seca de capítulos a 240 kg/ha de N.

Para frecuencias de aplicación, la altura de planta y número de hojas/planta alcanzan su máximo valor en la frecuencia de 15 días, el área foliar y los componentes del rendimiento, alcanzan sus valores máximos en la frecuencia del fertirriego.

Bajo las condiciones de suelo, agua, clima y tecnología en el manejo del cultivo de alcachofa, los parámetros agronómicos que caracterizan al cv. Imperial Star, establecen una eficiencia de uso de agua (EUA) de 3.79 kg/m<sup>3</sup>, un coeficiente de transpiración (CT) de 249.5 l/kg, una evapotranspiración del cultivo (ETc) con

media de 2.35 mm/día, índice de área Foliar (IAF) de 10.76 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y un Índice de Cosecha (IC) de 20.8%.

Para un ciclo vegetativo del cultivo de 177 días después del trasplante, el requerimiento de riego fue 5045.5 m<sup>3</sup>/ha y el coeficiente medio de cultivo (Kc) estimado en función de la evaporación del Tanque Clase A, de 0.99.

La función de producción del rendimiento vs. niveles de nitrógeno, establece modelos de regresión polinómica de segundo orden para la frecuencias de 15 días y fertirriego con R<sup>2</sup> de 0.9945 alcanzando su valor máximo 21,335 kg/ha y con R<sup>2</sup> de 0.9945 y 23,805 kg/ha respectivamente. La frecuencia 50-50, establece un modelo de regresión polinomial de tercer orden con R<sup>2</sup> de 1 pero de distribución errática.

Finalmente, el análisis agroeconómico indica que los mayores índices de rentabilidad (IR) se presentan a nivel 240 kg/ha de N en todas las frecuencias de aplicación, siendo el valor más elevado en condiciones de fertirriego con 90.1 % y una utilidad neta de US\$ 3,906.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. **Apaza, W. (2006).** Arenagro. Revista institucional de la asociación de agricultores, agroexportadores propietarios de terrenos de Chavimochic APTCH, Año 2. N°3. Agosto, 2006. Pag.16. Trujillo-Perú.
2. **Armas, U. R. Ortega, D. E., y Rodes, G. R. 1988.** Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y educación, La Habana, Cuba. 325 p.
3. **Bennett, W. F. (1994).** Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. Edited by College of Agricultural Sciences and Natural Resources. Texas. USA.
4. **Bidwell, R. G. S. (1993).** Fisiología Vegetal. AGT Editor S.A. México.
5. **Black, C.a. (1975).** Relaciones suelo Planta. Tomo II. México. Ed. Limusa.
6. **Carlson, P. S. (1980).** The biology of crop productivity. Academic Press. London, New York, San Francisco.
7. **Carrasco (2010).** Efecto de la Aplicación de Nitrógeno y de Calcio en el crecimiento y rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv Imperial Star , Bajo Riego por Goteo.
8. **Castillo, J. (2006).** Arenagro. Revista institucional de la asociación de agricultores, agroexportadores propietarios de terrenos de Chavimochic APTCH, Año 2. N°3. Agosto, 2006 Pag.11. Trujillo-Perú.
9. **Demolon A. (1996).** El crecimiento de los vegetales cultivados. Editorial Omega, Barcelona. España
10. **Fuentes, (1999) .** El suelo y los fertilizantes .Ministerio de agricultura Pesca y Alimentación, MAPA , Ediciones MAPA , Ediciones Mundi –Prensa . Quinta edición Madrid España.
11. **Hewitt, E. J. and Cutting, C. V. (eds) (1979).** Nitrogen assimilation in plants. Academic Press, London, New York, San Francisco.
12. **Huamancaja, P. 2007.** Efecto de la fertilización NPK y de la concentración de ácido giberélico en el rendimiento del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial star bajo RLAF: Goteo en condiciones de villacurí-Ica. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú
13. **Hurtado (2009).** Efecto del estrés hídrico y la aplicación del calcio en el crecimiento y rendimiento de alcachofa (*Cynara Scolymus L.*) cv. Imperial Star Tesis agrónomo UNALM. Lima - Perú.

14. **INIA (2000)**. Micropropagación de la alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus L.*) 1era Edición. Lima - Perú.
15. **INIA. 2001**. Cultivo de alcachofa sin espinas. Instituto Nacional de Investigación Agraria. N° 1. Lima. Perú. 20p
16. **Marschner, H. (1982)**. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. San Diego. California. USA. 757 p.
17. **Ministerio de Agricultura, (2002)**. Sistema de información Agraria. Estadística Agraria trimestral. Lima - Perú.
18. **Mengel K. y E. Kirkby. (1987)**. Principios de Nutrición Vegetal. Cuarta Edición.
19. **Mosquera, V. (2006)**. Efecto del estrés hídrico y de la concentración de ácido giberélico en la morfología y el rendimiento del cultivo de alcachofa. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
20. **Nicho, P. y Catarona, E. (2002)**. Cultivo de alcachofa. Ministerio nacional de agricultura. INIEA  
[http://www.minag.gob.pe/dgpa1/ARCHIVOS/alcachofa\\_doc0007.pdf](http://www.minag.gob.pe/dgpa1/ARCHIVOS/alcachofa_doc0007.pdf)
21. **Palacios, E. (2010)**. Efecto de la fertilización N–P–K y de la concentración de ácido giberélico, en el rendimiento del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial Star, bajo RLAF: Goteo.
22. **Pérez, M. (2007)**. Efecto de 4 concentraciones de Ácidos Giberélicos en el crecimiento y rendimiento de 3 cultivares de alcachofa sin espinas (*Cynara Scolymus L.*) bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
23. **Plaster (2000)**. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid – España.
24. **Postigo, R. (2009)**. Efecto de la fertilización nitrogenada, fosforada y potásica con y sin aplicación de ácido giberélico en el rendimiento de alcachofa (*Cynara Scolymus L.*) cv. Imperial Star. Bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo UNALM Lima-Perú.
25. **Primo, Y. E. y J. M. Carrasco. (1981)**. Química Agrícola I. Suelos y Fertilizantes. Ed. Alambra, España.
26. **Robles, F. (2011)**. La alcachofa. Nuevas alternativas para la agricultura peruana. PROMPEX. Lima –Perú.
27. **Santamaría, P. (2010)**. Efecto de la aplicación de calcio y de hierro, manganeso y Zinc en el Rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial Star. Bajo Riego por Goteo
28. **Schrader, W. y Mayberry, K. (2002)**. Producción de alcachofas en California. University of California. Division of Agriculture and natural Resources.



29. **Taboada J. (2012).** Efecto del calcio y del boro en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial Star.
30. **Zahori, D., y Basnizki, 1975.** The cultivated artichoke (*Cynara scolymus L.*); its probable wild ancestors. *Econ. Bot.* 29: 233-235 p.
31. **Viscarra J. 2010.** Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y rendimiento de los cultivares de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM. Lima –Perú.
32. (<http://www.cidh.org.mx/monografias/alcachofa.html>).

# **ANEXOS**

Anexo 1

Altura de planta (cm)

FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	80.0	57.5	63.6	69.0	67.53	105.6
80	80.0	39.0	60.1	76.5	63.90	100.0
160	86.5	63.0	61.5	67.3	69.58	108.8
240	98.0	68.0	47.0	43.0	64.00	100.1

FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	67.0	87.0	60.0	80.0	73.50	100.0
80	68.0	60.0	78.0	91.0	74.25	101.0
160	83.0	61.0	65.5	94.0	75.88	103.2
240	92.5	67.0	57.5	88.0	76.25	103.7

FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	77.5	77.0	69.9	80.0	76.10	114.4
80	75.0	78.5	74.0	82.0	77.38	116.4
160	76.0	90.0	64.0	84.0	78.50	118.0
240	66.5	62.5	72.0	64.9	66.48	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	600.604	1.96	3.35	5.49	n.s
Frecuencia de aplicación de nitrógeno	3	389.533	1.27	2.96	4.6	n.s
Error	27	112.841				
Niveles de nitrógeno	3	66.936	0.59	2.96	4.6	n.s
RxN	6	46.251	0.41	2.46	3.56	n.s
Error	6	306.131				
Total	47					

**Anexo 2**  
**Área Foliar m<sup>2</sup>/planta**

**FRECUENCIA 1 50-50**

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	9.3	11.2	8.0	12.2	10.18	121.0
80	9.8	10.5	10.6	9.1	10.00	118.9
160	12.9	10.6	7.4	8.7	9.90	117.7
240	11.1	11.6	5.2	5.7	8.40	100.0

**FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS**

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%I
0	11.23	9.93	9.66	10.50	10.33	114.5
80	10.63	9.10	8.50	7.83	9.01	100.0
160	11.08	9.97	9.52	11.07	10.41	115.4
240	12.43	9.26	8.61	11.67	10.49	116.4

**FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO**

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%I
0	11.06	13.44	9.39	10.60	11.12	102.80
80	10.83	12.00	13.31	7.13	10.82	100.00
160	13.49	11.17	12.00	11.37	12.01	110.98
240	13.01	8.16	11.19	13.89	11.56	106.88

**ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO**

**CUADRO ANVA RENDIMIENTO**

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				α=0.05	α=0.01	
Bloques	2	8.459	2.83	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	13.388	4.47	2.96	4.6	*
Error	27	3.378				
Niveles de nitrógeno	3	1.678	0.50	2.96	4.6	n.s
RxN	6	2.030	0.60	2.46	3.56	n.s
Error	6	2.992				
Total	47					

### Anexo 3

#### Diámetro de Capítulos (mm)

¡Error! Vínculo no válido.

#### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

##### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	1.50944	0.18	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	27.20646	3.31	2.96	4.6	*
Error	27	10.57579				
Niveles de nitrógeno	3	9.50167	0.90	2.96	4.6	n.s
RxN	6	9.95063	0.94	2.46	3.56	n.s
Error	6	8.22840				
Total	47					

## Anexo 4

### Longitud de capítulos (mm)

#### FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	7.03	7.34	7.25	6.80	7.11	100.7
80	6.96	7.39	7.53	7.06	7.24	102.6
160	6.86	6.89	7.22	7.25	7.06	100.0
240	6.75	7.09	7.68	6.97	7.12	101.0

#### FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	6.72	6.73	7.25	7.38	7.02	100.0
80	7.08	7.77	6.59	7.00	7.11	101.3
160	7.04	6.73	7.22	7.16	7.04	100.2
240	7.05	6.73	7.68	6.87	7.08	100.9

#### FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	6.88	6.77	6.61	7.31	6.89	101.0
80	8.25	7.18	6.33	7.20	7.24	106.1
160	6.99	6.53	6.86	6.92	6.83	100.0
240	6.90	6.98	7.03	6.65	6.89	101.0

### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	1.8097222	0.08	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	11.3743750	0.52	2.96	4.6	n.s
Error	27	13.6898611				
Niveles de nitrógeno	3	11.7247222	0.86	2.96	4.6	n.s
RxN	6	2.7032639	0.20	2.46	3.56	n.s
Error	6	22.0757639				
Total	47					

## Anexo 5

### Materia seca de capítulos (g/planta)

FRECUENCIA 1		50-50				
NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	294.0	306.2	181.8	247.5	257.38	100.0
80	334.2	296.7	250.8	328.9	302.65	117.6
160	357.9	465.1	232.7	299.2	338.73	131.6
240	400.6	380.5	400.6	198.2	344.97	134.0

FRECUENCIA		C/D 15 DIAS				
NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	305.8	295.0	278.0	327.5	301.58	100.0
80	369.5	296.3	361.7	286.9	328.60	109.0
160	392.2	278.1	372.9	405.1	362.08	120.1
240	408.3	390.1	251.9	420.4	367.68	121.9

FRECUENCIA 3		FERTIRRIEGO				
NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
0	282.5	345.4	284.0	312.8	306.18	100.0
80	367.7	356.3	357.6	347.2	357.20	116.7
160	426.8	513.6	423.0	393.4	439.20	143.4
240	415.8	541.6	374.3	414.5	436.55	142.6

### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	8,733.12	1.72	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	22,146.04	4.36	2.96	4.6	*
Error	27	2,861.51				
Niveles de nitrógeno	3	24,484.06	8.56	2.96	4.6	**
R <sub>x</sub> N	6	1,297.33	0.45	2.46	3.56	n.s
Error	6	5,074.07				
Total	47					

## Anexo 6

### Materia Seca de hojas (g/planta)

#### FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	871.9	726.8	471.3	834.9	726.2	100.0
80	931.8	1031.5	1019.8	994.6	994.4	136.9
160	631.4	1118.5	1053.5	1020.7	956.0	131.6
240	1072.1	1182.3	553.5	958.0	941.5	129.6

#### FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	885.0	902.9	644.1	827.7	814.93	100.0
80	925.8	1058.3	927.4	1010.7	980.55	120.3
160	1045.0	1005.8	1096.1	737.6	971.13	119.2
240	785.6	1009.5	1032.9	865.2	923.30	113.3

#### FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	868.6	799.2	855.6	763.6	821.75	100.0
80	988.6	873.0	1049.0	876.1	946.68	115.2
160	1093.3	1110.0	890.6	1151.6	1061.38	129.2
240	1114.9	907.5	1097.0	948.3	1016.93	123.8

### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	15,882	0.69	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	13,665	0.59	2.96	4.6	n.s
Error	27	20,942				
Niveles de nitrógeno	3	110,027	5.25	2.96	4.6	**
RxN	6	7,649	0.37	2.46	3.56	n.s
Error	6	23,134				
Total	47					



## Anexo 7

### Materia seca de tallo (g/planta)

#### FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	511.6	311.8	185.6	380.2	347.29	128.6
80	435.4	184.6	186.2	274.5	270.15	100.0
160	425.5	267.6	253.3	253.3	299.93	111.0
240	678.9	372.1	198.2	198.2	361.84	133.9

#### FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	282.9	358.4	250.5	622.3	378.55	100.0
80	425.7	249.5	332.2	594.0	400.33	105.8
160	572.5	276.7	258.4	460.0	391.89	103.5
240	606.4	211.6	240.5	598.5	414.26	109.4

#### FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (Kg/Ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	335.0	376.9	109.4	489.0	327.55	100.0
80	535.6	502.0	447.5	372.7	464.47	141.8
160	449.8	564.3	317.8	680.2	503.02	153.6
240	462.4	446.5	301.2	333.6	385.94	117.8

### ANALISIS DE VARIANCIAS DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	117,040	3.28	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	44,022	1.23	2.96	4.6	n.s
Error	27	9,321				
Niveles de nitrógeno	3	4,874	0.52	2.96	4.6	n.s
RxN	6	13,985	1.50	2.46	3.56	n.s
Error	6	35,689				
Total	47					

Anexo 8

Matéria Seca total (g/planta)

FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	1677.5	1344.8	838.7	1462.6	1330.89	100.0
80	1701.4	1512.8	1456.8	1598.0	1567.23	117.8
160	1414.8	1851.2	1539.5	1573.2	1594.69	119.8
240	2151.6	1934.9	1152.3	1354.4	1648.29	123.8

FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	1473.7	1556.3	1172.6	1777.5	1495.05	100.0
80	1721.0	1604.1	1621.3	1891.6	1709.48	114.3
160	2009.7	1560.6	1727.4	1602.7	1725.09	115.4
240	1800.3	1611.2	1525.3	1884.1	1705.23	114.1

FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	1486.1	1521.5	1249.0	1565.4	1455.48	100.0
80	1891.9	1731.3	1854.1	1596.0	1768.34	121.5
160	1969.9	2187.9	1631.4	2225.2	2003.60	137.7
240	1993.1	1895.6	1772.5	1696.4	1839.42	126.4

ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	215,667	5.32	3.35	5.49	**
Frecuencia riego	3	214,567	5.29	2.96	4.6	**
Error	27	41,736				
Niveles de nitrógeno	3	290,670	6.96	2.96	4.6	**
RxN	6	23,532	0.56	2.46	3.56	n.s
Error	6	37,880				
Total	47					

## Anexo 9

### Numero de capítulos / planta

#### FRECUENCIA 1 50 - 50

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	19.1	19.8	12.0	15.7	16.65	100.0
80	22.6	19.9	17.0	22.3	20.45	122.8
160	21.9	22.7	14.5	18.4	19.38	116.4
240	23.2	23.5	25.4	22.2	23.58	141.6

#### FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	19.8	19.1	18.0	21.2	19.53	100.0
80	23.7	19.0	23.2	18.4	21.08	107.9
160	24.4	17.3	23.2	25.2	22.53	115.4
240	26.9	25.6	16.6	27.7	24.20	123.9

#### FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	18.6	22.5	18.0	20.5	19.90	100.0
80	23.5	23.1	22.8	21.9	22.83	114.7
160	26.3	31.8	22.0	24.8	26.23	131.8
240	28.0	29.9	24.4	26.8	27.28	137.1

### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	28.45056	2.89	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	65.62771	6.66	2.96	4.6	**
Error	27	6.97588				
Niveles de nitrógeno	3	83.38056	11.95	2.96	4.6	**
RxN	6	52.64931	0.75	2.46	3.56	n.s
Error	6	9.85660				
Total	47					

## Anexo 10

### Peso promedio de capítulos (g.)

#### FRECUENCIA 1      50-50

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	82.9	83.3	81.6	80.9	82.18	100.0
80	83.5	84.2	83.3	83.3	83.58	117.8
160	83.4	82.7	81.9	83.0	82.75	119.8
240	84.5	84.8	82.6	79.8	82.93	123.8

#### FRECUENCIA 2      C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	83.2	81.1	80.4	83.5	82.05	100.0
80	83.6	84.4	83.4	85.2	84.15	114.3
160	83.1	80.4	82.1	85.9	82.88	115.4
240	83.5	83.5	82.0	81.6	82.65	114.1

#### FRECUENCIA 3      FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	81.8	82.7	81.0	82.2	81.93	100.0
80	83.9	82.7	84.1	85.0	83.93	121.5
160	83.9	83.5	84.1	82.0	83.38	137.7
240	81.7	84.3	84.4	81.1	82.88	126.4

### ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

#### CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	1.15472	0.34	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	0.11438	0.03	2.96	4.6	n.s
Error	27	1.53505				
Niveles de nitrógeno	3	6.80306	4.43	2.96	4.6	*
RxN	6	0.26910	0.18	2.46	3.56	n.s
Error	6	3.37826				
Total	47					

Anexo 11.

Rendimiento del cultivo de Alcachofa (tn/Ha)

FRECUENCIA 1 50-50

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	16427.7	17179.5	10199.3	13229.7	14259.05	100.0
80	19656.0	17452.8	14750.1	19348.7	17801.91	117.8
160	19024.4	22122.3	12369.5	15907.3	17355.89	119.8
240	20820.3	20757.0	21853.2	18452.6	20470.76	123.8

FRECUENCIA 2 C/D 15 DIAS

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	17158.9	16134.5	15074.0	18438.4	16701.46	100.0
80	20637.4	16703.1	20153.7	16329.0	18455.80	114.3
160	23983.6	14487.8	19839.6	22547.3	20214.57	115.4
240	23395.9	22483.7	14178.3	23543.5	20900.34	114.1

FRECUENCIA 3 FERTIRRIEGO

NIVELES DE NITROGENO (kg/ha)	I	II	III	IV	MEDIA	%
0	15847.7	19381.6	15186.5	17552.0	16991.96	100.0
80	20536.7	19898.4	19972.5	19389.4	19949.24	121.5
160	22983.6	27657.6	19271.7	21182.0	22773.72	137.7
240	23827.6	26254.3	21450.3	22639.0	23542.79	126.4

ANALISIS DE VARIANCIA DEL COMBINADO

CUADRO ANVA RENDIMIENTO

Fuente de variabilidad	GL	CM	Fcal	Ftab		Significación
				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Bloques	2	27118935.99	2.67	3.35	5.49	n.s
Frecuencia riego	3	27118935.99	4.41	2.96	4.6	*
Error	27	5924575.1				
Niveles de nitrógeno	3	69243394.8	11.69	2.96	4.6	**
RxN	6	19181597.7	0.54	2.46	3.56	n.s
Error	6	5924575.1				
Total	47					

**Anexo 12: Costos de producción del cultivo de alcachofa**

Jornal: S/12.00

US\$ 1.00 = 2.7 nuevos soles

Tracción mecánica: \$33.00

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO PARCIAL (\$)
<b>1.- COSTO DEL EQUIPO</b>				
Manguera de riego 16 mm	M	6,200.0	0.5	3,150.0
Goteros	Unidad	20,667.0	0.1	2,100.0
Contómetro 1 1/2"	Unidad	1.0	50.5	50.5
Válvulas 1 1/2"	Unidad	3.0	10.0	30.0
Conector inicial y empaque de 16mm	Unidad	63.0	0.2	13.9
Tubería de conducción de PVC 3"	M	100.0	8.0	800.0
Tubería de alimentación de PVC 2.1/2"	M	200.0	4.0	800.0
Conector de manguera de 16mm	Unidad	62.0	0.1	7.4
Terminal de línea 16mm	Unidad	62.0	0.1	7.4
Manómetro	Unidad	1.0	17.0	17.0
Venturi 1 1/2"	Unidad	1.0	115.0	115.0
Filtro de anillo 1 1/2"	Unidad	1.0	45.0	45.0
<b>2.- COSTO DE INSTALACION</b>				<b>80.0</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>4,512.3</b>

**Presupuesto de Depreciación – Amortización**

CONCEPTO	VALOR (\$)	AÑOS	CAMPAÑA
Sistema de riego	4,512.3	5.0	
Duración de la campaña (6 meses)			451.2

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO PARCIAL (\$)
<b>1. Costos Directos</b>				
<b>1.1 Preparación del terreno</b>				
Limpieza de campo	Jornal	4.0	12.0	48.0
Subsolado	hrs/maq	2.0	33.0	66.0
Aradura	hrs/maq	2.0	33.0	66.0
Grada y nivelación	hrs/maq	2.0	33.0	66.0
Camas de Producción	hrs/maq	6.0	33.0	198.0
<b>SUB TOTAL</b>				<b>444.0</b>
<b>1.3 Labores Culturales</b>				
tendido de cintas de riego	Jornal	2.0	12.0	24.0
Trasplante	Jornal	5.0	12.0	60.0
Recalce	Jornal	2.0	12.0	24.0
Deshierbo	Jornal	4.0	12.0	48.0
Riego y fertilización	Jornal	5.0	12.0	60.0
Control fitosanitario	Jornal	12.0	12.0	144.0
Cosecha	Jornal	110.0	12.0	1,320.0
<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,596.0</b>
<b>1.4 Insumos</b>				
Plántulas	Unidad	10,400.0	0.1	520.0
Ácido giberélico	Lt	0.6	4.7	2.8
Break Thru	Lt	0.2	38.0	7.6
Ácido fosfórico	Lt	80.0	1.4	112.0
Sulfato de potasio	Kg	160.0	0.4	64.0
Nitrato de calcio	Kg	40.0	0.6	24.0
Topas	Lt	1.5	31.5	47.3
Sorba	Lt	0.5	9.8	4.9
Amistar	Lt	0.5	11.9	6.0
Borrego	Kg	8.0	4.0	32.0
Vydate	Kg	15.0	11.0	165.0
Vapcomore	Lt	0.5	7.6	3.8
Acaritina	Lt	0.5	18.0	9.0
Agua	Lt	5,021.3	0.0	70.3
Sistema de riego				366.0
<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,434.6</b>
<b>TOTAL</b>				<b>3,474.6</b>

Niveles de Nitrógeno	T0 Testigo N	T1 80 Kg/Ha N	T2 160 Kg/Ha N	T3 240 Kg/Ha N
Nitrato de Amonio	0.0	80.0	160.0	240.0
Costo unitario de fertilizante	0.6	0.6	0.6	0.6
Subtotal	0.0	51.8	102.4	155.5

Frecuencias de aplicación	50 – 50	Cada 15 días	Fertirriego
Numero de aplicaciones (jornales)	2.0	8.0	80.0
Numero de jornales	0.1	0.5	5.0
Costo jornal	12.0	12.0	12.0
Total	1.5	6.0	60.0

\* Se estima 30 min por fertilización

### COSTOS DIRECTOS

Frecuencia 1: 50 - 50	T0 Testigo N	T1 80 Kg/Ha N	T2 160 Kg/Ha N	T3 240 Kg/Ha N
Subtotal preparación de tierras	444.0	444.0	444.0	444.0
Subtotal labores culturales	1,596.0	1,596.0	1,596.0	1,596.0
Subtotal insumos + fertilizantes	1,434.6	1,434.6	1,434.6	1,434.6
Subtotal niveles	0.0	53.3	103.9	157.0
Total costos directos	3,474.6	3,527.9	3,578.5	3,631.6

Frecuencia 2: Cada 15 días	T0 Testigo N	T1 80 Kg/Ha N	T2 160 Kg/Ha N	T3 240 Kg/Ha N
Subtotal preparación de tierras	444.0	444.0	444.0	444.0
Subtotal labores culturales	1,596.0	1,596.0	1,596.0	1,596.0
Subtotal insumos + fertilizantes	1,434.6	1,434.6	1,434.6	1,434.6
Subtotal niveles	0.0	57.8	108.4	161.5
Total costos directos	3,474.6	3,532.4	3,583.0	3,636.1

Frecuencia 3: fertirriego	T0 Testigo N	T1 80 Kg/Ha N	T2 160 Kg/Ha N	T3 240 Kg/Ha N
Subtotal preparación de tierras	444.0	444.0	444.0	444.0
Subtotal labores culturales	1,596.0	1,596.0	1,596.0	1,596.0
Subtotal insumos + fertilizantes	1,434.6	1,434.6	1,434.6	1,434.6
Subtotal niveles	0.0	111.8	163.9	215.5
Total costos directos	3,474.6	3,586.4	3,638.5	3,690.1



### COSTOS INDIRECTOS

<b>Frecuencia 1: 50-- 50</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Gastos administrativos ( 5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>Imprevistos (5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>leyes sociales</b>	295.9	295.9	295.9	295.9
<b>total costos Indirectos</b>	643.4	643.4	643.4	643.4

<b>Frecuencia 2: cada 15 días</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Gastos administrativos ( 5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>Imprevistos (5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>leyes sociales</b>	295.9	295.9	295.9	295.9
<b>total costos Indirectos</b>	643.4	643.4	643.4	643.4

<b>Frecuencia 3: fertirriego</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Gastos administrativos ( 5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>Imprevistos (5% de CD)</b>	173.7	173.7	173.7	173.7
<b>leyes sociales</b>	295.9	295.9	295.9	295.9
<b>total costos Indirectos</b>	643.4	643.4	643.4	643.4

## COSTOS TOTALES

<b>Frecuencia 1: 50 - 50</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Total Costos Directos</b>	<b>3,474.6</b>	<b>3,527.9</b>	<b>3,578.5</b>	<b>3,631.6</b>
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>
<b>Total US \$</b>	<b>4,118.0</b>	<b>4,171.3</b>	<b>4,221.9</b>	<b>4,275.0</b>

<b>Frecuencia 2: cada 15 días</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Total Costos Directos</b>	<b>3,474.6</b>	<b>3,532.4</b>	<b>3,583.0</b>	<b>3,636.1</b>
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>
<b>Total US \$</b>	<b>4,118.0</b>	<b>4,175.8</b>	<b>4,226.4</b>	<b>4,279.5</b>

<b>Frecuencia 3: fertirriego</b>	<b>T0 Testigo N</b>	<b>T1 80 Kg/Ha N</b>	<b>T2 160 Kg/Ha N</b>	<b>T3 240 Kg/Ha N</b>
<b>Total Costos Directos</b>	<b>3,474.6</b>	<b>3,586.4</b>	<b>3,638.5</b>	<b>3,690.1</b>
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>	<b>643.4</b>
<b>Total US \$</b>	<b>4,118.0</b>	<b>4,229.8</b>	<b>4,281.9</b>	<b>4,333.5</b>