

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**COMPARATIVO DE CUATRO CONCENTRACIONES DE
ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO DE TRES CULTIVARES DE ALCACHOFA
(*Cynara scolymus* L.) EN LA MOLINA- LIMA**

TESIS

Para optar el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

CRISTINA ZAPATA MANSILLA

TINGO MARÍA – PERU

2014

DEDICATORIA

A quienes confiaron en mí y me apoyaron
incondicionalmente durante mi formación
profesional, y que ahora me motivan e
inspiran a seguir siempre adelante, en
especial:

A mis padres, Manuel y Dina,

A mis hermanos, Manolo, Carolina y Pedro.

A mi mejor amigo y fiel compañero,

mi esposo José Miguel,

y a la razón de nuestras vidas,

el tesoro más preciado,

nuestro hijo Diego.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, en especial a los profesores de la Facultad de Agronomía, personal técnico y administrativo, que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing. Agr. Luis G. Mansilla Minaya, asesor del presente trabajo, por su colaboración y supervisión de la tesis.
- A los miembros del jurado de tesis: Ing. Agr. M. Sc. José Wilfredo Zavala Solórzano, Ing. Agr. M. Sc. Fernando Gonzáles Huiman e Ing. Agr. M. Sc. Jorge Adriazola Del Águila.
- Al Ing. Agr. M. Sc. Lorenzo Hurtado Leo, profesor principal del Departamento Académico de Suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina y co -patrocinador del presente trabajo de investigación, por su eficiente y muy acertada dirección profesional.
- Al Ing. Agr. M. Sc. David Guarda Sotelo, por su asesoramiento y dirección en la parte estadística del presente trabajo.
- A mis compañeros y amigos, Hugo Mendoza R., Paúl Lama I., Dennis Gómez F., Elvis Pinedo G. y Pedro J. Mansilla C. quienes me brindaron su apoyo e incentivos durante el desarrollo de mi carrera profesional.
- A mis amigos Martín Pérez B. y José Miguel Vizcarra C., por su colaboración y apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mis amigos que realizaron sus trabajos de tesis en la Unidad de Investigación en Riegos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su incondicional apoyo técnico.

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1 Cultivo de alcachofa.....	13
2.1.1 Origen y distribución del cultivo.....	13
2.1.2 Fenología del cultivo.....	15
2.1.3 Medio ambiente y requerimientos del cultivo.....	19
2.1.4 Plagas y enfermedades en el cultivo de alcachofa.....	23
2.1.5 Fertilización NPK en el cultivo de alcachofa.....	25
2.2 Cultivares de alcachofa.....	26
2.2.1 A – 106 (AGRISET – 106).....	27
2.2.2 Lorca (ARNEDO AR – 9903).....	28
2.2.3 Imperial Star.....	28
2.3 Fitohormonas y fitorreguladores.....	29
2.3.1 Las giberelinas y el ácido giberélico.....	30
2.3.2 Acción de las giberelinas en los cultivos.....	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 Ubicación del campo experimental	39
3.2 Historia del campo experimental.....	39
3.3 Características climatológicas.....	39
3.4 Características físico-químicas del suelo.....	41
3.5 Características del agua de riego.....	43

3.6	Características de los cultivares en estudio.....	44
3.7	Fuentes de fertilización.....	45
3.8	Fuente de ácido giberélico.....	45
3.9	Metodología.....	45
	3.9.1 Factores en estudio.....	45
	3.9.2 Tratamientos en estudio.....	46
	3.9.3 Diseño experimental.....	47
	3.9.4 Características del campo experimental.....	49
	3.9.5 Ejecución del experimento.....	50
	3.9.6 Evaluaciones experimentales.....	56
	3.9.7 Otras características evaluadas.....	59
	3.9.8 Análisis agro económico.....	59
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1	Rendimiento.....	60
4.2	Componentes del rendimiento.....	65
	4.2.1 Número de capítulos por planta.....	65
	4.2.2 Peso de capítulos.....	69
4.3	Variables morfológicas de crecimiento.....	74
	4.3.1 Área foliar.....	74
	4.3.2 Altura de planta.....	77
	4.3.3 Longitud del tallo.....	80
	4.3.4 Materia fresca total.....	84
	4.3.5 Materia seca de hojas.....	88
	4.3.6 Materia seca de tallos.....	91

4.3.7	Materia seca de capítulos.....	95
4.3.8	Materia seca total.....	98
4.4	Variables morfológicas de los capítulos.....	101
4.4.1	Longitud de capítulos.....	101
4.4.2	Diámetro de capítulos.....	104
4.5	Requerimiento de riego del cultivo de alcachofa.....	108
4.6	Parámetros agronómicos.....	111
4.7	Análisis agro – económico.....	116
V.	CONCLUSIONES.....	118
VI.	RECOMENDACIONES.....	120
VII.	RESUMEN.....	121
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	123
IX.	ANEXO.....	128

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1 Datos climáticos correspondientes al período experimental comprendido entre los meses de agosto del 2006 a enero del 2007 en La Molina, Lima.....	40
2 Análisis físico-químico del suelo.....	42
3 Análisis del agua de riego.....	43
4 Descripción de los tratamientos en estudio.....	46
5 Esquema del análisis de variancia.....	48
6 Clasificación y especificaciones de calidad de la alcachofa.....	55
7 Análisis de variancia del rendimiento de capítulos de alcachofa.....	61
8 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el rendimiento de capítulos.....	62
9 Análisis de variancia en el número de capítulos por planta de alcachofa.....	65
10 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el número de capítulos por planta.....	66
11 Análisis de variancia del peso de capítulos de alcachofa.....	70
12 Análisis de efectos simples para el factor cultivares de alcachofa (A) y para niveles de AG ₃ (B) en el peso de capítulos.....	71
13 Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los efectos simples en la variable	

	peso de capítulos.....	72
14	Análisis de variancia del área foliar de alcachofa.....	74
15	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el área foliar.....	75
16	Análisis de variancia de la altura de planta de alcachofa.....	77
17	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la altura de planta.....	78
18	Análisis de variancia de la longitud del tallo de alcachofa.....	81
19	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la longitud del tallo.....	82
20	Análisis de variancia de la materia fresca total de alcachofa.....	84
21	Análisis de efectos simples para el factor cultivares de alcachofa (A) y para niveles de AG ₃ (B) en la materia fresca total.....	85
22	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los efectos simples en la variable materia fresca total.....	87
23	Análisis de variancia de la materia seca de hojas de alcachofa.....	89
24	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de hojas.....	90
25	Análisis de variancia de la materia seca de tallos de alcachofa.....	92
26	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de tallos.....	93
27	Análisis de variancia de la materia seca de capítulos de alcachofa.....	95
28	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de capítulos...	96

29	Análisis de variancia de la materia seca total de alcachofa.....	98
30	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca total.....	99
31	Análisis de variancia de la longitud de capítulos de alcachofa.....	102
32	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la longitud de capítulos.....	103
33	Análisis de variancia del diámetro de capítulos de alcachofa.....	105
34	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el diámetro de capítulos.....	106
35	Resumen de las variables hídricas del cultivo de alcachofa por períodos de crecimiento.....	109
36	Análisis de rentabilidad: cultivares de alcachofa (A) por niveles de ácido giberélico (B).....	117

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1 Fases fenológicas del cultivo de la alcachofa.....	18
2 Disposición de las parcelas experimentales y diagrama del sistema de riego.....	51
3 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en el rendimiento de capítulos de alcachofa.....	63
4 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en el número de capítulos por planta de alcachofa.....	67
5 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en el peso de capítulos.....	73
6 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en el área foliar.....	76
7 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la altura de planta.....	79
8 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la longitud del tallo.....	83
9 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la materia fresca total.....	88
10 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la materia seca de hojas.....	91
11 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la materia seca de tallos.....	94
12 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la materia seca de capítulos...	97
13 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la materia seca total.....	100
14 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en la longitud de capítulos.....	104
15 Efecto del ácido giberélico (AG ₃) en el diámetro promedio de capítulos.....	107

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, un cultivo de gran interés en el Perú es la alcachofa (*Cynara scolymus* L.) tanto para el mercado en fresco como para la agroindustria, pero sobre todo para la exportación, siendo uno de los factores determinantes para el desarrollo económico, al generar empleo, elevar los ingresos y mejorar la calidad de vida de la población. Existe por tanto, la necesidad del agricultor por conocer la fenología de su cultivo y su rendimiento potencial, con la finalidad de promover la actividad regional agro-exportadora con productos de calidad, alto valor agregado y costos que permitan obtener adecuados márgenes de rentabilidad.

Según información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Perú es el cuarto país con mayor producción y rendimiento de alcachofas del mundo, de un total de 29 países que la producen. En el 2010 se obtuvo una producción total de alcachofas de 127,500 toneladas, siendo sólo superado por Italia (480,112), Egipto (215,500) y España (166,700). Según el MINAG (2010), desde el año 2004 se viene produciendo un notable incremento, tanto en la superficie sembrada como en el rendimiento promedio nacional, incrementando de este modo la generación de empleo así como su exportación, cuyo mercado principal es Europa. En la actualidad las perspectivas que presenta este cultivo por su productividad y demanda para el consumo, la agroindustria y exportación, hacen que sea objeto de atención para orientar las inversiones a la producción de cultivares

sin espinas, para el mercado de exportación, desde que la variedad criolla o con espina en fresco es utilizada en el mercado local.

Debido a la importancia que la alcachofa está adquiriendo en el mercado internacional, es prioritario el estudio de los diversos factores que puedan afectar su producción. Aspecto importante es lograr un producto de buena calidad (en base a una adecuada nutrición mineral), así como acortar el periodo de cosecha a fin de reducir costos de producción que según la experiencia de algunos agricultores se obtiene con el uso de fitohormonas, entre ellas el ácido giberélico. Diversos trabajos de investigación se han realizado, con aplicaciones de giberelinas, demostrando significativamente el incremento en la uniformidad, precocidad y la productividad de las cosechas. Por tales motivos se plantearon los objetivos del presente trabajo de investigación:

- Determinar el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de ácido giberélico en el crecimiento y en el rendimiento y sus componentes.
- Determinar los efectos de interacción de la aplicación de cuatro concentraciones de ácido giberélico en tres cultivares de alcachofa sin espina.
- Determinar los parámetros agronómicos de tres cultivares de alcachofa: cv. Imperial Star, cv. A-106 y cv. Lorca, bajo agricultura moderna.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de alcachofa

2.1.1 Origen y distribución del cultivo

El género *Cynara*, es relativamente pequeño y comprende los cultivares de alcachofa y siete especies silvestres. Todos los miembros silvestres de la *cynara* son cardos perennes nativos del mediterráneo. El tipo silvestre más cercano y compatible con la alcachofa es el cardo silvestre *C. cardunculus* L. variedad *sylvestris* (Lank) Fiori ($2n=2x=34$) (Basnizki y Zohary, 1987, citados por PÉREZ, 2007).

La alcachofa (*Cynara scolymus* L.) tuvo su centro de origen en una amplia zona que cubre Asia Menor y el norte de África, formando parte de la Cuenca del Mediterráneo e incluye a las islas Canarias, las Egeas y el sur de Turquía y Siria, aunque las variedades conocidas parecen derivarse de una desarrollada en Italia (ROBLES, 2001). Asimismo, se tienen noticias de esta planta desde la antigüedad, y se cree que las informaciones sobre la misma están referidas al cardo silvestre (*Cynara cardunculus* L.), de la que derivan los actuales cultivares (<http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>). La migración italiana que siguió a la primera guerra mundial introdujo la alcachofa al Argentina y por la misma vía llegó también al Perú, donde a fines de 1999 se cultivaba apenas alrededor de 320 has., la mayor parte de ellas concentrada en la zona de Concepción del departamento de Junín (63%) y alrededor de los 3,300 m. sobre el nivel del mar, lo que constituye una situación única en el mundo (CÁRDENAS, 2006).

De otro lado, la alcachofa no es sólo una hortaliza nutritiva sino altamente protectora de la salud. Por su contenido de fibra, vitamina C y flavonoides antioxidantes previene la formación de tumores, cáncer de colon, senos y próstata, además de problemas cardiovasculares. Su alta proporción de magnesio le confiere efectos antidepresivos y refuerza el sistema reproductivo. Contiene un alcaloide llamado cinarina que es estimulante del hígado, reduce los cálculos biliares así como el colesterol y la formación de ácido úrico (ROBLES, 2001). La parte comestible proporciona un 12 % de glúcidos, cuya sexta parte la constituye la insulina, la toleran muy bien los diabéticos, por lo que se considera un magnífico alimento para ellos (CÁRDENAS, 2006).

Respecto a su morfología el sistema radical en plantas adultas se caracteriza por ser adventicio, a partir de la zona de la corona; al principio, las 6 a 12 raíces que se forman son fibrosas y después de ramificar profusamente se transforman en gruesas raíces de reserva, que pueden alcanzar profundidades cercanas a 1 m. Las yemas de la corona de la planta rebrotan temporada tras temporada utilizando las reservas acumuladas en ella, generando un número variable de hijuelos, que emiten sus propias raíces y pueden constituirse en individuos completos e independientes de la planta madre. La parte aérea está constituida principalmente por un conjunto de hojas grandes, de entre 0,5 y 1,5 m de largo, dispuestas alternadamente sobre un tallo corto y comprimido para conformar una gran roseta que puede medir entre 0,5 y 1,5 m de diámetro. Las hojas son alargadas y pinnatipartidas, la lámina es de color verde claro en el haz y blanquecino pubescente en el envés, y es atravesada profusamente por

una nervadura muy marcada. Al ocurrir las condiciones ontogénicas y ambientales requeridas, el tallo se elonga y ramifica, presentándose erguido, acanalado longitudinalmente, vigoroso y con más de 1 metro de altura. En el extremo del mismo se forma una inflorescencia o capítulo primario, y en las ramificaciones del tallo se forman capítulos secundarios, terciarios y hasta cuaternarios, dependiendo del cultivar. Los capítulos son grandes y de forma variable, de redonda a alargada, y con brácteas erectas, ovadas o alargadas, con o sin espinas apicales y de color verde a morado. Al continuar el desarrollo de la inflorescencia, las brácteas se abren lateralmente dando paso a la expresión del capítulo floral distendido, que muestra un gran número de flores tubulosas, hermafroditas y de color azul-violeta. Después de la polinización cruzada entomófila (la autopolinización es casi imposible porque la especie presenta protandria) y de la fertilización, se forma el fruto que corresponde a un aquenio, conocido vulgarmente como "semilla" y es de forma oblonga, pardogrisáceo manchado, levemente comprimido o cuadrangular y provisto de un pappus plumoso (http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p125.html).

2.1.2 Fenología del cultivo

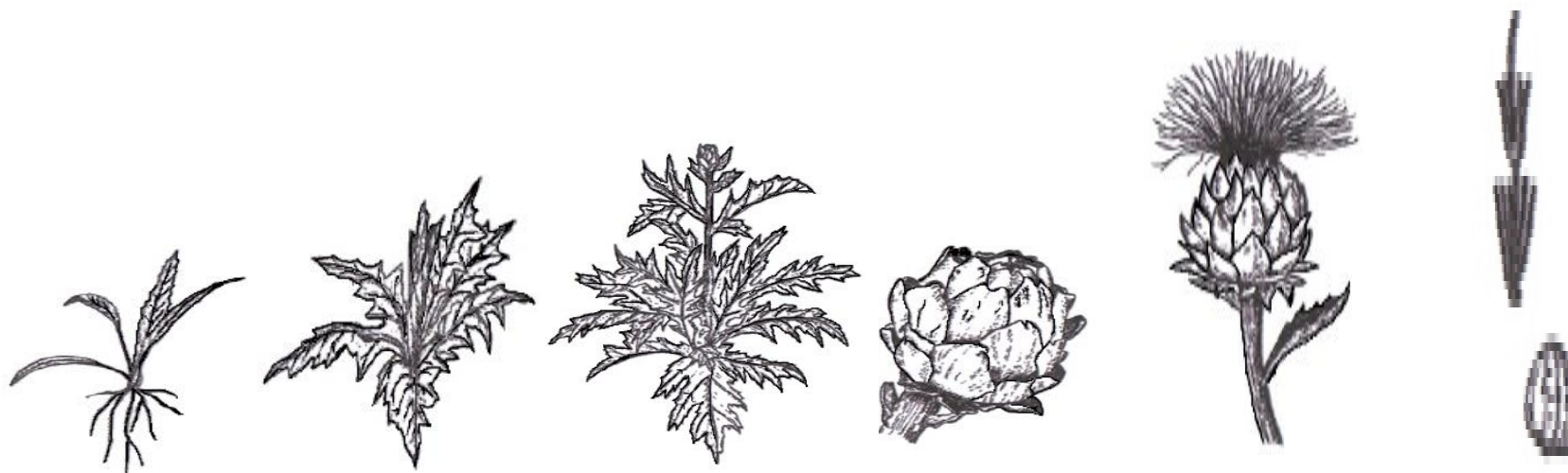
La fenología es la rama de la Agrometeorología que trata del estudio de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y las condiciones de tiempo y clima reinantes en su hábitat. Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas.







También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica. La mayoría de estas fases son visibles en casi todas las plantas, sin embargo existen algunas plantas que poseen ciertas fases invisibles, tal es el caso de la higuera cuya fase de floración es invisible; la sandía es otro ejemplo en la cual la fase de maduración no es notorio. Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de éste evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas. Así por ejemplo, en el maíz se han considerado las siguientes etapas: siembra – emergencia (I etapa), emergencia – panoja (II etapa), panoja – espiga (III etapa) y espiga – maduración (IV etapa). La suma de las cuatro etapas constituye el ciclo de vida del maíz. Cada una de estas etapas está influenciada por los elementos meteorológicos que en su conjunto constituyen el clima de una localidad. Asimismo, se considera que la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones fenológicas, consideradas importantes, son la base para la implementación de todo sistema agrícola, permitiendo a los productores agrarios obtengan con su aplicación una mayor eficiencia en la

planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas conducentes a incrementar la productividad y producción de los cultivos (YZARRA y LÓPEZ, 2011).

La alcachofa es una planta vivaz (cuando termina su ciclo de floración y las semillas están maduras, las hojas y tallos mueren, pero las raíces y corona permanecen vivas en latencia) que brota todos los años. Su crecimiento y producción están en función del clima y la variedad, paralizándose cuando las temperaturas son muy bajas o muy altas. Desde el punto de vista agronómico, en el ciclo del cultivo se distinguen las siguientes fases fenológicas: fase de crecimiento de la planta, con formación de una abundante roseta de hojas de color verde claro, estado de branquiblasto, y fase de diferenciación floral, con formación y alargamiento de un tallo florígeno que se remata en un capítulo (MAROTO, 2002).

Según YZARRA y LÓPEZ (2011), la fase fenológica de la alcachofa (*Cynara scolymus*) se diferencia de acuerdo a la Figura 1.



 EMERGENCIA	 CRECIMIENTO VEGETATIVO	 ELONGACIÓN DEL TALLO	 CABEZUELA FLORAL	 FLORACIÓN	 FRUCTIFICACIÓN
<p>Aparición de las primeras plantitas sobre la superficie del suelo.</p>	<p>Después del trasplante las plántulas empiezan a formar nuevas hojas.</p>	<p>El tallo se alarga y ramifica, se presenta erguido y vigoroso.</p>	<p>Momento en que aparece el primer capítulo o inflorescencia en el extremo superior del tallo.</p>	<p>Las brácteas del capítulo se abren lateralmente y se hacen visibles las flores.</p>	<p>Aparecen los primeros frutos, son de tipo aquenio.</p>

Fuente: Manual de Observaciones Fenológicas – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2011)

FIGURA 1. Fases fenológicas del cultivo de la alcachofa

2.1.3 Medio ambiente y requerimientos del cultivo

Las alcachofas son plantas con raíces profundas que pueden ser cultivadas en un amplio rango de suelos; sin embargo, producen mejor en suelos profundos, fértiles, ricos en materia orgánica y de buen drenaje. Se deben evitar suelos livianos con exceso de drenaje y baja capacidad de retención de humedad. La alcachofa es una planta considerada como esquilante (exprime los nutrientes del suelo), es decir que agota intensamente el terreno, de allí que es aconsejable la adición de materia orgánica y la rotación con otros cultivos después de tres años, pudiendo ser instalados nuevamente en el mismo terreno luego del tercer año. Son moderadamente tolerantes a sales; prefiere suelos con pH entre 6.4 – 7.5 y la conductividad eléctrica menor de 4 dS/m (Wayne y Keith, 1998 e INIA, 2001, citados por MAMANI, 2009).

El subsolado es necesario en la preparación del terreno para asegurar buen drenaje y espacio a la raíz. Los suelos arenosos y pobres en materia orgánica de las pampas costeñas, si bien facilitan el desarrollo radicular, tienen menos fertilidad y son también más propicios al desarrollo de nematodos. Por tales razones, la adición de materia orgánica para el cultivo de alcachofa es muy conveniente, especialmente en los suelos arenosos donde los nematodos tarde o temprano son un problema. En California se recomienda incorporar 40 t/ha de estiércol, antes de hacer una plantación con variedades perennes, y en CHAVIMOCHIC se supera ampliamente esa cifra, por lo que no hay restricción en la aplicación de materia orgánica, dependiendo esto de la economía del agricultor (ROBLES, 2001).

Este cultivo soporta mal el exceso de humedad del suelo y puede adaptarse a suelos con pH moderadamente básicos, así como tolerar suelos con pH alcalino (8.5). Es una planta moderadamente resistente a la salinidad, pero un exceso ocasiona necrosis en las brácteas internas y facilita la proliferación de enfermedades como Botrytis y Erwinia. Se adapta a suelos ricos en carbonato cálcico, hasta un 45 % (MAROTO, 2002).

De otro lado, la alcachofa requiere de una adecuada disponibilidad de agua principalmente durante el crecimiento vegetativo, formación de yemas y maduración de las cabezuelas florales. Al momento de instalar el cultivo, el suelo debe estar húmedo. Estudios realizados a nivel de costa señalan que el uso consuntivo de agua varía entre 7,500 a 11,000 m³/ha/campaña, en condiciones de riego por gravedad, mientras que en riego tecnificado varía entre 7,000 a 10,000 m³/ha (Cabrera 1999, citado por ROBLES, 2001). Asimismo, se dice que la alcachofa responde bien al riego por aspersión por ser el sistema que más refresca el ambiente, característica que lo hace propicio para un cultivo de gran expansión foliar, elevado índice de transpiración y tendencia a la apertura de los capítulos en los meses de calor, aunque significa un mayor gasto de agua (6,000 a 9,500 m³/ha) que el riego por goteo (5,000 m³/ha) (ROBLES, 2001). Hay que considerar que las plantas de alcachofa son susceptibles a la podredumbre de la raíz si el riego es excesivo, por lo que se recomienda no regar a manta y si se efectúa, tratar de no inundar la parte del tallo y la raíz. En suelos arcillosos pesados es aconsejable cavar acequias en la parte final más baja de los surcos, de modo de poder drenar el exceso de agua (CÁRDENAS, 2006).

Para florecer, este cultivo requiere acumular cierta cantidad de frío, proceso que se denomina vernalización. Cuanto mayor sea el frío acumulado en el invierno, obviamente sin pasar el límite de tolerancia del cultivo, mayor será la fuerza de la planta para lanzar brotes florales que darán capítulos grandes y apretados y más compacto será el período de producción. Asimismo, la alcachofa exige cierto nivel de humedad atmosférica para evitar la apertura de los capítulos y la fibrosidad de sus brácteas. Acepta límites térmicos de 7 °C en invierno y 29 °C en verano, pero encuentra su mejor hábitat cuando las temperaturas medias se mantienen más o menos constantes alrededor de 13 °C durante la estación fría y 22 °C en la cálida. La vernalización, se cumple normalmente en las zonas andinas pero no suficientemente bajo las condiciones del suave clima marítimo de los valles costeros, en los que el período de floración y producción se dilata más que en la sierra. No obstante a ello, la floración puede ser estimulada notablemente mediante la acción de ácido giberélico, por lo que la falta de frío no sería una limitante como lo demuestran las experiencias que se vienen realizando (ROBLES, 2001).

Se debe evitar que las plantas se expongan a temperaturas por debajo de -3,8 °C, pues la cosecha corre peligro de arruinarse completamente. Los climas cálidos y secos provocan que las hojas del fruto (brácteas) tiendan a abrirse rápidamente destruyendo la ternura de la parte comestible y la consistencia del fruto, por lo tanto, las alcachofas tienen un sabor amargo y son poco atractivas en apariencia. Las condiciones de calor, sequedad, y viento originan yemas (parte comestible) menos compactas, amargas y duras con

brácteas que se curvan hacia afuera. Las heladas dañan las brácteas causando ampollas en el tejido de la yema más externa y una apariencia blanquecina, que luego se volverá de color marrón parduzco. El daño por heladas es superficial y no afecta la calidad comestible pero la decoloración de las yemas dificulta la comercialización (CÁRDENAS, 2006).

Respecto a la luz, las alcachofas son plantas de días largos con un foto periodo mínimo de 10.5 horas. La longitud del día y la alternancia de periodos de oscuridad durante el crecimiento de la planta tiene un efecto notable en la determinación de la época de floración; algunas plantas florecen cuando los días son cortos (doce horas o menos de luz diurna), pero otros sólo lo hacen cuando reciben catorce a más horas de iluminación, otros son neutros y no se afectan por este tipo de variaciones. En el valle del Mantaro, el cultivo se conduce en foto periodo intermedio de 11 a 13 horas luz. La alcachofa en el mundo es sembrada a altitudes que difícilmente pasan los 2,000 msnm; sin embargo bajo condiciones de sierra se observa cultivares de alcachofa hasta altitudes de 3,300 msnm, dependiendo básicamente de las temperaturas que se registran en cada zona y se mantengan en los rangos óptimos. Las principales zonas productoras en el mundo están ubicadas generalmente en zonas del litoral muy cercanas al mar, por lo tanto, el grado de humedad relativa es alta; este aspecto influye directamente sobre la apertura de las cabezuelas florales y la fibrosidad de las brácteas. A nivel nacional la principal zona productora en sierra es el valle del Mantaro, que presenta una humedad relativa promedio de 45% (<http://html.rincondelvago.com/manejo-agricola-de-la-alcachofa-en-la-sierra-del-peru.html>)

2.1.4 Plagas y enfermedades en el cultivo de alcachofa

En las primeras etapas del cultivo se presentan como insectos dañinos los gusanos de tierra tales como *Feltia experta*, *Agrotis ipsilon*, *Copitarsia corruda* y *Spodoptera* spp. Los daños son ocasionados por las larvas y ocurren durante la noche, cortan las plántulas a la altura del cuello provocando su muerte; casi siempre se presentan en focos, el daño puede alcanzar a las hojas de la base, comiéndose el pecíolo (ROBLES, 2001). Asimismo, la presencia de estos insectos ocurre especialmente en condiciones de almácigo o inmediatamente después del trasplante. Sin embargo, lo consideran sin importancia económica (Sánchez & Vergara 1998, citados por MAMANI, 2009).

Para el Perú, CASTILLO (2006), destaca entre las más importantes: *Spodoptera eridania* y *Spodoptera ochrea*, y señala que estas pueden vivir entre 30 a 45 días y su capacidad de oviposición está por encima de las 1,500 posturas. Empupan en el suelo y los adultos ovipositan en masa. Los daños están asociados a los escapos florales, en el momento de su floración suelen ingresar dentro del mismo y alojarse en el interior, donde los métodos de control son infructuosos, es por esta razón que los controles deben realizarse al inicio de las gradaciones de estos insectos, cuando se encuentran sobre el follaje y cuando aún no se han formado los primeros escapos florales. También son plagas de importancia: *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Bemisia tabaci*, *B. argentifolii*, *Heliothis virescens*, *Copitarsia decolora* y *Pseudoplusia includens*.

Según INIA (2001) y ROBLES (2001) las ninfas y adultos de *Bemisia tabaci*, afectan al cultivo de la alcachofa al succionar la savia de las plantas para alimentarse. Las infestaciones severas debilitan las hojas, provocando caídas prematuras de éstas. Debido a la secreción de la mielecilla que producen las ninfas, se desarrolla el hongo de la fumagina que ennegrecen el follaje. A su vez ROBLES (2001) cita a *Bemisia argentifolii*, que es una especie polífaga y cosmopolita; puede convertirse en una seria plaga si se les combate con insecticidas orgánicos. Sin embargo, favorecida por el clima durante el fenómeno “El Niño”, ha perdido importancia en la actualidad y son afectadas por los hongos *Paecilomyces* sp. y *Verticillium lecanii*.

Entre las enfermedades más importantes que atacan al cultivo de alcachofa, destaca la “Oidiosis” causada por el hongo *Leveillula taurina*; el ataque de este patógeno por lo general comienza en el tercio inferior de la planta, en donde produce manchas cloróticas en el haz, y en el envés se observa una esporulación blanquecina. Un requisito para que pueda darse la infección es que necesariamente el tejido de la hoja este vivo para poder ser parasitado, es por ello que la oidiosis es un parásito obligado. Cuando el ataque es muy severo se puede observar daño hasta en el tercio superior de la planta. En esta etapa de la enfermedad, el hongo muere y la alcachofa pierde hojas por necrosis, lo que incrementa significativamente la producción de etileno, envejeciendo prematuramente la planta. Asimismo, se pueden encontrar diversas enfermedades atacando al cultivo, tales como: “Moho Gris” ocasionado por *Botrytis cinerea*, *Erwinia carotovora* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Asimismo, se considera que otro de los problemas fitosanitarios más

importantes que tiene la alcachofa en la mayoría de los suelos de la Costa es ocasionado por *Meloidogyne incognita* (Nematodo del nódulo). Esta planta es muy susceptible a este patógeno y muestra en la parte aérea una clorosis muy marcada a nivel de las hojas basales; en grados muy severos de infección se puede observar muerte de plantas. Junto con los síntomas en la parte aérea se observa a nivel de las raíces la presencia de nódulos, los cuales pueden llegar a deformar totalmente el sistema radicular (APAZA, 2006).

2.1.5 Fertilización NPK del cultivo de alcachofa

Para una producción del orden de 10 a 12 t ha⁻¹, este cultivo extrae 80 kg de N, 35 kg de P₂O₅ y 160 kg de K₂O (DOMÍNGUEZ, 1997). Por otro lado, las aplicaciones de fósforo a través de los sistemas de riego por goteo, pueden incrementar significativamente la absorción de fósforo por la planta ya que concentra el fertilizante en la zona de mayor humedad y desarrollo de raíces (LUDWICK, 1997). Asimismo, en la mayoría de los cultivos se debe fraccionar el nitrógeno, pero aplicándolo en su totalidad durante la primera mitad del período vegetativo para favorecer el crecimiento y evitar posteriormente que los nitratos acumulados en las hojas interfieran la traslocación de fotosintatos a los frutos u órganos de reserva; pero cuando la floración y fructificación son continuas durante un tiempo prolongado, como es el caso de la alcachofa, una porción menor debe ser dosificada en ese período, cosa que es más fácil de hacer cuando se riega por goteo. El fósforo debe ir todo en la primera fertilización y el potasio debe ser también fraccionado, poniéndose la mitad en el primer abonamiento y el saldo a los tres meses y medio del trasplante para estimular la floración y el movimiento de

carbohidratos (ROBLES, 2001). De otro lado, se conoce a la alcachofa como un cultivo exigente en nutrientes debido a su gran desarrollo foliar y velocidad de producción de inflorescencias. La bibliografía extranjera (España) reporta que la producción de 15 toneladas de cabezuelas extrae del terreno por hectárea 120 kg de nitrógeno (N), 84 kg de ácido fosfórico (P_2O_5) y 180 kg de potasio (K_2O). En condiciones del valle de Chancay-Huaral, se puede emplear la dosis de 200-140-180 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O , obteniéndose rendimientos de 12.5 t ha^{-1} en el cultivar "Green Globe" y 12.6 t ha^{-1} en el cultivar "Imperial Star".

2.2 Cultivares de alcachofa

Se diferencian por la forma (esférica u oval), tamaño y color (verde o violeta) del capítulo y por la precocidad (de días cortos, las que necesitan pasar un período invernal antes de emitir los capítulos; o de días largos, capaces de producir en otoño) (<http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>).

Asimismo, ROBLES (2001) señala que en la alcachofa se dan cuatro formas básicas de cabezuelas, habiendo las esféricas o redondas como la Green Globe, Camas y Castel; subesféricas o ligeramente achatadas como la Imperial Star, A – 106, AR – 9903, Lorca y Talpiot; elipsoides como la Blanca de Tudela y cónicas como la Romanesco, la Violetto di toscaza y nuestra Criolla, que se caracterizan por dar los fondos más grandes. Sin embargo la forma y aspecto de la alcachofa, además de las características propias de la variedad, dependen también de la época en que se cosecha. En California, donde las estaciones son más marcadas que en la costa peruana, las

alcachofas de primavera tienden a ser más redondas y compactas, con brácteas de color verde brillante, más tiernas y pegadas; en verano y otoño toman forma cónica, son más pálidas, de brácteas algo abiertas y de menor peso y en invierno son más pesadas, compactas y tiernas al centro, aunque cuando el frío es excesivo se producen quemaduras y ampollas en la brácteas exteriores. Algo parecido ocurre en Concepción (Junín), debido a que las estaciones son bien marcadas. En Europa, donde el clima es más riguroso y la producción se concentra normalmente en pocos meses, la forma de los capítulos prácticamente no varía. Los cultivares anuales norteamericanos y los españoles derivados de ellos son conocidos en los Estados Unidos como “tipo Desert” y se caracterizan por tener capítulos esféricos y sin espinas, en algunos casos ligeramente achatados y poco compactos, que no cierran bien en el ápice, dejando ombligos. En el Perú se cultivan variedades con espinas como la Criolla (para mercado interno) y cultivares sin espina, tales como la Green globe e Imperial Star, A -106 y Lorca (TEJADA y MOLLINEDO, 2006).

2.2.1 A – 106 (AGRISET – 106)

Poseen una amplia adaptabilidad climática con requerimientos mínimos de frío para la producción de capítulos (CHÁVEZ, 2001). Las plantas poseen un crecimiento uniforme y de vigor espectacular, llegando a alcanzar 1.0 m de altura por 1.4 m de ancho; las hojas presentan un color verde plateado, un poco coriáceas al principio, posteriormente pierden la rigidez y se vuelven más flexibles. A lo largo del ciclo vegetativo presentan durante mucho tiempo un tallo único, con varios tallos secundarios y de estos últimos saldrán otros terciarios donde la planta dará las cabezuelas. La producción la hacen en

ramilletes de varias cabezuelas florales, a veces muy numerosas, la que determina que el cultivar sea altamente productivo. El color de las cabezuelas florales de las primeras recolecciones es verde, con un cierto brillo característico de la variedad. Con temperaturas frías aparece un color morado en la parte inferior de las brácteas. La forma de las cabezuelas florales es más o menos elipsoide, el diámetro es variable pudiendo alcanzar más de 8 cm. El corazón es blanco y tierno de muy poca pilosidad. El sabor es más dulce. Las brácteas no presentan espinas y el centro de estas lo recorre una pequeña hendidura rodeada de matices amarillentos y que va desde el ápice de la bráctea hasta el primer tercio de ésta (INIA, 2001).

2.2.2 Lorca (ARNEDO AR – 9903)

El cultivar anual y sin espinas, Arnedo AR-9903, rebautizada como Lorca, fue introducida al Perú desde España. Este cultivar español es uno más de los seleccionados de la norteamericana Imperial Star. La forma de las cabezuelas pueden ser sub esféricas o ligeramente achatadas como las de los cultivares Imperial Star y A – 106. La forma y aspecto de estas alcachofas, además de las características propias del cultivar, dependen también de la época en que se cosecha (<http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>).

2.2.3 Imperial Star

Los cultivares de alcachofa propagados por semillas y de más prometedor futuro pertenecen al tipo Imperial Star, cultivar desarrollado en California.

Es un cultivar de alcachofa globo sin espinas. El brillo y el color de las brácteas verde grisácea le da al cultivo una apariencia distinta a la cabezuela floral. Las cabezuelas florales son esféricas y tienen como promedio 11 cm de diámetro; asimismo, las brácteas se abren lentamente con la madurez. El tamaño promedio de las plantas es de 1.45 m de altura al momento de la cosecha. Tiene amplia adaptabilidad climática. El sabor es ligeramente dulce (INIA, 2001).

2.3 Fito hormonas y fitorreguladores

Los fitorreguladores, son compuestos orgánicos que en pequeñas cantidades, inhiben, promueven o modifican algún proceso fisiológico; y las fitohormonas, son los fitorreguladores producidos por las plantas, generalmente en un punto distinto del que actúan. El término fitorregulador de crecimiento en su término más general debe utilizarse en lugar de hormona al referirse a productos químicos agrícolas utilizados en pequeñas cantidades para modificar los procesos fisiológicos de las plantas (WEAVER, 1990). Una hormona, es una sustancia orgánica que se produce dentro de la planta y que en bajas concentraciones promueve, inhibe o modifica cualitativamente el crecimiento. Una característica común de las hormonas es su capacidad para inducir o reprimir algún proceso de crecimiento en la planta o actuar en forma localizada en un sitio que no es el de síntesis; es decir por lo común las hormonas se desplazan en el interior de las plantas de un lugar de producción a un sitio de acción (FERNÁNDEZ y JOHNSTON, 1986).

Los fitorreguladores se aplican para restablecer el equilibrio hormonal y por tanto el desarrollo normal de la planta o bien activar, retardar o modificar algún aspecto del desarrollo y no solamente sobre aquel que se desea regular, sino también es posible esperar otro efecto además de los previstos, algunos de los cuales sea quizás indeseable. Los factores del medio ambiente, principalmente la temperatura y los factores propios de la planta, especialmente la edad, pueden hacer variar los efectos de las hormonas y por ende las respuestas a los fitorreguladores que en su composición contienen similitudes con estas hormonas (EVANS, 1983).

2.3.1 Las giberelinas y el ácido giberélico

Las giberelinas son un tipo de reguladores de crecimiento que afecta a una amplia variedad de fenómenos de desarrollo en las plantas, incluidas la elongación celular y la germinación de las semillas. El nombre se debe a un hongo del género *Gibberella*. El científico japonés Eiichi Kurosawa , descubrió que dicho hongo segregaba una sustancia química que hacía que los tallos de arroz infectados alcanzaran gran altura antes de caer, conocida como bakanea o plántulas tontas (enfermedad loca de las plántulas). Esta sustancia química recibió el nombre de giberelina y, más tarde, se descubrió que aparecía de forma natural en las plantas, en cantidades reguladas y de diversas formas. Hay más de 110 giberelinas diferentes, pero para cada especie vegetal sólo unas pocas son biológicamente activas. Las giberelinas se sintetizan en los meristemos apicales, hojas jóvenes y embriones; son uno de los varios tipos de reguladores implicados en la elongación del tallo. Asimismo, promueven la floración de algunas plantas, incluidas aquellas que normalmente

necesitan un tratamiento frío que suele recibir del invierno, así como aquellos que "florecen prematuramente" para formar una inflorescencia de cierta altura en su segundo año de crecimiento. La práctica de utilizar un tratamiento frío para acelerar la floración se conoce como vernalización (del latín *vernus*, primavera) porque reduce el periodo de dormancia previo a la primavera. Los botánicos han descubierto que tratar los vegetales con giberelinas tiene el mismo efecto que la vernalización, es decir, la estación de crecimiento es más corta y la floración es más rápida. Dichos tratamientos suelen aplicarse en regiones templadas con periodos vegetativos cortos, pues una floración acelerada puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un cultivo. La giberelina disponible comercialmente es el ácido giberélico o AG₃, que se obtiene por fermentación de los extractos del hongo *Gibberella* (NABORS, 2005).

2.3.2 Acción de las giberelinas en los cultivos

Antes del descubrimiento de las giberelinas, la inducción de la floración en plantas de días largos cultivadas en condiciones de días cortos, no estaba generalmente sujeta a la regulación química. Sin embargo, muchas plantas anuales de días largos cultivadas en ambientes no favorables a la floración, pueden florear mediante la aplicación de giberelinas. Para ello fueron cultivados varios géneros y especies de plantas de días largos a temperaturas de 10 a 13 °C, las plantas se cultivaron en fotoperíodos cortos y no inductivos (9 a 11 horas), la aplicación de giberelinas estimuló la expansión de los tallos e indujo la producción de flores de varios cultivos como lechugas de cabeza, rábano y mostaza (Wittwer y Bukovac, 1957, citados por WEAVER, 1990).

El ácido giberélico exógeno o AG₃ provoca una elongación extrema del tallo de plantas enanas, pareciéndose incluso a las variedades más altas de la misma especie. Junto con este efecto se produce una disminución del grosor del tallo, un descenso del tamaño de la hoja y una pérdida de intensidad del color verde de las hojas. Asimismo, la aplicación de giberelinas en plantas de días cortos que adquieren una forma en roseta, dan lugar a la caulescencia típica (crecimiento del tallo) de estas plantas que se han mantenido en días cortos, y el crecimiento natural está regulado por giberelinas endógenas. Además, muchas plantas en roseta de día largo requieren de frío para la elongación del tallo y la floración, no siendo necesario este requerimiento al aplicar giberelinas (TAIZ y ZEIGER, 2006).

Las aplicaciones de AG₃ se utilizan en la producción de uva sin semillas y en la de manzanas, para aumentar el tamaño y la calidad de las mismas, mientras que en los cítricos autoincompatibles incrementan el cuajado del fruto. Los AG₃ son capaces de estimular el cuajado de especies que contienen un número reducido de óvulos, como el melocotón, el albaricoque o la cereza. En los cítricos, el cambio de coloración de verde a naranja se retrasa con AG₃, un tratamiento que además previene diversas alteraciones de la corteza. Se utilizan para estimular el desarrollo del tallo de la caña de azúcar y en la alcachofa; para romper la latencia de tubérculos de papa, o como inductores de la germinación del arroz y de variedades enanas (NABORS, 2005). En muchos cultivos como la alcachofa, el desarrollo de hojas puede ser profuso mientras que el crecimiento de los entrenudos queda retardado, lo cual origina un tipo de crecimiento denominado en "roseta". Inmediatamente antes

de la fase de reproducción, se presenta una sorprendente estimulación del alargamiento de los entrenudos, de modo que el tallo llega a alargarse en algunos casos, de cinco a seis veces la altura original de la planta. Normalmente, este tipo de planta corresponde a una planta en roseta de "días largos", las que requieren un cierto número mínimo de horas de luz para florecer, o a una planta en roseta que exige atravesar un periodo frío para espigarse y florecer. Si las plantas de días largos se mantienen en condiciones de días de luz cortos, y si el segundo tipo de plantas no atraviesa el período frío, se mantiene la forma de crecimiento en roseta. El tratamiento de estas plantas con giberelinas en condiciones que normalmente mantendría la forma de roseta ocasionará que la planta se espigue y florezca (Lang, 1970, citado por PÉREZ, 2007).

Kusey (1981), Shillo y Halevy (1982), citados por PÉREZ (2007), en ensayos realizados en plantas de *Gypsophila paniculata*, concluyeron que, el AG₃ favorece la elongación de los tallos en plantas de días largos, lo que bajo condiciones normales de desarrollo es la etapa inicial preparativa para el desarrollo de flores; sin embargo en plantas de días cortos tratadas con AG₃, los tallos son parcialmente elongados o "ciegos" y tienen un crecimiento parecido al de una roseta. De otro lado, SALISBURY y CLEON (1992), señalan que la causa de que una planta de *Gypsophila paniculata* conserve su forma de roseta, espigue y florezca está relacionada con la cantidad de giberelina nativa que se encuentra presente en la planta. Por ejemplo, hay algunas pruebas en las que las sustancias naturales del tipo de la giberelina se encuentran en mayor cantidad en las plantas espigadas que en las plantas que no lo están. La

baja temperatura inicial podría fomentar la formación de giberelinas dentro de la planta de *Gypsophila paniculada*. Asimismo, señalan que en 1961 Phiney mencionó que es posible separar el espigamiento de la floración regulando la cantidad de giberelina aplicada; es decir, si se le aplica una dosis más reducida de giberelina, se puede lograr que una cierta planta se estire sin llegar a florecer. Por lo que concluyen que las giberelinas poseen la capacidad única entre las hormonas vegetales reconocidas de estimular el crecimiento generalizado de las plantas de muchas especies, en especial las bianuales en la fase de roseta. Por lo general estimulan la elongación de tallos. Las coles y otras especies de la forma de roseta que tienen entrenudos cortos en ocasiones crecen hasta los 2 metros de altura y después florecen, tras la aplicación de AG₃, mientras que las plantas no tratadas permanecen pequeñas y en estado vegetativo.

Las giberelinas se han considerado como un sustituto de la vernalización, y sin duda están involucradas en el proceso fotoperiódico, en algunas especies estimulan la floración de plantas de días largos en condiciones de día corto. Establecen que la giberelina es quizá la única hormona que interacciona con el fitocromo, el receptor que "dice" a la planta las horas de luz diaria que recibe y que hace que las plantas se ajusten a su fotoperiodo para florecer (ROJAS y VÁSQUEZ, 1995).

Las primeras experiencias indican que las plantas deben recibir una aplicación exógena de ácido giberélico a partir de los 50 días y hasta los 90 días. Las dosis varían de 10 a 40 ppm, y aplicaciones hasta en tres

oportunidades (dosis más bajas) con intervalos de dos semanas a partir de la primera aplicación. Este es un aspecto que tiene que afinarse para cada zona de producción, ya que factores como edad de la planta, grado de luminosidad, estatus hídrico y nutricional al momento de la aplicación, entre otros, influyen la respuesta. Es importante tener en cuenta que la aplicación exógena de ácido giberélico, ocasiona a las plantas “un estirón”, es decir favorece un crecimiento violento, por lo que las plantas deben estar bien proveídas de agua y nutrientes para responder adecuadamente a esa mayor exigencia de crecimiento y se recomienda regar antes de la aplicación con un adicional de fertilización nitrogenada; por ejemplo, agregar nitrato de amonio o nitrato de calcio, 100 kg ha^{-1} (CASAS, 2000).

De otro lado, cuando el ácido giberélico (AG_3) es aplicado en la planta de alcachofa apropiadamente, puede incrementar la precocidad y uniformidad del desarrollo de yemas sin daño significativo a la planta o reducción de productividad. Se efectúan tratamientos con ácido giberélico en producciones anuales que permiten producir cosechas 8 semanas más tempranas que plantas no tratadas. Errores en la aplicación de ácido giberélico pueden reducir el vigor de la planta, incrementar la susceptibilidad a punta negra y a daño por ácaros, causar yemas precoces más cónicas de lo normal y hojas quebradizas. Los impactos negativos son especialmente notorios cuando las aplicaciones de ácido giberélico son efectuadas muy temprano en la temporada, con dosis muy altas, o cuando existe un excesivo calor durante o inmediatamente después de la aplicación (SCHRADER y MAYBERRY, 2002). Para aumentar la uniformidad, precocidad y productividad de la planta, se debe

aplicar ácido giberélico antes de la floración; bajo nuestras condiciones 90 días después del trasplante y/o cada poda. El tiempo de aplicación de ácido giberélico es crítico para un buen resultado. Las dosis máximas recomendadas son de 50 ppm en cada aplicación para evitar daños a la planta.

MOSQUERA (2006), estudió el efecto de tres concentraciones de ácido giberélico (15, 30 y 45 ppm de AG₃) en base a un testigo no aplicado bajo dos regímenes de riego en el cultivo de alcachofa cultivar Imperial Star. Para el régimen irrigado normalmente, encontró una respuesta positiva a la aplicación de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de capítulos. La tendencia es creciente, siendo el mayor rendimiento alcanzado con la concentración de 45 ppm de AG₃ logrando un rendimiento de 23.17 t ha⁻¹. En el segundo régimen de riego, el mayor rendimiento que obtuvo se logró con la concentración de 15 ppm de AG₃ alcanzando un rendimiento de 9.87 t ha⁻¹, para las otras concentraciones de ácido giberélico no obtuvo incrementos en el rendimiento. Según Mosquera, la aplicación de ácido giberélico no determina cambios morfológicos significativos en el cultivo, excepto en la altura de planta, materia seca de tallos y capítulos del cultivar Imperial Star. Asimismo, PÉREZ (2007), realizó un trabajo de investigación aplicando cuatro concentraciones diferentes de ácido giberélico (30, 60, 90 y 120 ppm de AG₃) a tres cultivares de alcachofa (Imperial Star, A-106 y Lorca); en los tres cultivares la tendencia a la aplicación del ácido giberélico en el rendimiento de capítulos, es creciente hasta la concentración de 60 ppm de AG₃ y va decreciendo a mayores concentraciones del fitorregulador. Pero en los tres cultivares en estudio, los tratamientos no aplicados presentaron el menor valor. Los cultivares Imperial Star, A-106 y

Lorca, obtuvieron un rendimiento promedio de capítulos de 20.17, 18.48 y 17.33 t ha⁻¹, respectivamente.

En el ensayo realizado por HUAMANCAJA (2007), donde manejó el cv. Imperial Star, probando tres niveles de fertilización NPK: T₁: 60-30-60, T₂: 120-60-120 y T₃: 180-90-180 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O en base a un tratamiento testigo no fertilizado. Probó por nivel de fertilización NPK, la aplicación de ácido giberélico a las concentraciones de 10, 20 y 30 ppm de AG₃ en base a un tratamiento testigo no aplicado. El rendimiento, sus componentes y la mayoría de las variables evaluadas mostraron diferencias altamente significativas sólo para el factor concentraciones de ácido giberélico. Los valores más bajos en el rendimiento de alcachofa se presentaron a nivel del tratamiento testigo no aplicado, alcanzando un rendimiento de 12.10 t ha⁻¹ de alcachofa. A la concentración de 10 ppm de AG₃ el rendimiento se eleva a 15.84 t ha⁻¹ siendo el incremento de 31.0 %. A la concentración de 20 ppm de AG₃ el rendimiento es máximo obteniéndose 16.55 t ha⁻¹ siendo el incremento de 36.8 %. Finalmente, a la concentración de 30 ppm de AG₃ el rendimiento disminuye a 15.06 t ha⁻¹. Por otro lado, POSTIGO (2009), también probó en el cv. Imperial Star, tres niveles de fertilización Nitrogenada – Fosforada – Potásica (NPK₁: 60-30-90, NPK₂: 120-60-120 y NPK₃: 180-90-180 kg de N-P₂O₅- K₂O/ ha) en base a un testigo no fertilizado. Asimismo, por nivel de fertilización NPK, probó el efecto de la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 8 ppm, aplicado en tres oportunidades (60, 75 y 90 días después del transplante) y se probó en base a un tratamiento no aplicado de AG₃. En general sus resultados indicaron que, para la mayoría de las variables morfológicas, rendimiento y

componentes del rendimiento, existe significación estadística para la fertilización Nitrogenada – Fosforada – Potásica; más no se encontró significación estadística para la aplicación de ácido giberélico, excepto para la variable altura de planta. Con ácido giberélico, el rendimiento promedio es de 21.91 t ha⁻¹ y la respuesta del rendimiento al nivel creciente de fertilización NPK es positiva siendo la tendencia creciente.

En otro ensayo realizado por BECERRA (2011), en Alcachofa cv. Imperial Star, se probó tres fórmulas de fertilización NPK en base a la técnica del elemento faltante (F₁: 160-0-0, F₂: 160-80-0 y F₃: 160-80-160 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅- K₂O) con un testigo no fertilizado. Por fórmula de fertilización NPK en estudio se probó dos concentraciones de ácido giberélico (30 ppm y 60 ppm de AG₃) comparados con un testigo sin AG₃. Del ensayo concluyó que, para niveles de ácido giberélico, el rendimiento, número de capítulos por planta, el peso promedio de capítulos, altura de planta y área foliar, muestran diferencias altamente significativas. El máximo rendimiento (20.83 t ha⁻¹) caracteriza a 60 ppm de AG₃, con 12.6 % de incremento respecto de 30 ppm de AG₃ y con 30.5 % respecto del testigo sin la aplicación de AG₃, que se caracteriza por presentar el menor rendimiento con 15.96 t ha⁻¹. En general, los mayores valores en las variables del crecimiento y sus componentes, y en los componentes del rendimiento se presentan a nivel de 60 ppm de AG₃.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado geográficamente en el valle de Ate, distrito de La Molina, cuyas coordenadas UTM son: 287880 m E, 8663450 m N, y una altitud media de 238 msnm.

3.2 Historia del campo experimental

Los cultivos que antecedieron a la siembra del experimento fueron:

Año 2003	-----	Maíz
Año 2004	-----	Papa
Año 2005	-----	Ají pprika
Año 2006	-----	Alcachofa

3.3 Características climatológicas

El Cuadro 1 muestra los datos climatológicos obtenidos en los registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante el período vegetativo del cultivo. El ensayo fue conducido de agosto – 2006 a enero – 2007 con valores medios de radiación solar de 302.2 cal/g/cm² – día, de 3.43 horas diarias de heliofanía, de 19.6 C de temperatura media, de 84.4% de humedad relativa y una evaporación media de 2.84 mm/ día.

Cuadro 1. Datos climáticos correspondientes al período experimental comprendido entre los meses de agosto del 2006 a enero del 2007 en La Molina, Lima.

Mes	Radiación solar circunglobal	Heliofania mensual (Horas sol/día)	Temperatura mensual			Humedad relativa			Evaporación media mensual (mm/día)*
	(cal/g/cm ² -día)		Media (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Media (%)	Máxima (%)	Mínima (%)	
Agosto	195.1	1.75	17.3	19.6	15.0	88.2	94.7	78.8	1.47
Setiembre	273.7	3.36	17.4	20.7	14.4	85.0	95.0	74.0	2.14
Octubre	316.6	4.07	18.6	22.0	15.2	87.0	94.3	77.0	2.69
Noviembre	332.8	3.75	19.9	23.1	15.9	84.0	93.0	75.0	3.03
Diciembre	347.7	2.98	20.1	24.4	17.7	83.3	93.4	68.3	3.17
Enero	347.3	4.64	24.7	27.7	19.9	79.0	94.0	69.0	4.57

3.4 Características físico-químicas del suelo

Los suelos de La Molina se encuentran fisiográficamente situados en una terraza media de origen aluvial, en el valle del río Rímac. Se caracterizan por presentar buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media a ligeramente gruesa, estructura granular fina y consistencia en húmedo que va desde friable a muy friable.

Para determinar la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo aleatorio. El análisis de la muestra se realizó en el laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, presentando los resultados en el Cuadro 2. Los análisis indican que el suelo presenta una textura franca arenosa, la cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y buena aireación. Presenta una reacción ligeramente básica, con un contenido medio de calcáreo total. De acuerdo a la conductividad eléctrica clasificamos a este suelo como medianamente salino. El porcentaje de materia orgánica es bajo, por tanto, la cantidad de nitrógeno en el suelo también será limitado. Asimismo, para el fósforo y potasio, el análisis indica valores altos y medios respectivamente. La capacidad de intercambio catiónico muestra una fertilidad potencial media del suelo. Respecto a los cationes cambiables, el calcio y el magnesio predominan saturando en un 94.2 % del complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg de 2.84, Ca/K de 17.3 y Mg/K de 6.1, lo que indica que hay una elevada concentración de magnesio respecto de calcio y

de potasio y de calcio respecto de potasio, por lo que se tomó en cuenta este desbalance para la fertilización potásica.

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo.

Determinación	Valor	Unidades	Método de análisis
Conductividad eléctrica C.E.	5.94	dS/ m	Lectura del extracto de pasta saturada
Análisis mecánico			Hidrómetro de Bouyoucos
Arena	66	%	
Limo	22	%	
Arcilla	12	%	
Clase textural	Franco arenoso		Triángulo textural
pH	7.75		Potenciómetro relación suelo-agua 1:1
Calcáreo total	4.10	%	Gasó-volumétrico
Materia orgánica	1.00	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	32.90	ppm P	Olsen modificado
Potasio disponible	229	ppm K	Acetato de amonio 1N pH 7.0
C.I.C.	10.56	cmol(+)/ kg	Acetato de amonio 1N pH 7.0
Cationes cambiabiles			Espectrofotometría de absorción atómica
Ca ⁺⁺	7.29	cmol(+)/ kg	
Mg ⁺⁺	2.56	cmol(+)/ kg	
K ⁺	0.42	cmol(+)/ kg	
Na ⁺	0.29	cmol(+)/ kg	

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria - La Molina.

3.5 Características del agua de riego

El Cuadro 3 presenta los resultados del análisis del agua de riego mostrando que es altamente salina (3.3 dS/ m - C4). El RAS es bajo, lo que indica que no tiene problemas de alcalinidad (3.6 - S1).

Cuadro 3. Análisis del agua riego.

Determinación	Valor	Unidad
C.E.	3.34	dS/ m
pH	6.90	me/ L
Calcio	15.95	me/ L
Magnesio	6.41	me/ L
Sodio	12.21	me/ L
Potasio	0.31	me/ L
Suma de cationes	34.88	
Nitratos	0.18	me/ L
Carbonatos	0	me/ L
Bicarbonatos	1.85	me/ L
Sulfatos	7.29	me/ L
Cloruros	25	me/ L
Suma de aniones	34.32	
Sodio	35	%
RAS	3.65	me/ L
Boro	0.50	ppm

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad

Nacional Agraria La Molina.

Además, las sales que van a predominar son los sulfatos y cloruros tanto de calcio como de sodio. No existen problemas de toxicidad por boro, sin embargo, cloruros y sodio se encuentran a niveles por encima de los límites permisibles. El análisis indica también que el agua de riego presenta nitratos, anión no común en las aguas para riego, lo cual es un aporte suplementario de nitrógeno para el cultivo y que debería ser considerada en el balance de este elemento.

3.6 Características de los cultivares en estudio

A – 106: es un cultivar de crecimiento uniforme y de gran vigor; alcanza 1m de altura y 1.4 m de diámetro; las hojas son de color verde plateado, inicialmente coriáceas que luego se vuelven más flexibles. Los capítulos son de color verde cuyas brácteas casi no presentan espinas. El corazón es blanco, tierno y de muy poca pilosidad (CHÁVEZ, 2001).

Lorca: es un cultivar proveniente de España que se caracteriza por tener capítulos esféricos y sin espinas, en algunos casos ligeramente achatados y poco compactos que no cierran bien en el ápice, dejando ombligos (ROBLES, 2001).

Imperial Star: es un cultivar de amplia adaptabilidad climática, su tamaño promedio es de 1.45 m de altura al momento de la cosecha. Produce capítulos de forma oval a achatada, sin espinas, de 11 cm. promedio de diámetro, con brácteas notablemente brillosas, verdes, firmes, que tienen base púrpura, y se abren lentamente al llegar a la madurez. Tienen excelente sabor

y es ligeramente dulce (Agro Industria Backus S.A. 2005, citado por HUAMANCAJA, 2007).

3.7 Fuentes de fertilización

Nitrato de amonio : 33.5 (%N) - 0 (%P₂O₅) - 0 (% K₂O)

Ácido fosfórico : 0 (%N) - 53 (%P₂O₅) - 0 (% K₂O)

Nitrato de potasio : 13.5 (%N); 0 (%P₂O₅); 45.5 (% K₂O)

3.8 Fuente de ácido giberélico

Producto comercial: N – Large

Componentes:

- Ácido giberélico.....32 g/L
- Ingredientes inertes.....768 g/L

3.9 Metodología

El experimento evaluó el efecto de tres concentraciones de ácido giberélico y un tratamiento testigo sin ácido giberélico, en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de alcachofa sin espinas: cv. Imperial Star, cv. A-106 y cv. Lorca.

3.9.1 Factores en estudio

a. Cultivares de alcachofa

a₁ = Imperial Star

a₂ = A-106

a₃ = Lorca

b. Concentraciones de ácido giberélico (AG₃)

b₁ = 0 ppm (Testigo)

b₂ = 20 ppm (Bajo)

b₃ = 40 ppm (Medio)

b₄ = 60 ppm (Alto)

3.9.2 Tratamientos en estudio

CUADRO 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

Número	Clave	Tratamientos
T ₁	a ₁ b ₁	cv. Imperial Star + sin aplicación de AG ₃
T ₂	a ₁ b ₂	cv. Imperial Star + aplicación de AG ₃ (20 ppm)
T ₃	a ₁ b ₃	cv. Imperial Star + aplicación de AG ₃ (40 ppm)
T ₄	a ₁ b ₄	cv. Imperial Star + aplicación de AG ₃ (60 ppm)
T ₅	a ₂ b ₁	cv. A-106 + sin aplicación de AG ₃
T ₆	a ₂ b ₂	cv. A-106 + aplicación de AG ₃ (20 ppm)
T ₇	a ₂ b ₃	cv. A-106 + aplicación de AG ₃ (40 ppm)
T ₈	a ₂ b ₄	cv. A-106 + aplicación de AG ₃ (60 ppm)
T ₉	a ₃ b ₁	cv. Lorca + sin aplicación de AG ₃
T ₁₀	a ₃ b ₂	cv. Lorca + aplicación de AG ₃ (20 ppm)
T ₁₁	a ₃ b ₃	cv. Lorca + aplicación de AG ₃ (40 ppm)
T ₁₂	a ₃ b ₄	cv. Lorca + aplicación de AG ₃ (60 ppm)

3.9.3 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el Diseño de Parcelas Divididas con 4 repeticiones. Los cultivares de alcachofa fueron ubicados aleatoriamente a nivel de parcelas y las concentraciones de ácido giberélico fueron dispuestas aleatoriamente a nivel de subparcelas.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_k + \delta_{ik} + \varphi_j + (\alpha \varphi)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la respuesta realizada en la k-ésima repetición sujeta a la aplicación del i-ésimo nivel del factor cultivar de alcachofa (A) que va en parcelas con el j-ésimo nivel del factor concentración de ácido giberélico (B) que va a nivel de subparcelas.

μ = Es el efecto de la media general

α_i = Es el efecto del i-ésimo nivel del factor A que va en parcelas.

β_k = Es el efecto de la k-ésima repetición.

δ_{ik} = Es el efecto aleatorio de error a nivel de parcela.

φ_j = Es el efecto del j-ésimo nivel del factor B que va en subparcelas.

$(\alpha \varphi)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor α con j-ésimo nivel del factor φ .

ϵ_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error de subparcela.

Para:

I = 1.....3 cultivares de alcachofa (a nivel de parcelas)

J = 1.....4 concentraciones de AG₃ (a nivel de subparcelas)

K = 1.....4 bloques

Análisis de variancia

CUADRO 5. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de variabilidad	GL
Parcelas	
Bloques	3
Cultivares de alcachofa (A)	2
Error (a)	6
Total parcelas	11
Sub-parcelas	
Niveles de AG ₃ (B)	3
Interacción (A*B)	6
Error (b)	27
Total sub-parcelas	47

3.9.4 Características del campo experimental

Del campo experimental

Largo efectivo	: 9.60 m
Ancho efectivo	: 19.20 m
Área	: 184.32 m ²

Del bloque

Largo efectivo	: 9.60 m
Ancho efectivo	: 4.80 m
Área	: 46.08 m ²
Número de bloques	: 4

De las parcelas

Largo efectivo	: 9.60 m
Ancho efectivo	: 1.60 m
Área	: 15.36 m ²
Número de parcelas	: 12

De las subparcelas

Largo efectivo	: 2.40 m
Ancho efectivo	: 1.60 m
Área	: 3.84 m ²
Número de subparcelas	: 48

Distanciamiento de siembra

Distancia entre hileras	: 1.60 m
-------------------------	----------

Distancia entre plantas : 0.60 m

Densidad de siembra

Número de plantas por m² : 1042 plantas

Número de plantas evaluadas por parcela
para la caracterización morfológica : 1

Número de plantas por bloque : 48

Número de plantas evaluadas por bloque : 12

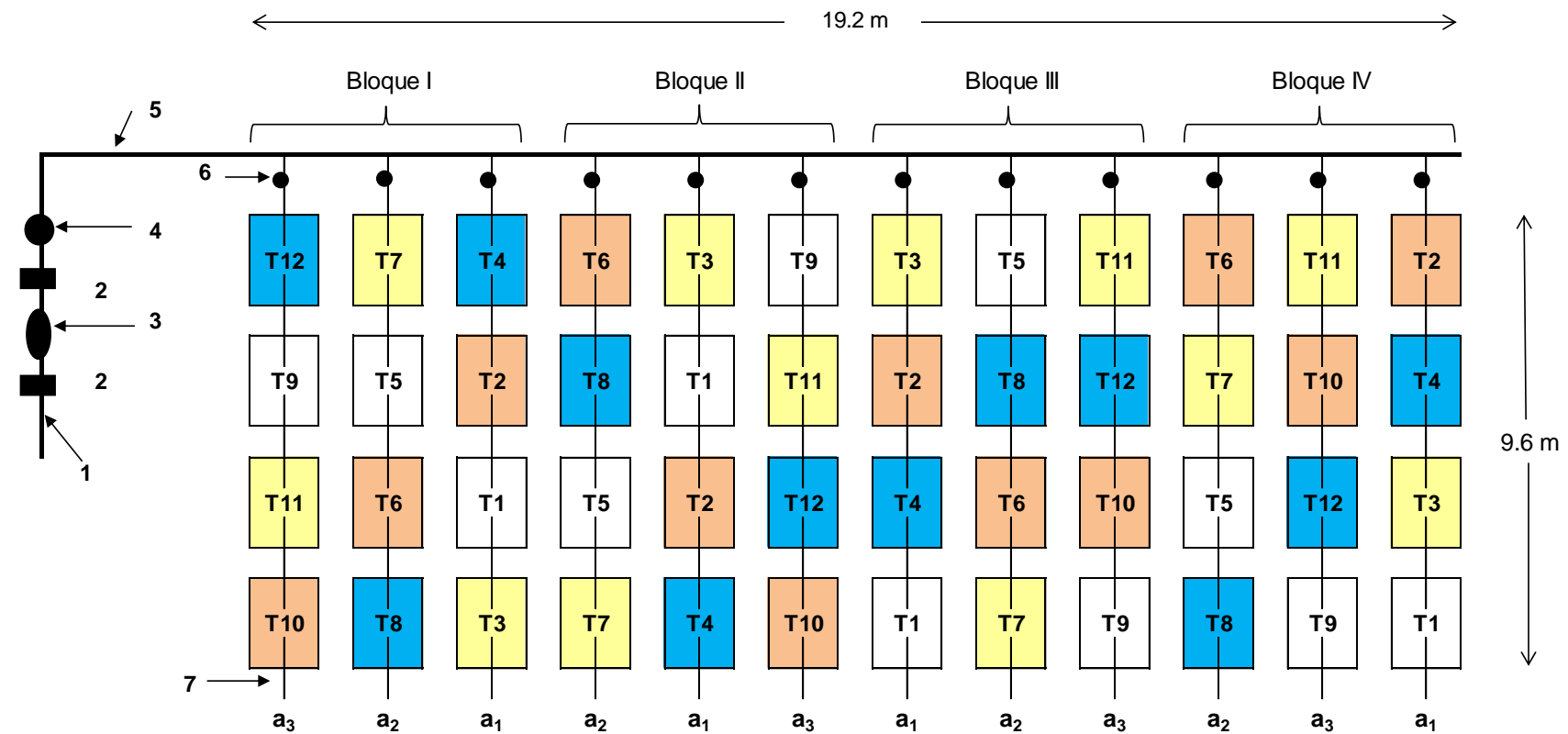
Número de plantas en el experimento : 192

Población de plantas/ ha⁻¹ : 10416 plantas/ ha

3.9.5 Ejecución del experimento

El área experimental se caracterizó por presentar 12 laterales de riego, distanciados a 1.60 m. Asimismo, cada cama de producción de 1 m de ancho y 0.15 m de altura, presentó un lateral de riego con emisores distanciados a 0.30 m. El sistema permitió manejar un caudal de 43.74 m³/ hora/ ha.

Se procedió a la preparación del terreno dos semanas antes del trasplante, trabajando a unos 20 cm de profundidad y en forma manual. Se verificó que todo el sistema de riego se encuentre en óptimas condiciones, cambiándose algunas cintas de riego y goteros obstruidos. Una vez mullido el suelo, se procedió a levantar las camas de producción a 0.15 m de altura y 1 m de ancho, dejando 0.60 m de calle; en las camas se alinearon las cintas de riego y se comprobó la eficacia de los goteros para obtener un riego uniforme.



Descripción:

- 1 Tubería principal de agua
- 2 Válvulas de control de agua
- 3 Inyector de fertilizante
- 4 Contómetro

- 5 Tubería secundaria de agua
- 6 Válvulas de agua
- 7 Lateral de riego y fertirriego

Cultivares de alcachofa

- a₁ Imperial Star
- a₂ A-106
- a₃ Lorca

Niveles de ácido giberélico

- b₁ Testigo
- b₂ 20 ppm de AG3
- b₃ 40 ppm de AG3
- b₄ 60 ppm de AG3

Figura 2: Disposición de las parcelas experimentales y diagrama del sistema de riego

El campo definitivo contó con 12 laterales de riego distanciados entre ellos a 1.60 m. y cada gotero quedó espaciado a 0.30 m.

El muestreo del suelo se realizó haciendo uso de un tornillo muestreador y hasta una profundidad de 20 cm., tomándose 4 muestras aleatorias de cada cama. De la muestra global se tomó una sub muestra de 1 kg aproximadamente, la cual fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la UNALM.

Para el trasplante se utilizaron plantines de alcachofa sin espina, de 37 días después de la siembra, provenientes de un vivero comercial bajo condiciones semi controladas. Un día antes de realizar el trasplante se colocó en línea corrida y a 10 cm de la línea de riego, lugar del trasplante, un nematicida granulado (Mocap, 85 g/ cama), el cual fue posteriormente cubierto; finalmente se procedió a regar hasta que el campo obtenga una humedad adecuada. Al día siguiente se trasplantaron los plantines de alcachofa, seleccionados de los propagadores y escogiendo los más vigorosos y homogéneos siendo sembrados a 0,60 m de distancia entre ellos, lo que permitió manejar una densidad teórica de 10416 plantas/ ha.

La eliminación de hijuelos de algunas plantas se realizó con la finalidad de que estas no compitan con la planta madre. El control de malezas o deshierbo durante los dos primeros meses se realizó cada 15 días para evitar la competencia de las malezas. Durante el ciclo del cultivo se mantuvo el campo libre de malezas.

Asimismo, se mantuvo un régimen de humedad alto y constante en la zona de control radicular. La cantidad calculada de agua se aplicó mediante medidores de caudal en la línea principal.

El nivel y la fórmula de fertilización fue constante en toda el área experimental (N: 160 kg ha⁻¹, P₂O₅: 80 kg ha⁻¹, K₂O: 160 kg ha⁻¹). Las fuentes solubles permitieron su inyección vía la red de riego. La fertilización fosforada empezó a los 20 días después del trasplante fraccionado en cuatro partes y aplicado, las tres primeras, cada 10 días y la última parte en el momento de la floración. El nitrógeno y el potasio fueron fraccionados en 8 partes, siendo el nitrógeno aplicado cada semana a partir de los 34 días después del trasplante y para el caso del potasio se aplicó una semana después de la tercera aplicación del fósforo.

En la poda fitosanitaria se eliminaron hojas oportunamente cuando estas estaban secas, colgadas y caídas, para evitar la presencia de hongos y su diseminación. Para el control de plagas y enfermedades, se manejó el campo bajo condiciones óptimas de sanidad, para lo se realizaron controles fitosanitarias constantes. Es necesario mencionar que hubo incidencia de *Spodoptera* sp. y ataque severo de *Oidium*, debido a las condiciones climáticas. El ataque y control de estas plagas fue similar para cada tratamiento.

La aplicación por aspersión foliar de las diferentes concentraciones de ácido giberélico (20, 40 y 60 ppm de AG₃) con un tratamiento testigo sin ácido giberélico (0 ppm de AG₃), mediante aplicaciones

foliares, a los 75 días después del trasplante. La fuente de ácido giberélico fue el producto comercial N-Large, cuyas especificaciones son: 32 g/L de ácido giberélico y 768 g/L de inertes. Se diluyó este producto, el cual tiene una concentración de 4% de AG₃, en agua desionizada para lograr las concentraciones deseadas. Antes de la aplicación se realizó una prueba en blanco con agua desionizada en el tratamiento testigo, gastando 4 litros de la mencionada agua y por tanto, se gastó 4 litros de agua desionizada para cada uno de los tratamientos con las diferentes concentraciones de ácido giberélico.

La aplicación de la solución se realizó, con una mochila de 5 litros destinada exclusivamente para dicha aplicación, asperjando las plantas de cada tratamiento cubriendo la parte apical de la planta en un 60 %.

La cosecha se inició a los 102 días después del trasplante, cuando los capítulos presentaron características aptas para la comercialización, debiendo presentar un diámetro comprendido entre 5 y 7 centímetros. El corte se efectuó dejando una porción de pedúnculo floral de 2 centímetros. Los capítulos fueron pesados y medidos tanto en longitud como en diámetro. A partir del primer corte, la cosecha se realizó en forma interdiaria durante 65 días.

Los capítulos fueron clasificados según las especificaciones de calidad que la planta procesadora de la empresa Agro Industrias Backus S.A. que se muestran en el Cuadro 6. Asimismo, se muestran los valores utilizados para la calificación de las inflorescencias en base a su diámetro.

CUADRO 6. Clasificación y especificaciones de calidad de la alcachofa.

Descripción		
Las alcachofas deben tener la forma y color típico de la variedad, deben ser Frescas y en su estado óptimo de madurez fisiológica.		
Clasificación	Diámetro	Descripción
AB	4.50 - 7 cm	Alcachofas con brácteas centrales cerradas o ligeramente abiertas sin presencia de hueco y ombligo en la parte central superior. Esta calidad debe presentar corazones firmes y compactos, exentas de manchas, oxidaciones y daños por insectos o daños patológicos
C	4.50 - 9 cm	Alcachofas con brácteas centrales cerradas o ligeramente abiertas sin presencia de hueco y ombligo en la parte central superior. Esta calidad debe presentar corazones firmes y semi compactos, exentas de manchas, oxidaciones y daños por insectos o daños patológicos. Longitud del pedúnculo debe ser 2 cm.
Descarte		
Alcachofas fuera de rango de diámetro, planas y aquellas cuyos corazones presentan formación de pelos en el fondo acompañados de una tonalidad violácea en las brácteas inferiores, huecos o formación de ombligo profundo en la parte central superior, vacíos, con rasgos de daño originados por insectos o daños patológicos y signos de evidente pudrición.		
Recorte		
Se considera como recorte todo exceso de longitud del pedúnculo mayor de 2 cm		

Fuente: Agro Industria Backus S.A. (2005) citado por HUAMANCAJA (2007)

3.9.6 Evaluaciones experimentales

Variables morfológicas del crecimiento

1) **Altura de la planta (cm):** la evaluación se realizó a los 120 días después del trasplante, cuando se inició la cosecha de capítulos y cuando un 50 % del campo estuvo homogéneo. La planta fue medida desde la base del tallo hasta el punto de inserción del primer capítulo cosechable.

2) **Longitud del tallo (cm):** una vez cortada la planta, se midió la longitud del tallo, desde la base del tallo hasta la parte más extrema de corte del capítulo.

3) **Área foliar (m²/planta):** se determinó tomando muestras de las hojas con un sacabocado de área conocida y pesadas; finalmente se comparó entre este peso de área conocida con el peso total de hojas.

4) **Materia fresca total - parte aérea (hojas, tallos y capítulos – g/ planta):** luego de cortar la planta a ras del suelo, se separaron sus componentes: hojas extendidas (aquí se determinó el número de hojas por planta) y seudotallo. Se pesaron por separado (materia fresca) y se tomaron muestras de ambos componentes, se pesaron en fresco y luego se colocaron en bolsas de papel para ser colocadas durante 24 horas al medio ambiente para un secado parcial.

5) **Materia seca total (hojas, tallos y capítulos – g/ planta):** la materia fresca se sometió a desecamiento en la estufa (a 65° C durante 72

horas). Determinado el contenido de humedad de cada componente morfológico, se calculó la materia seca de cada uno, teniendo como referencia la materia fresca inicial. Para completar la materia seca total, fue necesario adicionar el peso promedio de capítulos/ planta, lo cual sólo fue posible, al final de la cosecha.

Variables morfológicas de calidad

1) Longitud de capítulo (cm): se utilizó un vernier para determinar la longitud del capítulo.

2) Diámetro de capítulo (cm): se utilizó un vernier para determinar el diámetro del capítulo.

Rendimiento de capítulos

Fue obtenido pesando los capítulos de cada sub parcela por cosecha parcial, hasta el total por tratamiento y su expresión a rendimiento comercial en t/ha.

Componentes del rendimiento

1) Número de plantas por unidad de área: se contó el número de plantas por sub parcela, al final del experimento de los cuales se calculó el número promedio de plantas por metro cuadrado para cada cultivar.

2) Número de capítulos por planta: desde el inicio de cosecha, se registró diariamente el número de capítulos por sub parcela, se seleccionaron por categorías y se pesaron por separado. Al final de la cosecha

se obtuvo esta información mediante el número total de capítulos por sub parcela entre el número de plantas cosechadas.

3) Peso promedio de capítulos: el peso total de capítulos entre el número total de capítulos por sub parcela permitió determinar el peso promedio.

Parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa

1) Eficiencia de uso de agua (EUA – kg/m³): se estableció la relación del producto cosechado entre la cantidad total de agua de riego.

$$\text{EUA (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Rendimiento comercial (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Requerimiento de riego (m}^3\text{/ ha)}}$$

2) Coeficiente de transpiración (CT – L/kg): es la relación entre la cantidad de agua evapotranspirada respecto de la cantidad total de materia seca producida.

$$\text{CT (L/ kg)} = \frac{\text{Litros evapotranspirados (L)}}{\text{Kg de materia seca producida (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

3) Requerimiento de riego (m³/ha): se obtuvo por lectura directa del contómetro desde el inicio hasta el final del cultivo.

4) Índice de cosecha (IC %): relaciona la materia seca de la parte cosechada (capítulos) entre la materia seca total producida – parte aérea (hojas + tallos + capítulos).

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

3.9.7 Otras características evaluadas

Fenología del cultivo

Se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta los diferentes estados fenológicos del cultivo: 1) Plántula, 2) Estado de 5 hojas verdaderas, 3) Estado de 6 a 9 hojas verdaderas, 4) Estado de 10 a 14 hojas verdaderas, 5) Estado de 13 a 19 hojas verdaderas, y 6) Inicio de formación de capítulos; se consideró que el cultivo alcanzó un determinado estado fenológico cuando más del 50% del campo mostró dicho estado.

3.9.8 Análisis agro económico

Se determinó del índice de rentabilidad (IR) de la aplicación de diferentes concentraciones de ácido giberélico en estudio y del testigo no tratado para cada cultivar de alcachofa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadros y figuras que se presentan y discuten a continuación han sido elaborados en base a los datos originales ubicados en los cuadros numerados del 37 al 52 (Anexo), en los cuales se muestran valores promedios del rendimiento de capítulos del cultivo de alcachofa, componentes del rendimiento, los resultados de las variables morfológicas de crecimiento y calidad, requerimiento de riego y costos de producción del cultivo; además, se presenta el resumen del análisis de variancia y las pruebas de comparación de medias de Duncan para cada variable evaluada.

4.1 Rendimiento

En el Cuadro 7, se presenta el análisis de variancia de los resultados del rendimiento de capítulos del cultivo de alcachofa, y muestra que para los factores en estudio cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B), las diferencias fueron significativas, en cambio los efectos de interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B), las diferencias no fueron significativas.

De acuerdo con la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto de cultivares de alcachofa (A) (Cuadro 8), al realizar la comparación de medias, se observa que el cultivar Lorca alcanzó el mayor rendimiento con 19.66 t ha⁻¹, estadísticamente similar al cultivar A-106 con 18.53 t ha⁻¹, pero diferente estadísticamente del cultivar Imperial Star con 17.75 t ha⁻¹, siendo los incrementos del 4.4 y 10.8 % respectivamente.

Cuadro 7. Análisis de variancia del rendimiento de capítulos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	1.71	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	14.85	*
Error (a)	6	2.54	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	8.33	*
Interacción (A*B)	6	1.13	NS
Error (b)	27	3.38	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		8.6 %	
CV (b)		9.9 %	

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

Al respecto, a diferencia de estos resultados, PÉREZ (2007) en su ensayo (realizado en la misma época y bajo las mismas condiciones de, suelo, agua, clima y niveles de fertilización (N: 160 kg ha⁻¹, P₂O₅: 80 kg ha⁻¹, K₂O: 160 kg ha⁻¹) a diferentes niveles de AG₃ (30, 60, 90 y 120 ppm de AG₃), obtuvo mayores rendimientos en el cultivar Imperial Star (20.17 t ha⁻¹), y menores rendimientos en los cultivares Lorca y A-106, con 18.48 y 17.33 t ha⁻¹, respectivamente. Es probable que las variaciones en el rendimiento de capítulos, en un material genéticamente similar, puedan deberse a la forma, al volumen y al momento de la aplicación del ácido giberélico (AG₃).

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el rendimiento de capítulos.

Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Lorca	19.66	a	110.8
A-106	18.53	a b	104.4
Imperial Star	17.75	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
40 ppm AG ₃	19.63	a	111.1
60 ppm AG ₃	18.90	a b	107.0
20 ppm AG ₃	18.39	a b	104.2
0 ppm AG ₃	17.66	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

De otro lado, el mismo cuadro presenta la prueba de Duncan para el factor niveles de AG₃ (B) indicando que el rendimiento de capítulos más elevado caracterizó a la concentración de AG₃ con 40 ppm siendo de 19.63 t ha⁻¹ y estadísticamente similar a los tratamientos con 60 y 20 ppm de AG₃ pero diferente estadísticamente del testigo, tal como se aprecia en la Figura 3. Los incrementos fueron de 11.1 % respecto al testigo, de 6.9 % con 20 ppm de AG₃ y de 4.1 % con 60 ppm de AG₃.

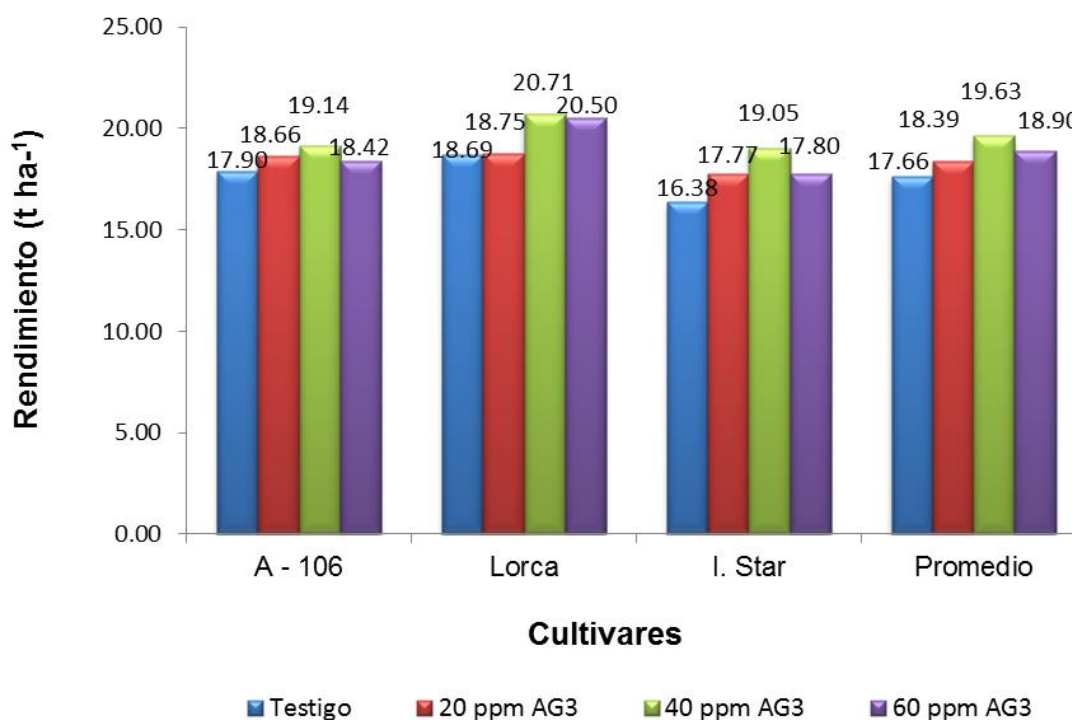


Figura 3. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en el rendimiento de capítulos de alcachofa

SCHRADER y MAYBERRY (2002), señalan que las aplicaciones de ácido giberélico incrementan la productividad del cultivo de alcachofa. Al respecto, para niveles de ácido giberélico, HUAMANCAJA (2007), evaluando el efecto de la aplicación del ácido giberélico encontró que los valores más bajos en el rendimiento comercial se presenta a nivel del testigo sin AG₃, alcanzando un rendimiento de 12.09 t ha⁻¹ de alcachofa. A nivel de 10 ppm de AG₃ el rendimiento se eleva a 15.84 t ha⁻¹ siendo el incremento de 31.0%, a nivel de 20 ppm de AG₃ el rendimiento es máximo con 16.54 t ha⁻¹ siendo el incremento de 36.8%, Finalmente, a la concentración de 30 ppm de AG₃ el rendimiento disminuye a 15.05 t ha⁻¹, siendo el decremento del 9.0% respecto del

rendimiento más alto. MOSQUERA (2006), a su vez probando el efecto de la aplicación de AG₃ bajo dos regímenes de humedad; normalmente irrigado y estresado, encontró alta significación estadística para ambos factores. Para la aplicación de AG₃ en condiciones normalmente irrigadas el rendimiento de capítulos a nivel del testigo no aplicado con AG₃ fue de 17.30 t ha⁻¹, a la concentración de 15 ppm de AG₃ fue de 19.84 t ha⁻¹, a la concentración de 30 ppm de AG₃ fue 19.82 t ha⁻¹ y a la concentración de 45 ppm de AG₃ fue máximo con t ha⁻¹. En cambio bajo condiciones de estrés el cultivo fue afectado severamente. A nivel del testigo no aplicado con AG₃ el rendimiento alcanzo 7.18 t ha⁻¹ y a la concentración de 15 ppm de AG₃ el rendimiento fue máximo con 9.87 t ha⁻¹. Asimismo, 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 AG₃ para luego decrecer a mayores concentraciones del fitorregulador. El tratamiento testigo sin AG₃ presenta un rendimiento de 16.33 t ha⁻¹, a nivel de 30 ppm de AG₃ el rendimiento de capítulos se eleva a 19.06 t ha⁻¹, es máximo a nivel de 60 ppm de AG₃ con 21.20 t ha⁻¹. A niveles mayores de 90 y 120 ppm de AG₃ el rendimientos de capítulos disminuye a 18.34 t ha⁻¹. Sin embargo, POSTIGO (2009), probando el efecto de la fertilización NPK con y sin la aplicación de ácido giberélico no encontró significación estadística para la aplicación de ácido giberélico, donde la diferencia sólo fue del 7.2 % con AG₃.

4.2 Componentes del rendimiento

4.2.1 Número de capítulos por planta

El Cuadro 9, presenta el análisis de variancia para la variable número de capítulos por planta. Al respecto, existen diferencias estadísticas para los factores en estudio, cultivares de alcachofa (A) y niveles de AG₃ (B), en cambio, no se detecta para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 9. Análisis de variancia en el número de capítulos por planta de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloques	3	0.19	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	16.65	*
Error (a)	6	3.26	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	16.05	*
Interacción (A*B)	6	4.92	NS
Error (b)	27	5.77	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		8.1 %	
CV (b)		10.8 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el número de capítulos por planta.

Tratamientos	N° Capítulos	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Lorca	23.42	a	109.3
Imperial Star	22.06	a b	102.9
A-106	21.43	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
40 ppm AG ₃	23.48	a	112.7
60 ppm AG ₃	22.91	a b	109.9
20 ppm AG ₃	21.99	a b	105.5
0 ppm AG ₃	20.83	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) (Cuadro 10), se observa resultados similares en el rendimiento de capítulos. El cultivar Lorca se caracterizó por presentar el mayor número con 23.42 capítulos/planta (los incrementos fueron del 9.3% respecto de A-106 y del 6.4% respecto de Imperial Star); estadísticamente fue similar al cultivar Imperial Star pero superior al cultivar A-106 que presentó el menor número con 21.43 capítulos/planta, así como se puede apreciar en la Figura 4.

Al respecto, PÉREZ (2007), con el cultivar Imperial Star obtuvo un mayor número de capítulos por planta (23.34), señalando que no existen

diferencias estadísticas entre los cultivares Lorca y A-106. Asimismo, en Agroica (2004), citado por PÉREZ (2007), señalan que la producción normal de alcachofa sin espinas es de 15 capítulos/ planta, pudiendo llegar a 20–30 capítulos/ planta, dependiendo de la variedad, de su capacidad de adaptación a la zona de cultivo y de sus características, tanto en calidad como de forma. En el presente ensayo se obtuvo un promedio de 22.30 capítulos/ planta.

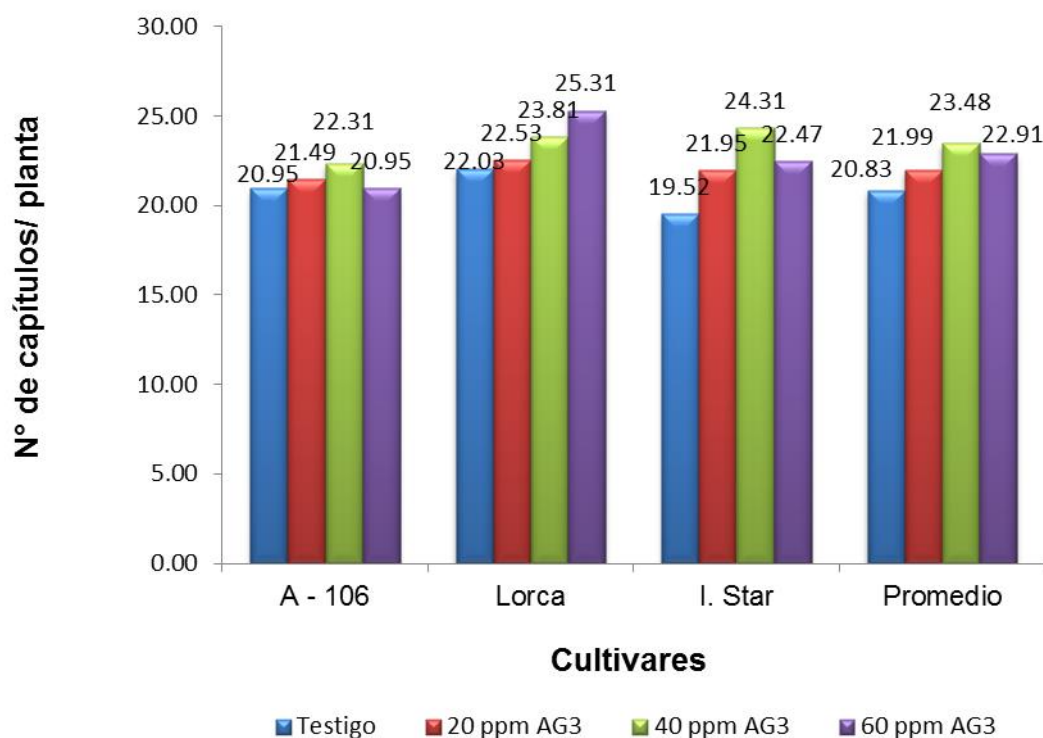


Figura 4. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en el número de capítulos por planta de alcachofa

Asimismo, al comparar las medias del factor niveles de AG₃ (B) mediante la prueba de Duncan se observa que el nivel de 40 ppm de AG₃ produjo el mayor número de capítulos con 23.48 capítulos/ planta.

Estadísticamente fue similar a la aplicación de 60 y 20 ppm de AG₃, pero superior al tratamiento testigo que presentó el menor número de capítulos con 20.83. Al respecto, los incrementos en el número de capítulos del tratamiento de 40 ppm de AG₃ se elevaron a 12.7 % respecto al testigo, a 7.2% respecto a 20 ppm de AG₃ y a 2.8% respecto a 60 ppm de AG₃, los cuales se relacionan directamente con los resultados del rendimiento de capítulos.

GARCÍA (2004), señala que la floración en la alcachofa se produce con la acumulación de determinada cantidad de horas de frío y PÉREZ y MARTÍNEZ (1994), afirman que las giberelinas tienen numerosos efectos sobre las plantas, tales como la sustitución de las necesidades de frío o de día largo requeridos por muchas especies para iniciar la floración.

BECERRA (2011), concluye que la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de AG₃ indica que el mayor valor en esta variable se presenta a nivel de 60 ppm de AG₃ con 23.44 capítulos/planta, estadísticamente diferente de la concentración de 30 ppm de AG₃ donde el incremento es de 13.6%. Asimismo, estadísticamente diferente del testigo sin AG₃, que presenta 19.03 capítulos/planta, siendo en este caso el incremento de 23.3%. Del mismo modo, el nivel de 30 ppm de AG₃ con 20.63 capítulos/planta es diferente estadísticamente del testigo no aplicado, con una diferencia de 8.4%. Al respecto, POSTIGO (2009), concluye que la aplicación de ácido giberélico, a la concentración de 24 ppm al cultivo de alcachofa, fraccionándolo en tres oportunidades (60 – 75 – y 90 días después del trasplante), no determinó diferencias estadísticas con el testigo sin AG₃. 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⁻¹ de N - P₂O₅ - K₂O) 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 y 14.1 % respecto del testigo no aplicado, de 15 y 30 ppm de AG₃. 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.

4.2.2 Peso de capítulos

En el Cuadro 11, como resultado del ANVA para la variable peso de capítulos, se puede observar una alta significación estadística para el factor cultivares de alcachofa (A) y significación estadística para la interacción cultivares por niveles de AG₃ (A*B), mientras que para el factor niveles de AG₃ (B) no se muestra diferencias estadísticas.

Al resultar significativa la interacción cultivares x niveles de AG₃, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que las diferencias entre los cultivares no es la misma en los distintos niveles de AG₃ y viceversa, indicando

el efecto dependiente del factor cultivares y también del nivel de AG₃ aplicado en el peso de capítulos de alcachofa.

Cuadro 11. Análisis de variancia del peso de capítulos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	1.42	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	98.48	**
Error (a)	6	1.69	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	12.52	NS
Interacción (A*B)	6	11.96	*
Error (b)	27	4.34	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		1.6 %	
CV (b)		2.6 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Respecto a los análisis de efectos simples (Cuadro 12), para cultivares de alcachofa se estableció diferencias altamente significativas para cultivares a nivel de 20, 40 y 60 ppm de AG₃. A nivel del testigo los cultivares A-106, Lorca e Imperial Star presentaron valores estadísticamente similares en el peso de capítulos. Estos resultados se deben probablemente a que cada cultivar responde de manera diferente a la aplicación de AG₃. De otro lado, el análisis de los efectos simples para niveles de ácido giberélico indica que sólo en el cultivar Lorca se presentaron diferencias estadísticas significativas entre

los niveles de AG₃ en estudio. Para los cultivares A-106 e Imperial Star las medias en el peso de capítulos fueron similares estadísticamente.

Cuadro 12. Análisis de efectos simples para el factor cultivares de alcachofa (A) y para niveles de AG₃ (B) en el peso de capítulos.

Fuentes de variancia	Cuadrado medio	Significación
Efecto simple de cultivares de alcachofa (A)		
A en b ₁ (0 ppm de AG ₃)	7.99	NS
A en b ₂ (20 ppm de AG ₃)	27.84	**
A en b ₃ (40 ppm de AG ₃)	29.27	**
A en b ₄ (60 ppm de AG ₃)	69.27	**
Efecto simple de niveles de AG₃ (B)		
B en a ₁ (A-106)	6.09	NS
B en a ₂ (Lorca)	18.18	*
B en a ₃ (Imperial Star)	12.18	NS
Error subparc. (b)	4.34	

Respecto a la prueba de Duncan de los efectos simples para la variable peso de capítulos (Cuadro 13) encontramos que el cultivar A-106 estadísticamente obtuvo el mejor peso de capítulos (83.66, 81.49 y 83.90 g) respecto a los demás cultivares, cuando se aplicó 20, 40 y 60 ppm de AG₃, respectivamente. El que menos destacó en peso de capítulos en los distintos niveles de AG₃ fue el cultivar Imperial Star con 78.48, 76.62 y 76.08 g, respectivamente. Asimismo, se observa que los capítulos del cultivar Lorca

alcanzaron mayor peso cuando no se aplicó AG₃ (Testigo), disminuyendo a medida que se incrementa los niveles del AG₃ aplicado.

Cuadro 13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los efectos simples en la variable peso de capítulos.

Efectos simples	Peso capítulos (g)	Significación
cv. A-106 + 20 ppm de AG ₃	83.66	a
cv.Lorca + 20 ppm de AG ₃	80.19	b
cv. Imperial star + 20 ppm de AG ₃	78.48	b
cv. A-106 + 40 ppm de AG ₃	81.49	a
cv.Lorca + 40 ppm de AG ₃	81.09	a
cv. Imperial star + 40 ppm de AG ₃	76.62	b
cv. A-106 + 60 ppm de AG ₃	83.90	a
cv.Lorca + 60 ppm de AG ₃	77.53	b
cv. Imperial star + 60 ppm de AG ₃	76.08	b
cv. Lorca + 0 ppm de AG ₃	82.62	a
cv. Lorca + 40 ppm de AG ₃	81.09	a
cv. Lorca + 20 ppm de AG ₃	80.19	a b
cv. Lorca + 60 ppm de AG ₃	77.53	b

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Al respecto, PÉREZ (2007), en su ensayo señala que también obtuvo mayor peso de capítulos con el cultivar A-106 (86.93 g) resultando estadísticamente diferente de los cultivares Lorca e Imperial Star. BECERRA (2011), para Imperial Star encuentra que la prueba de Duncan para niveles de AG₃ indica que el máximo valor en el peso de capítulos se presenta a nivel de 60 ppm de AG₃ (86.07 g) estadísticamente diferente del nivel de 30 ppm de

AG₃ (84.07 g) y también del testigo no aplicado con AG₃, que presenta el menor valor con 80.42 g.

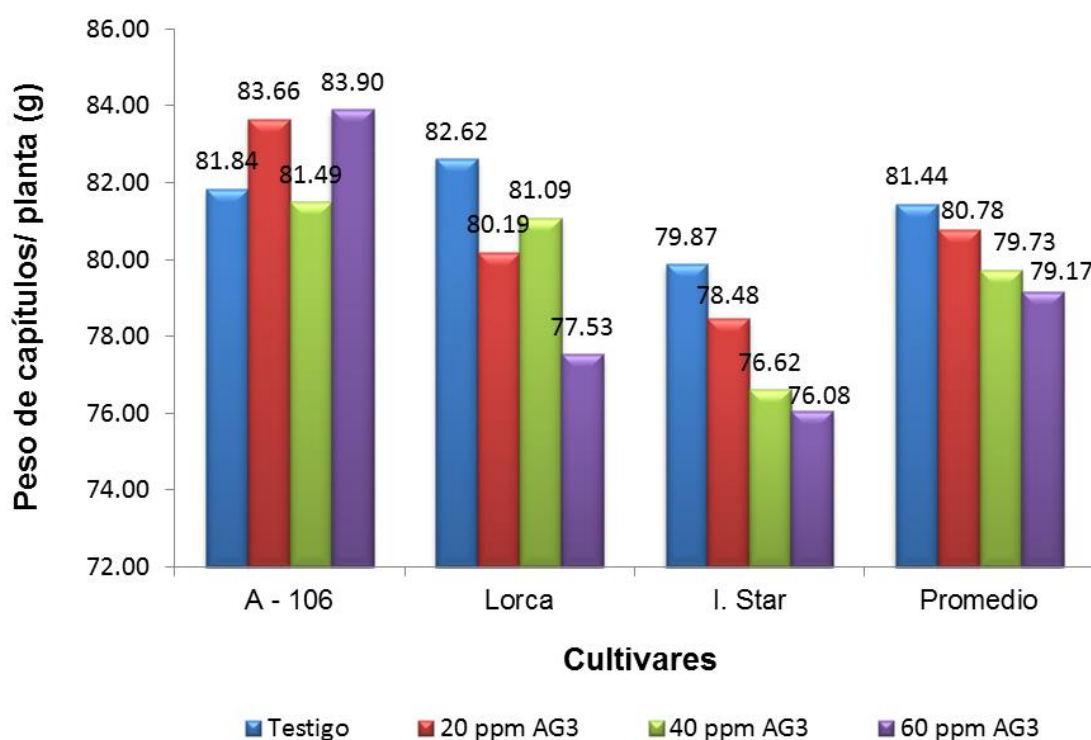


Figura 5. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en el peso de capítulos

De otro lado, 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.

4.3 Variables morfológicas de crecimiento

4.3.1 Área foliar

Para la variable área foliar, el análisis de variancia (Cuadro 14) no muestra significación estadística para ninguno de los factores en estudio ni para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 14. Análisis de variancia del área foliar de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	3.10	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	0.69	NS
Error (a)	6	0.90	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	0.65	NS
Interacción (A*B)	6	0.52	NS
Error (b)	27	0.85	
Total	47		
CV (a)		22.5 %	
CV (b)		21.9 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Del Cuadro 15 y Figura 6 se deduce que de los cultivares de alcachofa (A) y niveles de AG₃ (B), no existen diferencias estadísticas significativas entre los niveles de dichos factores; es decir, que los cultivares tuvieron similar área foliar, siendo mayor en el cv. Lorca (4.45 m²), que

representó un incremento del 10.1 y del 6.8% respecto a los cultivares A-106 y de Imperial Star. Asimismo, los distintos niveles de AG₃ tuvieron un efecto similar en dicho carácter.

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el área foliar.

Tratamientos	Área foliar (m²/ planta)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Lorca	4.45	a	110.1
Imperial Star	4.17	a	103.3
A-106	4.04	a	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
0 ppm AG ₃	4.41	a	112.8
60 ppm AG ₃	4.39	a	112.1
20 ppm AG ₃	4.16	a	106.2
40 ppm AG ₃	3.92	a	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Estos resultados confirman el trabajo realizado por PÉREZ (2007), quien comparó también los mismos cultivares de alcachofa e indicó un comportamiento similar, destacando el cultivar Lorca con mayor área foliar (3.23 m²) y el cultivar Imperial Star con menor valor (2.94 m²). Además, señala que la tendencia a la aplicación de ácido giberélico puede ser creciente hasta concentraciones de 60 ppm de AG₃, concluyendo que puede decrecer a

mayores concentraciones. En el caso del presente ensayo, no se observó los mismos efectos.

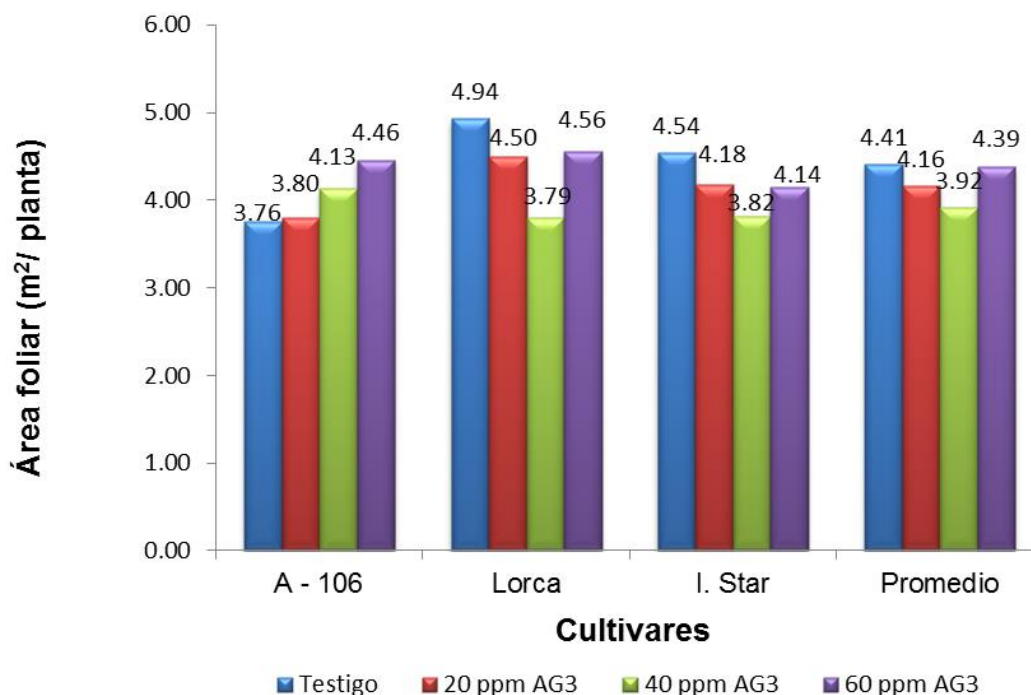


Figura 6. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en el área foliar

De otro lado, BECERRA (2011) respecto del efecto de la aplicación del ácido giberélico, concluye que el mayor valor del área foliar se presenta a nivel de 60 ppm de AG₃ (8.76 m²/planta) estadísticamente similar a 30 ppm de AG₃ pero estadísticamente diferente al testigo sin AG₃, siendo la diferencia del 28.7%. PALACIOS (2011), encontró diferencias estadísticas entre niveles de AG₃ y el mayor área foliar se presentó a nivel de 40 ppm de AG₃ (7424 cm²/planta) con 16.4% de incremento respecto del testigo no aplicado y de 12.4% respecto de 20 ppm de AG₃.

4.3.2 Altura de planta

Para la variable altura de planta, el ANVA (Cuadro 16) muestra que se encontró significación estadística para cultivares de alcachofa (A), lo que nos estaría indicando que al menos un cultivar es diferente en altura de planta en promedio de los niveles de AG₃ estudiados. Sin embargo, no se encontró significación estadística entre los niveles de AG₃ (B) y en la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 16. Análisis de variancia de la altura de planta de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	30.33	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	757.44	*
Error (a)	6	135.39	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	184.41	NS
Interacción (A*B)	6	11.19	NS
Error (b)	27	75.53	
Total	47		
CV (a)		9.16 %	
CV (b)		6.85 %	

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

Del Cuadro 17 y Figura 7, al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad para cultivares de alcachofa en promedio de niveles de AG₃, se observa que el cultivar A-106 en

promedio de los distintos niveles de AG₃ alcanzó la mayor altura de planta con 134.6 cm y fue similar estadísticamente al cultivar Lorca (124.6 cm) pero diferente del cultivar Imperial Star quien presentó la menor altura (121.5 cm). El incremento del cultivar A-106 respecto al cultivar Imperial Star es de 10.9%, y del cultivar Lorca es 8.3%.

Cuadro 17. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la altura de planta.

Tratamientos	Altura (cm)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
A-106	134.69	a	110.9
Lorca	124.68	a b	102.6
Imperial Star	121.50	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
60 ppm AG ₃	131.29	a	107.7
40 ppm AG ₃	128.27	a b	105.2
20 ppm AG ₃	126.33	a b	103.6
0 ppm AG ₃	121.94	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Estadísticamente estos resultados concuerdan con los obtenidos por PÉREZ (2007), al mencionar que los cultivares se comportan de manera similar; pero, numéricamente fueron menores a los obtenidos en el presente estudio, destacando también el cultivar A-106 quien alcanzó una altura de

planta de 104.11 cm., mostrando un incremento del 4.6% respecto al cultivar Imperial Star quien mostró menor altura (99.56 cm).

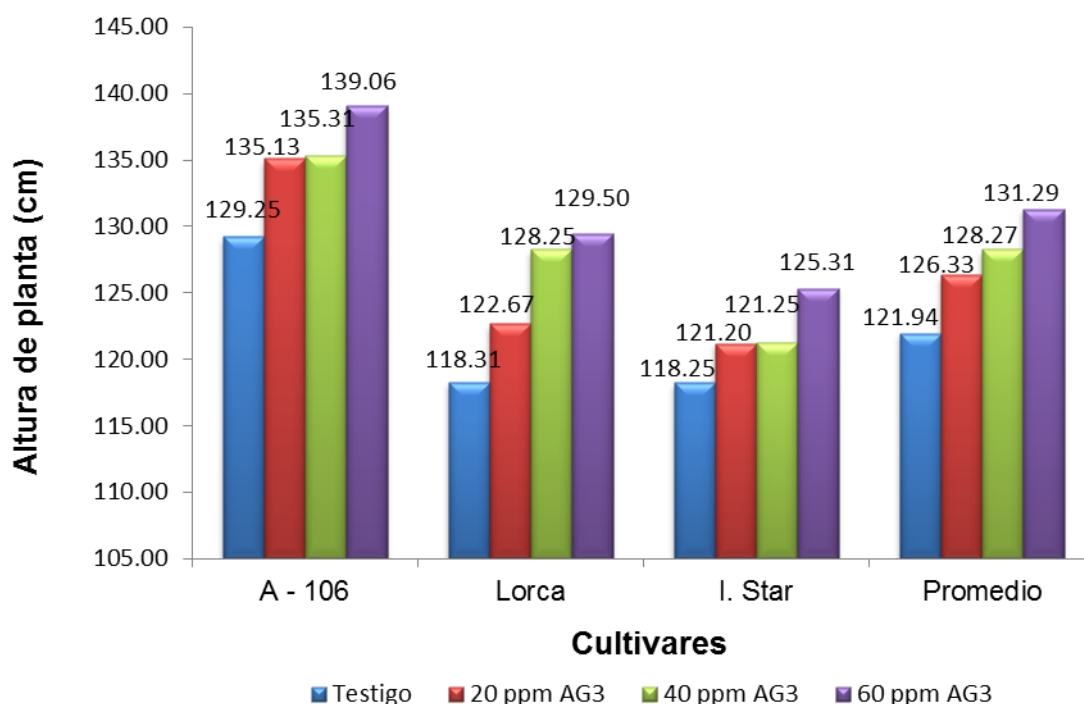


Figura 7. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la altura de planta

Respecto a la comparación de medias mediante la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) entre los niveles de AG₃ en promedio de los cultivares de alcachofa (Cuadro 17), observamos que con 60 ppm de AG₃ se causó un mejor efecto en la altura de planta (131.3 cm), siendo similar estadísticamente al nivel de 40 y 20 ppm de AG₃ pero diferente del testigo que causó un menor efecto en la altura de planta con 121.94 cm, representando un incremento respecto al testigo del 7.7, 5.2 y 3.6%, respectivamente. PÉREZ (2007), en su ensayo corrobora lo antes mencionado, indicando que todos los tratamientos con niveles de ácido giberélico tuvieron un comportamiento estadístico similar,

mostrando al tratamiento testigo con menor altura (100.2 cm) y al tratamiento de 60 ppm de AG₃ con el mayor valor (105.9 cm). POSTIGO (2009), al trabajar con el cultivar Imperial Star, señaló que el valor más elevado corresponde a los tratamientos con aplicación de AG₃, presentando un incremento del 5.8% con respecto al tratamiento sin aplicación de AG₃. Al respecto, BECERRA (2011), concluye que a 30 y 60 ppm de AG₃ se presentan medias similares, aunque diferentes estadísticamente del testigo no aplicado con AG₃, con el cual la diferencia se eleva a 63.3% para 30 ppm de AG₃ y PALACIOS (2011), no encontró diferencias estadísticas entre 40, 20 ppm de AG₃ y el testigo no aplicado.

Finalmente, SALISBURY y CLEON (1992), señalan que las giberelinas poseen la capacidad de estimular el crecimiento generalizado de las plantas de muchas especies, en especial las bianuales en fase de roseta; en este mismo sentido, CASAS (2000) señala que la aplicación exógena de AG₃ ocasiona a las plantas un crecimiento violento.

4.3.3 Longitud del tallo

Para la variable longitud del tallo, el ANVA (Cuadro 18) muestra que existe significación estadística para niveles de AG₃ (B), lo que indicaría que al menos uno de los niveles de AG₃ es diferente a los promedios. Asimismo, no se encuentra significación estadística para cultivares de alcachofa (A) y para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 18. Análisis de variancia de la longitud del tallo de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	295.34	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	254.79	NS
Error (a)	6	79.99	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	335.49	*
Interacción (A*B)	6	71.47	NS
Error (b)	27	92.04	
Total	47		
CV (a)		9.87 %	
CV (b)		10.59 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Si se comparan los promedios de los cultivares en estudio mediante la prueba de Duncan (Cuadro 19), se observa que el cultivar A-106 muestra la mayor longitud del tallo con 94.86 cm aunque es similar estadísticamente a los demás cultivares, siendo el incremento del cultivar Lorca respecto del cultivar Imperial Star de 3.7% y del cultivar A-106 respecto del cultivar Imperial Star de 9.1% (ver Figura 8).

Asimismo, PÉREZ (2007), señala que existe un comportamiento similar para los cultivares de alcachofa, mostrando un incremento del 2.7 % del cultivar Lorca respecto de A – 106 y un incremento del 2.2 % del cultivar

Imperial Star respecto de A – 106 que se caracteriza por presentar el menor valor.

Cuadro 19. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la longitud del tallo.

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
A-106	94.86	a	109.1
Lorca	90.11	a	103.7
Imperial Star	86.93	a	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
60 ppm AG ₃	96.73	a	115.2
40 ppm AG ₃	91.85	a b	109.4
20 ppm AG ₃	90.01	a b	107.2
0 ppm AG ₃	83.94	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Cuando se compara niveles de AG₃ mediante la prueba de Duncan (Cuadro 19) se observa que a nivel de 60 ppm de AG₃ se obtuvo la mayor longitud del tallo con 96.73 cm, similar estadísticamente a los demás niveles de AG₃ pero diferente del testigo con 83.94 cm el cual a su vez es similar estadísticamente a los niveles de 20 y 40 ppm de AG₃. En los tres cultivares: A-106, Lorca e Imperial Star el menor valor caracteriza al tratamiento Testigo y el valor más elevado al tratamiento con 60 ppm de AG₃, siendo los incrementos respecto al testigo de 15.2, 9.4 y 7.2%, respectivamente. Del mismo modo, PÉREZ (2007), obtuvo resultados similares, indicando que los

tratamientos con aplicaciones de AG₃ son los que presentaron mayor longitud de tallo; encontró una alta significación para el factor concentraciones de ácido giberélico, indicando que el tratamiento aplicado con 60 ppm de AG₃ es estadísticamente similar a los tratamientos aplicados con 30, 90 y 120 ppm de AG₃. El menor valor caracterizó al tratamiento testigo.

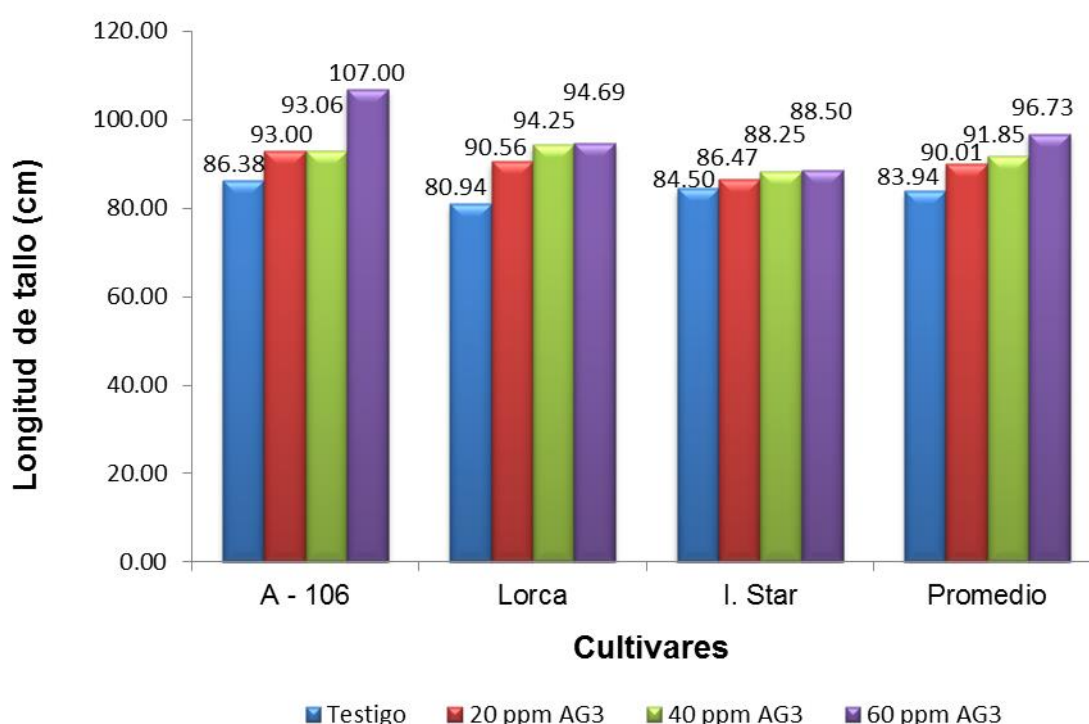


Figura 8. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la longitud del tallo

MOSQUERA (2006), en su ensayo realizado con el cultivar Imperial Star y la aplicación de tres concentraciones de ácido giberélico, señala que las variables de crecimiento, rendimiento de capítulos y sus componentes, fueron afectados de manera significativa por las concentraciones de AG₃ en estudio, en comparación con el tratamiento testigo no aplicado.

4.3.4 Materia fresca total

Para la variable materia fresca total, el ANVA (Cuadro 20) muestra alta significación estadística para cultivares de alcachofa (A) y para niveles de AG₃ (B) y significación estadística para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 20. Análisis de variancia de la materia fresca total de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	10712087.3	**
Cultivares de alcachofa (A)	2	28676794.1	**
Error (a)	6	939939.03	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	11122554.9	**
Interacción (A*B)	6	2151493.9	*
Error (b)	27	799716.7	
Total	47		
CV (a)		9.17 %	
CV (b)		8.46 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

La significación de la interacción nos estaría indicando que los cultivares son influenciados por los niveles de AG₃ existiendo interdependencia entre los factores en estudio. Por tanto, se realizó el análisis de efectos simples.

El Cuadro 21, presenta el análisis de los efectos simples para la variable materia fresca total, el cual nos indica que existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos un cultivar de alcachofa se obtienen resultados diferentes en la variable materia fresca total en los distintos niveles de AG₃ (0, 20, 40 y 60 ppm de AG₃).

Cuadro 21. Análisis de efectos simples para el factor cultivares de alcachofa (A) y para niveles de AG₃ (B) en la materia fresca total.

Fuentes de variancia	Cuadrado medio	Significación
Efecto simple de cultivares de alcachofa (A)		
A en b ₁ (Testigo)	13956772.0	**
A en b ₂ (20 ppm)	8459096.4	**
A en b ₃ (40 ppm)	4267305.7	*
A en b ₄ (60 ppm)	8448101.6	**
Efecto simple de niveles de AG₃ (B)		
B en a ₁ (A-106)	6701791.4	**
B en a ₂ (Lorca)	6818910.1	**
B en a ₃ (Imperial Star)	1904841.0	NS
Error subparc. (b)	799716.7	

Asimismo, en el análisis de los efectos simples para los niveles de ácido giberélico, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas para los cultivares A-106 y Lorca; sin embargo no se pudo probar estadísticamente diferencias para el cultivar Imperial Star. Es decir, existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos uno de los niveles de AG₃ se produce resultados diferentes en los cultivares A-106 y

Lorca. Mientras que los distintos niveles de AG_3 causaron efectos similares en el cultivar Imperial Star en la materia fresca total (ver Figura 9).

Respecto a la prueba de Duncan de los efectos simples para la variable materia fresca total (Cuadro 22) encontramos que el cultivar Lorca obtuvo estadísticamente la mejor materia fresca total (11473.87, 11061.24 y 9494.63 g/planta) respecto a los demás cultivares, cuando se aplicó 0, 20 y 40 ppm de AG_3 , respectivamente. Mientras que cuando se aplicó 60 ppm de AG_3 , el cultivar que destacó fue A-106, siendo el cultivar Imperial Star el que menos destacó en la materia fresca total en los distintos niveles de AG_3 .

Para PÉREZ (2007), existen diferencias estadísticas a nivel de cultivares de alcachofa y señala que el cultivar Lorca es estadísticamente similar al cultivar Imperial Star; pero diferente estadísticamente al cultivar A – 106. Asimismo, según la prueba de Duncan para los efectos simples de la variable materia fresca total (Cuadro 22), se observa que se presentó mayor peso cuando no se aplicó AG_3 (Testigo), disminuyendo a medida que se incrementa los niveles del AG_3 aplicado.

Cuadro 22. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los efectos simples en la variable materia fresca total.

Efectos simples	Promedios (g/ planta)	Significación
cv. Lorca + Testigo	11473.87	a
cv. A-106 + Testigo	14015.82	b
cv. Imperial star + Testigo	10373.89	b
cv. Lorca + 20 ppm de AG ₃	11061.24	a
cv. A-106 + 20 ppm de AG ₃	11474.61	a
cv. Imperial star + 20 ppm de AG ₃	8774.70	b
cv. Lorca + 40 ppm de AG ₃	9494.63	a
cv. Imperial Star + 40 ppm de AG ₃	11325.47	b
cv. A-106 + 40 ppm de AG ₃	9581.49	b
cv. A-106 + 60 ppm de AG ₃	8728.69	a
cv. Lorca + 60 ppm de AG ₃	11422.26	b
cv. Imperial star + 60 ppm de AG ₃	9129.64	b
cv. A-106 + Testigo	11473.87	a
cv. A-106 + 20 ppm de AG ₃	11061.24	a
cv. A-106 + 40 ppm de AG ₃	9494.63	b
cv. A-106 + 60 ppm de AG ₃	8728.69	b
cv. Lorca + Testigo	14015.82	a
cv. Lorca + 20 ppm de AG ₃	11474.61	b
cv. Lorca + 60 ppm de AG ₃	11325.47	b
cv. Lorca + 40 ppm de AG ₃	11422.26	b

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

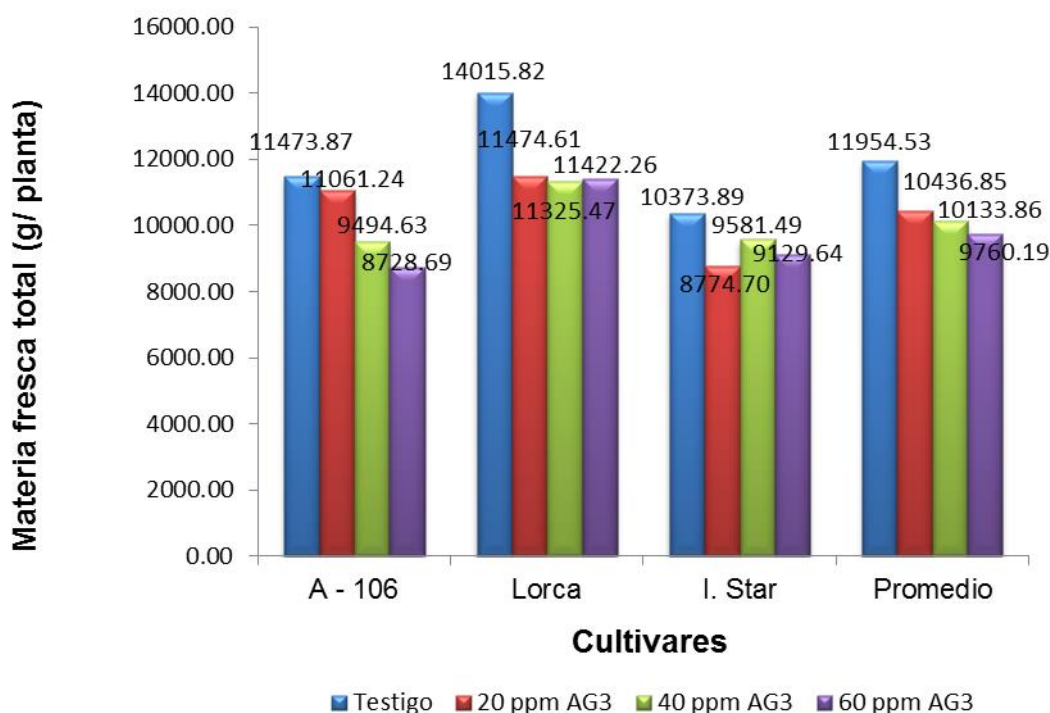


Figura 9. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la materia fresca total

4.3.5 Materia seca de hojas

Para la variable materia seca de hojas, el análisis de variancia (Cuadro 23) muestra que existe alta significación estadística para los factores en estudio, cultivares de alcachofa (A) y niveles de AG₃ (B); sin embargo, no se encontró diferencias estadísticas para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Al realizar la comparación de medias para cultivares de alcachofa mediante la prueba de Duncan (Cuadro 24), se observa que el cultivar Lorca ocupó el primer lugar con un peso de 773.6 g/planta y es diferente estadísticamente a A-106 y a Imperial Star, tal como se aprecia en la Figura 10.

Cuadro 23. Análisis de variancia de la materia seca de hojas de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	62413.30	*
Cultivares de alcachofa (A)	2	196840.70	**
Error (a)	6	7848.21	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	52878.93	**
Interacción (A*B)	6	10398.98	NS
Error (b)	27	10701.32	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		13.63 %	
CV (b)		15.92 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Los incrementos del cultivar Lorca se elevaron a 28.1 y 38.2 % respecto a A-106 e Imperial Star, respectivamente. Asimismo, A-106 e Imperial Star fueron estadísticamente similares, presentando el cultivar A-106 diferencias cuantitativas con un incremento de 10.1% respecto de Imperial Star.

Asimismo, al comparar los promedios de niveles de AG₃ (Cuadro 24), mediante la prueba de Duncan, el testigo con 736.9 g/planta es similar estadísticamente a 20 ppm de AG₃, pero diferente de 40 y 60 ppm de AG₃. El menor peso de materia seca de hojas se presentó a nivel de 60 ppm de AG₃ con 576.2 g/planta, con incrementos del 10.2% a nivel de 40 ppm de AG₃, de

12.9% en 20 ppm de AG₃ y de 27.9% a nivel del testigo, estableciendo una tendencia decreciente en la medida en que se incrementa la concentración de AG₃.

Cuadro 24. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de hojas.

Tratamientos	Promedios (g/ planta)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Lorca	773.61	a	138.2
A-106	615.99	b	110.1
Imperial Star	559.61	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
0 ppm AG ₃	736.91	a	127.9
20 ppm AG ₃	650.77	a b	112.9
40 ppm AG ₃	635.04	b	110.2
60 ppm AG ₃	576.23	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Al respecto, PÉREZ (2007), señala que para la variable materia seca de hojas, encontró un comportamiento similar entre sus cultivares, mostrando un incremento del 12.8% del cultivar Lorca respecto de Imperial Star y un incremento del 9.1% del cultivar A - 106 respecto de Imperial Star que muestra los menores valores. Asimismo, indica que con su tratamiento de 60

ppm de AG₃, obtuvo pesos estadísticamente similares a los tratamientos con 30 ppm de AG₃ y al tratamiento testigo, pero estadísticamente diferente a los tratamientos con 90 y 120 ppm de AG₃. Sin embargo, POSTIGO (2009), señala que no existen diferencias estadísticas entre la aplicación de ácido giberélico y el testigo.

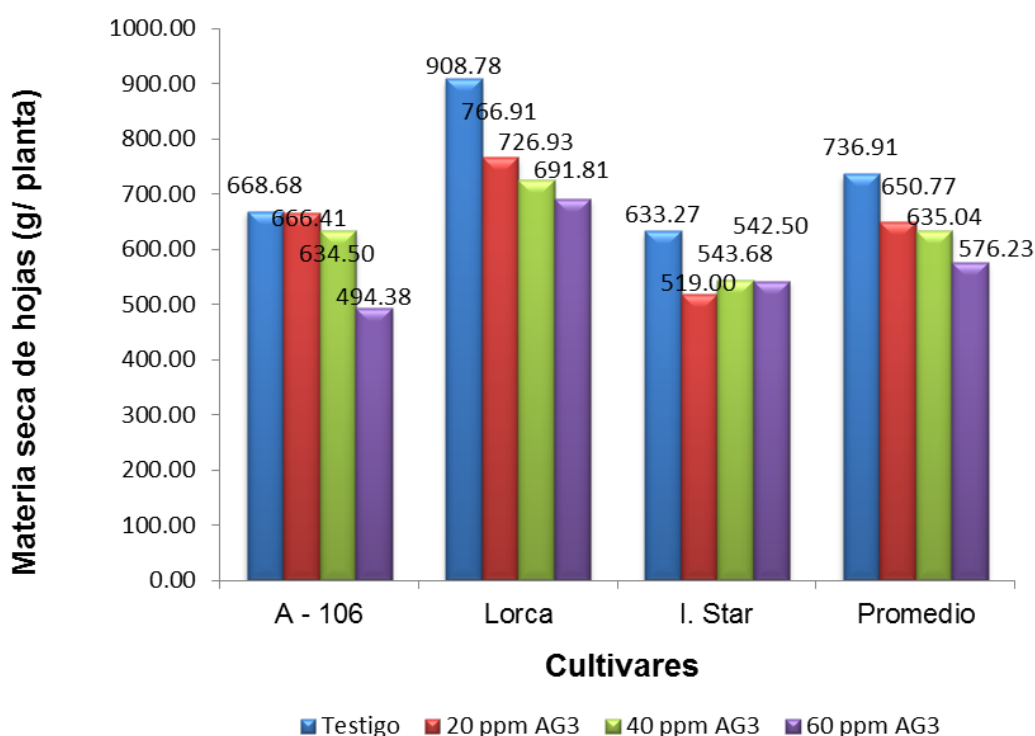


Figura 10. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la materia seca de hojas

4.3.6 Materia seca de tallos

Para la variable materia seca de tallos, el análisis de variancia (Cuadro 25) muestra que existe significación estadística para cultivares de alcachofa (A). En cambio, no se encontró significación estadística para niveles de AG₃ (B) y para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 25. Análisis de variancia de la materia seca de tallos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	19358.40	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	31562.51	*
Error (a)	6	5029.84	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	8989.09	NS
Interacción (A*B)	6	6526.60	NS
Error (b)	27	4678.98	
Total sub-parcelas	47		
CV _(a)		24.36 %	
CV _(b)		23.50 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

De la prueba de comparación de medias de Duncan (Cuadro 26), se establece que el cultivar A-106 con el mayor peso de tallos (327.6 g/planta), es similar estadísticamente al cultivar Lorca con 304.0 g/planta, y es estadísticamente diferente al cultivar Imperial Star, que se caracterizó por presentar el menor valor con 241.6 g/planta de materia seca de tallos, tal como se aprecia en la Figura 11. Al respecto, el cultivar A-106 mostró un incremento de 35.6%, y el cultivar Lorca un incremento de 25.8% respecto del cultivar Imperial Star, quien presenta la menor acumulación de materia seca de tallos.

Cuadro 26. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de tallos.

Tratamientos	Promedios (g/ planta)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
A-106	327.62	a	135.6
Lorca	304.09	a	125.8
Imperial Star	241.67	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
60 ppm AG ₃	329.80	a	123.15
20 ppm AG ₃	290.17	a	108.35
0 ppm AG ₃	276.74	a	103.34
40 ppm AG ₃	267.80	a	100.00

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Asimismo, para los niveles de AG₃ la prueba de Duncan (Cuadro 26), establece que a nivel de 60 ppm de AG₃ se presentó el mayor peso en la materia seca de tallos con 329.8 g/planta, aunque fue similar estadísticamente a los demás niveles de AG₃ incluido el tratamiento testigo.

Al respecto, PÉREZ (2007), señala que en su ensayo obtuvo resultados similares a nivel de cultivares de alcachofa, mostrando un incremento del 19.9% del cultivar A – 106 respecto de Imperial Star y un incremento del 15.5% del cultivar Lorca respecto de Imperial Star que

representa la menor acumulación de materia seca de tallos; para los cultivares A – 106, Lorca e Imperial Star, los menores valores caracterizan al tratamiento testigo y los mayores valores se presentan a nivel del tratamiento con 120 ppm de AG₃. A nivel de las aplicaciones de ácido giberélico, PÉREZ (2007) encontró que el tratamiento con 120 ppm de AG₃ es similar al tratamiento con 60 ppm de AG₃, pero estadísticamente diferentes al tratamiento testigo, y a los tratamientos con 90 y 30 ppm de AG₃. Sin embargo, POSTIGO (2009), en su ensayo señala que no existen diferencias estadísticas entre la aplicación de ácido giberélico y el testigo.

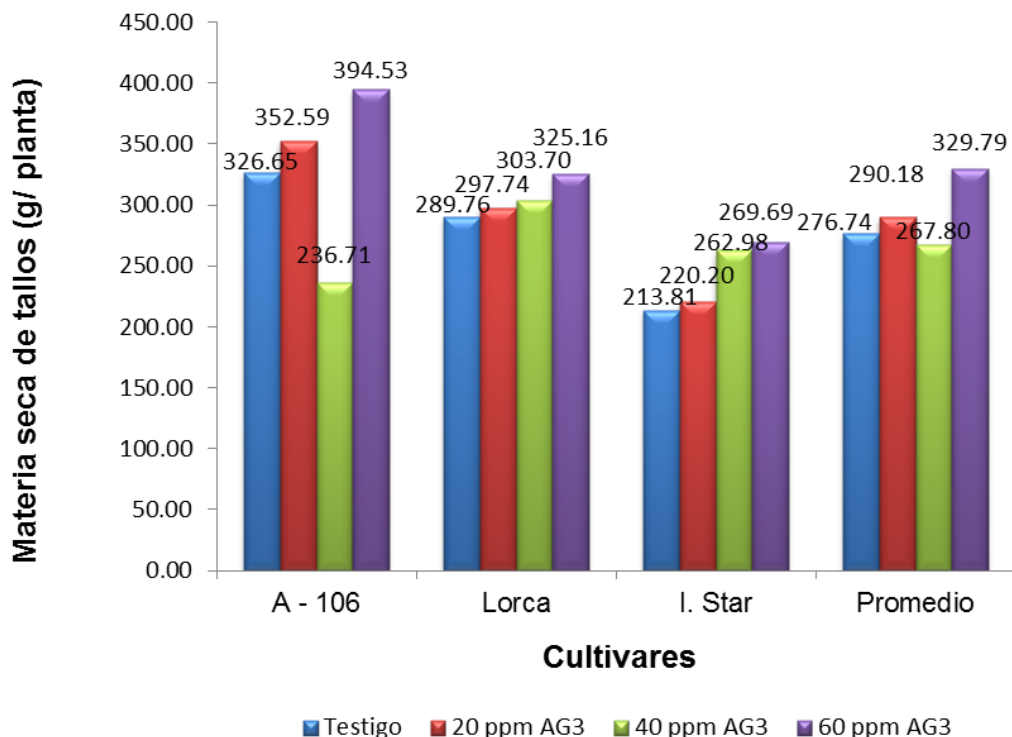


Figura 11. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la materia seca de tallos

4.3.7 Materia seca de capítulos

Para la variable materia seca de capítulos, el análisis de variancia (Cuadro 27) indica alta significación estadística para cultivares de alcachofa (A). Asimismo, no se encontró significación estadística para niveles de AG₃ (B) ni para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 27. Análisis de variancia de la materia seca de capítulos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	1583.16	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	20019.69	**
Error (a)	6	679.38	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	325.59	NS
Interacción (A*B)	6	235.44	NS
Error (b)	27	835.93	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		9.29 %	
CV (b)		10.31 %	

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

Al comparar las medias de los cultivares en estudio mediante la prueba de Duncan (Cuadro 28), el cultivar Imperial Star con 321.03 g/ planta fue diferente estadísticamente de los cultivares A-106 y Lorca. El menor peso de materia seca de capítulos lo obtuvo el cultivar A-106 con 255.59 g/ planta,

similar estadísticamente al cultivar Lorca. Así, el cultivar Imperial Star presentó incrementos de 25.6% respecto al cultivar A-106, de 21.9% respecto al cultivar Lorca. En la Figura 12, se puede observar que el cultivar que obtuvo mayor acumulación de materia seca de capítulos fue Imperial Star. Al respecto, PÉREZ (2007), señala que obtuvo mayor acumulación de materia seca de capítulos con el cultivar Imperial Star (342.2 g/ planta) y valores similares estadísticamente entre los cultivares Lorca y A – 106.

Cuadro 28. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca de capítulos.

Tratamientos	Promedios (g/ planta)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Imperial Star	321.03	a	125.6
Lorca	265.04	b	103.7
A-106	255.59	b	100.00
Niveles de ácido giberélico (B)			
40 ppm AG ₃	285.86	a	104.3
60 ppm AG ₃	283.52	a	103.4
0 ppm AG ₃	278.69	a	101.7
20 ppm AG ₃	274.15	a	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

De otro lado, al comparar las medias de los niveles de ácido giberélico en estudio (Cuadro 28), las medias fueron similares estadísticamente, alcanzando el valor más alto de acumulación de materia seca de capítulos el tratamiento con 40 ppm de AG₃ (285.8 g/ planta) con incrementos del 4.3% respecto del menor valor que se presentó a nivel de 20 ppm de AG₃ (274.15 g/ planta).

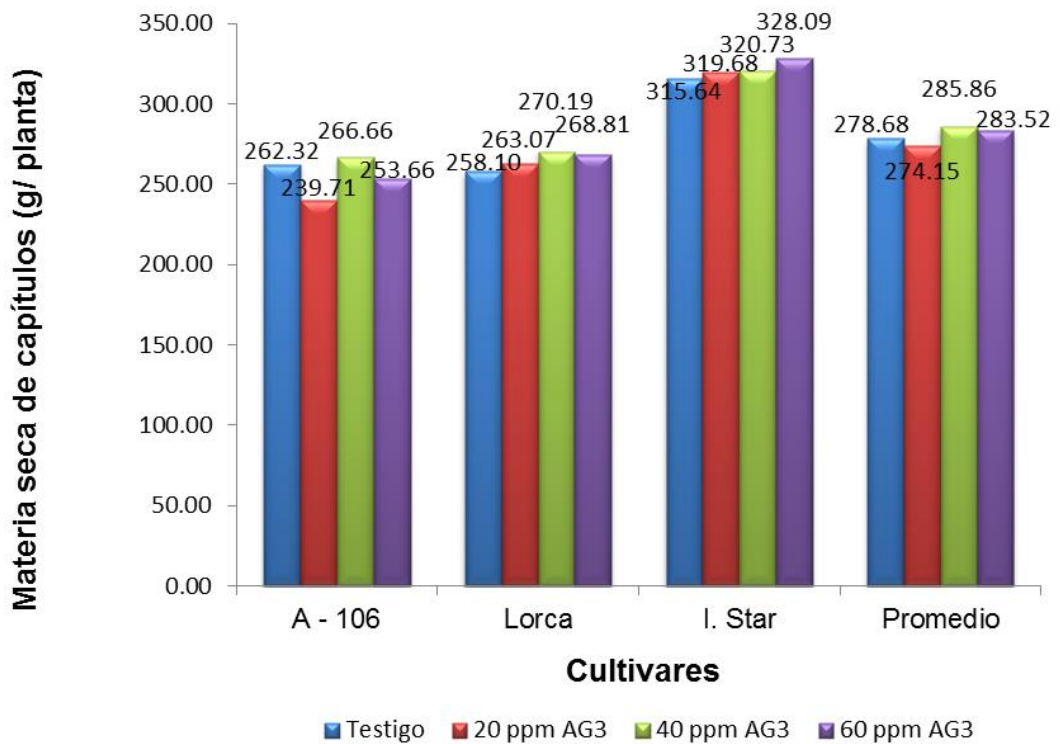


Figura 12. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la materia seca de capítulos

Al respecto, PÉREZ (2007), en su ensayo indica que el tratamiento con 60 ppm de AG₃, fue estadísticamente similar al tratamiento con 30 y 120 ppm de AG₃; pero estadísticamente diferente al tratamiento testigo y al tratamiento con 90 ppm de AG₃. Sin embargo, POSTIGO (2009), señala que

para esta variable no existen diferencias estadísticas entre la aplicación de ácido giberélico y el testigo no aplicado con AG₃.

4.3.8. Materia seca total

Para la variable materia seca total (Cuadro 29), el análisis de variancia muestra que existe alta significación estadística para cultivares de alcachofa (A); en cambio, no se encontró significación estadística para niveles de AG₃ (B) ni para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 29. Análisis de variancia de la materia seca total de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	123982.80	*
Cultivares de alcachofa (A)	2	200269.20	**
Error (a)	6	17944.20	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	28626.04	NS
Interacción (A*B)	6	11107.90	NS
Error (b)	27	14455.00	
Total sub-parcelas	47		
CV _(a)		10.97 %	
CV _(b)		9.84 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Al comparar las medias de los cultivares mediante la prueba de Duncan, Cuadro 29 y Figura 13, se observa que el cultivar Lorca tuvo el mayor peso de materia seca total (1342.74 g/planta) y es diferente estadísticamente de los cultivares A-106 e Imperial Star, quien mostró el menor peso de materia seca total (1122.32 g/ planta) y es similar estadísticamente al cultivar A-106 (1190.20 g/ planta). Así, el cultivar Lorca presenta incrementos de 19.6% respecto a Imperial Star, y de 12.7% respecto a A-106. Al respecto, PÉREZ (2007), indica que sus cultivares en estudio tuvieron un comportamiento estadístico similar, mostrando que no existen diferencias estadísticas entre los cultivares.

Cuadro 30. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la materia seca total.

Tratamientos	Promedios (g/ planta)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
Lorca	1342.74	a	119.6
A-106	1199.20	b	106.9
Imperial Star	1122.32	b	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
0 ppm AG ₃	1292.34	a	108.7
20 ppm AG ₃	1215.10	a	102.2
60 ppm AG ₃	1189.54	a	100.1
40 ppm AG ₃	1188.69	a	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Asimismo, al comparar las medias de niveles de AG₃ (Cuadro 30), mediante la prueba de Duncan, se observa que estadísticamente todos los tratamientos de ácido giberélico son similares entre sí. El testigo con el mayor peso de materia seca total (1292.34 g/planta) presenta incrementos de 8.7% respecto de 40 ppm de AG₃, que se caracterizó por presentar el menor valor (1188.69 g/ planta). Respecto de los tratamientos con 20, 60 y 40 ppm de AG₃ las diferencias cuantitativas no son significativas.

Finalmente, se aprecia que en general la tendencia a la aplicación de AG₃ es disminuir la materia seca total conforme se incrementa la concentración de AG₃ aplicada.

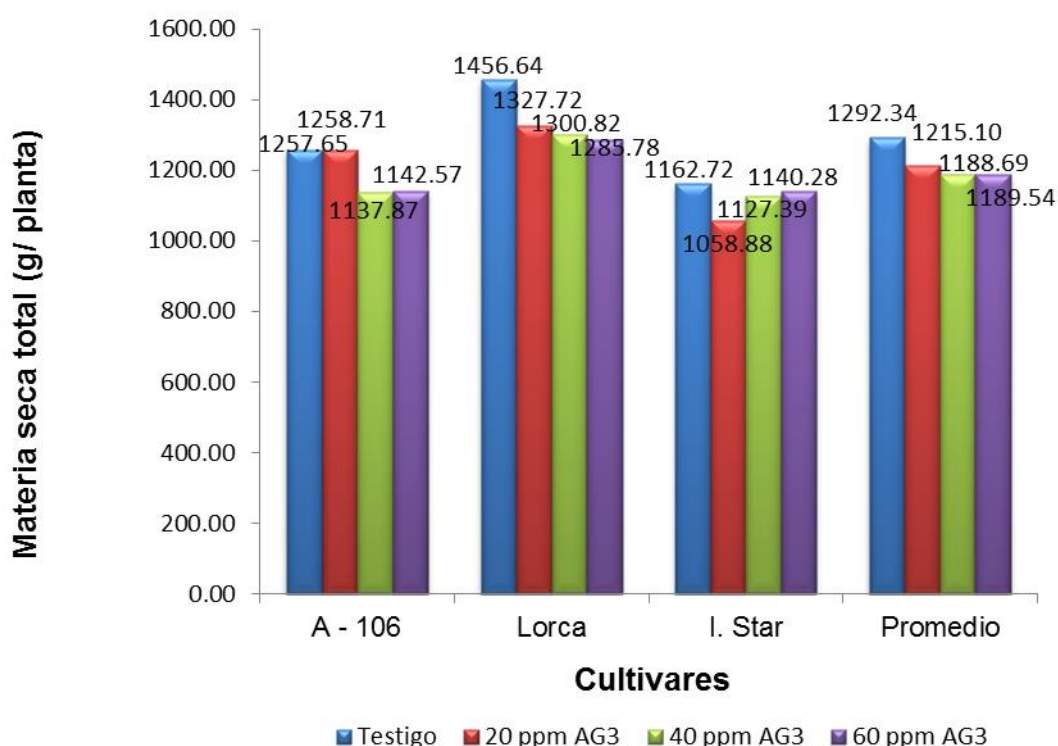


Figura 13. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la materia seca total

Al respecto BECERRA (2011), encontró que para niveles de AG₃, la prueba de Duncan indica que las concentraciones de 60 y 30 ppm de AG₃ y el testigo no aplicado con AG₃ difieren estadísticamente entre sí. El mayor valor caracteriza al nivel de 60 ppm de AG₃ con 2061 g/planta siendo el incremento de 21.7 % respecto del testigo no aplicado, que presenta el menor valor con 1693 g/planta. Al respecto, MOSQUERA (2006), no encontró diferencias estadísticas a la aplicación de ácido giberélico en esta variable, estando los valores comprendidos entre 1778 y 1584 g/planta para 30 ppm de AG₃ y el testigo no aplicado. PÉREZ (2007) en cambio, encontró alta significación estadística en la materia seca total a la aplicación de AG₃. El mayor valor caracteriza a 60 ppm de AG₃ con 1060.2 g/planta y el menor valor con 878 g/planta a nivel de 120 ppm de AG₃. De otro lado, POSTIGO (2009), no encontró diferencias estadísticas a la aplicación de AG₃, obteniendo valores de 1956 y 1842 g/planta con AG₃ y sin AG₃ respectivamente. 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.

4.4 Variables morfológicas de los capítulos

4.4.1 Longitud de capítulos

Respecto a la variable longitud de capítulos (Cuadro 31), el análisis de variancia para el factor cultivares de alcachofa (A) muestra diferencias altamente significativas. Asimismo, no se encontró significación estadística para el factor niveles de AG₃ (B) y tampoco para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 31. Análisis de variancia de la longitud de capítulos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	0.0276	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	2.1043	**
Error (a)	6	0.0301	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	0.0673	NS
Interacción (A*B)	6	0.0216	NS
Error (b)	27	0.0243	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		2.48 %	
CV (b)		2.23 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Al realizar la comparación de medias para cultivares mediante la prueba de Duncan (Cuadro 32), el cultivar A-106 se caracterizó por presentar la mayor longitud de capítulos con 7.39 cm siendo diferente estadísticamente de los cultivares Lorca e Imperial Star, con incrementos de 7.2 y 10.7% respectivamente. Asimismo, PÉREZ (2007), señala que el cultivar A – 106 fue superior y estadísticamente diferente a los cultivares Imperial Star y Lorca, ambos estadísticamente similares.

Cuadro 32. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre la longitud de capítulos.

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
A-106	7.39	a	110.7
Lorca	6.91	b	103.5
Imperial Star	6.68	c	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
0 ppm AG ₃	7.09	a	102.6
40 ppm AG ₃	6.99	a b	101.1
20 ppm AG ₃	6.98	a b	100.9
60 ppm AG ₃	6.91	b	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

De otro lado, el comparativo de medias para el factor niveles de AG₃, mediante la prueba de Duncan (Cuadro 32), se observa que del testigo se obtuvo capítulos de mayores longitudes con 7.09 cm (ver Figura 14) siendo similar estadísticamente a los niveles de 40 y 20 ppm de AG₃; en cambio, estadísticamente diferente al nivel de 60 ppm de AG₃ de donde se obtuvo capítulos de menor longitud con 6.91 cm.

Al respecto, PÉREZ (2007), señaló que su tratamiento testigo fue estadísticamente diferente a los tratamientos con 30, 60, 90 y 120 ppm de AG₃, y que además, estos tratamientos son similares estadísticamente entre sí.

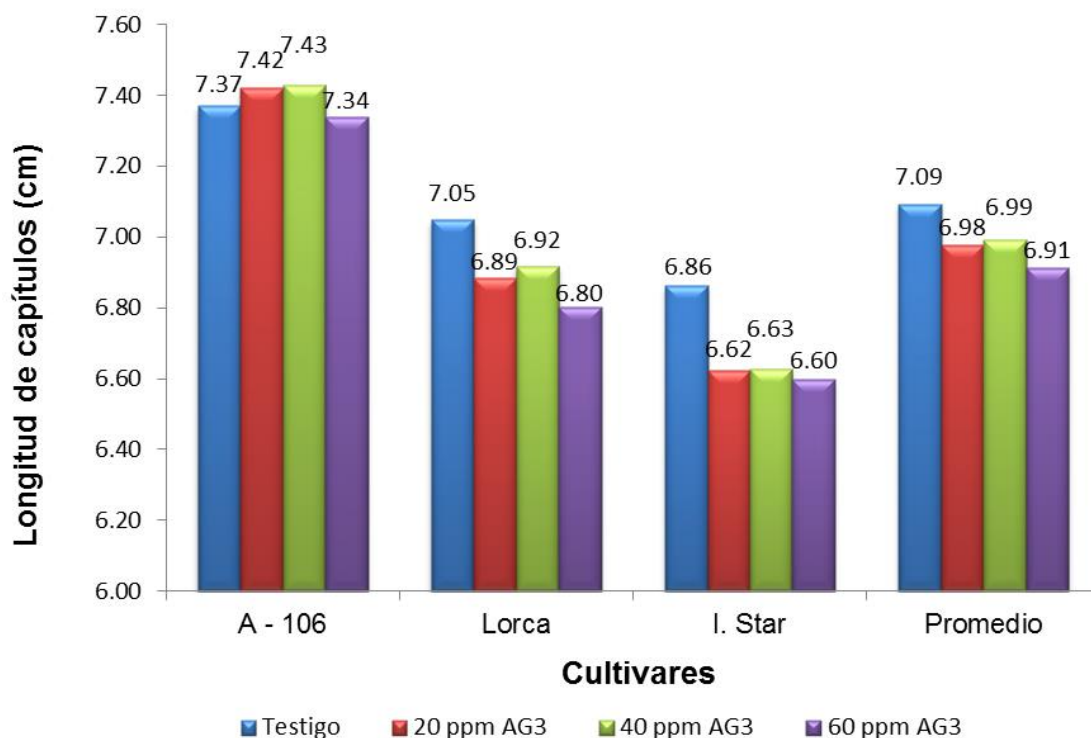


Figura 14. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la longitud de capítulos

Asimismo, POSTIGO (2009), en su ensayo con cultivares Imperial Star, no encontró diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos en estudio, señalando que la longitud promedio de capítulos fue de 7.65 cm. Sin embargo, HUAMANCAJA (2007), en su trabajo de investigación señala que la mayor longitud de capítulos se presenta en el primer mes de cosecha, disminuyendo en los dos meses siguientes en un 14.9 y 28.7 %.

4.4.2 Diámetro de capítulos

Respecto a la variable diámetro de capítulos (Cuadro 33), el análisis de variancia establece que no existen diferencias estadísticas para los factores en estudio y tampoco para la interacción cultivares x niveles de AG₃ (A*B).

Cuadro 33. Análisis de variancia del diámetro de capítulos de alcachofa.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	Significación
Parcelas			
Bloque	3	0.0251	NS
Cultivares de alcachofa (A)	2	0.0036	NS
Error (a)	6	0.0121	
Total parcelas	11		
Sub-parcelas			
Niveles de AG ₃ (B)	3	0.0015	NS
Interacción (A*B)	6	0.0021	NS
Error (b)	27	0.0072	
Total sub-parcelas	47		
CV (a)		1.68 %	
CV (b)		1.30 %	
**	Altamente significativo		
*	Significativo		
NS	No significativo		

Asimismo, al comparar las medias del diámetro de capítulos (Cuadro 34), mediante la prueba de Duncan se observa que los cultivares en estudio son estadísticamente similares, cuantitativamente también las diferencias no son significativas. De igual manera, PÉREZ (2007), tampoco encontró diferencias estadísticas significativas en los cultivares en estudio.

El comparativo de medias para el factor niveles de AG₃ (Cuadro 34), mediante la prueba de Duncan establece que el testigo fue similar estadísticamente a todos los niveles de AG₃ estudiados; también cuantitativamente las diferencias de las medias del diámetro de capítulo no son significativos.

Cuadro 34. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor cultivares de alcachofa (A) y niveles de ácido giberélico (B) sobre el diámetro de capítulos.

Tratamientos	Promedios (cm)	Significación	Incremento (%)
Cultivares de alcachofa (A)			
A-106	6.56	a	100.4
Lorca	6.55	a	100.4
Imperial Star	6.53	a	100.0
Niveles de ácido giberélico (B)			
0 ppm AG ₃	6.56	a	100.4
60 ppm AG ₃	6.56	a	100.3
40 ppm AG ₃	6.55	a	100.2
20 ppm AG ₃	6.53	a	100.0

Tratamientos unidos por igual letra en columna no difieren entre sí.

Al respecto, PÉREZ (2007), si encontró significación en el comparativo de medias para el factor niveles de AG₃, siendo el tratamiento testigo y los tratamientos con 30, 60 y 120 ppm de AG₃, estadísticamente similares, pero diferentes al tratamiento con 90 ppm de AG₃ que se caracterizó por presentar el menor diámetro de capítulos. Por otro lado, POSTIGO (2009), no encontró diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos en estudio, señalando que obtuvo un diámetro promedio de los capítulos de 6.16 cm.

En la figura 15, se puede apreciar que el tratamiento con 60 ppm de AG₃ del cultivar A – 106 obtuvo mayor diámetro promedio de capítulos, y que el tratamiento con 40 ppm de AG₃ del cultivar Imperial Star se obtuvo el menor promedio de diámetro de capítulos.

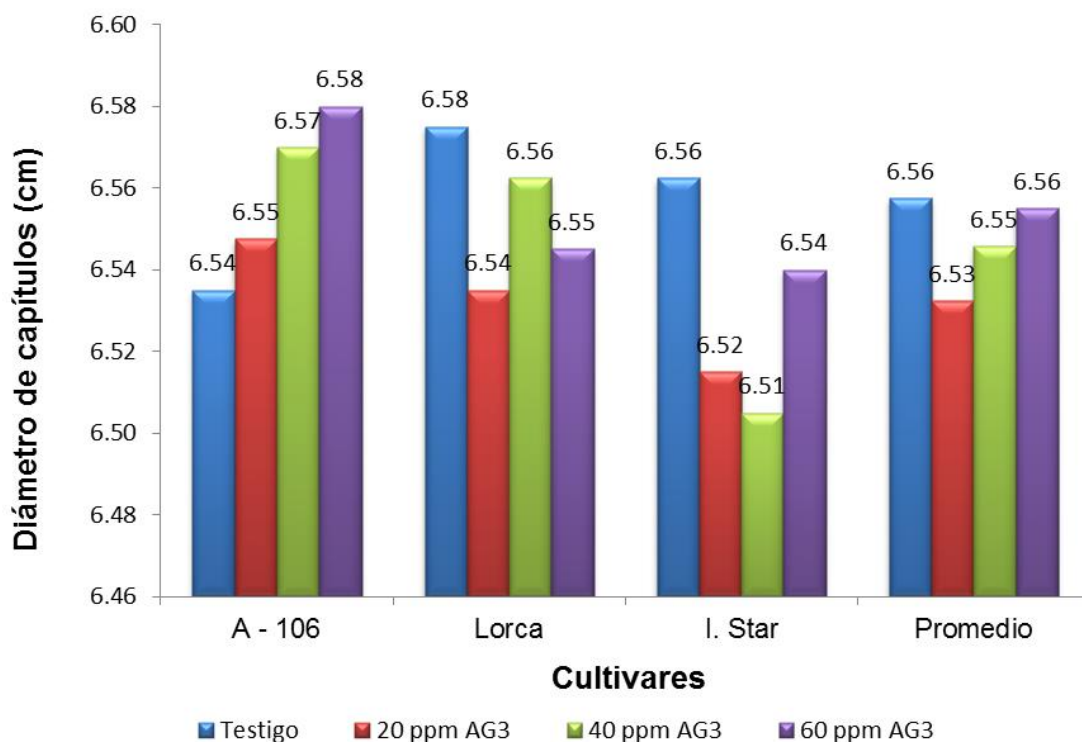


Figura 15. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en el diámetro promedio de capítulos

Respecto a las dos variables de calidad, BECERRA (2011) encontró para las variables diámetro y longitud de capítulos, que la prueba de Duncan para formulas de fertilización y niveles de AG₃, encontró que las medias para diámetro de capítulo son similares estadísticamente con un valor central de 5.0 cm. Para niveles de AG₃, las medias difieren estadísticamente. La mayor longitud caracteriza a 60 ppm de AG₃, siendo estadísticamente

diferente de 30 ppm de AG₃ y del testigo no aplicado, con el cual presenta 7.1% de incremento. Al respecto, PALACIOS (2010), concluye que el mayor diámetro de capítulo se presenta a nivel de 40 ppm de AG₃, estadísticamente diferente de 20 ppm de AG₃ y del testigo no aplicado. Asimismo, MOSQUERA (2006) aplicando niveles crecientes de AG₃, no encontró diferencias estadísticas para el diámetro de capítulo, cuando el régimen de riego fue alto y constante, sin embargo, cuando el cultivo prosperó bajo estrés hídrico las diferencias fueron significativas, presentando los mayores valores a nivel de 15 y 30 ppm de AG₃, diferentes de 45 ppm de AG₃ y del testigo no aplicado. PÉREZ (2007), encontró significación estadística a la aplicación de AG₃. Los mayores valores se presentan a nivel del testigo no aplicado, 30 y 60 ppm de AG₃ (6.33 cm), con diferencias estadísticas con 90 y 120 ppm de AG₃. HURTADO (2009), por su parte encontró significación estadística al régimen de riego (6.62 y 5.97 cm) y POSTIGO (2009) y VIZCARRA (2010), no encontraron diferencias estadísticas en el diámetro de capítulos a los factores en estudio.

4.5 Requerimiento de riego del cultivo de alcachofa

En los Anexos (Cuadro 50), se detalla el requerimiento de riego del cultivo de Alcachofa por estado fenológico cuyo resumen se muestra en el Cuadro 35.

Cuadro 35: Resumen de las variables hídricas del cultivo de alcachofa por período de crecimiento.

Períodos del cultivo	Crecimiento vegetativo (días)	Requerimiento de riego (m ³ /ha)	ETc media (mm/día)	Kc
Crecimiento lento	33	858.8	1.73	0.81
Crecimiento rápido	74	1341.4	3.01	1.12
Inicio de formación de capítulos	90	708.1	3.76	1.24
Inicio de cosecha	101	556.8	4.30	1.42
30 días de cosecha	131	1729.0	4.90	1.54
62 días de cosecha	163	1856.7	4.93	1.07
Totales/Promedios	163	7050.8	3.77	1.20

Para las condiciones hidráulicas del sistema de riego por goteo, presión promedio de trabajo de 8 m.c.a. y una eficiencia de riego promedio del 85 %, con emisores de caudal regulado de marca Kattif de 2.1 L/hora, el requerimiento de riego durante la campaña se eleva a 7050.8 m³/ha (de los cuales el 2.63 % corresponden al riego de pre trasplante), siendo el requerimiento neto (ETc) de 599.3 mm durante los 163 días de período vegetativo y un promedio de 36.7 m³/ha/día de agua consumida por evapotranspiración por el cultivo de alcachofa.

Cabrera 1999, citado por ROBLES (2001), señala que en estudios realizados a nivel de Costa, el requerimiento de riego varía entre 7500 a 11000 m³/ha/campaña, en condiciones de riego por gravedad; mientras que en riego tecnificado entre 7000 y 10000 m³/ ha. PÉREZ (2007), señala que en su ensayo el 3.7 % del riego total (7074.0 m³/ha) correspondieron al riego de pre trasplante.

En base a los diferentes estados fenológicos del cultivo durante los 33 días después del trasplante, período del crecimiento lento, el consumo de agua por evapotranspiración fue 12.2% del total consumido, siendo la evapotranspiración media (ETc) en este período de 1.73 mm/día y el coeficiente de transpiración (Kc) estimado de 0.81. Durante el período del crecimiento vegetativo rápido a 74 días después del trasplante el consumo de agua evapotranspirada se eleva a 19.0 % del total; mostrando un valor medio de la ETc de 2.79 mm/día y un Kc medio estimado de 1.02. En el período de intenso crecimiento vegetativo hasta el inicio de formación de capítulos a 90 días después del trasplante, el consumo de agua evapotranspirada es del 10 % del total, mostrando un valor medio de la ETc de 3.76 mm/día y un Kc estimado de 1.24. En el período de inicio de cosecha a los 101 días después del trasplante el consumo de agua evapotranspirada es del 7.9 % del total, mostrando un valor medio de la ETc de 4.30 mm/día y un Kc estimado de 1.42. Finalmente, en el período de cosecha para los primeros 30 días de cosecha (131 días después del trasplante) el consumo de agua fue de 24.5% del total, el valor medio de la ETc de 4.90 mm/día y el Kc estimado de 1.54, y para los últimos 32 días de cosecha (163 días después del trasplante) el consumo se

elevó a 26.3%, el valor medio de la ETc fue 4.93 mm/ día y el coeficiente del cultivo (Kc) de 1.07.

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: PÉREZ (2007), con 162 días después del trasplante obtuvo un gasto de 7074 m³/ha y un Kc de 1.12. Postigo (2009), también en alcachofa cv. Imperial Star con 177 días después del trasplante de periodo vegetativo registro un consumo de agua de riego de 6296 m³/ha y un Kc estimado de 1.29. MOSQUERA (2006), con 181 días después del trasplante de periodo vegetativo tuvo un gasto de 6367 m³/ha, con una ETc media de 2.47 mm/día y un Kc estimado promedio de 1.08. Asimismo, HURTADO (2009), bajo condiciones de un régimen normalmente irrigado, con 178 días después del trasplante tuvo un gasto de 7356 m³/ha y un Kc medio estimado de 0.95, VIZCARRA (2010), para un ciclo vegetativo de 166 días después del trasplante, obtuvo un gasto de 6728 m³/ha y un Kc medio estimado de 1.10. PALACIOS (2010) para un ciclo vegetativo de 182 días obtuvo un gasto de 6055.1 m³/ha y un Kc de 1.12 y SANTAMARÍA (2011), para un ciclo de 176 días después del trasplante obtuvo un gasto de 5507.9 m³/ha.

4.6 Parámetros agronómicos

En los Anexos (Cuadro 51), se muestran los resultados generales (valores promedios) por cultivares de alcachofa en estudio. Estos valores determinan parámetros agronómicos del cultivo bajo las condiciones en que fue

manejado: riego localizado de alta frecuencia, fertirrigación y aplicación de fitohormonas.

Al respecto, la eficiencia de uso de agua (EUA) alcanzó 2.79, 2.63 y a 2.52 kg/ m³ de capítulos producidos por m³ de agua de riego aplicado para Lorca, A-106 e Imperial Star respectivamente, siendo el incremento en la eficiencia de uso de agua (EUA) en el cultivar Lorca del 6.1% respecto de A-106 y de 10.7 % de Imperial Star.

El coeficiente de transpiración promedio del cultivo (CT) se elevó a 428.5, 479.8 y 512.6 litros de agua evapotranspirada por kg. de materia seca producida en los cultivares Lorca, A-106 e Imperial Star, respectivamente; estableciendo una mayor eficiencia transpiratoria del cultivar Lorca relacionada a la mayor producción de materia seca total principalmente del componente hojas, el cual supera en 18.3% a A-106 y en 27.4% a Imperial Star y a su vez relacionada con el mayor índice de área foliar, donde el cultivar Lorca con 4.64 m² de área foliar por m² de superficie, supera en 10.2% a A-106 (4.21m²/m²) y en 6.9% a Imperial Star (4.34 m²/m²).

Asimismo, presenta un índice de cosecha (IC), de 28.6% para el cultivar Imperial Star, mostrando una mayor eficiencia fotosintética respecto a A-106 con un IC de 21.3% y respecto a Lorca con un IC de 19.7%.

Al respecto, BECERRA (2011) para condiciones similares de suelos, agua y clima, indica que la eficiencia de uso de agua (kg/m³), principal parámetro agronómico de los cultivos, que relaciona los kilogramos de

capítulos producidos por metro cúbico de agua aplicado en el riego presenta como valor medio 3.4 kg/m^3 , este valor es similar al encontrado por POSTIGO (2009), en el mismo cultivar con 3.48 kg/m^3 , con aplicación de AG_3 y de 3.24 sin la aplicación de AG_3 . En cambio, difiere aunque no de manera significativa con los hallados por PÉREZ (2007), en alcachofa Imperial Star que encontró una EUA de 2.85 kg/m^3 , 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^3 de agua aplicado y bajo estrés hídrico una EUA de 2.41 kg/m^3 . Asimismo, HURTADO (2009) encontró una EUA de 2.40 kg/m^3 bajo condiciones normalmente irrigadas, de 1.72 kg/m^3 bajo condiciones de estrés durante todo el periodo vegetativo, de 1.82 kg/m^3 bajo estrés durante su fase reproductiva y de 2.19 kg/m^3 bajo estrés durante su fase vegetativa, VIZCARRA (2010) encontró una EUA de 2.86 kg/m^3 y finalmente, SANTAMARÍA (2010), probando el efecto de la aplicación de calcio y de hierro-manganeso-zinc, en el mismo cultivar obtuvo una EUA de 3.8 kg/m^3 y PALACIOS (2010), probando niveles crecientes de NPK en Imperial Star encontró una EUA de 3.2 kg/m^2 .

Respecto al índice de área (IAF), parámetro que 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, BECERRA (2011), indica que el cultivo de alcachofa presenta un índice de área foliar (IAF) de 7.7 m^2 de área foliar por m^2 de superficie cultivada. Valores similares encontraron POSTIGO (2009) con un IAF promedio de 7.4 , sin mayores diferencias con o sin la aplicación de AG_3 y VIZCARRA (2010),

con un IAF promedio de 7.0. En cambio, PÉREZ (2007), también en alcachofa Imperial Star encontró un IAF de 3.2, MOSQUERA (2006), en alcachofa Imperial Star bajo un régimen de riego normalmente irrigado encontró una IAF de 9.1 m²/m² bajo un régimen irrigado y de 5.2 m²/m² bajo estrés hídrico. Asimismo, HURTADO (2009), bajo condiciones de un régimen irrigado normalmente encontró un IAF de 9.7 y bajo condiciones de estrés hídrico el IAF disminuyó a 3.2. Finalmente, SANTAMARÍA (2010) probando la aplicación de calcio y microelementos encontró un IAF de 9.9 y PALACIOS (2010) encontró un IAF de 7.1 m²/m²

Respecto al índice de cosecha (IC), que expresa la eficiencia del cultivo, relacionando la materia seca del producto cosechado (capítulos) respecto de la materia seca total producida (hojas + tallos + capítulos), BECERRA (2011) encontró que la media para el cultivo de alcachofa alcanza un valor de 21.8%. 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, VIZCARRA (2010) encontró un índice de cosecha de 22.4%. Finalmente, PALACIOS (2010) con 25.3% y SANTAMARÍA (2010) con 24.3%.

Finalmente, respecto al coeficiente de transpiración (CT) parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada necesaria para producir un kilogramo de materia seca - parte aérea, BECERRA (2011) encontró un valor bajo en comparación con otros trabajos de tesis en alcachofa Imperial Star, siendo de 233.9 L/kg. 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 periodo vegetativo, de 555 L/kg bajo condiciones de estrés durante su fase reproductiva y de 429 L/kg bajo estrés durante su fase vegetativa, VIZCARRA (2010) encontró un CT de 374 L/kg. Finalmente, PALACIOS (2010) y SANTAMARÍA (2010) encontraron valores de 404.9 y 329.3 L/kg respectivamente.

Respecto a la fenología del cultivo, cabe indicar que desde el trasplante, la planta modifica su altura, área foliar y materia seca, diferentes estados fenológicos cuyo Kc es diferente y se puede visualizar en el cuadro de riegos (Cuadro 50), hasta valores máximos, que coinciden con el cambio hormonal de la fase de desarrollo. En la alcachofa, la fase de cosecha se ubica dentro del crecimiento vegetativo (fase vegetativa), la aparición de la pre flor (capítulo) es el indicativo de que la planta está en vías de ir a la fase reproductiva, pero la cosecha no permite que el capítulo se convierta en flor y menos en fruto.

4.7 Análisis Agro – económico

El Cuadro 36 presenta los resultados del análisis económico del cultivo de alcachofa, teniendo como base el rendimiento del cultivo y un precio de 0.37 centavos de dólar por kilogramo de alcachofa en chacra, determinándose el índice de rentabilidad por cultivar de alcachofa en estudio y por concentración de ácido giberélico aplicado.

Para los tres cultivares en estudio, el más alto índice de rentabilidad caracteriza al cultivar Lorca con 113.8%. En A – 106 es de 101.5% y para Imperial Star del 93.0% con utilidades netas de US \$ 3871.6, de US \$ 3453.5 y de US \$ 3164.9 respectivamente.

Asimismo, por tratamiento de ácido giberélico, se obtienen índices de rentabilidad (IR%) de 107.05% para el testigo sin AG₃, de 113.15% para la concentración de 20 ppm de AG₃, de 126.51% para la concentración de 40 ppm de AG₃ y de 117.12% para la concentración de 60 ppm de AG₃. La máxima utilidad neta caracteriza a la concentración de 40 ppm de AG₃ con US \$ 4056.57 estableciendo incrementos en las utilidades de 20.1% respecto del testigo no aplicado con AG₃, del 13.2% respecto de la concentración de 20 ppm de AG₃ y de 8.4% respecto a la mayor concentración de 60 ppm de AG₃ aplicado.

Cuadro 36. Análisis de rentabilidad: cultivares de alcachofa (A) por niveles de ácido giberélico (B)

Cultivares/ Niveles de AG₃	Rendimiento (t ha⁻¹)	Precio (US \$/ t)	Valor neto de producción (US \$)	Costo total (US \$)	Utilidad neta (US \$)	IR %
Imperial Star	17.75	370.00	6567.50	3402.60	3164.90	93.01
A-106	18.53	370.00	6856.10	3402.60	3453.50	101.50
Lorca	19.66	370.00	7274.20	3402.60	3871.60	113.78
Testigo	17.66	370.00	6534.20	3155.89	3378.31	107.05
20 ppm de AG ₃	18.39	370.00	6804.30	3192.21	3612.09	113.15
40 ppm de AG ₃	19.63	370.00	7263.10	3206.53	4056.57	126.51
60 ppm de AG ₃	18.90	370.00	6993.00	3220.86	3772.14	117.12

MINAG: Precio en chacra - Diciembre 2007: 0.37 US \$/ kg.

MINAG: Precio en chacra - Diciembre 2012: 0.37 US \$/ kg.

V. CONCLUSIONES

1. Los cultivares Lorca, A-106 e Imperial Star, presentan diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, sus componentes y en la mayoría de las variables de crecimiento. La tendencia indica que el cultivar Lorca presenta los mayores valores.
2. Los niveles de ácido giberélico determinaron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de capítulos y número de capítulos. La tendencia indica que los mayores valores caracterizan al nivel 40 ppm de AG₃ y los menores valores al testigo sin AG₃.
3. Los resultados del rendimiento de capítulos, indican que el cultivar Lorca muestra el mayor rendimiento con 19.66 t ha⁻¹, siendo la diferencia del 6.1% respecto al cv. A-106 y del 10.8% respecto del cv. Imperial Star.
4. Para niveles de ácido giberélico, los mayores rendimientos caracterizan a 40 ppm de AG₃, con 19.63 t ha⁻¹, con diferencias del 11.2% respecto al testigo. Estadísticamente no son diferentes de 20 y 60 ppm de AG₃.
5. La variable número promedio de capítulos por planta correlaciona directamente con el rendimiento del cultivo. La tendencia indica que ambos valores se incrementan hasta la concentración de 40 ppm de AG₃ con incrementos del 12.7 y 11.2 % respecto del testigo no aplicado.
6. Para las variables peso, longitud y diámetro de capítulos los resultados en general indican valores más elevados para el testigo no aplicado con AG₃, sin embargo, las tres variables se encuentran sometidas a efectos externos de cosechas dirigidas según el mercado, por lo que no es posible establecer efectos directos de los factores en estudio.

7. Para las variables materia seca de hojas y materia seca total, los tratamientos testigo sin aplicación de AG₃, resultaron con mayor peso de materia seca, ya que la tendencia indica que con la aplicación de AG₃ este peso disminuye.

8. Los parámetros agronómicos del cultivo de alcachofa indican, una mayor eficiencia de uso de agua (EUA) de 2.79 kg/m³ para el cv. Lorca, un mayor índice de cosecha (IC%) de 28.6 % para el cv Imperial Star, un mayor índice de área foliar (IAF) de 4.64 m²/m² para el cv. Lorca y un menor coeficiente de transpiración (CT) de 428.5 L/kg para el cv. Lorca.

9. En general, para un ciclo vegetativo de 163 días, el cultivo de alcachofa muestra un requerimiento de riego de 7048 m³/ha, una evapotranspiración promedio de (ETc) de 3.77 mm/día y un Kc estimado por campaña de 1.2.

10. El mayor índice de rentabilidad (IR) caracteriza al cultivar Lorca con 113.8% y también la mayor utilidad neta con 3872 dólares, presentando incrementos del 12.1% respecto de A-106 y del 22.3 % respecto a Imperial Star. Para concentraciones de ácido giberélico el mayor índice de rentabilidad de 112.6 % se presenta con 40 ppm de AG₃, con una utilidad neta del 4057 dólares e incrementos del 18.2% respecto del testigo sin AG₃.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es conveniente realizar ensayos agronómicos con aplicaciones de ácido giberélico en los diferentes estados fenológicos del cultivo de alcachofa.
2. Realizar estudios con la finalidad de determinar los efectos de interacción entre los diferentes cultivares comerciales de alcachofa y cambios en el nivel nutricional de los suelos.
3. Sería conveniente realizar ensayos sobre las diferentes modalidades de aplicación de las fitohormonas, entre ellas el ácido giberélico, en relación a las diferencias estructurales entre el haz y el envés de las hojas.

VII. RESUMEN

El ensayo se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos, del Departamento Académico de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de agosto 2006 a enero 2007. A nivel de campo y bajo condiciones de riego localizado de alta frecuencia por goteo, se probó el efecto de tres concentraciones de ácido giberélico (20, 40 y 60 ppm) en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de alcachofa sin espinas (Imperial Star, Lorca y A -106). El diseño experimental empleado fue el de Parcelas Divididas con 4 repeticiones. Los cultivares de alcachofa fueron dispuestos aleatoriamente a nivel de parcelas y las concentraciones de ácido giberélico a nivel de subparcelas.

Los resultados mostraron que el cultivar Lorca alcanzó el mayor rendimiento promedio de peso total de capítulos con 19.66 t ha^{-1} , rendimiento estadísticamente similar al alcanzado por el cultivar A-106 con 18.53 t ha^{-1} , y superior al del cultivar Imperial Star con 17.75 t ha^{-1} . De otro lado, en cuanto a los niveles de ácido giberélico, el mayor rendimiento se alcanzó con la aplicación de 40 ppm de AG_3 (19.63 t ha^{-1}), similar estadísticamente a 60 (18.90 t ha^{-1}) y 20 (18.39 t ha^{-1}) ppm de AG_3 , pero diferente del testigo no aplicado (17.66 t ha^{-1}) con incremento máximo del 11.1%.

Comparando el efecto de los tratamientos en los componentes del rendimiento, número y peso de capítulos, se encontró que independientemente del potencial de cada cultivar, los niveles de ácido giberélico influenciaron en la floración (número de capítulos por planta) y no en el crecimiento (peso de

capítulos), al no hallarse significación estadística en el peso de capítulos y sí en el número de capítulos. Para el número de capítulos, el mayor valor caracterizó al cv Lorca (23.42 capítulos/ planta), estadísticamente similar al cv. Imperial Star, pero diferente estadísticamente al cv. A-106, siendo el incremento del 9.3%. Asimismo, para niveles de ácido giberélico en esta variable, los resultados fueron similares al rendimiento: el mayor número de capítulos se logró con 40 ppm de AG₃, similar estadísticamente a 60 y 20 ppm, pero diferente del testigo (20.83 capítulos/ planta) con incremento máximo del 12.7%. No se hallaron diferencias estadísticas entre niveles de ácido giberélico en el área foliar, altura de planta, materia seca de tallos, materia seca de capítulos y materia seca total.

En cuanto a los parámetros agronómicos, la eficiencia de uso del agua fue de 2.63, 2.79 y 2.52 kg/m³, índices de cosecha de 21.3, 19.7 y 28.6%, e índices de área foliar de 4.21, 4.64 y 4.34 m²/m² para los cultivares A-106, Lorca, Imperial Star, respectivamente.

Respecto al análisis agroeconómico entre cultivares, el mayor índice de rentabilidad correspondió al cv. Lorca (113.8%) con una utilidad neta de 3,871 dólares. En el cv. A-106 el IR fue de 101.5% y utilidad neta de 3453 dólares. Para Imperial Star el IR fue de 93.0% y la utilidad de 3164 dólares. De otro lado, para niveles de ácido giberélico, el mayor índice de rentabilidad caracterizó a 40 ppm de AG₃, con un IR de 126.5% y una utilidad neta de 4056 dólares. Finalmente, el menor IR fue para el testigo con IR de 107.1% y utilidad neta de 3378 dólares.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. APAZA, W. 2006. Revista institucional de la asociación de agricultores Agro Exportadores Propietarios de Terrenos de Chavimochic. Arenagro. Trujillo, Perú. 2(3):16
2. BECERRA, H. 2011. Efecto de la fórmula de fertilización NPK y de la concentración de ácido giberélico en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Imperial Star, bajo riego por goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 94 p.
3. CÁRDENAS, G. 2006. Alcachofa: cualidades y producción. Colección mi Huerto. Lima, Perú. 136 p.
4. CASAS, A. 2000. El cultivo de Alcachofa. AGRO ENFOQUE. Edición 111. Lima, Perú. 13 p.
5. CASTILLO, J. 2006. Revista institucional de la asociación de agricultores Agro Exportadores Propietarios de Terrenos de Chavimochic. Arenagro. Trujillo, Perú. 2(3):16
6. CHÁVEZ, P. 2001. Evaluación de siete cultivares de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) sin espinas en el valle de Chancay – Huaral en dos épocas de siembra. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 106 p.
7. DOMÍNGUEZ, A. 1997. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 613 p.

8. El cultivo de la alcachofa. [En línea]: Alcachofa, (<http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>, documentos, Feb. 2007)
9. EVANS, L. 1983. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 423 p.
10. FERNÁNDEZ, C. y JOHNSTON, M. 1986. Fisiología vegetal experimental. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 410 p.
11. GARCÍA, S.M. 2004. Aplicación y usos del ácido giberélico en alcachofa. *In*: Seminario Internacional de Alcachofa (3, 2004, Lima). Lima, Perú.
12. Hortalizas de estación fría. [En línea]: Alcachofa, (http://www.puc.cl/sw_edu/hort0498/HTML/p125.html, documentos, Feb. 2007)
13. 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 riego por goteo en condiciones de Villacurí – Ica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 98 p.
14. HURTADO, L. 2009. Efecto del estrés hídrico y de la aplicación de calcio en el crecimiento y rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv Imperial Star. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 129 p.

15. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA, INIA. 2001. Cultivo de alcachofa sin espinas. Manual N° 1. Ministerio de Agricultura, UOPE. Dirección General de Investigación Agraria. Programa de Investigación en Hortalizas. Lima, Perú. 200 p.
16. LUDWICK, A. 1997. El manejo de fertilizantes a través de los sistemas de riego: Fertiirrigación (Parte I). Rev. Inf. Agron., Instituto de la Potasa y el Fósforo, Quito. 2(1):1-4.
17. MAMANI, D.B. 2009. Fluctuación poblacional de los principales insectos fitófagos y sus enemigos naturales en el cultivo de alcachofa en el Valle de Ica. Tesis Mag. Sc. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 125 p.
18. Manejo agrícola de la alcachofa en la sierra del Perú. [En línea]: Alcachofa, (<http://html.rincondelvago.com/manejo-agricola-de-la-alcachofa-en-la-sierra-del-peru.html>, documentos, Feb. 2007)
19. MAROTO, J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 702 p.
20. MOSQUERA, V. 2006. Efecto del estrés hídrico y de la concentración de ácido giberélico en la morfología y rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Imperial star. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 96 p.
21. NABORS, M.W. 2005. Introducción a la Botánica. Editorial Addison - Wesley. Madrid – España. 744 p.
22. PALACIOS, E.E. 2011. 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. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 93 p.
23. PÉREZ, M. 2007. Efecto de cuatro concentraciones de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 105 p.
24. PÉREZ, G. y MARTINEZ, L. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 218 p.
25. POSTIGO, R. 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada – fosforada – potásica, con y sin aplicación de ácido giberélico en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Imperial Star bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 96 p.
26. ROBLES, F. 2001. La alcachofa: Nueva alternativa para la agricultura peruana. PROMPEX. Lima – Perú. 43 p.
27. ROJAS G. y VÁSQUEZ G. 1995. Manual de Herbicidas y Fitorreguladores. Editorial Limusa. México D.F. – México. 157 p.
28. SALISBURY, F. B. y CLEON, R. W. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. IV Edición. México D.F. – México. 759 p.

29. SANTAMARÍA, E. 2011. Efecto de la aplicación de calcio, hierro, manganeso y zinc en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 109 p.
30. SCHRADER, W. y MAYBERRY, K. 2002. Producción de alcachofas en California. Centro de Información e Investigación de Hortalizas. Universidad de California. USA. 5 p.
31. TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2006. Fisiología Vegetal. Volúmen II. Tercera edición. Universidad de Jaume. USA. 569-859 pp.
32. TEJADA, J.C. y MOLLINEDO, Y. 2006. Manejo del cultivo de alcachofa. [En línea]: Corporación Agroindustrial PRODESUR. (<http://www.agritacna.gob.pe/informacion/empresas/Manejo%20de%20Cultivo%20de%20alcachofa.pdf>, documentos, Ene. 2009)
33. VIZCARRA, J.M. 2010. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 85 p.
34. WEAVER, J. 1990. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. VII reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 p.
35. YZARRA, W.J. y LÓPEZ, F.M. 2011. Manual de observaciones fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima – Perú. 98 p.

IX. ANEXO

Cuadro 37. Datos originales del rendimiento de capítulos (t ha⁻¹)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	17.50	16.33	17.87	19.91	17.90
T ₂	a ₁ b ₂	15.60	20.79	17.69	20.56	18.66
T ₃	a ₁ b ₃	17.64	17.87	21.94	19.12	19.14
T ₄	a ₁ b ₄	20.66	17.84	15.73	19.43	18.42
T ₅	a ₂ b ₁	18.91	16.15	19.92	19.79	18.69
T ₆	a ₂ b ₂	16.43	18.20	21.71	18.65	18.75
T ₇	a ₂ b ₃	24.44	18.30	19.88	20.21	20.71
T ₈	a ₂ b ₄	21.49	21.20	20.07	19.25	20.50
T ₉	a ₃ b ₁	16.57	16.08	17.19	15.66	16.38
T ₁₀	a ₃ b ₂	18.19	16.33	19.52	17.03	17.77
T ₁₁	a ₃ b ₃	18.60	18.93	19.15	19.51	19.05
T ₁₂	a ₃ b ₄	16.62	19.86	17.43	17.27	17.80

Cuadro 38. Datos originales del número de capítulos promedio por planta (unid.)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	20.50	19.31	21.00	23.00	20.95
T ₂	a ₁ b ₂	18.00	25.25	20.19	22.50	21.49
T ₃	a ₁ b ₃	21.00	20.75	24.00	23.50	22.31
T ₄	a ₁ b ₄	23.75	20.31	18.00	21.75	20.95
T ₅	a ₂ b ₁	21.25	20.13	23.75	23.00	22.03
T ₆	a ₂ b ₂	19.50	21.88	26.00	22.75	22.53
T ₇	a ₂ b ₃	29.00	22.25	23.00	21.00	23.81
T ₈	a ₂ b ₄	26.50	28.50	22.75	23.50	25.31
T ₉	a ₃ b ₁	20.75	19.06	21.00	17.25	19.52
T ₁₀	a ₃ b ₂	22.00	21.25	23.50	21.06	21.95
T ₁₁	a ₃ b ₃	23.50	24.50	24.25	25.00	24.31
T ₁₂	a ₃ b ₄	21.00	25.25	21.88	21.75	22.47

Cuadro 39. Datos originales del peso promedio de capítulos por planta (unid.)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	81.97	80.59	81.69	83.09	81.84
T ₂	a ₁ b ₂	83.21	79.06	84.62	87.74	83.66
T ₃	a ₁ b ₃	80.64	84.47	82.75	78.10	81.49
T ₄	a ₁ b ₄	83.49	83.96	83.88	84.27	83.90
T ₅	a ₂ b ₁	85.44	81.92	80.51	82.59	82.62
T ₆	a ₂ b ₂	80.88	79.82	80.16	79.89	80.19
T ₇	a ₂ b ₃	80.89	78.94	82.98	81.53	81.09
T ₈	a ₂ b ₄	77.84	76.31	77.35	78.63	77.53
T ₉	a ₃ b ₁	76.65	82.94	78.57	81.33	79.87
T ₁₀	a ₃ b ₂	79.36	77.54	79.75	77.27	78.48
T ₁₁	a ₃ b ₃	79.62	76.13	75.80	74.91	76.62
T ₁₂	a ₃ b ₄	75.98	75.52	76.58	76.22	76.08

Cuadro 40. Datos originales del área foliar (cm²)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	4.17	2.94	3.18	4.77	3.76
T ₂	a ₁ b ₂	3.90	3.63	3.06	4.59	3.80
T ₃	a ₁ b ₃	3.39	2.58	5.53	5.03	4.13
T ₄	a ₁ b ₄	2.92	4.00	6.59	4.34	4.46
T ₅	a ₂ b ₁	4.85	5.85	4.93	4.11	4.94
T ₆	a ₂ b ₂	2.47	4.88	4.61	6.02	4.50
T ₇	a ₂ b ₃	4.11	3.43	3.05	4.59	3.79
T ₈	a ₂ b ₄	3.55	4.39	5.28	5.02	4.56
T ₉	a ₃ b ₁	4.46	5.00	3.57	5.14	4.54
T ₁₀	a ₃ b ₂	3.15	3.62	3.68	6.28	4.18
T ₁₁	a ₃ b ₃	3.75	4.04	3.44	4.04	3.82
T ₁₂	a ₃ b ₄	4.48	3.21	3.66	5.23	4.14

Cuadro 41. Datos originales de la altura de planta (cm)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	110.00	130.00	137.00	140.00	129.25
T ₂	a ₁ b ₂	136.00	134.00	136.50	134.00	135.13
T ₃	a ₁ b ₃	138.00	133.25	134.00	136.00	135.31
T ₄	a ₁ b ₄	136.25	128.00	135.00	157.00	139.06
T ₅	a ₂ b ₁	119.00	114.00	119.25	121.00	118.31
T ₆	a ₂ b ₂	114.75	118.94	137.00	120.00	122.67
T ₇	a ₂ b ₃	134.00	142.00	105.00	132.00	128.25
T ₈	a ₂ b ₄	125.00	135.00	124.00	134.00	129.50
T ₉	a ₃ b ₁	121.00	117.00	115.00	120.00	118.25
T ₁₀	a ₃ b ₂	137.50	117.16	119.00	111.13	121.20
T ₁₁	a ₃ b ₃	126.00	125.00	115.00	119.00	121.25
T ₁₂	a ₃ b ₄	137.00	126.00	121.25	117.00	125.31

Cuadro 42. Datos originales de longitud de tallo (cm)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	60.00	94.00	98.80	92.70	86.38
T ₂	a ₁ b ₂	90.00	102.00	84.00	96.00	93.00
T ₃	a ₁ b ₃	88.80	91.45	94.00	98.00	93.06
T ₄	a ₁ b ₄	96.00	95.00	112.00	125.00	107.00
T ₅	a ₂ b ₁	79.00	52.00	89.75	103.00	80.94
T ₆	a ₂ b ₂	80.00	94.25	93.00	95.00	90.56
T ₇	a ₂ b ₃	96.00	95.00	88.00	98.00	94.25
T ₈	a ₂ b ₄	92.95	91.80	98.00	96.00	94.69
T ₉	a ₃ b ₁	83.00	83.00	87.00	85.00	84.50
T ₁₀	a ₃ b ₂	81.30	86.00	96.00	82.58	86.47
T ₁₁	a ₃ b ₃	78.00	97.00	92.00	86.00	88.25
T ₁₂	a ₃ b ₄	90.00	86.00	83.00	95.00	88.50

Cuadro 43. Datos originales de materia fresca total (gr/planta)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	12597.41	12130.63	9144.14	12023.29	11473.87
T ₂	a ₁ b ₂	10423.70	12009.79	10166.75	11644.71	11061.24
T ₃	a ₁ b ₃	9917.62	10312.31	8087.23	9661.36	9494.63
T ₄	a ₁ b ₄	9038.96	7981.68	8895.59	8998.52	8728.69
T ₅	a ₂ b ₁	14796.70	16037.53	11584.75	13644.31	14015.82
T ₆	a ₂ b ₂	9868.99	14221.65	11151.29	10656.51	11474.61
T ₇	a ₂ b ₃	12604.78	11873.01	10596.56	10227.51	11325.47
T ₈	a ₂ b ₄	12771.83	12095.93	9351.88	11469.38	11422.26
T ₉	a ₃ b ₁	11153.04	11484.98	8332.23	10525.31	10373.89
T ₁₀	a ₃ b ₂	9821.01	9131.59	7761.04	8385.16	8774.70
T ₁₁	a ₃ b ₃	10206.01	10067.84	8212.37	9839.73	9581.49
T ₁₂	a ₃ b ₄	9956.06	9206.58	7701.25	9654.67	9129.64

Cuadro 44. Datos originales de materia seca de hojas (gr/planta)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	680.67	726.52	484.78	782.74	668.68
T ₂	a ₁ b ₂	491.13	546.39	636.12	991.99	666.41
T ₃	a ₁ b ₃	613.46	600.99	636.62	686.93	634.50
T ₄	a ₁ b ₄	351.92	464.99	637.97	522.65	494.38
T ₅	a ₂ b ₁	831.01	1108.98	709.06	986.08	908.78
T ₆	a ₂ b ₂	728.82	813.22	699.96	825.63	766.91
T ₇	a ₂ b ₃	800.89	563.23	678.04	865.56	726.93
T ₈	a ₂ b ₄	603.17	744.12	661.78	758.15	691.81
T ₉	a ₃ b ₁	634.89	657.45	553.30	687.43	633.27
T ₁₀	a ₃ b ₂	475.51	472.40	474.04	654.06	519.00
T ₁₁	a ₃ b ₃	602.44	564.61	385.30	622.35	543.68
T ₁₂	a ₃ b ₄	594.16	421.35	501.25	653.23	542.50

Cuadro 45. Datos originales de materia seca de tallos (gr/planta)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	286.56	197.66	375.90	446.47	326.65
T ₂	a ₁ b ₂	254.06	420.65	332.66	402.97	352.59
T ₃	a ₁ b ₃	204.45	226.83	276.45	239.11	236.71
T ₄	a ₁ b ₄	358.90	253.96	457.58	507.67	394.53
T ₅	a ₂ b ₁	217.99	285.41	330.12	325.52	289.76
T ₆	a ₂ b ₂	252.64	176.23	470.62	291.45	297.74
T ₇	a ₂ b ₃	220.55	300.64	252.60	441.03	303.70
T ₈	a ₂ b ₄	299.53	311.19	385.28	304.66	325.16
T ₉	a ₃ b ₁	193.88	211.57	220.92	228.89	213.81
T ₁₀	a ₃ b ₂	199.19	236.34	327.07	118.21	220.20
T ₁₁	a ₃ b ₃	252.54	271.41	301.05	226.93	262.98
T ₁₂	a ₃ b ₄	314.54	211.57	244.25	308.41	269.69

Cuadro 46. Datos originales de materia seca de capítulos (gr/planta)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	247.75	232.45	249.79	319.29	262.32
T ₂	a ₁ b ₂	237.44	257.05	214.59	249.75	239.71
T ₃	a ₁ b ₃	215.48	247.36	336.44	267.36	266.66
T ₄	a ₁ b ₄	234.13	274.23	239.48	266.82	253.66
T ₅	a ₂ b ₁	285.01	188.30	275.34	283.75	258.10
T ₆	a ₂ b ₂	282.42	254.79	259.85	255.23	263.07
T ₇	a ₂ b ₃	275.77	253.67	263.35	287.96	270.19
T ₈	a ₂ b ₄	257.92	269.00	265.69	282.63	268.81
T ₉	a ₃ b ₁	325.38	286.14	319.75	331.28	315.64
T ₁₀	a ₃ b ₂	334.56	315.18	325.13	303.85	319.68
T ₁₁	a ₃ b ₃	286.07	344.76	286.80	365.28	320.73
T ₁₂	a ₃ b ₄	293.92	346.32	320.75	351.36	328.09

Cuadro 47. Datos originales de materia seca total (gr/planta)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	1214.985	1156.628	1110.477	1548.502	1257.65
T ₂	a ₁ b ₂	982.6297	1224.099	1183.376	1644.718	1258.71
T ₃	a ₁ b ₃	1033.385	1075.179	1249.503	1193.397	1137.87
T ₄	a ₁ b ₄	944.9423	993.1781	1335.03	1297.143	1142.57
T ₅	a ₂ b ₁	1334.009	1582.691	1314.517	1595.347	1456.64
T ₆	a ₂ b ₂	1263.881	1244.237	1430.441	1372.307	1327.72
T ₇	a ₂ b ₃	1297.212	1117.539	1193.983	1594.555	1300.82
T ₈	a ₂ b ₄	1160.618	1324.302	1312.754	1345.438	1285.78
T ₉	a ₃ b ₁	1154.148	1155.164	1093.971	1247.599	1162.72
T ₁₀	a ₃ b ₂	1009.252	1023.922	1126.24	1076.12	1058.88
T ₁₁	a ₃ b ₃	1141.054	1180.78	973.153	1214.562	1127.39
T ₁₂	a ₃ b ₄	1202.613	979.2444	1066.25	1312.997	1140.28

Cuadro 48. Datos originales de longitud promedio de capítulos (cm)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	7.17	7.46	7.52	7.33	7.37
T ₂	a ₁ b ₂	7.21	7.47	7.56	7.45	7.42
T ₃	a ₁ b ₃	7.56	7.55	7.50	7.10	7.43
T ₄	a ₁ b ₄	7.14	7.19	7.28	7.74	7.34
T ₅	a ₂ b ₁	7.14	7.01	6.95	7.09	7.05
T ₆	a ₂ b ₂	6.94	6.88	6.76	6.96	6.89
T ₇	a ₂ b ₃	6.83	6.90	6.89	7.05	6.92
T ₈	a ₂ b ₄	6.69	6.85	6.53	7.14	6.80
T ₉	a ₃ b ₁	6.76	6.95	6.80	6.94	6.86
T ₁₀	a ₃ b ₂	6.61	6.46	6.76	6.66	6.62
T ₁₁	a ₃ b ₃	6.55	6.70	6.65	6.61	6.63
T ₁₂	a ₃ b ₄	6.67	6.42	6.70	6.60	6.60

Cuadro 49. Datos originales de diámetro promedio de capítulos (cm)

Tratamiento	Claves	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T ₁	a ₁ b ₁	6.41	6.44	6.62	6.67	6.54
T ₂	a ₁ b ₂	6.61	6.32	6.64	6.62	6.55
T ₃	a ₁ b ₃	6.53	6.44	6.71	6.60	6.57
T ₄	a ₁ b ₄	6.40	6.68	6.62	6.62	6.58
T ₅	a ₂ b ₁	6.62	6.64	6.51	6.53	6.58
T ₆	a ₂ b ₂	6.57	6.55	6.50	6.52	6.54
T ₇	a ₂ b ₃	6.49	6.51	6.66	6.59	6.56
T ₈	a ₂ b ₄	6.65	6.51	6.52	6.50	6.55
T ₉	a ₃ b ₁	6.47	6.47	6.69	6.62	6.56
T ₁₀	a ₃ b ₂	6.55	6.44	6.49	6.58	6.52
T ₁₁	a ₃ b ₃	6.47	6.50	6.52	6.53	6.51
T ₁₂	a ₃ b ₄	6.47	6.50	6.71	6.48	6.54

Cuadro 50: Requerimiento de riego por estado fenológico del cultivo de alcachofa.

Etapas del cultivo	Estados fenológicos	Fecha	Ciclo vegetativo (días)		Gasto (m ³ / área)	Requerimiento neto (mm)	Riego aplicado (m ³ / ha)	ETc (mm / día)	Kc estimado
			Parcial	Acumulado					
Apertura del sistema		04/08/2006							
Trasplante	Plántula	05/08/2006			3.426	15.799	185.872		
	5 hojas verdaderas	05/09/2006	33	33	12.404	57.202	672.960	1.73	0.81
Momentos del crecimiento vegetativo	6 - 9 hojas verdaderas	20/09/2006	15	48	7.945	36.639	431.049	2.44	0.87
	10 - 14 hojas verdaderas	04/10/2006	13	61	8.291	38.236	449.831	2.94	1.09
	13 - 19 hojas verdaderas	20/10/2006	13	74	8.489	39.147	460.552	3.01	1.12
Floración	Inicio de formación de capítulos (20-29 hojas)	03/11/2006	16	90	13.051	60.187	708.083	3.76	1.24
	0 días	14/11/2006	11	101	10.263	47.329	556.807	4.30	1.42
Cosecha	30 días	14/12/2006	30	131	31.870	146.968	1729.040	4.90	1.54
	62 días	15/01/2007	32	163	34.223	157.820	1856.700	4.93	1.07
Total			163	163	129.962	599.326	7050.894	3.71	1.12

Área efectiva de riego : 184.32 m²

Eficiencia de riego : 85 %

ETc = Kc * Eo

Eo = Evaporación del tanque clase A

Cuadro 51: Resultados generales por cultivares en estudio

Características	Unidad	Cultivares		
		A-106	LORCA	I. STAR
1. Requerimiento de riego	m ³ / ha	7050.89	7050.89	7050.89
2. Rendimiento	t/ ha	18.53	19.66	17.75
3. Variables morfológicas				
Área foliar	m ² / ha	4.04	4.45	4.17
Altura de planta	cm	134.69	124.68	121.50
Longitud del tallo	cm	94.86	90.11	86.93
Materia fresca total	g/ planta	10189.61	12059.54	9464.93
Materia seca de hojas	g/ planta	615.99	773.61	559.61
Materia seca de tallos	g/ planta	327.62	304.09	241.67
Materia seca de capítulos	g/ planta	255.59	265.04	321.03
Materia seca total	g/ planta	1199.20	1342.74	1122.32
4. Componentes del rendimiento				
Número de plantas por ha	unidad	10416.0	10416.0	10416.0
Número de capítulos por planta	unidad	21.43	23.42	22.06
Peso promedio de capítulos/ planta	g	82.72	80.36	77.76
5. Variables de calidad				
Longitud de capítulos	cm	7.39	6.91	6.68
Diámetro de capítulos	cm	6.56	6.55	6.53
6. Parámetros agronómicos				
Eficiencia del uso del agua (EUA)	kg / m ³	2.63	2.79	2.52
Índice de cosecha (IC)	%	21.31	19.74	28.60
Índice de área foliar (IAF)		4.21	4.64	4.34
Coefficiente de transpiración (CT)	l / kg	479.8	428.5	512.6

Cuadro 52: Costos de producción del cultivo de alcachofa por ha.

Jornal de campo	\$ 4.00	US \$ 1.00 = 3.20 nuevos soles (Dic. 2007)
Tracción mecánica	\$ 25.00	Hora máquina (tractor doble tracción), con aradura de 5 discos, con rastra de 20 discos

Sistema de riego	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Manguera 16 mm	m	6700	0.10	670.00
Goteros Kattif	Unid	21846	0.07	1529.22
Contómetro 1 ½"	Unid	1	50.50	50.50
Válvulas 1 ½"	Unid	3	10.00	30.00
Conector inicial más empaque 16 mm	Unid	66	0.22	14.52
Tubería de conducción de PVC 3"	m	100	2.00	200.00
Tubería de alimentación de PVC 2"	m	200	1.30	260.00
Unión manguera 16 mm	Unid	66	0.12	7.92
Tapón 8"	Unid	66	0.15	9.90
Manómetro	Unid	1	17.04	17.04
Venturi 1 ½"	Unid	1	115.00	115.00
Filtro de malla 1 ½"	Unid	1	25.75	25.75
		Subtotal	222.25	2929.85

Presupuesto de depreciación - amortización	Valor (US \$)	Años	Campaña
Sistema de riego			
Duración de la campaña (6 meses)	2929.85	5	292.98

Costos directos	Actividades	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Preparación de tierras	Limpieza de campo	Jornal	8	4.00	32.00
	Aradura	Hr/M	2	30.00	60.00
	Rastreo y nivelado	Hr/M	2	30.00	60.00
	Surcado	Hr/M	2	30.00	60.00
			Subtotal	94.00	212.00
Labores culturales	Trasplante	Jornal	5	4.00	20.00
	Recalce	Jornal	2	4.00	8.00
	Riego y fertilización	Jornal	5	4.00	20.00
	Deshierbo	Jornal	8	4.00	32.00
	Control sanitario	Jornal	12	4.00	48.00
	Cosecha	Jornal	90	4.00	360.00
			Subtotal	24.00	488.00
Insumos	Plántulas	Unid	10416	0.045	468.72
	Nitrato de amonio (saco 50 kg)	Saco	7	22.00	154.00
	Ácido fosfórico	L	79	1.50	118.50
	Nitrato de potasio (saco 25 kg)	Saco	14	25.00	350.00
	Mocap	Kg	40	4.00	160.00
	Hunter	L	1	64.00	64.00
	Topaz	L	1	80.00	80.00
	Vydate	L	3	25.00	75.00
	Vydan	L	1	80.00	80.00
	Derosal	L	0.25	15.00	3.75
	Lanmark (100 gr)	Kg	10	4.0	40.00
	Agua Sistema de riego por goteo	m ³	7050.89	0.04	282.04
			Subtotal	320.59	2168.99

Ácido giberélico	0 ppm AG₃ Testigo	20 ppm AG₃	40 ppm AG₃	60 ppm AG₃
N-Large (cada Litro US \$ 30)	0	13.02	26.04	39.06
Costo de aplicaciones (5 jornales)	0	20	20	20
Subtotal	0	33.02	46.04	59.06

Costos directos	0 ppm AG₃ Testigo	20 ppm AG₃	40 ppm AG₃	60 ppm AG₃
Subtotal preparación de tierras	212.00	212.00	212.00	212.00
Subtotal labores culturales	488.00	488.00	488.00	488.00
Subtotal insumos	2168.99	2168.99	2168.99	2168.99
Subtotal ácido giberélico	0	33.02	46.04	59.06
Total de costos directos	2868.99	29.01	2915.03	2928.05

Costos indirectos	0 ppm AG₃ Testigo	20 ppm AG₃	40 ppm AG₃	60 ppm AG₃
Gastos administrativos (5% del C.D.)	143.45	145.10	145.75	146.40
Imprevistos (5% del C.D.)	143.45	145.10	145.75	146.40
Total de costos indirectos	286.90	290.20	291.50	292.81

Costos totales	0 ppm AG₃ Testigo	20 ppm AG₃	40 ppm AG₃	60 ppm AG₃
Total de costos directos	2868.99	2902.01	2915.03	2928.05
Total de costos indirectos	286.90	290.20	291.50	292.81
Total US \$	3155.89	3192.21	3206.53	3220.86

Cuadro 53: Clasificación de las aguas de riego basada en su CE y TDS

Peligro de salinidad	Características	CE dS/m
Bajo (C ₁)	*Bajo peligro de salinidad, no espera efectos dañinos sobre las plantas y suelos.	< 0.25
Medio (C ₂)	* Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo.	0.25 - 0.75
Alto (C ₃)	* Salinidad afectará a muchas plantas. Requiere: selección de plantas tolerantes a salinidad, buen drenaje y lixiviación.	0.75 - 2.25
Muy alto (C ₄)	* Generalmente no aceptable excepto para plantas muy tolerantes a sales, se requiere excelente drenaje y lixiviación.	> 2.25

Cuadro 54: Peligro de Sodio basado en el valor del RAS

Peligro de Na	RAS del agua	Comentarios sobre el peligro de Na
Bajo (S ₁)	< 10	* Puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la textura.
Medio (S ₂)	10 - 18	* Puede desmejorarse la permeabilidad de suelos de textura fina con alta CIC. Puede usarse en suelos de textura gruesa con buen drenaje.
Alto (S ₃)	18 - 26	* Se producen daños de los suelos, por acumulación de Na. Se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas drenaje y lixiviación.
Muy Alto (S ₄)	> 26	* Generalmente se recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajocontenido de sales. Se requerirá de manejo.



Figura 16. Campo experimental, Agosto 2006



Figura 17. Campo experimental, Setiembre 2006



Figura 18. Campo experimental, Octubre 2006



Figura 19. Campo experimental, Noviembre 2006



Figura 20. Campo experimental, Diciembre 2006



Figura 21. Campo experimental, Enero 2007



Figura 22. Bloque I – Octubre 2006



Figura 23. Bloque II – Octubre 2006



Figura 24. Bloque III – Octubre 2006



Figura 25. Bloque IV – Octubre 2006



Figura 26. Capítulo de alcachofa cosechable



Figura 27. Calibración de capítulos en campo

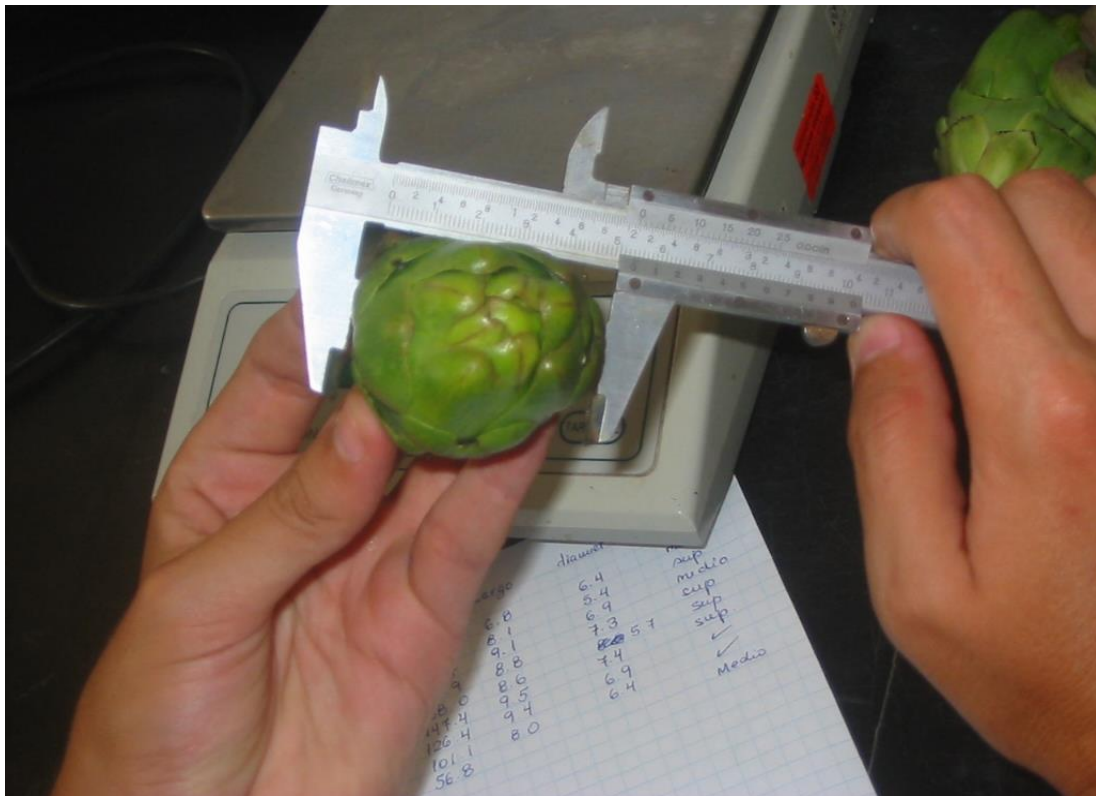


Figura 28. Calibración y pesado de capítulos en laboratorio

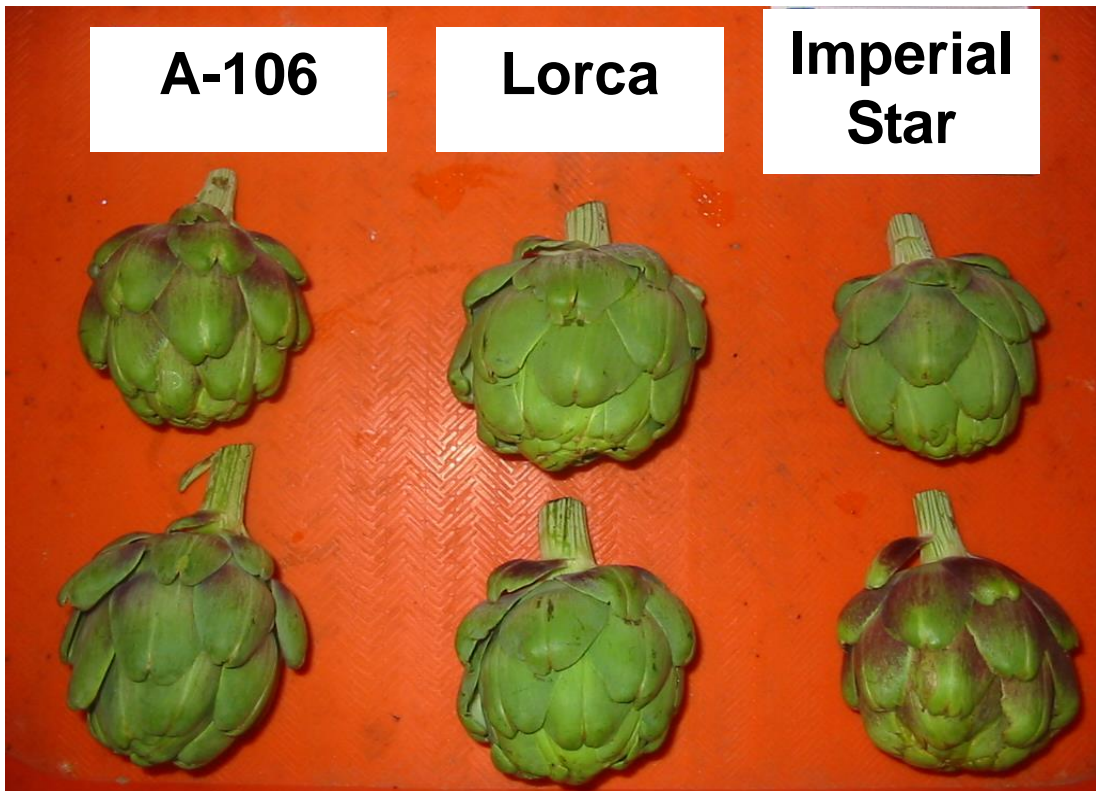
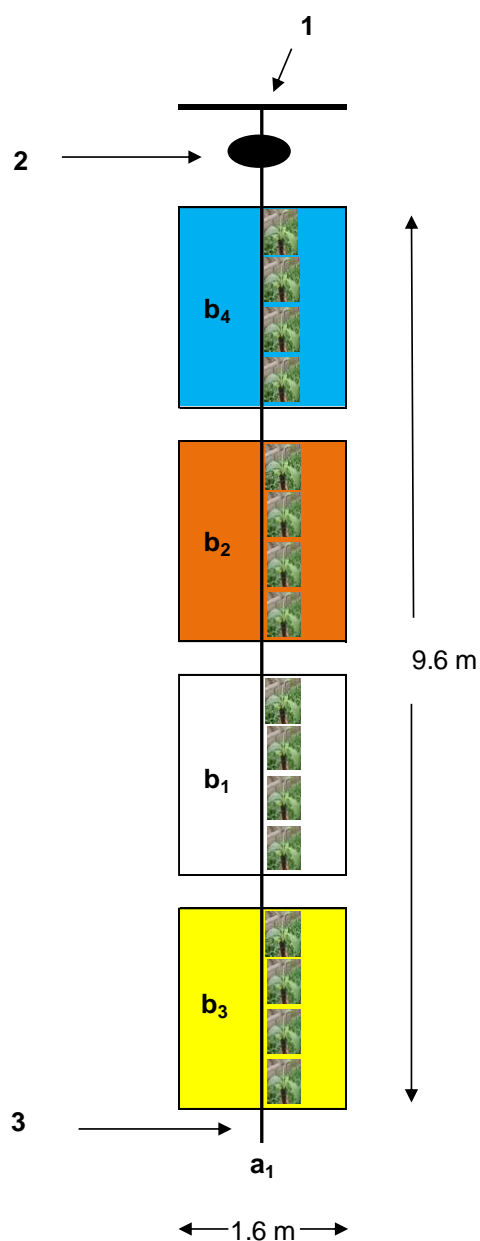


Figura 29. Capítulos de alcachofa



Descripción:

- 1 Tubería secundaria de agua
- 2 Válvula de agua
- 3 Lateral de riego y fertirriego

Cultivares de alcachofa

- a₁ Imperial Star
- a₂ A-106
- a₃ Lorca

Niveles de ácido giberélico



- b₁ Testigo
- b₂ 20 ppm de AG3
- b₃ 40 ppm de AG3
- b₄ 60 ppm de AG3

Figura 30. Croquis de una parcela experimental