

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“RESPUESTA FENOLÓGICA Y RENDIMIENTO DE SEIS
VARIEDADES DE ALCACHOFA (*Cynara scolymus* L.), A
CONDICIONES CLIMATICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL
DE CANAAN - 2760 msnm – AYACUCHO”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de

INGENIERA AGRÓNOMA

Presentado por

Angela Juana Requis Quintanilla

AYACUCHO - PERÚ

2013

Tesis
Ag 1036
Req

**“RESPUESTA FENOLOGICA Y RENDIMIENTO DE SEIS
VARIETADES DE ALCACHOFA (*Cynara scolymus* L.), A
CONDICIONES CLIMATICAS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL
DE CANAAN - 2760 msnm – AYACUCHO”**

RECOMENDADO : 08 – 07 – 13

APROBADO : 19 – 07 – 13



.....
Dr. Larquín Marino Zambrano Ochoa

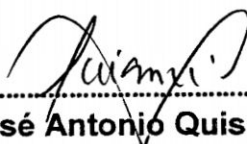
Presidente de Jurado



.....

M.Sc. Rubén Alfredo Méneses Rojas

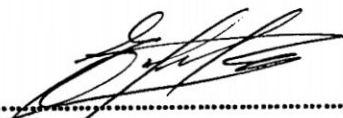
Miembro de Jurado



.....

M.Sc. José Antonio Quispe Tenorio

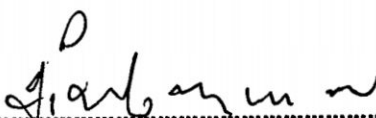
Miembro de Jurado



.....

Ing. Eduardo Robles García

Miembro de Jurado



.....

Dr. Ramiro Palomino Malpartida

DECANO (e) Facultad de Ciencias Agrarias

CON TODO CARIÑO

A Dios gracias por haberme dado
el tesoro más preciado mis padres:
Irene y Florencio; a ellos por ser
fuente de superación, admiración y
constancia.

A mis hermanas: Ruty, Rita, Elva,
Liz, Miriam y a mi sobrino Sebastián,
quienes siempre me apoyaron y
colaboraron en la ejecución del
presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, fuente de sabiduría y enseñanza, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela De Formación Profesional de Agronomía. A los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, por brindarme la oportunidad de lograr mi formación profesional.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) quienes fueron los impulsores del presente trabajo de tesis.

A la Ing. Irene Trevejos Varillas y al Ing. Wilfredo Izarra Tito responsables directos de la ejecución del trabajo de campo y por las facilidades brindadas durante la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Abraham Villantoy, Ing. Edmundo Catacora Pinazo, asesores del INIA, por su apoyo en la ejecución de la presente tesis.

Al Ing. M. Sc. Rubén A. Meneses Rojas, asesor del presente trabajo, por su apoyo en la formulación y ejecución de la presente tesis, quien me brindó desinteresadamente su ayuda valiosa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	013
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	016
1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ALCACHOFA	016
1.1.1. Origen	016
1.1.2. Taxonomía	017
1.1.3. Descripción botánica	017
1.1.4. Fenología del cultivo	020
1.1.5. Composición química y Nutricional de la Alcachofa	022
1.1.6. Labores culturales	023
1.1.7. Plagas y Enfermedades	030
1.1.8. Rendimiento y Producción	031
1.2. CULTIVARES	034
1.3. REQUERIMEINTOS AGROCLIMATICOS DEL CULTIVO	035
1.4. GRADOS DIAS DE CRECIMIENTO	040
1.5. RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA	041
1.5.1. Índice de área foliar y radiación fotosintéticamente activa	041
1.5.2. Eficiencia de uso de radiación	042
1.6. EVAPOTRANSPIRACION Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA	043
1.6.1. Evapotranspiración	043
1.6.2. Eficiencia de uso de agua	045
1.8. LISÍMETROS	046

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	048
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	048
2.2. ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	048
2.3. CONDICIONES DEL CLIMA	049
2.4. CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	052
2.5. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO	054
2.6. TRATAMIENTOS	056
2.7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	056
2.7.1. LISIMETRO	056
2.7.2. PARCELAS EXPERIMENTALES	060
2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	068
2.9. PARAMETROS EVALUADOS	068
2.9.1. Factores climáticos	068
2.9.2. Del cultivo	073
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSION	076
3.1. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO	076
3.1.1. Temperatura y estados fenológicos	076
3.1.2. Peso seco asociado a la temperatura	082
3.1.3. Área foliar e índice de área foliar asociado a la temperatura	089
3.1.4. Altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta asociado a la temperatura	097

3.2. INDICE DE AREA FOLIAR Y EFICIENCIA DE USO DE RADIACIÓN DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO	105
3.2.1. Radiación solar y estados fenológicos	105
3.2.2. Área foliar e índice de área foliar asociado a la radiación solar	109
3.2.3. Eficiencia de uso de radiación	116
3.3. USO CONSUNTIVO (ETC) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA.	118
3.3.1. Uso consuntivo del cultivo de alcachofa (ETc)	118
3.3.2. Eficiencia de uso de agua del cultivo de alcachofa	122
3.4. PRODUCTIVIDAD	123
3.4.1. Rendimiento de capítulos	123
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
4.1. CONCLUSIONES:	129
4.2. RECOMENDACIONES:	130
RESUMEN	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXOS	140

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	016
1.1. Composición química y nutricional de la alcachofa	022
1.2. Labores culturales en alcachofas con espinas y sin espinas.	023
1.3. Comparativo de rendimiento con manejo convencional y tecnificado en tres variedades de alcachofa.	033
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	048
2.1. Temperatura Máxima, Media, Mínima y Precipitación correspondiente a la Campaña Agrícola 2009 - 2010.	050
2.2. Características físicas y químicas del suelo proveniente del campo de experimental Canaán- INIA-Ayacucho	055
2.3. Abonamiento del cultivo de Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.) Canaán- INIA-Ayacucho	063
2.4. Número de cosechas del cultivo de Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.) Canaán- INIA-Ayacucho.	067
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSION	076
3.1. Días después de la siembra y grados días residual para cada estado fenológico de seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolimus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	080
3.2. Coeficiente de correlación entre tiempo, grados días residual y peso seco en seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolimus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	081
3.3. Coeficiente de correlación entre tiempo, grados días residual, Área foliar e Índice de área foliar en seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolimus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	090

3.4. Coeficiente de correlación entre tiempo, grados días residual, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta en seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolimus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	098
3.5. Días después de la siembra y radiación residual para cada estado fenológico de 6 variedades de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho	108
3.6. Coeficiente de correlación entre tiempo, radiación solar, Área foliar e Índice de área folia en seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolimus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	110
3.7. Coeficientes de regresión y correlación entre radiación residual (MJ/m ² *día) y peso seco total (g/planta) de 6 variedades de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho	117
3.8. Consumo de agua del cultivo de alcachofa (ET _c), por medición directa mediante el uso del lisímetro.	118
3.9. Comparativo de la evapotranspiración del cultivo de alcachofa (ET _c), por el método del lisímetro, Penman Monteith y Hargreaves en (mm/mes)	120
3.10. Eficiencia de uso de agua (g/mm)	122
3.11. Cuadrados medios del análisis de variancia del rendimiento de capítulos de seis variedades de alcachofa (<i>Cynarascolymus</i>). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	124
3.12. Prueba de tukey para los promedios del rendimiento de capítulos de seis variedades de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) por categoría. Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	125

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	016
1.1. Fenología del cultivo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>)	021
1.2. Procedimiento de cosecha	028
1.3. Secuencia de operaciones de cosecha y post cosecha de la alcachofa sin espinas.	030
1.4. Lisímetro de nivel freático constante.	047
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	048
2.1. Ubicación del experimento.	049
2.2. Temperatura máxima, media, mínima y precipitación (Septiembre 2009 - Agosto 2010). Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho 2760 msnm.	051
2.3. Croquis del campo experimental	054
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSION	076
3.1. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	083
3.2. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho	084
3.3. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho	085
3.4. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho	086

- 3.5. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 087
- 3.6. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 088
- 3.7. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 091
- 3.8. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 092
- 3.9. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 093
- 3.10. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 094
- 3.11. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 095
- 3.12. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 096
- 3.13. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho. 099

- 3.14. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho. 100
- 3.15. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 101
- 3.16. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 102
- 3.17. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 103
- 3.18. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho 104
- 3.19. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho 111
- 3.20. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho 112
- 3.21. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho 113

3.22. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad Tavor, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho	114
3.23. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad A-105, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	115
3.24. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) variedad Arad, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho.	116
3.25. Consumo de agua en el cultivo de alcachofa (ETc) por el método del lisímetro.	119
3.26. Curva de consumo de agua por el método lisimétrico, Penman – Monteith y Hargreaves en mm/mes	120
3.27. Eficiencia de uso de agua en la variedad A-110	122

INTRODUCCIÓN

Según Vavilov (1980), el centro de origen de la alcachofa se ubica en una amplia zona del Asia Menor y norte de África, formando parte de la cuenca de Mediterráneo que incluye las Islas Canarias, las Islas Egipcias y el sur de Turquía y Siria, donde aún crecen al estado silvestre tres sub especies primitivas: *Cynara cardunculos L*, *Cynara sibthropiana L* y *Cynara syriaca L*. Añade. Se consume desde 2000 a 2500 años antes de Cristo, aunque las variedades que hoy conocemos parecen haberse desarrollado en Italia; es posible que al principio se haya consumido solo tallos florales y las nervaduras carnosas de las hojas de la alcachofa, como ocurren con el cardo santo, por que las inflorescencias eran muy pequeñas, espinosas y de sabor desagradable; pero con el tiempo y cierta selección fue evolucionando hasta las alcachofas actuales que se conocen.

Durante los últimos cinco años una de las especies hortícolas más atractivas para el mercado nacional e internacional lo constituye la alcachofa,

convirtiéndose en un cultivo alternativo para los agricultores de las regiones centrales y norte de la costa del Perú; quienes vienen orientando sus actividades a la producción de alcachofa con y sin espina por los altos niveles de producción y la rentabilidad que presenta; esto debido principalmente por la demanda para consumo, la agroindustria y la exportación.

Catacora (2001), La alcachofa no solo puede ser consumida por el hombre en estado fresco sino también procesado en conserva, congelados, su consumo también puede ser en bebidas y cócteles. Pero la utilización de este cultivo no solo es de consumo humano sino también se usa como alimento para animales en forraje verde, seco, fibras y concentrados.

Su contenido nutricional es sumamente importante alto contenido de hidratos de carbono, proteínas, ácido fólico y vitaminas A, B y C. También es alimento bajo en grasa y rico en minerales, de los que destacan el potasio, magnesio y calcio.

Presenta propiedades medicinales, tiene virtud curativa para los enfermos del hígado y diabéticos. Cura enfermedades del sistema óseo, reumatismo, raquitismo, osteoporosis, es útil como hepato protector, en los pacientes cirróticos ayuda a la regeneración de los tejidos hepáticos, la hoja es hipocolesterolemia, pues disminuye la tasa de colesterol en la sangre y también disminuye la arterioesclerosis.

Sin embargo; pese a todos sus beneficios existe muy poca información sobre el comportamiento fenológico de este cultivo en la región Ayacucho, así como de la interacción del cultivo con el clima.

A partir del presente proyecto, el agricultor estará en condición de conocer bajo las condiciones climáticas de esta región, cuáles son las variedades de alcachofa que se adaptan y reportan mayores rendimientos. Repercutiendo de este modo en la mejora de su economía.

Por las consideraciones expuestas se planeó la realización del presente experimento con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo del cultivo de alcachofa.
2. Determinar el índice de área foliar y eficiencia de uso de radiación durante el crecimiento y desarrollo del cultivo de alcachofa.
3. Determinar el uso consuntivo del cultivo mediante medición directa (lisímetro), y eficiencia de uso de agua en el cultivo de alcachofa.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ALCACHOFA

1.1.1. Origen

Basnizki y Zohary (1987), reportan que el género *Cynara*, es relativamente pequeño que comprende los cultivos de alcachofa y sus siete especies silvestres. Todos los miembros silvestres de la *Cynara* son cardos perennes nativos del Mediterráneo. El tipo más cercano a la alcachofa globo es el cardo silvestre *C. cardunculus* L. variedad *sylvestris* (Lank) Fiori ($2n=2x=34$). El cardo silvestre es completamente compatible con la alcachofa cultivada, y sus híbridos F_1 son completamente fértiles. Baniski y Zohary (1987), indican que DE Candalle, en su libro clásico "El Origen de las Plantas Cultivadas" (1886, p. 92-95) propuso que este cardo silvestre debería ser considerado como antecesor silvestre del cardo cultivado y de la alcachofa globo. Esta propuesta es ahora confirmada por la evidencia genética disponible.

1.1.2. Taxonomía

Cerrón (2005), menciona que la descripción taxonómica de la alcachofa es la siguiente:

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerógamas
Clase	:	Dicotiledóneas
Sub-clase	:	Simpétalas
Orden	:	Campanuladas
Familia	:	Compositae (Asteracea)
Grupo	:	Cynareae
Género	:	Cynara
Especie	:	<i>Cynara scolymus L.</i>

Basnizki y Zohary (1987), manifiestan que la alcachofa globo (*Cynara cardunculus L.*) es un cardo grande de la familia de las Compositae (Asteracea), nativa del Mediterráneo.

1.1.3. Descripción botánica

INIA (2001), menciona que la alcachofa que se cultiva es la *Cynara scolymus L.*, tiene $2n = 2x = 34$ cromosomas, es una planta diploide, de polinización cruzada. La planta crece hasta una altura de 1.0 – 1.5 m. o más y cubre un área de 1.5 – 2.0 m aproximadamente de diámetro; de color

verde plateado. Su modalidad de propagación por “hijuelos” la hace de vida semi-perenne; la planta produce hijuelos estacionales a partir de una corona permanente, cuyo número varía de un simple hijuelo en una planta joven hasta 12 en plantas adultas.

a. Raíz

INIA (2001), el sistema radicular es ramificado, en costa y sierra central del Perú, se ha observado que la raíz principal alcanza hasta 1.2 m de profundidad y las raíces secundarias cubren un área de 0.5 – 0.6 m de diámetro. Después del primer año, la raíz taxomorfa se vuelve carnosa y sirve como un órgano de almacenamiento.

b. Tallo

INIA (2001), sostiene que el tallo es erguido, grueso, con 10 – 14 cm de diámetro en la base, ramificado y con nervaduras longitudinales y superficiales. Al inicio de su ciclo biológico se produce una roseta de hojas en un tallo comprimido, seguido del crecimiento de un tallo floral.

El tallo produce una yema terminal (inflorescencia primaria), tres o cuatro yemas secundarias (inflorescencias secundarias), cuatro o cinco yemas terciarias (inflorescencias terciarias), cuatro o seis inflorescencias cuaternarias y varias yemas más pequeñas que dependen del manejo agronómico. La yema terminal es primera en aparecer y se desarrolla a medida que el tallo crece, las yemas secundarias, terciarias y cuaternarias se desarrollan ligeramente más tarde.

c. Hoja

CARITAS – Huánuco (2002), señala que las primeras hojas jóvenes de plántulas presentan un color verde nilo y bordes no lobulados, con nervadura principal en la hoja, después de enraizarse la planta en el suelo presenta las hojas de color verde oscuro con bordes lobulados y aserradas, con nervadura principal y nervaduras secundarias. La hoja de la alcachofa presenta las nervaduras en forma pinnatinervadas, el pecíolo, vaina se une al tallo floral estas hojas jóvenes son muy crespas, hendidas tienen una tonalidad de color verde oscuro, el envés de las hojas es blanquecino muy acentuadas.

d. Inflorescencia

INIA (2001), menciona que las yemas florales consisten de brácteas superpuestas con bases carnosas sobre un receptáculo expandido; su utilización es antes que las partes florales estén bien desarrolladas. Los flósculos inmaduros en la etapa de yemas son como cabellos y al madurar se abren, expandiendo los flósculos de color lila que son muy atractivos para la vista.

e. Flores

CARITAS (2002), menciona que la floración es la aparición de flósculos inmaduras a los 4 a 6 días de inflorescencia, en esta etapa los vilanos aparecen en el receptáculo floral indicando en bráctea un color marrón, después de 6 a 7 días los flósculos salen del capítulo de color Azul púrpura o lila , los flósculos son de 800 a 1500 flósculos , los flósculos periféricos

florean primero dentro de dos o a tres días, la floración es en forma centrípeta. La flor de la alcachofa es de polinización cruzada la cual es promovida no por auto compatibilidad si no por protandria. En cada flósculo las anteras maduran primero y el estilo se alarga empujando el polen hacia la parte superior.

f. Semilla

INIA (2001), refiere que las semillas son aquenios de forma oblonga y de color más o menos grisáceo con manchas pardas.





1.1.4. Fenología del cultivo

a. Formación de la planta

INIA (2001), cuando las plántulas son trasplantadas en campo después del almácigo, se inicia el prendimiento con la formación de las primeras hojas donde luego se observa el crecimiento. En plantaciones chapodadas, las yemas de la corona comienzan a emerger sobre la superficie del suelo.

b. Crecimiento vegetativo

INIA (2001), después del prendimiento de las plantas, las primeras hojas empiezan a crecer en forma lanceolada con borde aserrada e incurvándose hacia la superficie del suelo, este estado fenológico presenta en promedio 9 hojas distribuidos en la planta en forma helicoidal, dando la apariencia de una roseta con hojas tendidas.

	
<p style="text-align: center;">▲</p> <p style="text-align: center;">FORMACIÓN DE PLANTA</p> <p>Desde el trasplante hasta 9 hojas, 60 días después del trasplante.</p>	<p style="text-align: center;">▲</p> <p style="text-align: center;">CRECIMIENTO VEGETATIVO</p> <p>De 9 a 15 hojas, de 60 a 90 días después del trasplante.</p>
	
<p style="text-align: center;">▲</p> <p style="text-align: center;">FORMACIÓN DE CABEZUELA</p> <p>De 15 a 21 hojas, 90 – 120 días después del trasplante.</p>	<p style="text-align: center;">▲</p> <p style="text-align: center;">PRODUCTIVA</p> <p>Más de 21 hojas de 120 – 220 días después del trasplante.</p>

Fuente: INIA (2001)

Figura 1.1. Fenología del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*)

c. Formación de cabezuela

INIA (2001), cuando la planta después de tener el número de hojas necesarias forma la primera cabezuela o inflorescencia, que es levantada por un tallo (pedúnculo) de color más claro que las hojas; su utilización es antes que las partes florales estén bien desarrolladas.

d. Productiva

INIA (2001), se inicia cuando las brácteas de la cabezuela se abren lateralmente y se hacen visibles las flores o “espinitas” y termina con la madurez fisiológica.

1.1.5. Composición química y Nutricional de la Alcachofa

Cuadro 1.1: Composición química y nutricional de la alcachofa

Elemento	Unid.	Cantidad
Calorías	Cal	19
Agua	%	86
Ceniza	G	1.8
Carbohidratos	G	2.9
Proteínas	G	2.8
Grasa	G	0.2
Fibra	G	1.4
Calcio	Mg	42000
Hierro	Mg	1.1
Fosforo	Mg	51
Retinol	Mg	50
Tiamina	Mg	0.07
Riboflavina	Mg	0.04
Niacina	Mg	0.85

Fuente: INIA (2001)

INIA (2001), del análisis de la planta se desprende la presencia mayoritaria de agua, seguida de hidratos de carbono, el nutriente más abundante, en forma de inulina y fibra; cantidades medias de proteínas en comparación con otras verduras e insignificantes de grasas.

1.1.6. Labores culturales

Cuadro 1.2: Labores culturales en alcachofas con espinas y sin espinas.

SIN ESPINAS	CON ESPINAS
✓ Siembra a partir de semilla botánica	✓ Siembra a partir de semilla vegetativa
✓ Almacigo en bandejas	✓ Almacigo en camas
✓ Transplante a los 35 a 45 días	✓ Transplante a partir de los 90 días
✓ Transplante todo el año	✓ Transplante en agosto para evitar las heladas
✓ Densidad de siembra variable de acuerdo al propósito. Sea fresco o en conserva	✓ Distanciamiento usual entre 0.6 m entre planta y 1.0 m entre surcos
✓ Riego por goteo y gravedad	✓ Riego por gravedad
✓ Fertirrigación o fertilización localizada	✓ Fertilización localizada y en bandas
✓ Cosecha en 3 meses promedio	✓ cosecha en 3 meses promedio
✓ Duración de la campaña 6 meses	✓ Duración de la campaña 8 meses
✓ Concluida la campaña se eliminan las plantas	✓ Concluida la campaña solo se elimina la parte aérea
✓ No se realiza soca excepto en green Globe por 3 años	✓ Se realiza soca por 3 a 5 años

Fuente: INIA (2001)

- **Preparación de terreno**

INIA (2001), menciona que la preparación del suelo es una labor sumamente importante dentro del proceso productivo del cultivo, por cuanto el suelo recibirá las plántulas y permitirá su crecimiento y desarrollo hasta la cosecha; siendo una de las causas de los bajos rendimiento la mala preparación de suelos.

- **Roturación del suelo**

INIA (2001), reporta que esta actividad consiste en realizar una aradura volteando el suelo, de tal manera que la parte superior de la capa arable se

introduzca y la inferior se vierta hacia la superficie; esta labor es importante para aerear y remover la capa arable donde se desarrollará el sistema radicular del cultivo.

- **Mullido**

INIA (2001), refiere que una vez concluida la aradura, se procede a la pasada de rastra con la finalidad de desmenuzar los terrones y dejar mullido el terreno; esta labor se debe realizar en forma cruzada, siendo suficiente dos o tres pasadas de rastra; denominada “grada de discos”.

- **Nivelación**

INIA (2001), sostiene que el terreno se encuentre adecuadamente nivelado con la correspondiente pendiente, a fin de evitar emposamientos de agua que generarán problemas fitosanitarios en el cultivo, esta acumulación además causará asfixia a la planta. La nivelación puede efectuarse empleando una cuchilla niveladora o en su defecto rieles o tablonés.

- **Surcado**

INIA (2001), indica que el surcado se realizará considerando el distanciamiento de acuerdo a la densidad apropiada del cultivo y región; en sierra Central el más generalizado es de 1.0 m entre surcos y en Costa Central, los mejores resultados fueron con 1.5 m entre surcos. Para el surcado se utiliza el arado de vertedera; si el cultivo es en superficie pequeña se puede utilizar la “yunta”.

- **Plantación**

Castillo (2003), señala que cuando la plantación se hace con plántulas no deben ir al campo con hojas de 20 cm de longitud, para que no se produzca un desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua, teniendo en cuenta que las raíces llegan bastante comprimidas dentro de un conito de sustrato. Cuando el riego se da por goteo conviene el tamaño de las plántulas

- **Densidad de Siembra**

Castillo (2003), menciona que la densidad de la siembra o plantación de la alcachofa varía dependiendo de la variedad y tipo de producción para el mercado internacional, sea para la exportación al estado fresco o para la industria.

- **Riego**

INIA (2001), manifiesta que el riego por surcos es el método más común pero con esta forma de riego es más difícil de manejar el cultivo en cuanto a las enfermedades y malas hierbas. Los volúmenes de agua utilizadas con este método pueden variar de 7500 a 11000 m³.ha⁻¹.

El riego se realiza antes de trasplante, que el suelo esté húmedo y tenga una capacidad de campo, luego riego después de trasplante para facilitar el prendimiento, el suelo debe tener suficiente humedad para que la planta no sufra "estrés", considerando para ello condiciones climáticas, tipo de suelo, disponibilidad de agua de riego, cantidad y frecuencia del riego.

- **Control de malezas**

INIA (2001), sostiene que las malezas compiten con la alcachofa por nutrientes, luz, agua y espacio físico; así mismo, se comportan como hospederas de gran número de plagas y patógenos.

- **Fertilización e incorporación de materia orgánica**

INIA (2001), afirma que consiste en la incorporación de elementos nutritivos al suelo, utilizando fuentes orgánicas e inorgánicas, con la finalidad de mejorar los niveles de fertilidad y permitir al cultivo durante su ciclo vegetativo, la disponibilidad de nutrientes que requieren para su crecimiento, desarrollo, formación de inflorescencias y maduración de las cabezuelas. La alcachofa es reportada como un cultivo exigente en nutrientes debido a su gran desarrollo foliar y velocidad de producción de inflorescencias.

- **Aporque**

INIA (2001), menciona que el aporque es una labor cultural que permite una buena aireación del suelo al romper la compactación, facilita el anclaje del sistema radicular de la planta y mejora la estabilidad del cultivo frente a los vientos.

- **Podas**

INIA (2001), reporta que la poda tiene mucha importancia en el cultivo de la alcachofa porque permite eliminar las hojas viejas y enfermas del tercio basal, que se encuentran sub expuestas a los rayos solares. Reduce el área foliar de baja producción de fotosintatos y permite la orientación del flujo de

la materia elaborada hacia las partes jóvenes o en crecimiento (1ra poda) o hacia el botón floral (2da y 3ra poda) en este último se beneficiará la formación de cabezuelas de mayor tamaño y calidad.

- **Cosecha**

INIA (2001), menciona que la parte final de la producción comercial de la alcachofa tiene como finalidad la obtención de inflorescencias de calidad a lo largo del periodo de cosecha. Es importante realizar la cosecha sin causar daño a la planta y manipular lo menos posible a las cabezas cortadas. Esto permitirá conservar las cualidades deseables en las inflorescencias cosechadas; y la plantación en general, podrá formar nuevas inflorescencias, que permitirán al agricultor cosechar hasta la quinta y sexta inflorescencia.

La alcachofa para el consumo en fresco se cosecha en su forma inmadura, cuando alcanzan el tamaño apropiado y presentan las mejores características de calidad que corresponden a los principales mercados extranjeros, como son: cabezuelas compactas, apariencia fresca y libre de defectos, color típico de la variedad y sin ninguna leñosidad en el pedúnculo.

- **Época, período y frecuencia de cosecha**

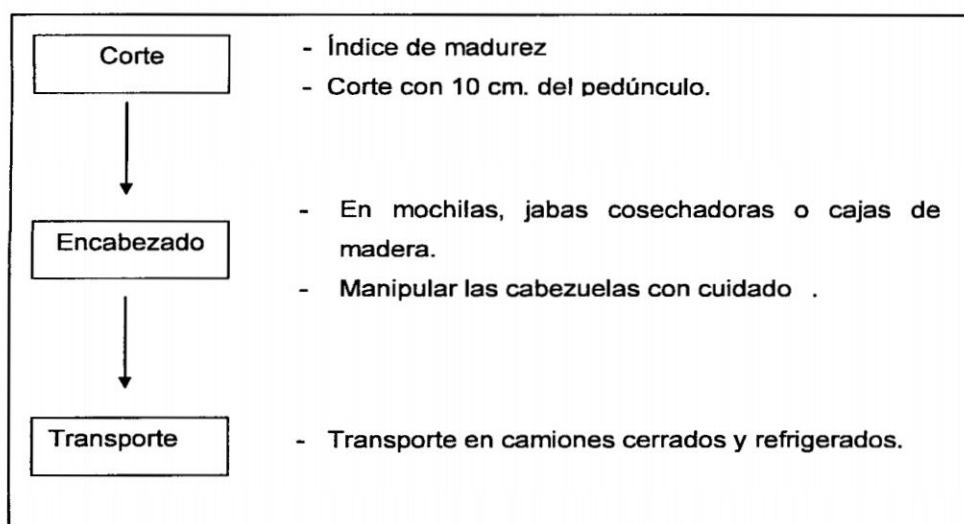
INIA (2001), manifiesta que en condiciones de Costa y Sierra Central se ha observado que la época y período de cosecha es variable y está determinado por la época de trasplante y condiciones climáticas del lugar.

La frecuencia de cosecha también es variable, los botones florales que se originan en los meses de menor temperatura necesitan de 19 a 20 días en

lograr su índice de madurez comercial. Por el contrario, los botones florales que se originan en condiciones más calurosas, maduran más rápidamente y en 14 a 15 días adquirirán su madurez comercial.

- **Procedimiento de cosecha**

INIA (2001), reporta que la cosecha es en forma manual, empleando una hoz o cuchillo, el corte de la cabezuela floral se hace junto con un pequeño trozo de tallo (10 cm.), para así mantenerlas por más tiempo fresco y turgente. La cosecha debe efectuarse de acuerdo a su uso y a las normas de calidad exigidas por los mercados de destino. Las cabezuelas florales después de cortadas son recolectadas en mochilas o jabas cosechadoras. Esta operación debe realizarse con el debido cuidado para no dañar el producto. Luego son trasladados a almacenes para su selección y clasificación.



Fuente: Programa Nacional de Investigación en Hortalizas – INIA.

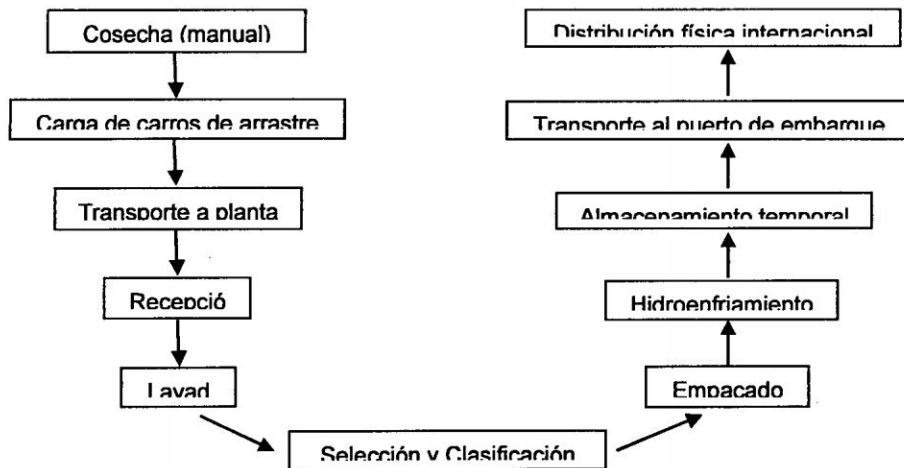
Figura 1.2: Procedimiento de cosecha

- **Clasificación de las alcachofas según la calibración**

IDESI Huánuco (2004), refiere que la clasificación de las alcachofas se realiza utilizando el vernier de calibración, este proceso se realiza tomando la medición del diámetro ecuatorial, tratándose de exportación de alcachofa fresca es conveniente adoptar los calibres que rigen para diferentes países. Mientras que en alcachofas para la industria la calibración es exigente para las salmueras.

- **Post Cosecha**

INIA (2001), manifiesta que el objetivo de la post cosecha es contribuir a que el producto conserve su calidad por más tiempo y llegue a los mercados de destino en excelentes condiciones. En la Figura 1.3 se resume, la secuencia de operaciones de cosecha y post cosecha de la alcachofa sin espinas.



Fuente: Programa Nacional de Investigación en Hortalizas – INIA.

Figura 1.3: Secuencia de operaciones de cosecha y post cosecha de la alcachofa sin espinas.

1.1.7. Plagas y Enfermedades

Mok (2003), sostiene que se realiza con la finalidad de evitar el ataque de insectos, hongos y enfermedades, para lo cual se utiliza productos químicos, a medida que las áreas crezcan se irán presentando mayores problemas como Babosas, Pulgones, Nematodos, Moscas minadoras Moscas blancas, Arañita roja. Enfermedades fungosa, Oidio, Mancha negra, Viruela.

Principales plagas

INIA (2001), indica que en la actualidad se puede mencionar como peligros potenciales las siguientes plagas:

- Gusanos de tierra (*Feltia experta*, *Agrotis ipsilion*, *Spodoptera achrea*, *Copitarsi turbata*).
- Gusano mazorquero (*Heliothis zea*, *Heliothis virescens*).
- Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- Gusano medidor (*Pseudoplusia sp.*, *Trichoplusia sp.*).
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).
- Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*).
- Arañita roja (*Oligonychus peruvianus*, *Tetranychus ludeni*).
- Babosas y caracoles (*Agriolimax reticulatus* *Limaz spp.* Y *Vaginulus spp.*).

Principales enfermedades

INIA (2001), indica que en la actualidad se puede mencionar a las siguientes enfermedades:

- **Marchitez de plantas**, producido por el complejo: *Fusarium spp.* – Nemátodo o *Verticillium spp.* – Nemátodo; el nemátodo está representado por *Melodoygine incognita*.
- **Oidiosis**, El agente causal es el hongo *Oidium cynarea*,
- **Podredumbre gris de la inflorescencia**, El agente causal es el hongo parásito facultativo *Botrytis cinerea*,
- **Mancha circular de la hoja**, Es producido por el hongo *Romularia spp.*,
- **Necrosis de las inflorescencias**. La enfermedad es producida por la bacteria *Xanthomona spp.*
- **Enfermedades virales**, Se tiene reportado 08 virus
- **Nemátodo nodular de la raíz**

1.1.8. Rendimiento y Producción

INIA (2001), sostiene que los rendimientos por superficie (Ha), son variables, dependiendo de los cultivares utilizados, factores del medio ambiente, manejo del cultivo, etc.

INIA Huaral (2003), afirma que la producción en California se considera los rendimientos entre 12000 y 14000 kg.ha⁻¹ (1200 a 1400 cajas) de producción

comercial, a pesar de la menor densidad del cultivo, cosa que logran debido a mejores condiciones climáticas y de manejo.

En nuestro país, aunque el promedio con la variedad Criolla es semejante al obtenido en Europa, los mejores productores de la sierra Peruana, llegan a cosechar entre 40000 y 70000 unidades por hectárea de capítulos, que pueden significar unos 10000 a 15000 Kg.ha⁻¹, con un peso promedio de 80 a 150 gr por unidad de planta, la cosecha es para fines de industria.

Una planta bien manejada produce entre 2.0 y 2.6 Kg, que se reparten entre el número de alcachofa que se cosechan. Cuando se trabaja para el mercado fresco se busca calibres altos, preferentemente arriba de 400 gr por unidad, por lo que es difícil lograr más de seis capítulos por planta con ese peso, en cambio cuando es para la industria de envasado o congelado se puede lograr fácilmente entre 25 y 30 capítulos de 80 a 125 gr, que constituyen un buen tamaño para industria. Se ha registrado producciones entre 3.5 y 4.5 Kg por planta en siembra a baja densidad, pero es algo que está muy lejos de la normalidad.

INIA Huaral (2003), señala que en pruebas experimentales realizadas en la costa central, con 6666 plantas por hectárea y buscando alcachofas para el mercado fresco, ha dado 12700 Kg.ha⁻¹ en la variedad Green Globe y 10800 Kg.ha⁻¹ en la variedad Imperial Star, aunque no se indica el porcentaje de cosecha exportable.

Para las condiciones de la costa peruana, donde el costo de producción es alto (más que nada por el costo de la semilla) los rendimientos no deberán

bajar de 15000 Kg.ha⁻¹ para que el cultivo resulte rentable, sea que se destine la producción a la venta en fresco o para la industria. En la sierra, donde la producción es pequeña, gran parte del cultivo se produce bajo lluvia y el costo laboral es más bajo, puede esperarse mayor rentabilidad cuando la producción este dirigida hacia la industria en tanto los precios que se paguen sean justos.

INIA Huancayo (2002), reporta la comparación del rendimiento de la alcachofa con manejo convencional, manejo tecnificado, encontrando los siguientes rendimientos:

Cuadro 1.3: Comparativo de rendimientos con manejo convencional y manejo tecnificado, en tres variedades de alcachofa

Variedad	Rendimiento	
	Manejo convencional	Manejo tecnificado
Criolla con espinas	9.50 Tn * ha ⁻¹	15 - 20 Tn * ha ⁻¹
Lorca sin espinas	4.50 Tn * ha ⁻¹	10 - 15 Tn * ha ⁻¹
Green Globe sin espina	3.50 Tn * ha ⁻¹	10 - 15 Tn * ha ⁻¹

Fuente: INIA (2002)

Huamaní, M. (2002), menciona que en Seccelambras con una distanciamiento de plantas de 1.4 m entre surcos y 0.6 m entre plantas que hace una densidad de 12000 plantas/ha, obtuvo rendimientos fluctuantes entre 14970 a 16280 kg.ha⁻¹ lo que dependió de la fertilización y abonamiento aplicado en la parcela.

1.2. CULTIVARES

Basnizki y Zohari (1987), indican que la colección mundial de alcachofa de Bari, fue sujeta a un examen detallado de los diferentes cultivares por varios investigadores. El análisis mostró que la mayoría de muestras examinadas corresponden a los siguientes grupos principales:

1. El grupo "spinosi" caracterizado por los cultivares con largas espinas puntiagudas en las brácteas y hojas.
2. El grupo "violetti" con cabezas de tamaño medio de color violeta, que son cosechadas relativamente temprano en la primavera.
3. El grupo "romaneschi" que contiene cultivares con cabezas esféricas o sub-esféricas son cosechadas relativamente tarde en la primavera.
4. El grupo "catanesi" con cabezas relativamente pequeñas y elongadas.

La cosecha comienza a finales de otoño y continúa en la primavera.

Mencionan también que 15 cultivares analizados por Poveddu y otros (1996) no corresponden a ninguno de los cuatro grupos. Ellos fueron considerados como intermedios o independientes como es el caso del cultivar "Tudela" Foury (1978), Menciona que debido a la falta de homogeneidad en los individuos propagados por semilla botánica, los cultivares se componen por un único clon o un grupo de clones fenotípicamente similares. Se reconocen más de 140 cultivares diferentes, de los que solo 40 se cultivan comercialmente, entre los que varía el tamaño, forma, cantidad de espinas y color de capítulos así como de la hoja y rendimiento.

IDESI Huánuco (2004) y Proyecto PRA (2004), sostienen que las variedades de la alcachofa son provenientes de España, California, Italia.

Las variedades cultivadas en la Costa Peruana son Lorca, Blanca de Tudela, Green Globe, Imperial Star que son variedades para el uso industrial, por tener capítulos elipsoides. Mientras en la Sierra peruana se cultiva la variedad Lorca, Blanca de Tudela, Imperial Star, para la industria, las variedades Royal Globe, Talpiot, Desert Globe y otros, que son variedades para la exportación en estado fresco por tener cabezuelas redondas.

INIA (1997), reporta que en las evaluaciones realizadas en 1997 en dos cultivares de alcachofa sin espinas, el "Green Globe" presentó 14.5 cm de diámetro y el "Imperial Star" 13.9 cm; asimismo, se observó una relación directa entre grosor del tallo y tamaño de la inflorescencia principal.

Mendoza (1999), en un estudio comparativo entre los cultivares Green Globe e Imperial Star realizado en la Estación Experimental Donoso de Huaral, menciona que no hubo diferencias significativas entre estos pues el mayor rendimiento se obtuvo con el cultivar Imperial Star con 12.6 TM/Ha y 3.10 Kg./Planta, mientras que Green Globe alcanzó 12.5 TM/Ha y 3.85 Kg./planta sin precisar el distanciamiento.

1.3. REQUERIMIENTOS AGROCLIMATICOS DEL CULTIVO

a. Influencia de la Temperatura

INIA (2002), La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo se encuentra entre 12 a 20° C. En costa el problema lo constituyen las altas

temperaturas, efecto que se observó en 1997 en la Estación experimental Donoso CICH-KM-Huaral, que a causa del Fenómeno de la Corriente de “El Niño”, se presentaron temperaturas diarias mayores de 25°C que produjeron en las plantaciones una excesiva transpiración que causó “estrés” generalizado en las plantas, con efectos negativos principalmente con la producción de cabezuelas de baja calidad, pequeñas, abiertas y fibrosas. También las altas temperaturas presentadas en 1997 determinaron en plantaciones de la variedad “Green Globe” una floración de aproximadamente un 40% de la población, quedando en campo hasta el término de la campaña productiva un 60% de la población en forma vegetativa; en cambio, el cultivar “Imperial Star” fue más tolerante al calor presentado un 90% de floración en campo. En el año 1998 la temperatura media anual fue 20.6°C, la humedad relativa media anual 83%, la heliofonía de sol promedio anual 4.0 horas y la precipitación promedio anual 3.7 mm; en estas condiciones se obtuvieron mejores rendimientos de alcachofa.

En sierra, el cultivo se conduce con temperatura promedio anual de 12°C, fluctuando entre 5° C y 20 °C, excepcionalmente puede soportar descensos de temperatura hasta de -4 °C. La etapa crítica del cultivo en relación a las “heladas” se verifica en la fructificación, produciendo una ruptura en la piel externa de las brácteas que le da una apariencia ampollada de color ligeramente blanco; luego de unos días la parte ampollada se vuelve oscura, no ocasionando daños a la parte comestible pero creando problemas en la comercialización por baja calidad. Como resultado de las bajas temperaturas la cosecha puede retardarse entre 2 a 6 semanas.

Temperaturas altas (superior a 30 °C) producen aceleración en la apertura de las brácteas de la cabezuela y por consiguiente, la pérdida de la calidad en sus partes comestibles.

Catacora (2001), la bibliografía especializada, proveniente del extranjero (España), indica lo siguiente sobre la influencia de la temperatura crítica:

- A 5 °C se produce paralización del crecimiento vegetativo.
- A 0 °C durante algunas horas, la epidermis de la brácteas cambian de color y sus bordes se necrosan.
- De 0 °C a 4 °C las cabezuelas y una parte del tallo floral se dañan.
- De -4 °C a -7 °C, las hojas mueren (según las condiciones de suelo y planta). Si estas condiciones persisten durante algunos días, la parte subterránea del tallo muere en su totalidad; las raíces son más resistentes, pero son incapaces de emitir brotes. La planta se pierde.
- A partir de -7 °C, si las heladas y el buen tiempo alternan, los sistemas aéreos y subterráneos mueren.
- Con temperatura superior a 30 °C detienen su desarrollo y vegetan mal.

b. Influencia del Fotoperiodo

INIA (2001), menciona que la longitud del día y la alternancia de periodos de oscuridad durante el crecimiento de una planta tiene un efecto notable en la determinación de la época de floración; algunas plantas florecen antes cuando los días son cortos (doce horas o menos de luz diurna), pero otras solo lo hacen cuando reciben de catorce a mas horas de iluminación; otros

son neutros, es decir, no son afectados por el tipo de variaciones. La fase de mayor sensibilidad corresponde al desplegamiento de las primeras hojas.

Rey (2002), reporta que la mayor intensidad luminosa, aumenta la asimilación del CO₂ y por ende aumenta la fotosíntesis, esto influye en la calidad y cantidad de la formación de capítulos; la influencia del fotoperiodo es marcada en el crecimiento vegetativo.

c. Influencia de la Radiación Solar

INIA (2001), la radiación solar incide claramente en la fotosíntesis y a través de esta en el crecimiento vegetativo en la inducción floral y en el tamaño, color y composición de las cabezuelas. Todo ello determina la cantidad y calidad de la producción.

Izarra (2009), la producción de los cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa. La cantidad de radiación incidente que es interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, por la orientación de la hoja y por su duración. El índice del área foliar (IAF) es importante para determinar la intercepción de la radiación.

La cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (o IAF máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expansión de la hoja son el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrimentos.

d. Requerimiento de Agua

INIA (2001), la alcachofa requiere de una adecuada disponibilidad de agua principalmente durante el crecimiento vegetativo, formación de yemas y maduración de cabezuelas florales.

La falta de agua durante el crecimiento trae como consecuencia plantas pequeñas, pobres en vigor y desarrollo; en caso que la escases se presente durante la formación de yemas se promoverá la formación de cabezuelas de inferior calidad. La mayor demanda hídrica se presenta al final de la etapa de crecimiento vegetativo e inicio de la formación de inflorescencias. El aumento de la temperatura promueve una intensa transpiración causando muchas veces marchitez de las hojas y "estres" de la planta luego de una tarde calurosa.

Los niveles hídricos son bastante considerables ya que el cultivo desarrolla una exuberante área foliar. Según estudios realizados a nivel de la costa, se ha determinado entre 7500 0 11000 m³/ha en condiciones de riego por gravedad.

En sierra, durante los meses de setiembre a marzo el cultivo es manejado mayormente bajo condiciones de lluvia; sin embargo, es importante preveer un sistema de riego alternativo ya que las precipitaciones pluviales no siempre se presentan con regularidad todo el año. Además, en Sierra existe la "campaña chica" de Junio-Noviembre; en la cual no se presentan lluvias y el desabastecimiento de agua conlleva cabezuelas duras, coriáceas y de tamaño pequeño.

1.4. GRADOS DIAS DE CRECIMIENTO

Izarra (2009), reporta que la influencia de la temperatura sobre la duración de las fases fenológicas fue puesta en manifiesto hace muchos años atrás. Si bien el tiempo que ocurre hasta alcanzar una determinada etapa de desarrollo no es una función lineal de la temperatura (Tollenaar y col., 1979; Warrington y Kanemasu, 1983), la respuesta de la velocidad de desarrollo (inversa a la duración en días de la etapa) a la misma, es aproximadamente lineal en el rango térmico comprendido entre una temperatura base (temperatura mínima a la cual la velocidad de desarrollo es nula) y una temperatura óptima (a la cual se alcanza la máxima velocidad de desarrollo; Por encima de la temperatura óptima el desarrollo se reduce progresivamente hasta detenerse al alcanzar un límite máximo de temperatura.

La relación entre la temperatura y desarrollo sustentó la elaboración de los métodos de cálculo del tiempo térmico (a través de funciones de ajuste lineales, exponenciales o mediante ecuaciones más complejas) ampliamente usados para predecir con éxito variable el momento de ocurrencia de distintos suceso fenológicos, basados en la acumulación de grados-día (Cross y Zuber, 1972; Derieux y Bonhomme, 1982 a-b; Ritchie y NeSmith, 1991).

La acumulación de los grados días de desarrollo (GDD) puede ser usado por los agricultores para monitorear el desarrollo de procesos biológicos y así puede ser usado en el control de enfermedades de sus cultivos. Los GDD

son importantes en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo y en la investigación de modelos clima – cultivo (Neild y Seeley, 1987).

Warrington y Kanemasu (1983), sostienen que la predicción de los eventos fenológicos es de suma importancia en diversos aspectos prácticos de la agronomía. Desde 1735 vienen siendo aplicados, como resultado de observaciones empíricas, los llamados modelos de tiempo térmico, sumas térmicas o grados día para lograr la identificación de mejores épocas de siembra, el escalonamiento de fecha de cosecha, planeamiento de las actividades agrícolas y también en programas de mejoramiento.

1.5. RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA

Monteith y Usworth (1990), reportan que la radiación solar fotosintéticamente activa absorbida (PAR), es la parte de la radiación solar disponible para la fotosíntesis y representa aproximadamente el 48% de la radiación solar.

Gardner (1985), sostiene que se suele considerar radiación fotosintéticamente activa (PAR) aquella radiación que se encuentra en la banda de 400 – 720 nm (Seller et al., 1997), que prácticamente coincide con el espectro visible. Esta importante magnitud se encuentra directamente relacionada con el crecimiento y desarrollo de la planta, dado que indica la energía absorbida necesaria para el proceso de fotosíntesis.

1.5.1. Índice de área foliar y radiación fotosintéticamente activa

Izarra, et al (2009), indica que la tasa de crecimiento del cultivo, creciendo sin limitaciones, es directamente proporcional a la radiación incidente. Este

hecho obedece a dos factores independientes que actúan en conjunto a nivel del canopeo. Por un lado están los mayores niveles de PAR en si mismos, que de hecho se traducen en mayor cantidad de energía disponible, mientras que por otro lado, se encuentra la capacidad del canopeo de responder linealmente a esa mayor oferta de radiación. Esta capacidad de respuesta está asociada a la disposición geométrica del follaje en el perfil del canopeo, propiedad que recibe la designación genética de arquitectura del canopeo.

No toda la radiación incidente durante el periodo de crecimiento del cultivo es utilizado por este. Esto es así porque en los primeros estadios de desarrollo el cultivo carece de la superficie foliar suficiente como para interceptar la radiación incidente. Esta limitación estrictamente ontogénica, puede considerarse como una fuente de ineficiencia y se puede reducir su efecto a través de la elección de híbridos y de la aplicación de prácticas de manejo y técnicas de producción que permitan la más rápida cobertura posible, a fin de lograr en el menor tiempo altos niveles de interceptación.

1.5.2. Eficiencia de uso de radiación

Izarra, et al (2009), señala que el crecimiento de un cultivo depende de la radiación solar incidente, de la capacidad del canopeo para interceptarla y de la eficiencia con que el cultivo transforma la radiación interceptada en materia seca. El rendimiento, por su parte, queda determinado por la manera con la que el cultivo particiona la biomasa acumulada durante su crecimiento, entre los órganos de cosecha y el resto de la planta.

La ganancia de peso del cultivo se debe, principalmente, al intercambio neto de carbono entre la planta y su ambiente, a través del proceso de fotosíntesis, mediante el cual las plantas transforman parte de la energía solar fotosintéticamente activa (PAR) en energía química. Por lo tanto la producción de materia seca es función de la radiación solar fotosintéticamente activa incidente (PAR_{inc}), de la eficiencia con la que el cultivo la intercepta y de la eficiencia con que las plantas utilizan la energía interceptada para fijar dióxido de carbono.

1.6. EVAPOTRANSPIRACION Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA

1.6.1. Evapotranspiración

Izarra, et al (2009), menciona que el agua es un factor esencial en la agricultura, su movimiento en el entorno vegetal tiene lugar a través del sistema suelo – planta – atmosfera. En dicho contexto, se definen términos como la evaporación, transpiración, la evapotranspiración del cultivo, la evapotranspiración de referencia y el coeficiente del cultivo.

Según la FAO (2006), la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y es difícil distinguir ambos procesos. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero a medida que se

desarrolla el cultivo y cuando finalmente este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de evapotranspiración incluye diferentes definiciones a su vez, la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) y la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{caj}).

La ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera, expresa la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua y la superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. El único factor que afecta la ET_o es el climático, por lo tanto puede también ser calculado en función a estos parámetros y de este punto de vista la FAO (2006) recomienda el método de Penman-Monteith, como uno de los métodos que más se aproxima a la estimación de la ET_o.

La ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo condiciones óptimas de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. La ET_c puede ser determinada a través de lisímetros o calculada a partir del producto de la

ETo con el Coeficiente del cultivo (K_c), el K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha debido a las variaciones en las características del cultivo durante sus diferentes fases fenológicas.

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{caj}) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de la ET_c debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de la evapotranspiración. La ET_{caj} se calcula utilizando un coeficiente de estrés hídrico (K_s) o ajustando el K_c a todos los otros tipos de condiciones de estrés y limitaciones ambientales en la evapotranspiración del cultivo.

1.6.2. Eficiencia de uso de agua

Tal como se ha descrito anteriormente, la evapotranspiración constituye un importante componente del intercambio de calor latente en el estudio de balance de energía de los cultivos. Como resultado de la asimilación del dióxido de carbono en la fotosíntesis la energía radiante es transformada en energía química, y tras la oportuna respiración la evidencia del crecimiento de las plantas queda patente cuando se estudia su biomasa.

La producción de los cultivos en el entorno de la sostenibilidad de los sistemas agrarios está altamente comprometida con el uso racional de un recurso tan escaso como el agua, y tanto ecológica como agronómicamente una interesante forma de evaluar el uso que hacen los cultivos, son los índices de eficiencia en el uso del agua (EUA).

Fernández y Camacho, (2005), manifiestan que se entiende por la EUA a la relación existente entre la biomasa presente en un determinado momento en un cultivo por unidad de agua utilizado por éste. Cuando se trata de analizar fisiológicamente el uso del agua que ha realizado una planta o unidad de superficie se suele emplear como numerador dentro de este ratio la biomasa total (B), mientras que cuando se pretende enfocar el empleo del agua con un componente productivo y económico se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento (Y). Donde, para ambos casos, la $EUA_B = B/ET_c$ ó, $EUA_Y = Y/ET_c$.

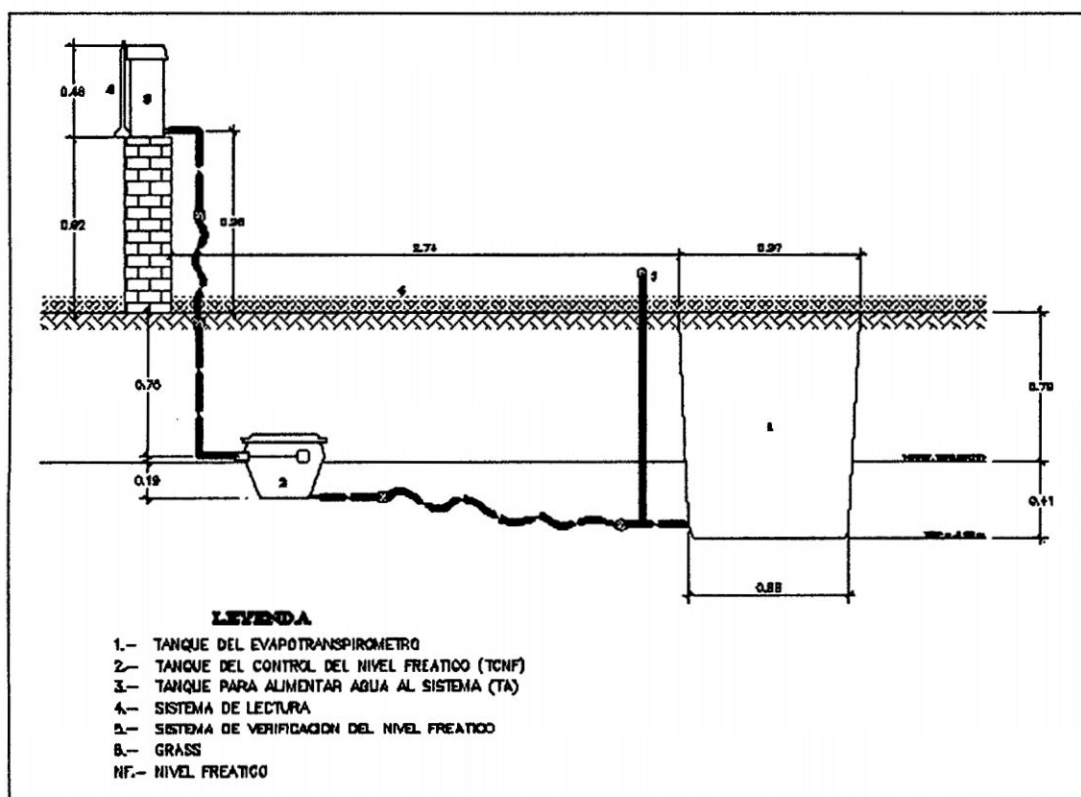
1.7. LISÍMETROS

García (1990), refiere que los lisímetros son dispositivos formados por un tanque con área de 4 m² como mínimo y pudiendo alcanzar hasta 10 m², su profundidad depende del cultivo, mas lo ideal es de 1 a 1.2 m sobre todo para cultivos anuales; al llenarse el recipiente se inicia con una capa de cascajo, otra de arena fina y luego es colocado el suelo obedeciendo las capas del perfil del mismo. En el tanque así constituido se siembra un cultivo cuya pérdida continua de agua se desea conocer. El dispositivo constituido de esta forma es el lisímetro que nos permite conocer la evapotranspiración

real, la cual en el caso que no existe restricción de humedad, constituye la evapotranspiración máxima.

El término "lisímetro" deriva de las palabras griegas "lysis" y "metron" que significa disolver y medir respectivamente.

Los lisímetros son recipientes de gran volumen rellenos de suelo, de superficie desnuda o cubierta, representando las condiciones ambientales del campo en donde están ubicadas, utilizados para determinar la evapotranspiración ya sea de un cultivo en desarrollo, de una cubierta vegetal de referencia o la evaporación del suelo desnudo.



Fuente: SENAMHI (2012). Zonificación de Riesgos Climáticos en Cultivos de Seguridad Alimentaria y Agroexportación en Ayacucho y Huancavelica

Figura 1.4: Lisímetro de nivel freático constante.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la EEA. Canaán, propiedad del INIA en el distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, se encuentra a una altitud de 2730 msnm, y cuyas coordenadas son: 13°08'14" Latitud sur y 74°13'14" longitud oeste con una pendiente que varía de 0.5 a 2.0 %. Ecológicamente pertenece a la zonda de vida natural "Bosque Seco Montano Bajo Sub - Tropical" (ONERN, 1976)

2.2. ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

En el terreno, en la campaña anterior se instaló el cultivo de maíz, tiene una capa arable de 0.4 a 0.6 m y una ligera pendiente de 2%.

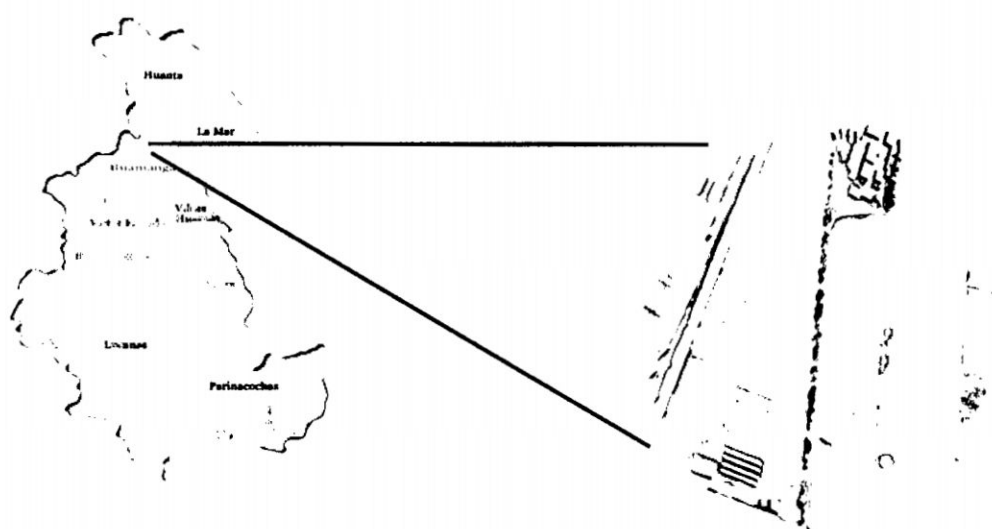


Figura 2.1: Ubicación del experimento.

2.3. CONDICIONES DEL CLIMA

Los datos climáticos fueron obtenidos de la Estación Meteorológica instalada por el Proyecto “Zonificación de Riesgos Climáticos para Cultivos de Seguridad Alimentaria y de Exportación en la Región Huancavelica y Ayacucho”, en el mismo campo experimental.

En el cuadro 2.1. Se puede observar que la temperatura máxima promedio mensual fue de 26.6, la mínima promedio fue de 7.1, y la temperatura media promedio mensual 17.69; siendo los meses más cálidos setiembre, octubre del 2009 y abril del 2010, mientras que los meses más fríos fueron julio y agosto del 2010, la precipitación total fue de 477.4 mm, siendo los meses de diciembre del 2009 y enero del 2010 los meses en los que se registro mayores precipitaciones. En el balance hídrico se puede observar que hubo exceso de humedad en los meses de noviembre y diciembre del 2009, enero, febrero y marzo del 2010, mientras que en los meses de octubre del 2009, abril, mayo, junio, julio y agosto del 2010 hubo déficit

Cuadro 2.1: Temperatura Máxima, Media, Mínima y Precipitación correspondiente a la Campaña Agrícola 2009 - 2010.

Distrito :Ayacucho
 Provincia :Huamanga
 Dpto. :Ayacucho

Altitud : 2760 msnm
 L.S. :13°08'14"
 L.W. :74°13'14"

AÑO	2009												2010																
	MESES	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL	PROM	MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL	PROM			
T° Máxima (°C)	25.6	26.6	25.2	24.8	24.8	23.6	24.9	24.8	25.5	25.1	24.7	25.4	25.4	301.6	25.13	25.6	26.6	25.2	24.8	24.8	25.5	25.1	24.7	25.4	25.4	301.6	25.13		
T° Mínima (°C)	10.3	11.1	11.6	11.4	11.4	11.4	12.3	12	10.6	9.1	8.3	7.1	7.8	123	10.25	10.3	11.1	11.6	11.4	10.6	9.1	8.3	7.1	7.8	123	10.25			
T° Media (°C)	17.95	18.85	18.4	18.1	18.1	17.5	18.6	18.4	18.05	17.1	16.5	16.25	16.6	212.3	17.69	17.95	18.85	18.4	18.1	18.05	17.1	16.5	16.25	16.6	212.3	17.69			
PP (mm)	9.6	22.6	58.8	107.8	107.8	106.2	68	57	23.8	11	0	0.6	12	477.4		9.6	22.6	58.8	107.8	107.8	106.2	68	57	23.8	11	0	0.6	12	477.4

Fuente: Estación Meteorológica del SENAMHI 2009 - 2010.

179265

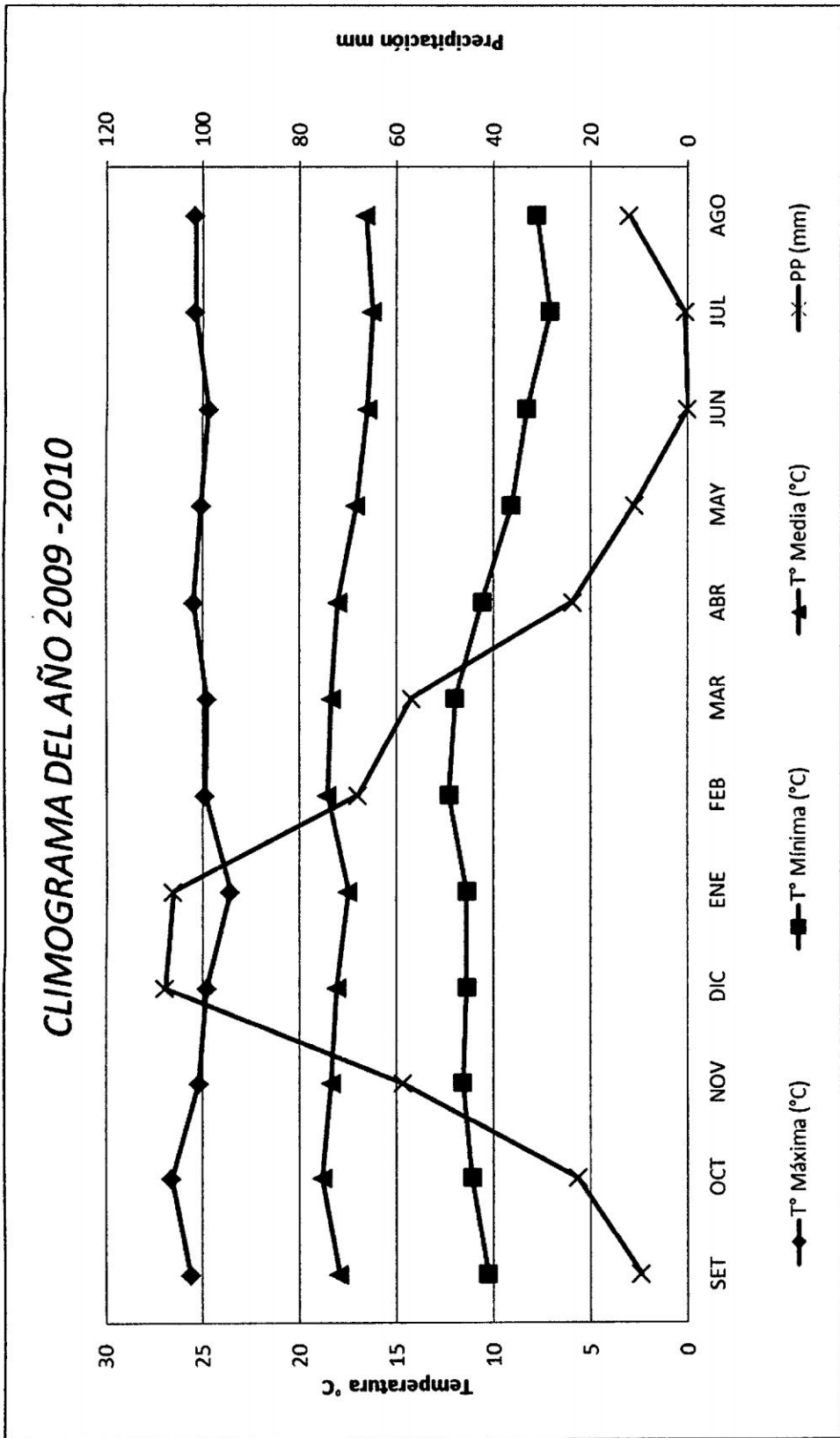


Figura 2.2: Temperatura máxima, media, mínima y Precipitación (Septiembre 2009 - Agosto 2010). Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho 2760 msnm

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

En la Figura 2.3 se observa el croquis del campo experimental, el cual muestra las siguientes características:

Bloque:

- Número de bloques : 3
- Ancho del bloque : 12.0 m
- Largo del bloque : 54.0 m
- Área del bloque : 648.0 m²

Parcela:

- Número de parcelas por bloque : 6
- Largo de parcela : 12.0 m
- Ancho de parcela : 9.0 m
- Número de surcos por parcela : 6
- Distancia entre surcos : 1.50 m
- Distancia entre plantas : 0.60 m
- Número de plantas por surco : 20
- Número de plantas por parcela : 120
- Área de parcela : 108.0 m²

Calle:

- Número de calles : 2
- Largo de calle : 54.0 m
- Ancho de calle : 2.0 m
- Área de calle : 108.0 m²
- Área efectiva del experimento : 2160.0 m²
- Área total del experimento : 2268.0 m²

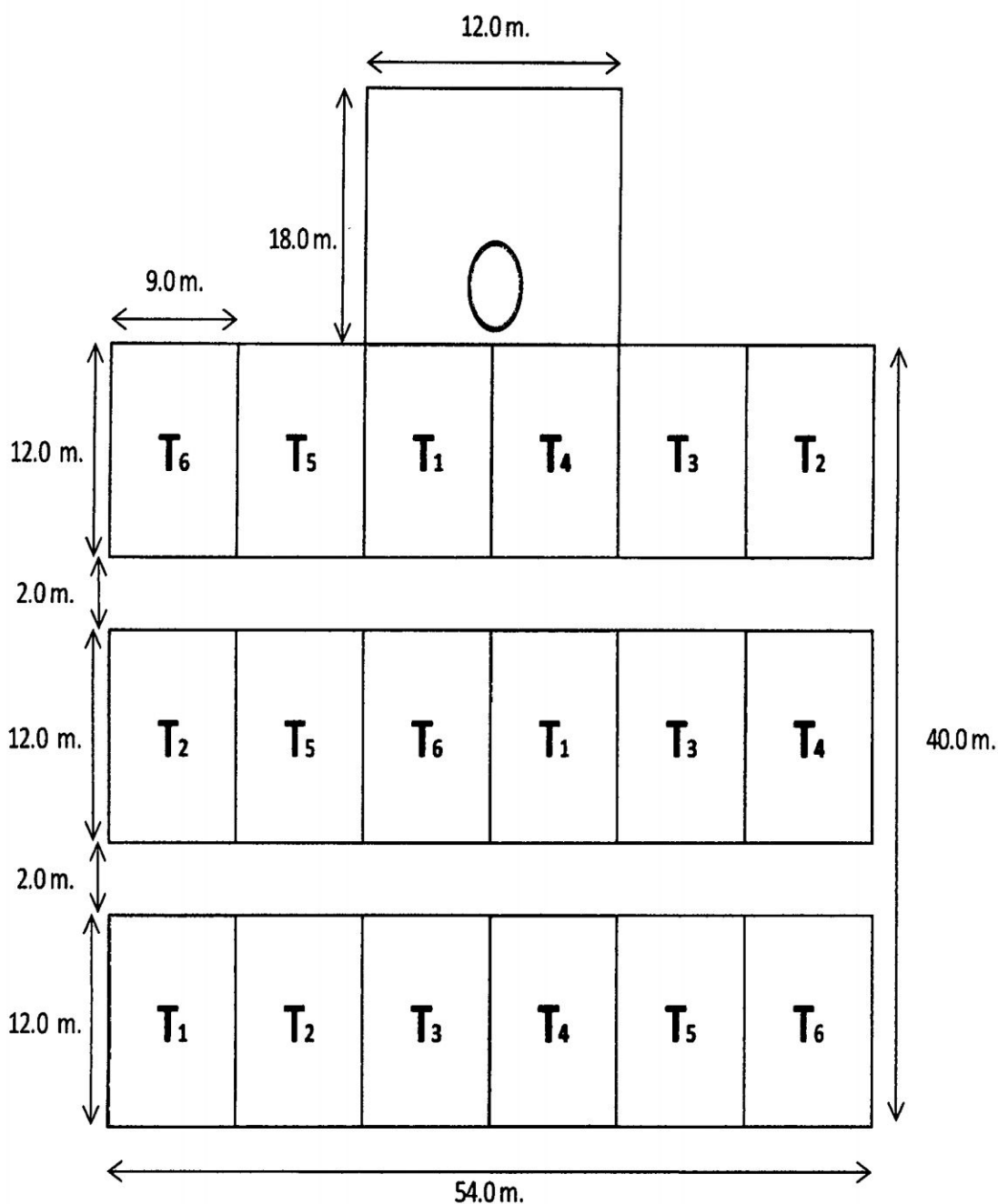


Figura 2.3: Croquis del campo experimental

2.5. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO

El análisis físico y químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH. Para el análisis se tomaron 20 sub muestras del

campo experimental, en la que se tuvo en cuenta sola la capa arable 0.25 m de profundidad; Seguidamente se homogenizó las sub muestras y se tomo una muestra de 1 kg de suelo, la cual fue remitido a dicho laboratorio. Los resultados obtenidos fueron:

Cuadro 2.2: Características físicas y químicas del suelo proveniente del campo experimental Canaán- INIA-Ayacucho

Determinación	Contenido	Método	Interpretación
Características químicas			
pH	7.39	Potenciometro	Ligeramente alcalino
Materia orgánica	1.38%	Walkley y Black	Pobre
Nitrógeno Total	0.07%	Semi micro Kjeldahl	Pobre
Fósforo disponible	20.1 ppm	Bray - Kurtz I	Medio
Potasio disponible	135.8 ppm	Turbidimetría	Medio
Características físicas			
Arena	40.09%	Hidrometro de Bouyoucus	Según el triángulo textural:
Limo	20.90%		
Arcilla	38.20%		
Clase textural			Franco Arcilloso

De acuerdo a los resultados del análisis físico y químico que se muestra en el cuadro 2.2, se observa que el pH es ligeramente alcalino ya que se encuentra en el rango de 7.1 a 7.8, la cantidad de materia orgánica es baja ya que el porcentaje es menor que el 2%, el contenido de nitrógeno total también es bajo, mientras que el contenido de fósforo y potasio en el suelo es medio. Y de acuerdo a las características físicas es un suelo con una textura franco arcilloso.

2.6. TRATAMIENTOS

T ₁	:	Variedad A – 110
T ₂	:	Variedad Lorca
T ₃	:	Variedad Imperial Star
T ₄	:	Variedad Tavor
T ₅	:	Variedad A-105
T ₆	:	Variedad Arad

2.7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.7.1. LISIMETRO

Planeamiento del trabajo experimental

Antes de la ejecución del trabajo de investigación se definió la ubicación del lisímetro dentro del campo experimental, también se determinó la variedad de alcachofa más representativa que iría en el tanque lisimétrico.

Limpieza del terreno

Una vez determinado la ubicación del lisímetro y de las parcelas experimentales se procedió a realizar la limpieza del terreno, en especial el lugar en el que se instaló el lisímetro, esta labor se ejecuto con picos y rastrillos.

Trazo y Replanteo

Se hizo el trazo y replanteo haciendo uso de estacas, cal y cordel, delimitando los lugares en los que se ubicarían las diferentes partes del lisímetro, como el tanque lisimétrico, el tanque distribuidor, el piezómetro y el tanque alimentador.

Movimiento de tierras

Se realizó la apertura de los hoyos en los que se ubicaron las diferentes partes del lisímetro. Un hoyo circular con 2.0 m de diámetro y 1.20 m de altura en el que se ubico el tanque lisimétrico, una zanja de 2.0 m de largo, 1.20 m de profundidad y 0.50 m de ancho en el que se realizo la instalación de las tubería, piezómetro y del tanque distribuidor.

El movimiento de tierras del hoyo en el que se ubicó el tanque lisimétrico se realizó con el mayor cuidado ya que las capas de suelo se tenían que separar para luego ser devueltas en la misma posición que les correspondía.

Instalación del tanque lisimétrico

La instalación del lisímetro se realizo el 23 de septiembre del 2009, el tanque lisimétrico se instaló en una superficie completamente plana, esta instalación se hizo con mucho cuidado para no dañar al tanque hecho a base de fibra de vidrio, este tanque tenía un agujero de 2 cm de diámetro a unos 5 cm de la base en la que se incorporo la tubería por la que tenía conexión con las otras partes del lisímetro.

Instalación del tanque alimentador

El tanque alimentador se instaló el 23 de septiembre del 2009, a 2.0 m del tanque lisimétrico y sobre el nivel del suelo, este tanque fue instalado sobre un trípode de 1.0 m de altura a base de fierro, el tanque alimentador estaba provisto de una pipeta graduada de 50 ml, en el que se medía la cantidad de agua que consumía el cultivo todos los días a las 7 y 17 horas. El tanque era de fibra de vidrio y tenía una tapa, para evitar que ingrese el agua de las lluvias. El tanque alimentador contaba con un agujero de salida en que se realizó la instalación de una manguera que servía de conexión entre el tanque alimentador y el tanque distribuidor.

Instalación del tanque distribuidor

El tanque distribuidor fue instalado el 23 de setiembre del 2009, a 0.4m debajo del nivel del suelo, el tanque distribuidor también fue elaborado a base de fibra de vidrio, compuesta por una bomba que realizaba la distribución del agua hacia el tanque lisimétrico, este tanque presentaba dos agujeros uno al nivel de la tapa por donde se instaló la manguera que lo unía con el tanque alimentador y otro a nivel de la base en el que también se instaló una tubería que lo comunicaba con el tanque lisimétrico.

Instalación del piezómetro

El piezómetro se instaló entre el tanque lisimétrico y el tanque distribuidor, consta de un tubo de PVC de 1" de **diámetro** y 1.50 m de altura.

Colocación de tuberías

Se instaló un desarenador entre el ingreso del tanque lisimétrico y la tubería. La tubería tenía un diámetro de $\frac{3}{4}$ " , que partía desde la base del lisímetro hasta del tanque distribuidor.

Colocación de tierra en el tanque lisimétrico

En la base del tanque se colocó 30 cm. de piedra de río, 5 cm. de piedra chancada, 5 cm. de grava, luego se procedió a devolver las capas de suelo de su perfil original, hasta llenar el tanque lisimétrico.

Riego a capacidad de campo

El 30 de septiembre del 2009 se empezó a llenar agua al tanque alimentador para llevar el suelo del tanque lisimétrico a capacidad de campo (CC), antes de la siembra. Esto se logró después de seis días.

La siembra, fertilización, deshierbo y otras labores se realizaron en las mismas fechas en las que se realizó en las parcelas experimentales.

Protección del tanque lisimétrico

Para evitar que el agua de la lluvia ingrese al tanque lisimétrico se instaló un techo que cubrió todo el tanque, el techo fue a base de eternit transparente, el más transparente que se encontró en el mercado y listones de madera rollizo, este techo se instaló antes de que las lluvias iniciaran.

2.7.2. PARCELAS EXPERIMENTALES

Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó el 01 de octubre del 2009, de acuerdo a las necesidades o requerimientos de la alcachofa; con la ayuda de una arado de discos, dejándose el terreno volteado, luego se realizo el desterronado, mullido y nivelado del campo con la ayuda de picos y rastrillos, esta labor se hizo con mucho cuidado ya que los plantines de alcachofa son bastante delicados y requieren suelos bien mullidos y que no presenten encharcamiento.

Surcado

El surcado se realizó el 02 de octubre del 2009, esta labor se realizo con una maquina surcadora, a 1.50 m de distancia entre surcos, 15 a 20 cm de profundidad y de 20 cm de ancho, con una pendiente ligera de 2% para el riego.

Estacado del campo experimental

El estacado del campo experimental se realizó el 04 de octubre del 2009, de acuerdo al croquis de campo, delimitando las parcelas, calles y bloques, usando estacas de color blanco. Estas fueron colocadas en las cuatro esquinas de la parcela y una al centro en la que se consignó el número tratamiento.

Riego antes del trasplante

Este se realizó el 05 de octubre del 2009, un día antes del trasplante, este riego también es llamado riego de enseño o huella, se realizó con el fin de facilitar el trasplante, proporcionar humedad a las raíces y para determinar la altura exacta en la que ira el plantín en el surco.

Trasplante

Se realizó el 06 de octubre del 2009, a una distancia de 0.60 m entre planta y 1.50 m entre surco, esta labor se realizó de acuerdo al croquis del experimento y guiados por la estacas, para llevar a cabo esta labor se realizaron los hoyos con la ayuda de hoyadores que son herramientas de madera con punta en forma de cono, con un diámetro de 3 cm. aproximadamente. Minutos previos al trasplante se realizo el corte de las hojas para evitar el estrés hídrico, y la desinfección de los plantines con Vitavax, también se utilizó un enraizante cuyo nombre comercial es Rot-hor, estos dos productos se disolvieron en una mezcla con agua en la cual todos los plantines antes del trasplante fueron sumergidos por tres minutos. Los plantines tenían de tres a cuatro hojas y 40 días en almacigo. El trasplante se realizó colocando los plantines en el hoyo muy cuidadosamente y luego presionando el suelo alrededor del plantín para evitar bolsones de aire ya que estos pueden ocasionar pudrición radicular.

Riego después de trasplante

Finalizado el trasplante se realizó un riego suave. Después de esto los riegos se realizaron cada 3 días, durante el periodo de enraizamiento de la

planta, luego los riegos se realizaron cada 7 días y cuando empezaron las lluvias los riegos se realizaron de acuerdo a la necesidad del cultivo. La disponibilidad de agua para riego en el reservorio de la EEA. Canaán se vio afectada por la caída de huaycos en el canal, es por este motivo que desde el mes de marzo hasta mediados de mayo solo el cultivo dependió de la presencia de la lluvia. Los riegos se realizaron de acuerdo a la necesidad del cultivo siempre evitando el encharcamiento para evitar la presencia de enfermedades como la Pierna Negra, Botrytis y otros.

Recalce

Se realizó el 13 de octubre del 2009, se reemplazaron las plantas secas por nuevos plantines. Esta labor se realizó con el fin de tener un 100% de prendimiento en todas las parcelas.

Fertilización química

La fertilización se fracciono en cuatro partes para el mayor aprovechamiento del cultivo y se realizó de acuerdo a la formula de fertilización establecida por el especialista del INIA. utilizando la Urea como fuente de N, el Super Fosfato Triple como fuente de P y el Cloruro de Potasio como fuente de K.

Cuadro 2.3: Abonamiento del cultivo de Alcachofa (*Cynara scolymus* L.)
Canaán- INIA-Ayacucho

Nivel de Fertilización (Dosis.ha ⁻¹)	300	200	350	300	200	350
	% de Aplicación			Kg de Aplicación		
Nº de Aplicaciones	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1ra Aplic. (15 ddt)	30	60	20	90	120	70
2da Aplic. (45 ddt)	40	20	40	120	40	140
3ra Aplic. (90 ddt)	20	20	30	60	40	105
4ta Aplic. (120 ddt)	10	0	10	30	0	35
TOTAL	100	100	100	300	200	350

Deshierbo

Se realizó oportunamente durante el desarrollo del cultivo para evitar la competencia de la maleza con la planta, esta labor se realizó en 5 ocasiones, el 30 de octubre del 2009, 27 de noviembre del 2009, 1 de enero del 2010 aprovechando el aporque, 7 de marzo del 2010 y el 8 de mayo del 2010.

Poda

Se realizó el 21 de abril del 2010, a los 196 días después del trasplante. Esta labor consiste en la eliminación de las hojas viejas, principalmente las hojas basales, para evitar la formación de enfermedades fungosas.

Aporque

Esta labor se realizó el 1 y 2 de enero del 2010 a los 86 días del trasplante. Con el fin de facilitar el anclaje de la planta, mejorar su estabilidad y facilitar

el riego. Consiste en elevar la tierra hasta el cuello de planta, esta labor se realizó con la ayuda de un azadón.

Control fitosanitario

Se realizó aplicaciones para el control de pulgones cuyo adulto succiona savia debilitando la planta, se uso Tifón (325 ml/cil), solo se ejecutó el 23 de octubre del 2012. Para el control de *Spodoptera sp.* se uso Tifón (325 ml/cil), esto se realizó el 13 de enero del 2010, ésta larva se alimenta de las brácteas, perforando el capítulo hasta llegar al receptáculo.

El 13 de febrero del 2010 se realizó una aplicación preventiva contra *Botrytis sp.* con Dithane (300 ml/cil), esto para evitar la aparición de la pudredumbre gris en la floración.

Para el control de oídium (*Leveillula taurica*) se realizaron tres aplicaciones: La primera el 24 de febrero del 2010 en la que se uso Bayfidan (50 ml/cil), la segunda el 29 de marzo del 2010 en la que también se uso Bayfidan (50 ml/cil), y la tercera el 9 de abril del 2010 con Topas (100 ml/cil).

Aplicación de Abono Foliar

Se realizó tres aplicaciones de abono foliar, la primera el 13 de enero del 2010 al iniciarse la formación de botón floral se uso Fertiphos 20-20-20 (1.0 Lt/cil). Las otras dos se realizaron el 1 y 25 de febrero del 2010 con Orgabiol (250 ml/cil) y Bionutrientes para el crecimiento 25-10-5 (350 ml/cil). Estas dos aplicaciones se realizaron después de la granizada (27-01-10), para ayudar en la recuperación del área foliar.

Cosecha

Esta labor se inicio cuando los primeros capítulos presentaron el tamaño requerido según el parámetro de calibración establecido por el especialista del INIA.

Se utilizó el siguiente parámetro de calibración:

a) Categoría primera (4.5 a 5.5 cm de diámetro ecuatorial)

Se seleccionó la categoría primera teniendo en cuenta que las brácteas centrales deben estar cerradas, el pedúnculo no debe mostrarse seco, la coloración debe ser verde homogéneo, el corazón debe ser de color crema, además no debe mostrarse manchas de color negro (Botrytis), ni otro color.

b) Categoría segunda (5.5 a 6.5 cm de diámetro ecuatorial)

La selección de categoría segunda, se realizó teniendo en cuenta, que no debe haber presencia del ombligo, las brácteas centrales deben estar cerradas, el pedúnculo no debe ser seco, el corazón debe ser de color crema, la coloración debe ser verde homogéneo, debe ser libre de daños causados por helada o granizada, si admite ligera presencia del ombligo.

c) Categoría tercera (6.5 a 7.5 cm de diámetro ecuatorial)

La selección de categoría tercera, se hizo considerando que las cabezuelas presenten capítulo compacto y cerradas, no debe haber presencia de ombligo profundo, el pedúnculo no debe ser seco, el corazón debe ser de color crema, sin presencia de color morado en el receptáculo, libre de daños

causados por helada y granizada no debe presentar manchas negras ni otro color.

d) Categoría cuarta (Mayor de 7.5 cm de diámetro ecuatorial)

La selección de categoría cuarta, se hizo considerando que las cabezuelas presenten capítulo compacto y cerradas, no debe haber presencia de ombligo profundo, el pedúnculo no debe ser seco, el corazón debe ser de color crema, sin presencia de color morado en el receptáculo, libre de daños causados por helada y granizada no debe presentar manchas negras ni otro color.

e) Categoría descarte (Ombligo profundo y Capítulos flácidos)

Se ha efectuado la selección de categoría descarte, teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Ombligo profundo**, corresponde a las alcachofas que no se clasifican en las categorías anteriores, este ombligo profundo es especialmente por falta de riego, por alta temperatura del medio ambiente, también los capítulo que pasan la calibración de descarte, los capítulos que presenta la coloración de color marrón son de descarte, además las alcachofas con pedúnculo mayor de 4 cm, son considerados como descarte.
- **Capítulo flácido**, corresponde a alcachofas que no se clasifican en las categorías anteriores, por tener los capítulos flácidos, de brácteas

secas. Este factor de la presencia de capítulo flácido es por falta de agua de riego.

En total se realizaron 14 cosechas en las siguientes fechas:

Cuadro 2.4: Número de cosechas del cultivo de Alcachofa (*Cynara scolymus* L.) Canaán- INIA-Ayacucho

N° de Cosechas	Fechas de Cosecha
1	21 de febrero de 2010
2	3 de marzo de 2010
3	8 de marzo de 2010
4	17 de marzo de 2010
5	26 de marzo de 2010
6	4 de abril de 2010
7	15 de abril de 2010
8	25 de abril de 2010
9	12 de mayo de 2010
10	25 de mayo de 2010
11	10 de junio de 2010
12	18 de junio de 2010
13	1 de julio de 2010
14	18 de julio de 2010

Para realizar la cosecha se hizo uso de una cuchilla desinfectada, el corte se realizó con 4 cm de pedúnculo, realizando el corte en bisel. La cosecha se traslado en jabas cosecheras. Después de la cosecha los capítulos se trasladaron al laboratorio de la Estación Experimental Agraria-Canaán en donde se pesaron y calibraron todos los capítulos uno por uno.

2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico utilizado fue el Bloque completo al Azar (DBCR), con seis tratamientos y tres repeticiones y la prueba de contraste de Tukey, cuyo Modelo Aditivo Lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Observación cualesquiera del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ : Promedio de las unidades experimentales

T_i : Efecto de los tratamientos

β_j : Efecto de los bloques

ξ_{ij} : Error experimental

2.9. PARAMETROS EVALUADOS

2.9.1. Factores climáticos

- a. **Efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de la alcachofa**, este parámetro evaluó el efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo del cultivo a través del siguiente método:

Método residual modificado (TT_5), Este método asume una temperatura base de 5 °C y una temperatura máxima de 30 °C. En el caso de producirse temperaturas máximas superiores a 30°C y

menores a 5 °C, serán asumidas como iguales a 30 °C y 5 °C respectivamente (Glimore y Rogers, 1958).

$$TT_5 = 0.5 (TM + Tm) - Tb$$

Donde:

TT_5 : Valor diario de tiempo térmico.

TM : Temperatura máxima (Si $TM > 30^\circ\text{C}$, $TM = 30^\circ\text{C}$)

Tm : Temperatura mínima.

Tb : Temperatura base (5°C)

b. Índice de área foliar y eficiencia de uso de radiación durante el crecimiento y desarrollo de la alcachofa

Este parámetro se determinó mediante la relación entre el área foliar y la radiación fotosintética acumulada para cada uno de los tratamientos. Así mismo, la eficiencia de uso de radiación (EUR), fue estimada a partir de una regresión lineal entre la producción de materia seca total (g/m^2) y el PAR acumulado (MJ/m^2), (Franca et al 1999 y Lindquist et al. 2005).

La radiación fotosintéticamente activa absorbida (PAR), fue estimada como un 48 % de la radiación solar disponible para la fotosíntesis (Monteith y Unsworth, 1990). La radiación solar incidente fue medida en la estación meteorológica automática instalada en el campo experimental.

c. Uso consuntivo y Eficiencia de uso de agua en el cultivo

El uso consuntivo del cultivo se determinó mediante la lectura directa de la pipeta graduada instalada en el tanque alimentador del lisímetro la cual mide la cantidad de agua (ml) que va descendiendo a medida que en el tanque lisimétrico se da el proceso de evapotranspiración. Este método directo se fundamenta en el balance hídrico.

La lectura del consumo de agua se realizó diariamente a las 07:00 y 19:00 horas en la pipeta, estos datos fueron consolidados mensualmente durante la duración del experimento.

La Evapotranspiración del cultivo de alcachofa se obtuvo directamente a través de la multiplicación del consumo de agua (ml) por el factor 0.241 para cada mes; este factor fue proporcionado por el SENAMHI para dicha conversión.

Se trabajó con la Variedad A – 110 en el lisímetro por recomendación del Especialista del INIA.

Mientras que la eficiencia del uso de agua se determinó por la relación entre la materia seca total (gr) y la evapotranspiración del cultivo (l).

$$EUA = MS/ETc \text{ (g/l)}$$

Donde:

EUA : Eficiencia de Uso de Agua

MS : Materia Seca (gramos)

ETc : Evapotranspiración del Cultivo (litros)

Determinación de la Evapotranspiración del cultivo por formulas empíricas

Método de Penman – Monteith

La evapotranspiración de referencia según el método de Penman – Monteith modificado por la FAO, se calculó a partir de datos diarios de temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar registrados en la estación meteorológica instalada en el lugar del experimento. La fórmula empleada para el cálculo de la ETo es la siguiente:

$$ETo = (c) * \left\{ W * (Rn) + (1 - W) * \left[f(u) * (ea - ed) \right] \right\}$$

Donde:

ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

(c) : Factor de ajuste para Penman

W : Factor de ponderación para Penman.

Rn : Radiación neta total por medición directa (mm/día)

f(u) : Función del viento.

ea : Presión del vapor de agua a saturación (mbar).

ed : Presión del vapor de agua ambiente (mbar).

La ETc se estimó mediante la multiplicación entre la ETo y el valor apropiado de Kc que se encuentra en las tablas.

$$ETc = ETo * Kc$$

ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Kc : Coeficiente del cultivo

Método de Hargreaves

La evapotranspiración de referencia según el método de Hargreaves, se calculó a partir de datos diarios de radiación extraterrestre, temperatura media diaria y la diferencia de temperatura. La fórmula empleada para el cálculo de la ETo es la siguiente:

$$ETo = 0.0023 * Ra * (Tm + 17.8) * \sqrt{Td}$$

ETo : Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Ra : Radiación extraterrestre (mm/día).

Tm : Temperatura (°C), media diaria

TD : Diferencia de temperatura diaria en el período considerado, promedio (°C).

La ET_c se estimó mediante la multiplicación entre la ET_o y el valor apropiado de K_c que se encuentra en las tablas.

$$ET_c = ET_o * K_c$$

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ET_o : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

K_c : Coeficiente del cultivo.

2.9.2. Del cultivo

Se evaluó cada 15 días, en 10 plantas marcadas por tratamiento.

- Número de hojas

Se evaluó a los 35 días del trasplante, esta evaluación se realizó cada 15 días. Este parámetro se evaluó en 10 plantas marcadas que se encontraban en los dos surcos centrales. Solo se contaron hojas mayores a 10 cm.

- Longitud de hojas

Se evaluó desde el 10 de noviembre del 2009 hasta la senescencia del cultivo, se realizó cada 15 días. Este parámetro se midió con la ayuda de una cinta métrica, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la hoja, se evaluó en las 10 plantas marcadas.

- **Diámetro de planta**

Se realizó cada 15 días. Este parámetro se midió con una wincha desde la de la hoja de mayor tamaño hacia la curvatura de la hoja opuesta. También se evaluó en las 10 plantas marcadas.

- **Altura de planta**

Se realizó cada 15 días, utilizando una regla de madera, tomando la medida desde el cuello de la corona basal de la planta hasta la curvatura de la hoja más alta, esto hasta antes de que inicie la formación del tallo floral del capítulo, una vez formado el tallo la medición se realizó hasta el tallo floral. Esta evaluación se realizó en las 10 plantas marcadas de cada parcela en estudio.

- **Área foliar**

Se tomó este dato cada 30 días. Se separaron cuidadosamente las hojas de la planta, y luego se procedió a estirar bien las hojas y colocarlas en una lamina de plástico para ser escaneadas. Luego de ser escaneadas se procedió a hallar el área foliar de las hojas mediante un programa denominado Arc Soft foto Studio, este programa determina en forma directa el área de las hojas. El programa fue creado para determinar el área del síntoma de enfermedades, mediante la identificación del color del daño, en nuestro caso se programo para que reconozca todos los colores de la hoja, para que determine el área total de la hoja.

- **Índice de Área Foliar**

Este dato se determinó cada 30 días. Se calculó mediante la relación del área foliar de las hojas con el área que ocupó la planta (densidad de siembra).

- **Materia seca**

Se determinó mediante el secado. Se extrajeron plantas del campo y en el laboratorio se procedió a separar los distintos órganos de la planta, previamente pesados en fresco se hicieron secar a una temperatura de 90°, los días de secado fueron variando ya que cuanto más grande la planta más cantidad de agua y por ende fueron necesarios más días para lograr un secado uniforme.

- **Determinación del rendimiento**

Este parámetro evaluó el número de cabezuelas cosechadas por tratamiento. Las cabezuelas obtenidas fueron clasificadas en categorías: primera, segunda, tercera, cuarta y descarte. Con estos datos obtenidos por tratamiento se realizó la conversión a Kg. por hectárea.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

3.1.1. Temperatura y estados fenológicos

En el cuadro 3.1 se observan el número de días después de la siembra y la acumulación de Grados Días Residual (GDD) relacionado con las fases fenológicas de las seis variedades (6 tratamientos), evaluadas en el experimento. De la que se deduce lo siguiente:

La variedad A - 110 necesita acumular 894 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 66 días después de la siembra (DDS), para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 1265 GDD la cual se da a los 95 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1690 GDD la cual se da a los 128 DDS, para poder llegar al estado fenológico de

producción (Estado 4) necesita acumular 2088 GDD la cual se da a los 158 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando acumula 3647 GDD la cual se dio a los 286 DDS.

La variedad Lorca necesita acumular 1025 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 77 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 1335 GDD la cual se da a los 101 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1748 GDD la cual se da a los 132 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1492 GDD la cual se da a los 147 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando acumula 3278 GDD la cual se dio a los 252 DDS.

La variedad Imperial Star necesita acumular 949 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 71 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 1339 GDD la cual se da a los 101 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1598 GDD la cual se da a los 121 DDS, para p

oder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1920 GDD la cual se da a los 145 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 3353 GDD la cual se da a los 259 DDS.

La variedad Tavor necesita acumular 1038 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 78 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado2) necesita acumular 1365 GDD la cual se da a los 103 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1563 GDD la cual se da a los 118 DDS, para poder llegar estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1872 GDD la cual se da a los 141 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 3278 GDD la cual se da a los 252 DDS.

La variedad A-105 necesita acumular 966 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 72 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 1287 GDD la cual se da a los 97 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1624 GDD la cual se da a los 123 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1960 GDD la cual se da a los 148 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 3285 GDD la cual se da a los 253 DDS.

La variedad Arad necesita acumular 1054 GDD para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 79 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 1461 GDD la cual se da a los 110 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1995 GDD la cual se da a los 151 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita

acumular 3077 GDD la cual se da a los 235 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 3658 GDD la cual se da a los 287 DDS.

Las variedades Lorca, Imperial Star, Tavor, A-105 y Arad, presentan similitud en la cantidad de días después de la siembra y los GDD para llegar a la Fase 1 y 2, mientras la variedad A-110 es la variedad que se muestra más precoz para llegar a la Fase 1 y 2.

En la fase 4 la variedad Arad es la que necesita mayor cantidad de días y GDD, seguida por la variedad A-110. Siendo estas las dos variedades más tardías para esta fase y para la fase de senescencia.

Las variedades Lorca, Imperial Star, Tavoy y A-105 presentan similitud en el número de días a la senescencia.

Cuadro 3.1. Días después de la siembra y grados días residual para cada estado fenológico de 6 variedades de alcachofa (Cynara scolymus). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Estado	Descripción	A-110		Lorca		Imperial Star		Tavor		A-105		Arad	
		Días después de la siembra	Grados días residual	Días después de la siembra	Grados días residual	Días después de la siembra	Grados días residual	Días después de la siembra	Grados días residual	Días después de la siembra	Grados días residual	Días después de la siembra	Grados días residual
Estado 1	9 hojas	66	894	77	1025	71	949	78	1038	72	966	79	1054
Estado 2	9 a 15 hojas	95	1265	101	1335	101	1339	103	1365	97	1287	110	1461
Estado 3	15 a 21 hojas	128	1690	132	1748	121	1598	118	1563	123	1624	151	1995
Estado 4	Productiva	158	2088	147	1942	145	1920	141	1872	148	1960	235	3077
Estado 5	Senescencia	286	3647	252	3278	259	3353	252	3278	253	3285	287	3658

Cuadro 3.2. Coeficientes de correlación entre tiempo, grados días residual y peso seco en 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Tiempo	Grados días residual		Peso seco de hojas		Peso seco de raíz		Peso seco de tallo		Peso seco total	
	T	G	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
T	1,000	1,000	0,790	0,732	0,891	0,683				
G		1,000	0,810	0,733	0,892	0,690				
P1			1,000	0,565	0,710	0,812				
P2				1,000	0,673	0,902				
P3					1,000	0,731				
P4						1,000				
T	1,000	1,000	0,690	0,426	0,590	0,580				
G		1,000	-0,134	0,442	0,414	0,490				
P1			1,000	0,407	0,513	0,821				
P2				1,000	0,822	0,812				
P3					1,000	0,894				
P4						1,000				
Variedad: Lorca										
T	1,000	1,000	0,487	0,896	0,874	0,901				
G		1,000	0,501	0,894	0,868	0,903				
P1			1,000	0,421	0,402	0,690				
P2				1,000	0,875	0,938				
P3					1,000	0,890				
P4						1,000				
Variedad: A-110										
T	1,000	1,000	0,580	0,485	0,460	0,490				
G		1,000	0,650	0,499	0,480	0,500				
P1			1,000	0,480	0,457	0,665				
P2				1,000	0,837	0,844				
P3					1,000	0,941				
P4						1,000				
T	1,000	1,000	0,487	0,896	0,874	0,901				
G		1,000	0,501	0,894	0,868	0,903				
P1			1,000	0,421	0,402	0,690				
P2				1,000	0,875	0,938				
P3					1,000	0,890				
P4						1,000				
Variedad: A-105										
T	1,000	1,000	0,580	0,485	0,460	0,490				
G		1,000	0,650	0,499	0,480	0,500				
P1			1,000	0,480	0,457	0,665				
P2				1,000	0,837	0,844				
P3					1,000	0,941				
P4						1,000				
T	1,000	1,000	0,487	0,896	0,874	0,901				
G		1,000	0,501	0,894	0,868	0,903				
P1			1,000	0,421	0,402	0,690				
P2				1,000	0,875	0,938				
P3					1,000	0,890				
P4						1,000				
Variedad: Arad										
T	1,000	1,000	0,487	0,896	0,874	0,901				
G		1,000	0,501	0,894	0,868	0,903				
P1			1,000	0,421	0,402	0,690				
P2				1,000	0,875	0,938				
P3					1,000	0,890				
P4						1,000				

3.1.2. Peso seco asociado a la temperatura

La curva de peso seco, es la expresión general del crecimiento de la planta que incluye el crecimiento en peso y tamaño de los diversos órganos que conforman la planta, la tendencia normalmente es cuadrática en concordancia con Rojas (1978) y Stephen (1976), que es frecuente en todos los organismos superiores.

En el cuadro 3.2 se muestra los coeficientes de correlación entre el tiempo, GDD, los peso seco de: hojas, tallo, raíz, capítulos y pesos secos totales de las seis variedades del cultivo de alcachofa, donde se observa que para las seis variedades estudiadas existe alta significación y significación estadística en los parámetros evaluados. Estos resultados demuestran que los pesos secos tanto de hojas, tallo, raíz y capítulos se incrementan a medida que transcurre el tiempo y al aumentar los GDD (Grados Días de Desarrollo)

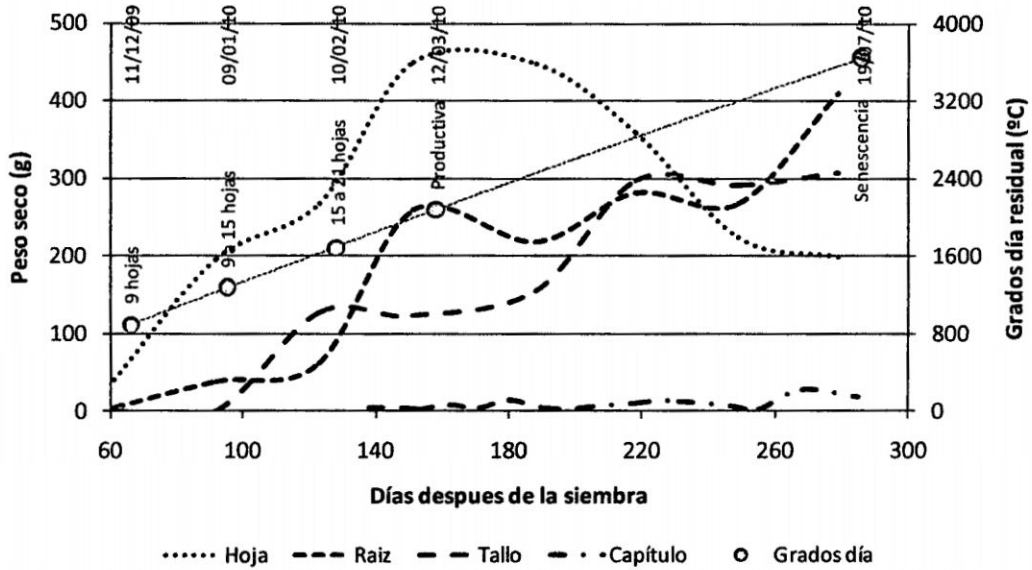


Figura 3.1. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A – 110 se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente y acelerada en comparación con las demás variedades, hasta llegar a un peso máximo de 4449.39 gr. que ocurre al acumular 1998.75 GDD a los 151 DDS, que se mantiene hasta los 188 DDS, para luego decrecer hasta 199.47 gr. a los 279 DDS. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, a partir del cual se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 308.03 gr. que ocurre a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD, luego el crecimiento se muestra constante. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 410.75 gr. que ocurre a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD, y muestra un crecimiento continuo. El peso seco de los capítulos inicia a los 138 DDS a partir de la primera cosecha al acumular 1844.9 GDD.

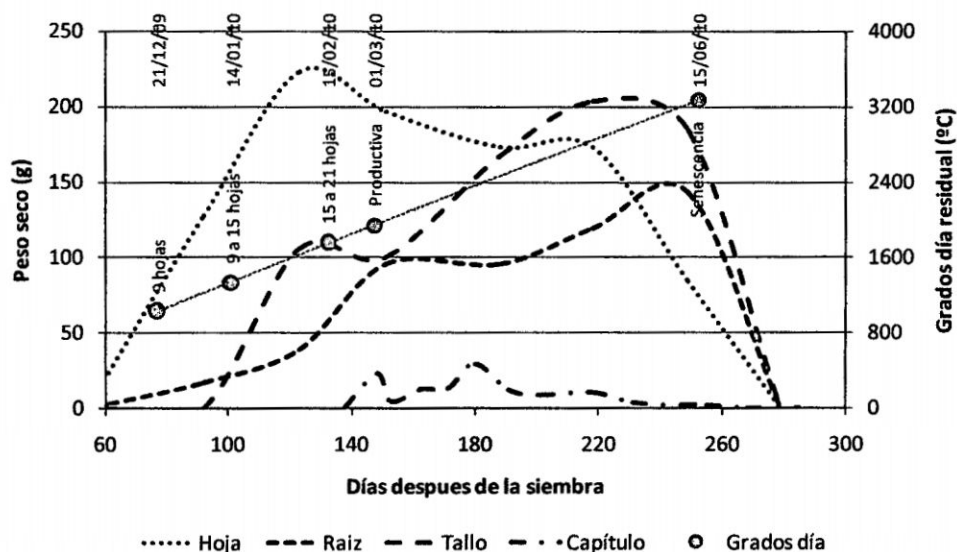


Figura 3.2. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Lorca se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente, hasta llegar a un peso máximo de 223.08 gr. que ocurre al acumular 1621.6 GDD a los 123 DDS, luego decrece en forma acelerada. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, al acumular 1621.6 GDD con un peso seco inicial de 105.73 gr. a partir del cual se da un crecimiento continuo hasta llegar a un peso máximo de 203.67 gr. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870,05 GDD. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 143.08 gr. que ocurre a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, luego se da el descenso. El peso seco de los capítulos inicia a los 138 DDS a partir de la primera cosecha al acumular 1844.9 GDD, y su máximo peso seco se da a los 180 DDS al acumular 2385.3 GDD.

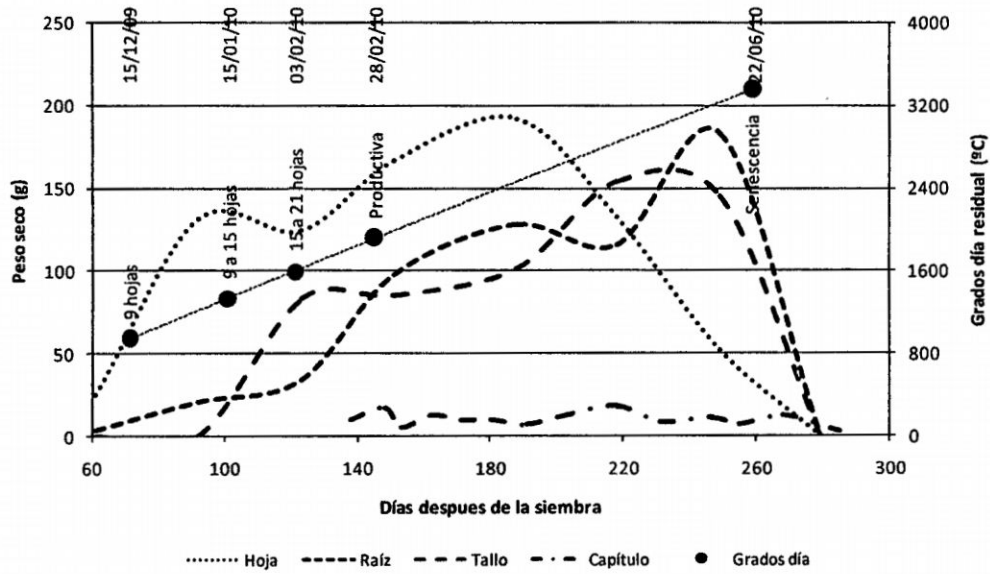


Figura 3.3. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Imperial Star se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente, hasta llegar a un peso máximo de 192.32 gr. que ocurre al acumular 2489.9 GDD a los 188 DDS, luego decrece en forma acelerada. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, al acumular 1621.6 GDD con un peso seco inicial de 83.0 gr. a partir del cual se da un crecimiento continuo hasta llegar a un peso máximo de 153.92 gr. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870,05 GDD. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 183.09 gr. que ocurre a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, luego se da el descenso. El peso seco de los capítulos inicia a los 138 DDS a partir de la

primera cosecha al acumular 1844.9 GDD, y su máximo peso seco se da a los 148 DDS al acumular 1960.0 GDD.

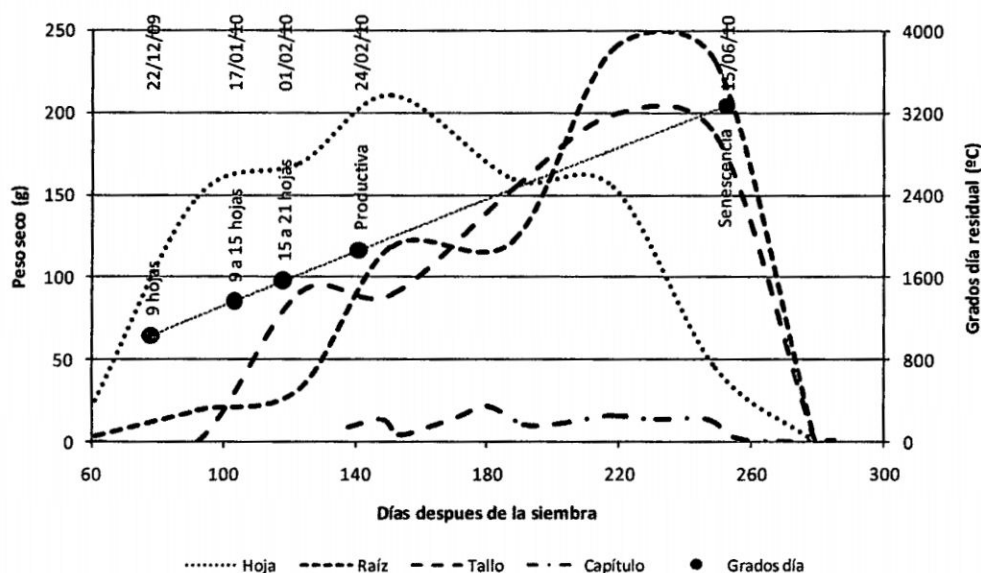


Figura 3.4. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Tavor se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente, hasta llegar a un peso máximo de 210.38 gr. que ocurre al acumular 1998.75 GDD a los 151 DDS. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, al acumular 1621.6 GDD con un peso seco inicial de 90.8 gr. a partir del cual se da un crecimiento continuo hasta llegar a un peso máximo de 199.5 gr. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870,05 GDD. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 239.0 gr. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual se inicia el descenso. El peso seco de los capítulos inicia a los 138

DDS a partir de la primera cosecha al acumular 1844.9 GDD, y su máximo peso seco se da a los 180 DDS al acumular 2385.3 GDD.

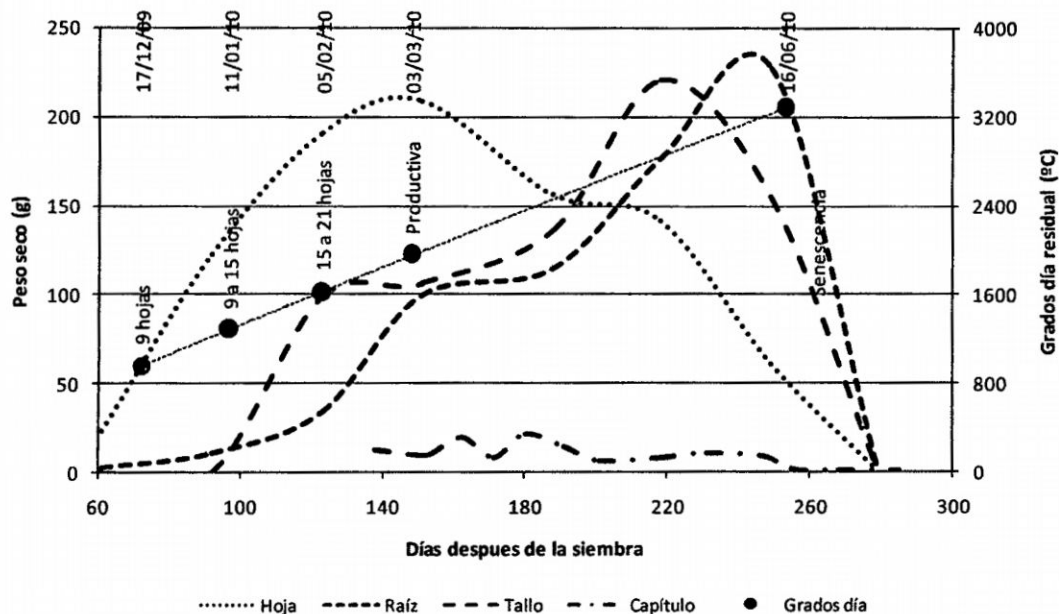


Figura 3.5. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A-105 se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente, hasta llegar a un peso máximo de 209.13 gr. que ocurre al acumular 1998.75 GDD a los 151 DDS. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, al acumular 1621.6 GDD con un peso seco inicial de 99.12 gr. a partir del cual se da un crecimiento continuo hasta llegar a un peso máximo de 221.05 gr. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870,05 GDD. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 228.13 gr. que ocurre a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, a partir del cual se inicia el descenso. El peso seco de los capítulos inicia a

los 138 DDS a partir de la primera cosecha al acumular 1844.9 GDD, y su máximo peso seco se da a los 180 DDS al acumular 2385.3 GDD.

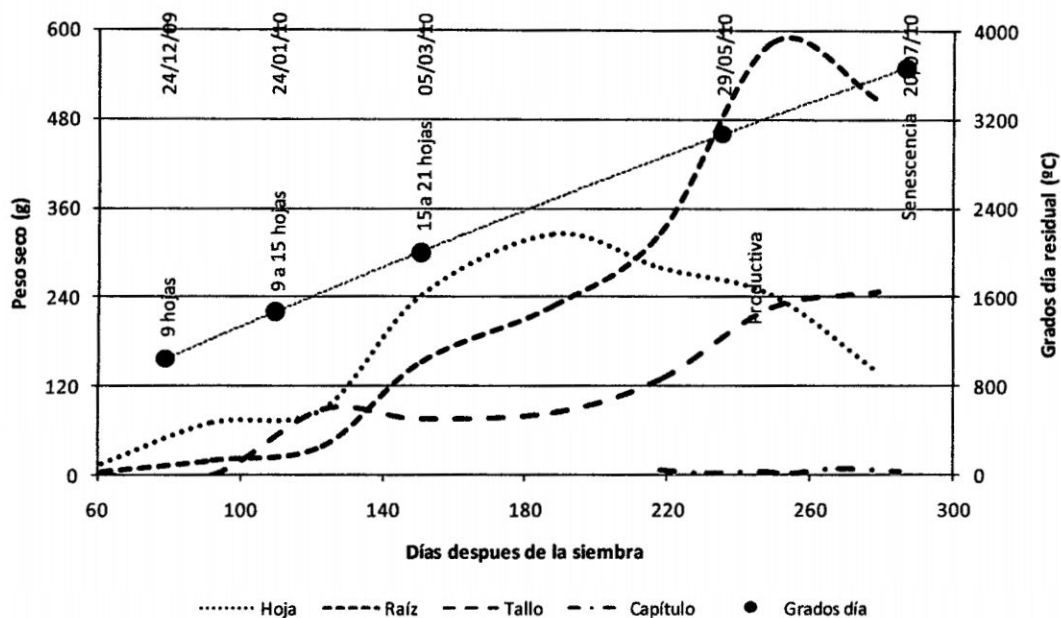


Figura 3.6. Estados fenológicos y peso seco de hojas, raíz, tallo y capítulo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Arad se observa que la línea de tendencia del peso seco de hojas se da en forma creciente, hasta llegar a un peso máximo de 325.28 gr. que ocurre al acumular 2489.9 GDD a los 188 DDS. La tendencia del peso seco del tallo se registra a los 123 DDS, al acumular 1621.6 GDD con un peso seco inicial de 89.08 gr. a partir del cual se da un crecimiento continuo hasta llegar a un peso máximo de 247.93 gr. que ocurre a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD. La curva de tendencia del peso seco de la raíz se da en forma creciente hasta llegar a un peso máximo de 584.6 gr. que ocurre a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, a partir del cual se inicia el descenso. El peso seco de los capítulos inicia a los 218

DDS a partir de la primera cosecha de esta variedad, al acumular 2870.1 GDD, y su máximo peso seco se da a los 268 DDS al acumular 3451.2 GDD, siendo la variedad más tardía en cuanto a la formación de capítulos.

3.1.3. Área foliar e índice de área foliar asociado a la temperatura

En el cuadro 3.3 se muestra los coeficientes de correlación entre el tiempo, GDD, área foliar e índice de área foliar de las seis variedades del cultivo de alcachofa, donde se observa que para las seis variedades estudiadas existe alta significación y significación estadística en todos los parámetros evaluados. Estos resultados nos demuestran que el índice de área foliar, el área foliar y los GDD se incrementan con el tiempo.

Cuadro 3.3. Coeficientes de correlación entre tiempo, grados días residual, Área foliar e índice de área foliar en 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Tiempo	Grados días residual	Área foliar cm ² /planta	Índice de área foliar	Variedad: Lorca	
				T	P6
T	1,000	0,770 **	0,760 **	T	1,000
G	1,000	0,680 **	0,670 **	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000
				Variedad: A-110	
T	1,000	0,770 **	0,760 **	T	1,000
G	1,000	0,680 **	0,670 **	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000
				Variedad: Imperial Star	
T	1,000	0,670 **	0,660 **	T	1,000
G	1,000	0,560 *	0,550 *	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000
				Variedad: Tavor	
T	1,000	0,770 **	0,760 **	T	1,000
G	1,000	0,680 **	0,670 **	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000
				Variedad: Arad	
T	1,000	0,860 **	0,850 **	T	1,000
G	1,000	0,650 **	0,640 **	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000
				Variedad: A-105	
T	1,000	0,720 **	0,710 **	T	1,000
G	1,000	0,680 **	0,670 **	G	1,000
P5		1,000 **	1,000 **	P5	1,000
P6			1,000 **	P6	1,000

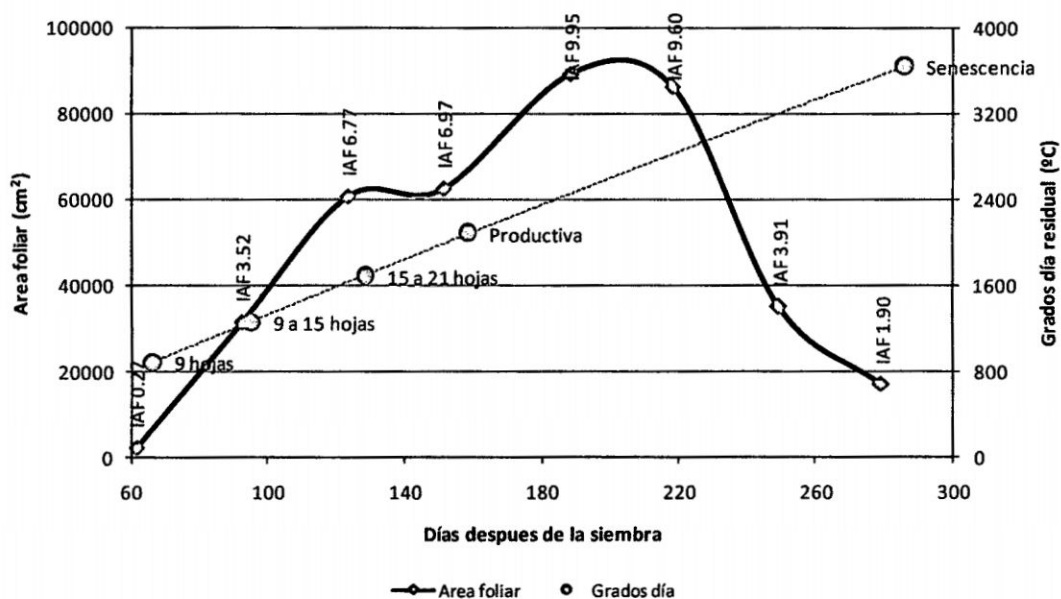


Figura 3.7. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual).
Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A – 110 se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), con un Área foliar de 60905.00 cm² y un IAF de 6.77 con una acumulación de 1621.6 GDD a los 123 DDS, se mantiene casi constante hasta los 151 DDS con un Área foliar de 62686.00 cm² IAF de 6.97, en la fase productiva, en la que continúa con su crecimiento continuo hasta llegar a su valor máximo de Área foliar 89535.47 cm², IAF 9.95 a los 188 DDS y una acumulación de 2489.9 GDD, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 1.9 a los 279 DDS y una acumulación de 3577.3 GDD.

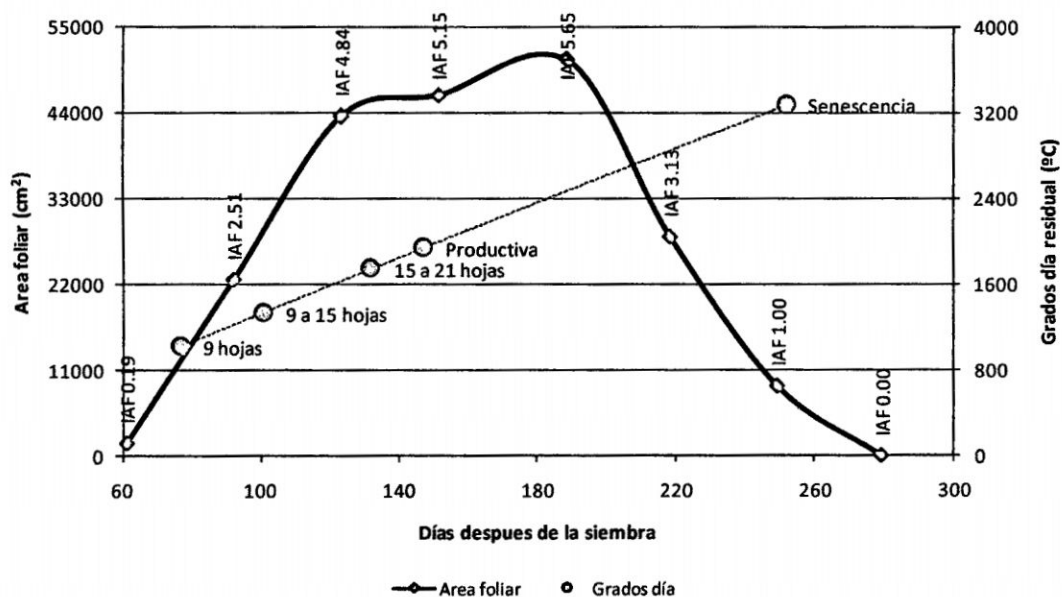


Figura 3.8. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual).
Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Lorca se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 43545.05 cm², IAF de 4.84 y una acumulación de 1621 GDD, hasta los 151 DDS con un Área Foliar de 46347.36, IAF de 5.15 y una acumulación de 1998.7 GDD, intervalo en el que se muestra un lento crecimiento del IAF. Es a los 188 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 5.65, con un Área Foliar de 50833.34 cm² y una acumulación de 2489.9 GDD, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 1.0 a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD.

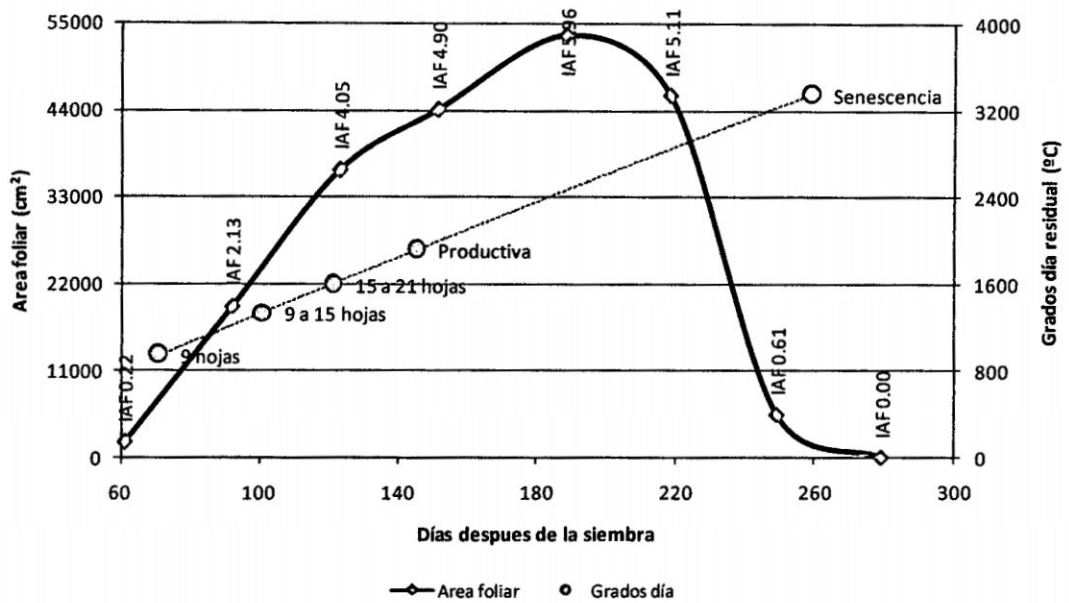


Figura 3.9. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Imperial Star se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 36462.91 cm², IAF de 4.05 y una acumulación de 1621.6 GDD, hasta los 151 DDS con un Área Foliar de 44082.92, IAF de 4.9 y una acumulación de 1998.7, intervalo en el que se muestra un crecimiento del IAF, menor a los dos variedades anteriores, pero simbólica. Es a los 188 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 5.91, con un Área Foliar de 53655.25 cm² y una acumulación de 2489.9 GDD, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 0.69 a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

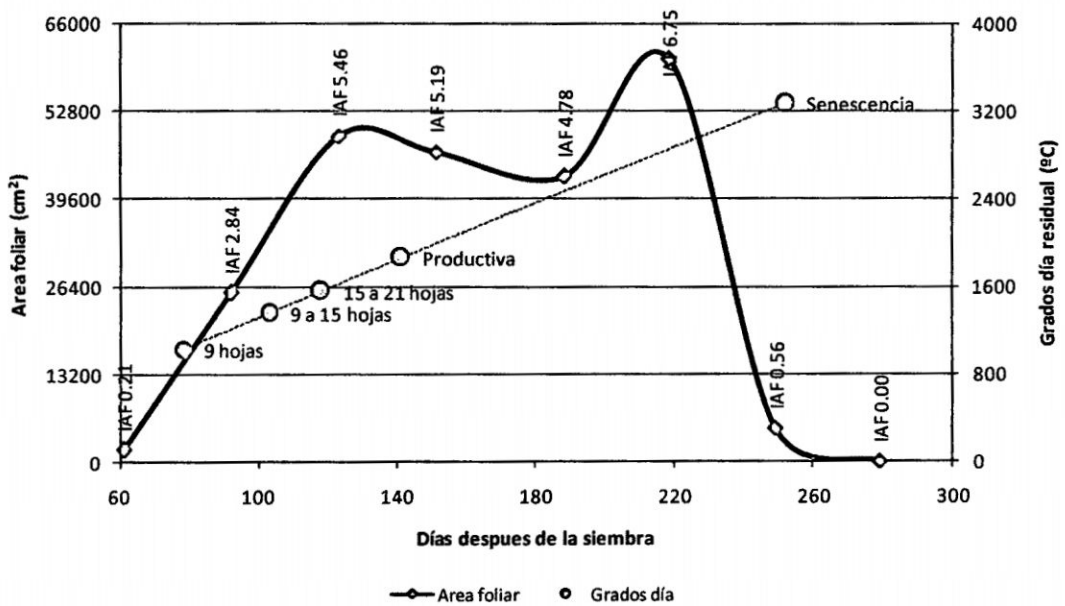


Figura 3.10. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual).
Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Tavor se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 49137.86 cm², IAF de 5.46 y una acumulación de 1621.6 GDD, hasta los 188 DDS con un Área Foliar de 43033.80, IAF de 4.78 y una acumulación de 2489.9 GDD, intervalo en el que se muestra un lento incremento del IAF. Es a los 218 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 6.75, con un Área Foliar de 60766.92 cm² y una acumulación de 2870.05 GDD, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 0.56 a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

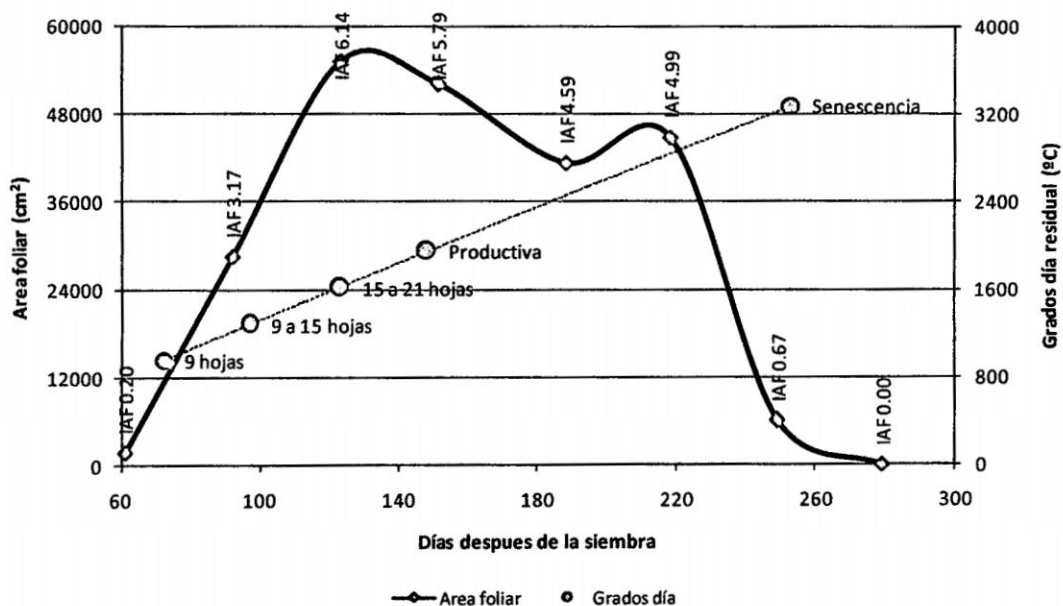


Figura 3.11. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual).
Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A-105 se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 55251.82 cm², IAF de 6.14, valor máximo y una acumulación de 1621.6 GDD, hasta los 188 DDS con un Área Foliar de 41352.31, IAF de 4.59 y una acumulación de 2489.9, intervalo en el que se muestra un lento incremento del IAF. A los 218 DDS se muestra un incremento que alcanza un IAF de 4.99, con un Área Foliar de 44866.83 cm² y una acumulación de 2870.05 GDD, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso en la fase de Senescencia hasta llegar a tener un IAF de 0.67 a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

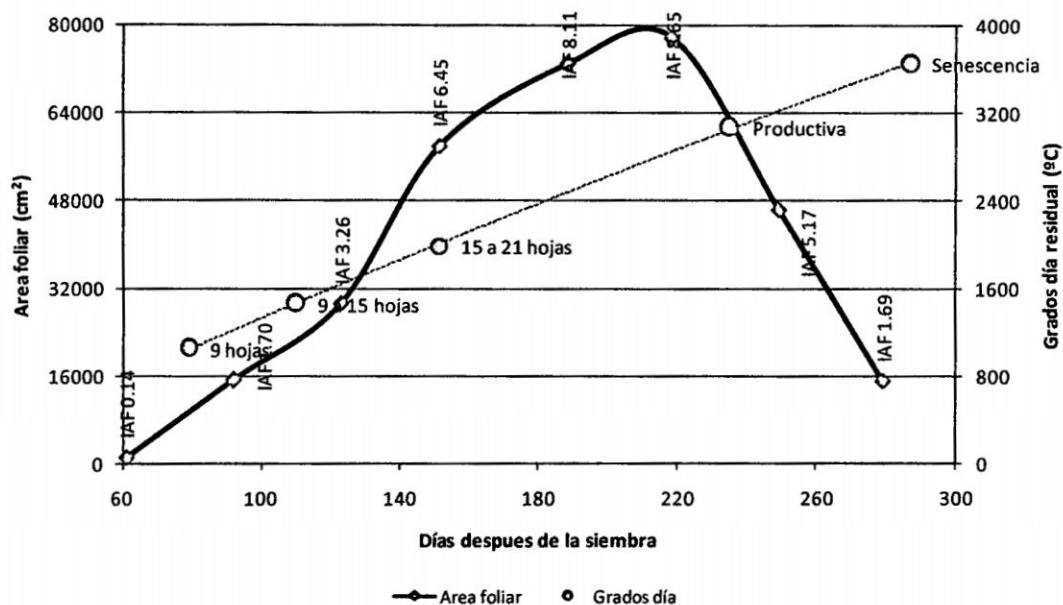


Figura 3.12. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual).
Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Arad se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a un valor máximo de IAF de 8.65, un Área Foliar de 77886.9 cm², a los 218 DDS, al acumular 2870.05 GDD.

Es al iniciarse la fase productiva que los valores de IAF empiezan a descender hasta llegar a los 279 DDS donde llega tener un valor de 1.69, un valor alto comparado con las demás variedades que ya no registran valores de área foliar.

3.1.4. Altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta asociado a la temperatura

En el cuadro 3.4 se muestra los coeficientes de correlación entre el tiempo, GDD, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de las seis variedades del cultivo de alcachofa, donde se observa que para las seis variedades estudiadas existe alta significación y significación estadística en todos los parámetros evaluados. Estos resultados demuestran que el diámetro de planta, la profundidad de raíz, la altura de planta y los GDD se incrementan con el tiempo debido a la cual existe una acumulación.

Cuadro 3.4. Coeficientes de correlación entre tiempo, grados días residual, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta en 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Variedad: A-110	Tiempo		Grados días residual		Altura de planta		Profundidad de raíz		Diámetro de planta		
	T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8	
T	1,000	1,000	0,906**	0,785**	0,906**	0,785**	0,501*	0,501*	0,501*	0,501*	
G		1,000	0,908**	0,787**	0,908**	0,787**	0,507*	0,507*	0,507*	0,507*	
P7			1,000	0,816**	1,000	0,816**	0,546**	0,546**	0,546**	0,546**	
P8				1,000		1,000	0,549**	0,549**	0,549**	0,549**	
P9							1,000	1,000	1,000	1,000	
T	1,000	1,000	0,820**	0,740**	0,820**	0,740**	0,560*	0,560*	0,560*	0,560*	
G		1,000	0,720**	0,640**	0,720**	0,640**	0,630**	0,630**	0,630**	0,630**	
P7			1,000	0,881**	1,000	0,881**	0,780**	0,780**	0,780**	0,780**	
P8				1,000		1,000	0,802**	0,802**	0,802**	0,802**	
P9							1,000	1,000	1,000	1,000	
Variedad: Lorca		Tiempo		Grados días residual		Altura de planta		Profundidad de raíz		Diámetro de planta	
Variedad: A-110		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: A-105		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: Arad		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: Imperial Star		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: Tavor		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: Arad		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: A-105		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: Arad		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8
Variedad: A-105		T	G	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8

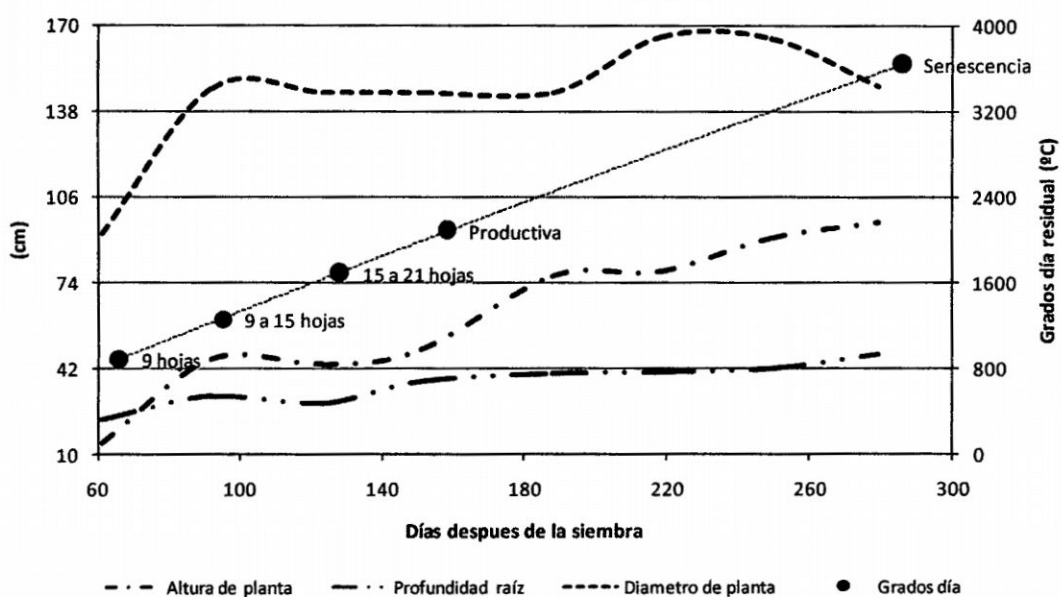


Figura 3.13. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A – 110 se observa que la tendencia de la altura de planta alcanza su punto máximo 96.3 cm a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD. La tendencia del crecimiento de raíz alcanza su punto máximo 47.3 cm. a los Área 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD, y el crecimiento de diámetro de planta es continuo hasta llegar a los 146.82 cm. a los 92 DDS con una acumulación de 1227.4 GDD, a partir de este valor el crecimiento es constante hasta los 188 DDS, luego alcanza su punto máximo con 166.22 cm. a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD.

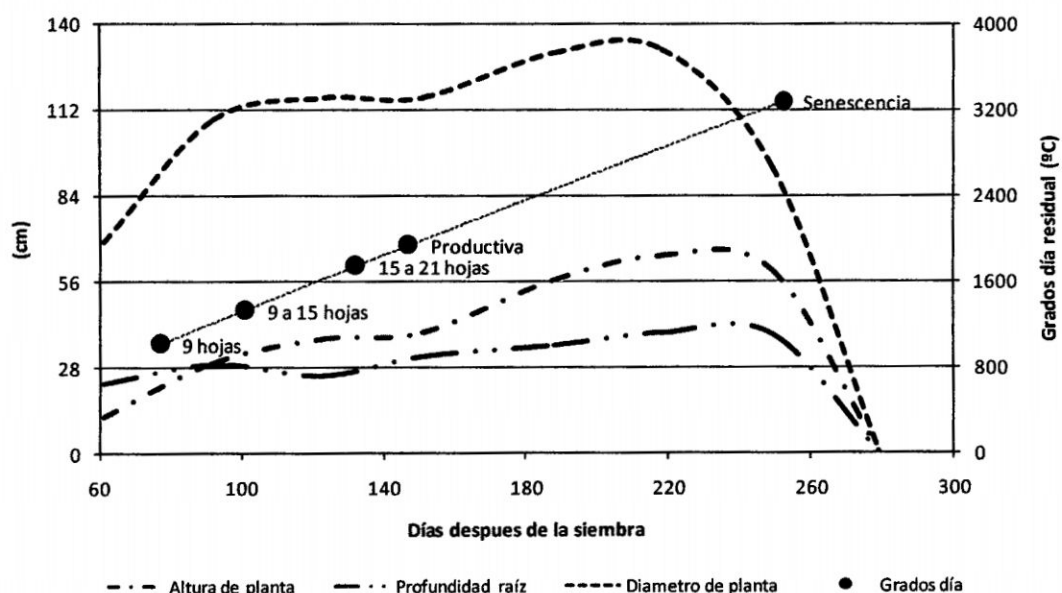


Figura 3.14. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Lorca se observa que la tendencia de la altura de planta se da en forma creciente hasta llegar a una altura máxima de 64.5 cm. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia de la profundidad de la raíz se presenta en forma creciente hasta llegar a un valor de 39.0 cm de profundidad que se da a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia del diámetro de planta se da en forma creciente hasta llegar a su máximo valor de 131.92 cm. que se da a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender hasta llegar a los 279 DDS.

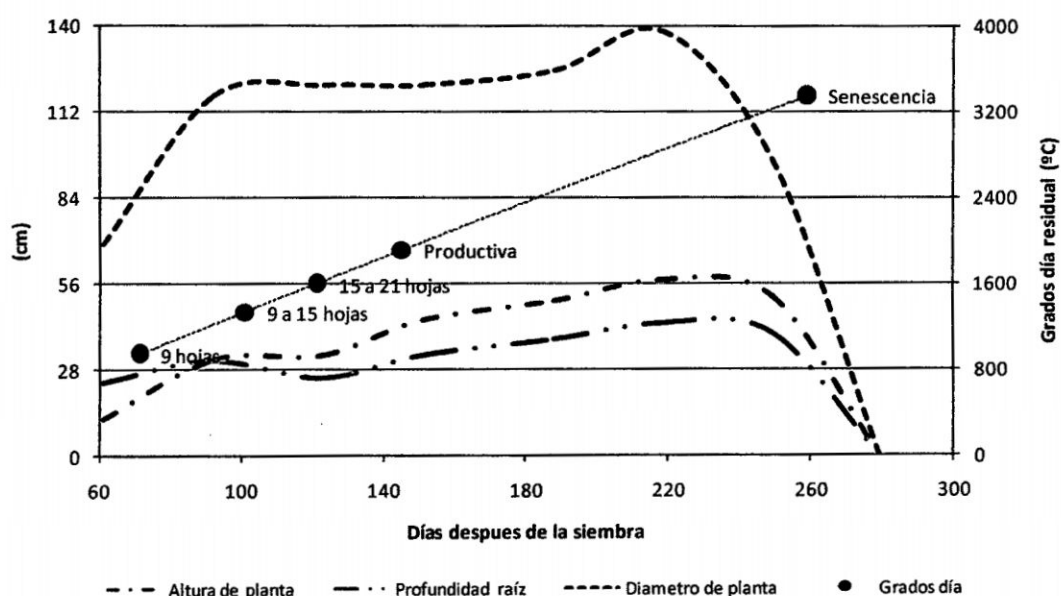


Figura 3.15. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Imperial Star se observa que la tendencia de la altura de planta se da en forma creciente hasta llegar a una altura máxima de 57.25 cm. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia de la profundidad de la raíz se presenta en forma creciente hasta llegar a un valor de 43.28 cm de profundidad que se da a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD. La tendencia del diámetro de planta se da en forma creciente hasta tener un valor de 117.2 cm. a los 92 DDS con una acumulación de 1227.4 GDD, a partir de este valor el crecimiento es lento hasta los 188 DDS, luego alcanza su punto máximo con 138.49 cm. a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD.

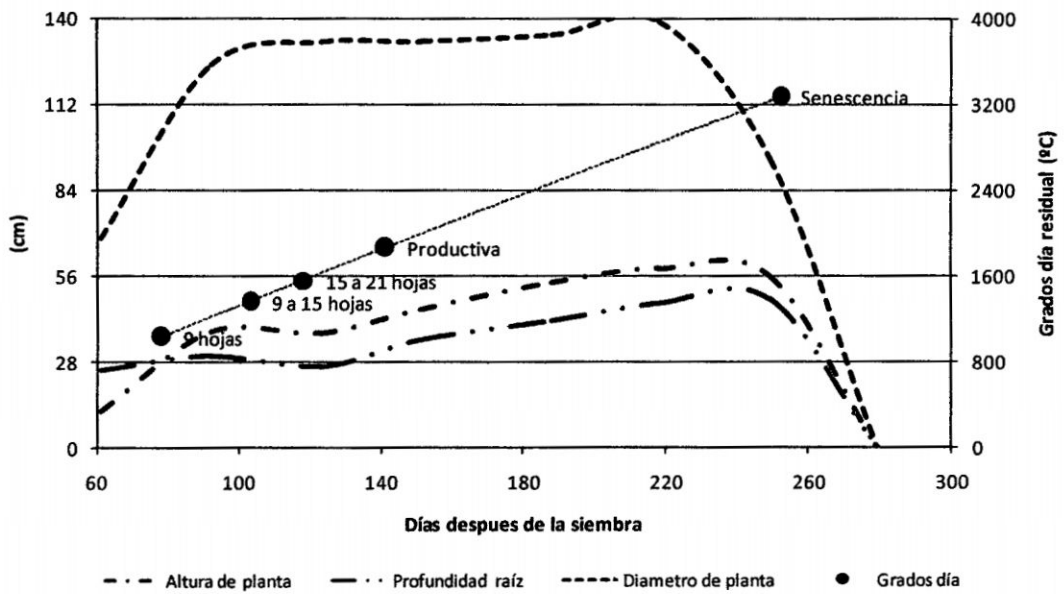


Figura 3.16. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Tavor se observa que la tendencia de la altura de planta se da en forma creciente hasta llegar a una altura máxima de 58.57 cm. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia de la profundidad de la raíz se presenta en forma creciente hasta llegar a un valor de 48.7 cm de profundidad que se da a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD. La tendencia del diámetro de planta se da en forma creciente hasta tener un valor de 125 cm. a los 92 DDS con una acumulación de 1227.4 GDD, a partir de este valor el crecimiento es lento hasta los 188 DDS, luego alcanza su punto máximo con 139.02 cm. a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD.

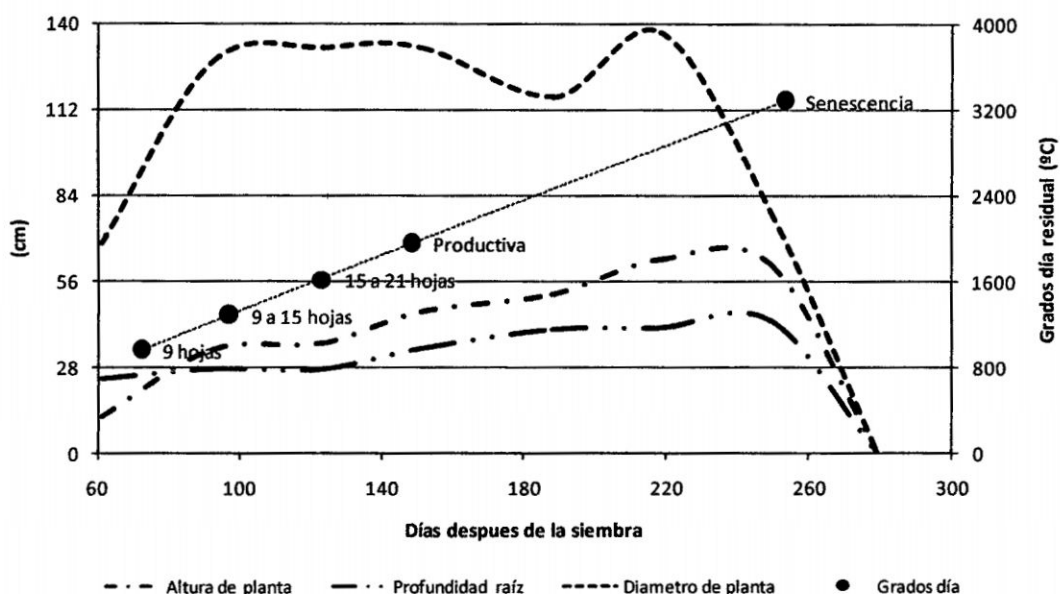


Figura 3.17. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A-105 se observa que la tendencia de la altura de planta se da en forma creciente hasta llegar a una altura máxima de 63.32 cm. que ocurre a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia de la profundidad de la raíz se presenta en forma creciente hasta llegar a un valor de 43.60 cm de profundidad que se da a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD. La tendencia del diámetro de planta se da en forma creciente hasta tener un valor de 127.83 cm. a los 92 DDS con una acumulación de 1227.4 GDD, a partir de este valor el crecimiento es lento hasta tener un valor de 116.42 a los 188 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD, luego de este descenso alcanza su punto máximo con 139.02 cm. a los 218 DDS con una acumulación de 2870.05 GDD.

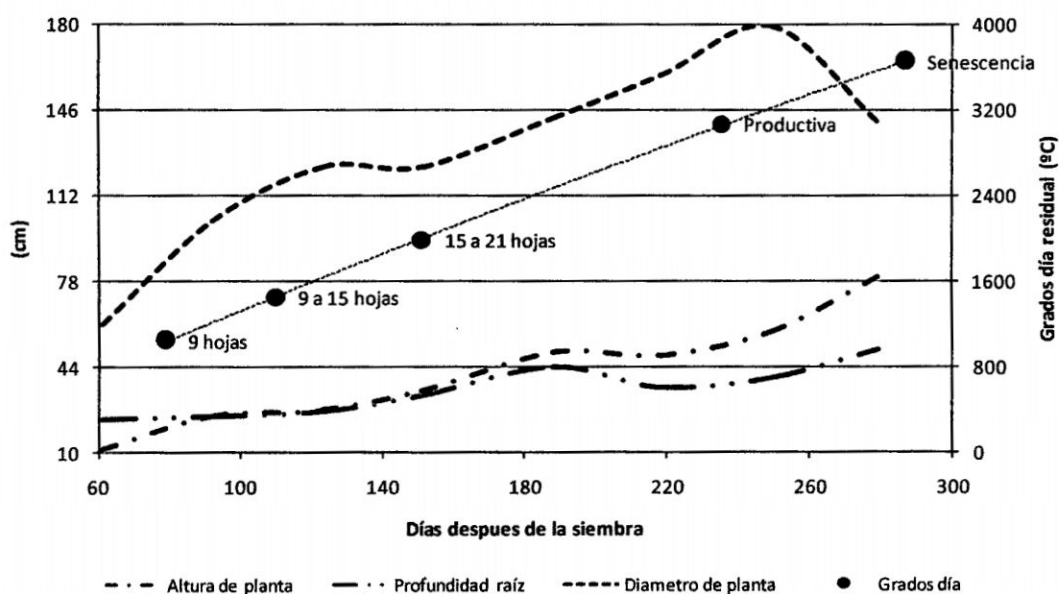


Figura 3.18. Estados fenológicos, altura de planta, profundidad de raíz y diámetro de planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la temperatura (grados día residual). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Arad se observa que la tendencia de la altura de planta se da en forma creciente hasta llegar a una altura máxima de 79.70 cm. que ocurre a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD, a partir del cual comienza a descender. La tendencia de la profundidad de la raíz se presenta en forma creciente hasta llegar a su máximo valor de 51.02 cm de profundidad que se da a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD. La tendencia del diámetro de planta se da en forma creciente hasta llegar a su valor máximo de 179.68 cm. a los 249 DDS con una acumulación de 3231.15 GDD, a partir de este valor el crecimiento decrece hasta llegar a tener un valor de 141.10 cm. a los 279 DDS con una acumulación de 3577.3 GDD.

3.2. INDICE DE AREA FOLIAR Y EFICIENCIA DE USO DE RADIACIÓN DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

3.2.1. Radiación solar y estados fenológicos

En el cuadro 3.5 se observa los días después de la siembra y la acumulación de la radiación solar fotosintéticamente activa absorbida (PAR) de acuerdo al cambio de los estados fenológico para las seis variedades de alcachofa evaluadas en el experimento.

La variedad A - 110 necesita acumular 425 MJ/m^2 para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 66 días después de la siembra (DDS), para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 735 MJ/m^2 la cual se da a los 95 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1062 MJ/m^2 la cual se da a los 128 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1353 MJ/m^2 la cual se da a los 158 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta a acumulado 2410 MJ/m^2 la cual se da a los 286 DDS.

La variedad Lorca necesita acumular 543 MJ/m^2 para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 77 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 785 MJ/m^2 la cual se da a los 101 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1106 MJ/m^2 la cual se da a los 132 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1254 MJ/m^2 la cual se da a los 147 DDS, el estado fenológico de

senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 2148 MJ/m² la cual se da a los 252 DDS.

La variedad Imperial Star necesita acumular 479 MJ/m² para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 71 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 787 MJ/m² la cual se da a los 101 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 993 MJ/m² la cual se da a los 121 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1236 MJ/m² la cual se da a los 145 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 2196 MJ/m² la cual se da a los 259 DDS.

La variedad Tavor necesita acumular 556 MJ/m² para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 78 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 807 MJ/m² la cual se da a los 103 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 959 MJ/m² la cual se da a los 118 DDS, para poder llegar estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1201 MJ/m² la cual se da a los 141 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 2148 MJ/m² la cual se da a los 252 DDS.

La variedad A-105 necesita acumular 494 MJ/m² para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 72 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 751 MJ/m²

la cual se da a los 97 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1009 MJ/m^2 la cual se da a los 123 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 1264 MJ/m^2 la cual se da a los 148 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 2153 MJ/m^2 la cual se da a los 253 DDS.

La variedad Arad necesita acumular 566 MJ/m^2 para llegar al estado fenológico de 9 hojas (Estado 1) la cual se da a los 79 DDS, para llegar al estado fenológico de 9 a 15 hojas (Estado 2) necesita acumular 900 MJ/m^2 la cual se da a los 110 DDS, para llegar al estado fenológico de 15 a 21 hojas (Estado 3) necesita acumular 1300 MJ/m^2 la cual se da a los 151 DDS, para poder llegar al estado fenológico de producción (Estado 4) necesita acumular 2026 MJ/m^2 la cual se da a los 235 DDS, el estado fenológico de senescencia (Estado 5) sucede cuando esta acumulado 2394 MJ/m^2 la cual se da a los 287 DDS.

Las variedades Lorca, Imperial Star, Tavor, A-105 y Arad, presentan similitud en la cantidad de días después de la siembra para llegar a la primera fase, mientras la variedad A-110 es la variedad que se muestra más precoz para llegar a la Fase 1 y 2. La variedad Arad es la más tardía y la que necesita mayor acumulación de radiación solar fotosintética activa absorbida.

Cuadro 3.5. Días después de la siembra y grados días residual para cada estado fenológico de 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Estado	Descripción	A-110		Loca		Imperial Star		Tavor		A-105		Arad	
		Días después de la siembra	Radiación residual	Días después de la siembra	Radiación residual	Días después de la siembra	Radiación residual	Días después de la siembra	Radiación residual	Días después de la siembra	Radiación residual	Días después de la siembra	Radiación residual
Estado 1	9 hojas	66	425	77	543	71	479	78	556	72	494	79	566
Estado 2	9 a 15 hojas	95	735	101	785	101	787	103	807	97	751	110	900
Estado 3	15 a 21 hojas	128	1062	132	1106	121	993	118	959	123	1009	151	1300
Estado 4	Productiva	158	1353	147	1254	145	1236	141	1201	148	1264	235	2026
Estado 5	Senescencia	286	2410	252	2148	259	2196	252	2148	253	2153	287	2394

3.2.2. Área foliar e índice de área foliar asociado a la radiación solar

En el cuadro 3.6 se muestra los coeficientes de correlación entre el tiempo, radiación solar fotosintéticamente activa (PAR), los peso seco de: hojas, tallo, raíz, capítulos y pesos secos total de las seis variedades del cultivo de alcachofa, donde se observa que para las seis variedades estudiadas existe alta significación y significación estadística en los parámetros evaluados. Estos resultados demuestran que los pesos secos tanto de hojas, tallo, raíz y capítulos se incrementan a medida que transcurre el tiempo y por tanto también están relacionados con la acumulación de la radiación solar fotosintéticamente activa (PAR).

Cuadro 3.6. Coeficientes de correlación entre tiempo, radiación solar, área foliar e índice de área foliar en 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Tiempo	Radiación solar	Área foliar	Índice de área foliar	Variedad: Lorca	
				P5	P6
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,630	0,620		
R	1,000	0,550	0,540		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
				Variedad: A-110	
T	1,000	0,720	0,660		
R	1,000	0,560	0,550		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
				Variedad: Imperial Star	
T	1,000	0,720	0,660		
R	1,000	0,560	0,550		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
				Variedad: Tavor	
T	1,000	0,720	0,660		
R	1,000	0,560	0,550		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
				Variedad: Arad	
T	1,000	0,720	0,660		
R	1,000	0,560	0,550		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
				Variedad: A-105	
T	1,000	0,720	0,660		
R	1,000	0,560	0,550		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		
T	1,000	0,770	0,760		
R	1,000	0,680	0,670		
P5		1,000	1,000		
P6			1,000		

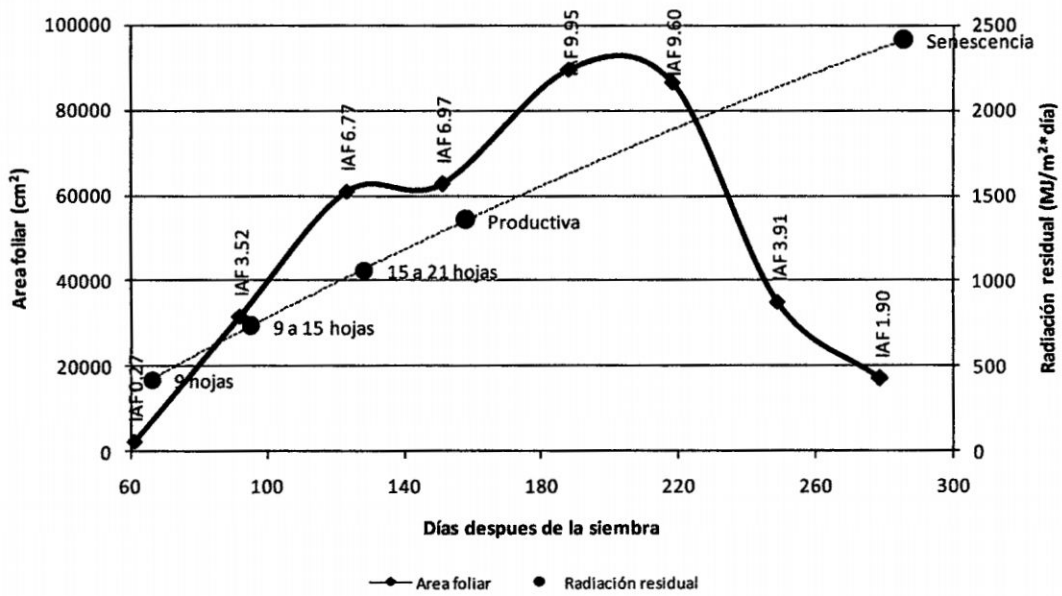


Figura 3.19. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-110, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A – 110 se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), con un Área foliar de 60905.00 cm² y un IAF de 6.77 con una acumulación de 1011.97 MJ/m² de PAR, se mantiene casi constante hasta los 151 DDS con un Área foliar de 62686.00 cm² IAF de 6.97, en la fase productiva, en la que continua con su crecimiento continuo hasta llegar a su valor máximo de Área foliar 89535.47 cm², IAF 9.95 a los 188 DDS y una acumulación de 1628.30 MJ/m² de PAR, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 1.9 a los 279 DDS y una acumulación de 2350 MJ/m² de PAR.

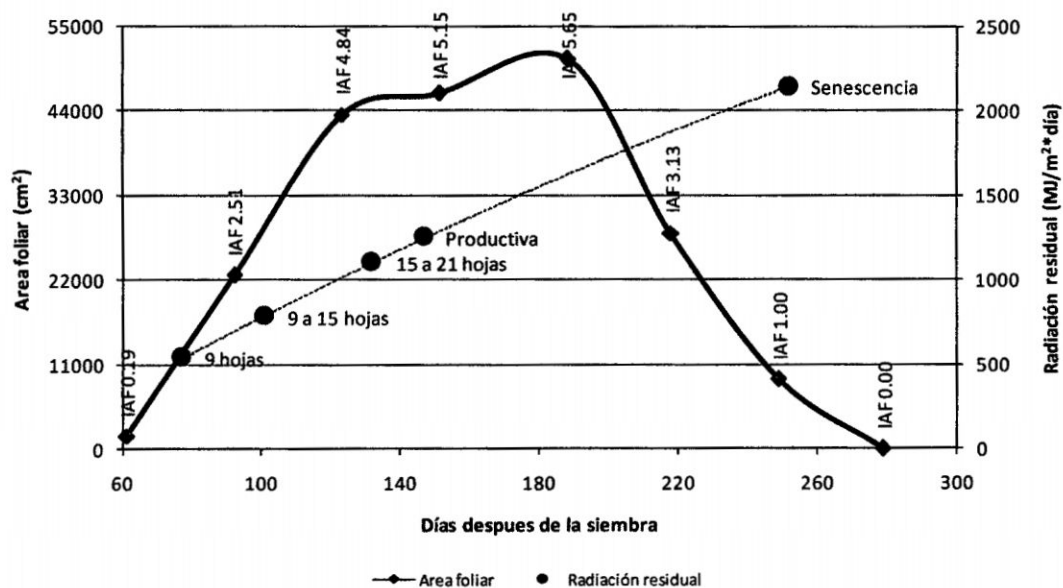


Figura 3.20. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Lorca, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Lorca se observa que la tendencia del Índice de Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 43545.05 cm², IAF de 4.84 y una acumulación de 1011.97, hasta los 151 DDS con un Área Foliar de 46347.36, IAF de 5.15 y una acumulación de 1346.24 MJ/m² de PAR, intervalo en el que se muestra un lento crecimiento del IAF. Es a los 188 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 5.65, con un Área Foliar de 50833.34 cm² y una acumulación de 1628.30 MJ/m² de PAR, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 1.0 a los 249 DDS con una acumulación de 2121.42 MJ/m² de PAR.

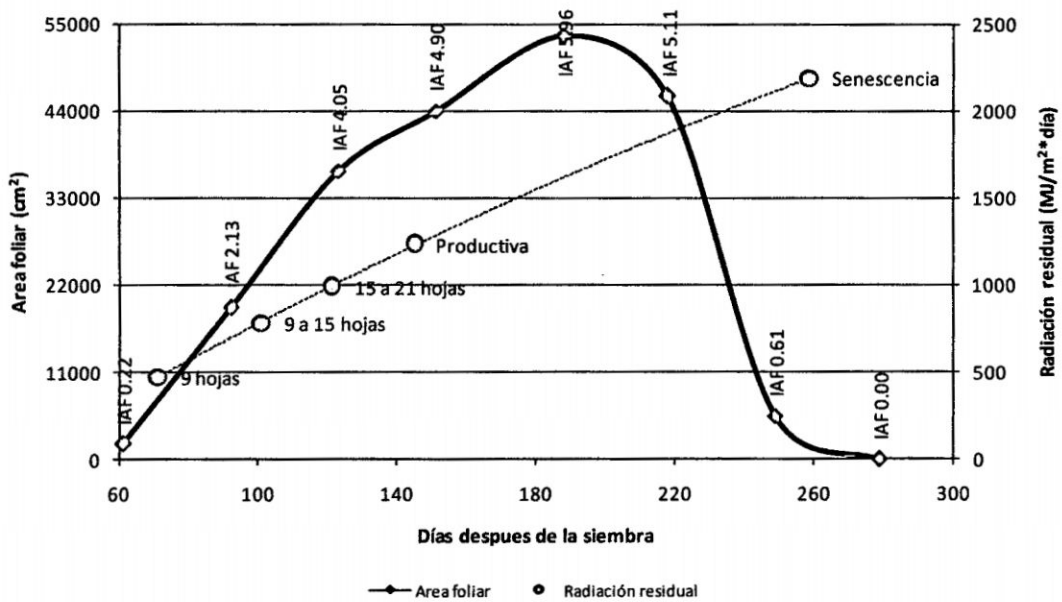


Figura 3.21. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Imperial Star, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Imperial Star se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 36462.91 cm², IAF de 4.05 y una acumulación de 1011.97 MJ/m² de PAR, hasta los 151 DDS con un Área Foliar de 44082.92, IAF de 4.9 y una acumulación de 1346.24 MJ/m² de PAR, intervalo en el que se muestra un crecimiento del IAF, menor a los dos variedades anteriores, pero simbólica. Es a los 188 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 5.91, con un Área Foliar de 53655.25 cm² y una acumulación de 1628.30 MJ/m² de PAR, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 0.69 a los 249 DDS con una acumulación de 2121.42 MJ/m² de PAR, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

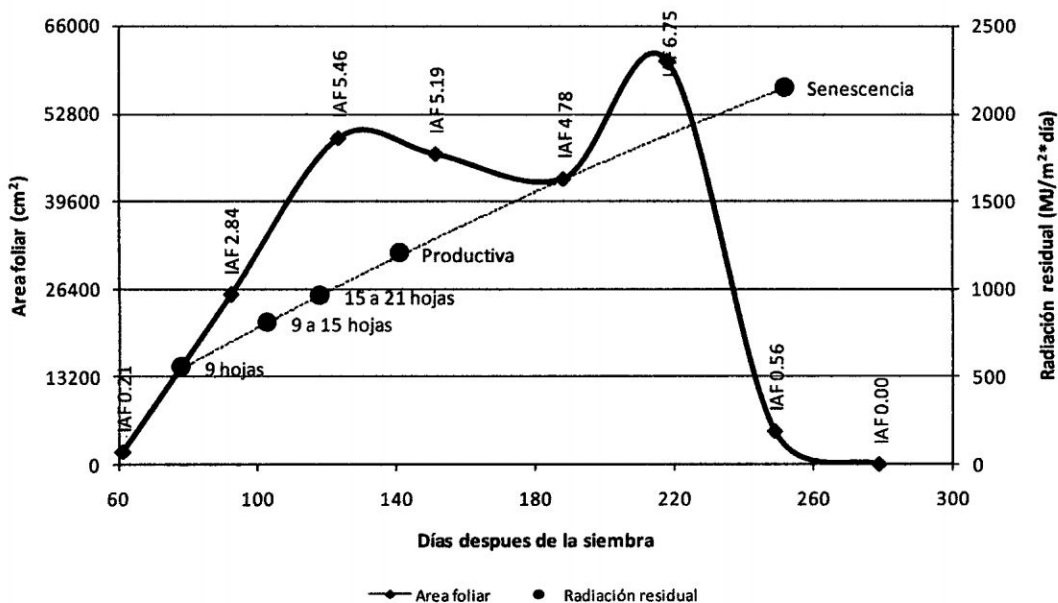


Figura 3.22. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Tavor, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Tavor se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 49137.86 cm², IAF de 5.46 y una acumulación de 1011.97 MJ/m² de PAR, hasta los 188 DDS con un Área Foliar de 43033.80, IAF de 4.78 y una acumulación de 1628.30 MJ/m² de PAR, intervalo en el que se muestra un lento incremento del IAF. Es a los 218 DDS que alcanza su máximo valor de IAF 6.75, con un Área Foliar de 60766.92 cm² y una acumulación de 1877.66 MJ/m² de PAR, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso hasta llegar a tener un IAF de 0.56 a los 249 DDS con una acumulación de 2121.42 MJ/m² de PAR, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

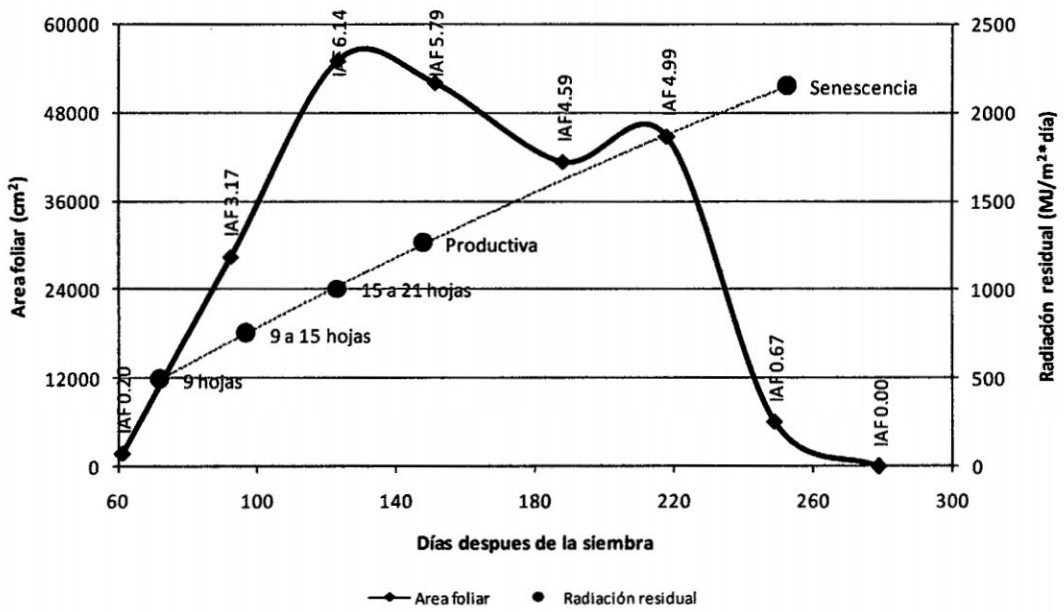


Figura 3.23. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad A-105, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad A-105 se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a la tercera fase fenológica (15 a 21 hojas), es a partir de 123 DDS con un Área Foliar de 55251.82 cm², IAF de 6.14, valor máximo y una acumulación de 1011.97 MJ/m² de PAR, hasta los 188 DDS con un Área Foliar de 41352.31, IAF de 4.59 y una acumulación de 1628.30 MJ/m² de PAR, intervalo en el que se muestra un lento incremento del IAF. A los 218 DDS se muestra un incremento que alcanza un IAF de 4.99, con un Área Foliar de 44866.83 cm² y una acumulación de 1877.66 MJ/m² de PAR, esto en la fase productiva. Luego inicia su descenso en la fase de Senescencia hasta llegar a tener un IAF de 0.67 a los 249 DDS con una acumulación de 2121.42 MJ/m² de PAR, hasta llegar a cero a los 279 DDS.

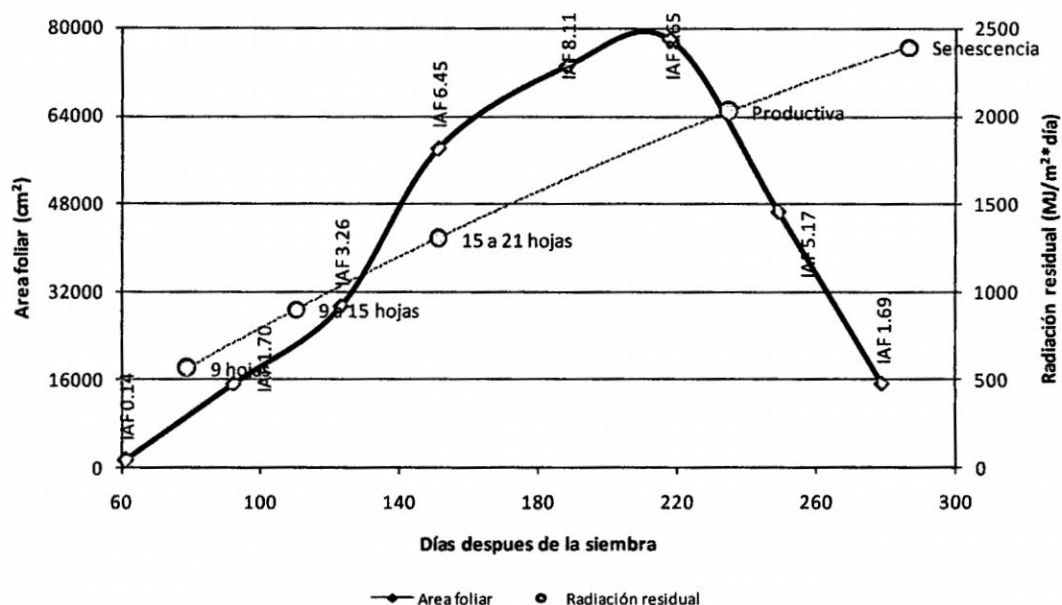


Figura 3.24. Estados fenológicos, área foliar e índice de área foliar de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad Arad, asociada a la radiación solar. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

En la variedad Arad se observa que la tendencia del Área Foliar se da en forma creciente hasta llegar a un valor máximo de IAF de 8.65, un Área Foliar de 77886.9 cm², a los 218 DDS al acumular 1877.66 MJ/m² de PAR. Es al iniciarse la fase productiva que los valores de IAF empiezan a descender hasta llegar a los 279 DDS al tener un valor de 1.69, un valor alto comparado con las demás variedades que ya no presentan valores de área foliar, este valor se registra al acumular 2350.24 MJ/m² de PAR

3.2.3. Eficiencia de uso de radiación

El crecimiento de un cultivo depende de la radiación solar incidente, de la capacidad del canopeo para interceptarla y de la eficiencia con que el cultivo transforma la radiación interceptada en materia seca. El rendimiento, por su parte, queda determinado por la manera con que el cultivo particiona la

biomasa acumulada durante su crecimiento, entre los órganos de cosecha y el resto de la planta.

La ganancia de peso del cultivo de debe, principalmente, al intercambio neto de carbono entra la planta y su ambiente, a través del proceso de fotosíntesis, mediante el cual las plantas transforman parte de la energía solar fotosintéticamente activa (PAR) en energía química. Por lo tanto la producción de materia seca es función de la radiación solar fotosintéticamente activa incidente (PAR_{inc}), de la eficiencia con la que el cultivo la intercepta y de la eficiencia con que las plantas utilizan la energía interceptada para fijar dióxido de carbono.

Cuadro 3.7. Coeficientes de regresión y correlación entre radiación residual (MJ/m²*día) y peso seco total (g/planta) de 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Coeficiente	A-110	Lorca	Imperial Star	Tavor	A-105	Arad
b0	-4.32	14.35	2.65	-23.91	-17.10	-241.74 **
b1	0.44 **	0.24 **	0.22 **	0.28 **	0.27 **	0.53 **
R	0.71 **	0.73 **	0.88 **	0.86 **	0.84 **	0.90 **

N	24	21	21	21	21	24
---	----	----	----	----	----	----

En cuadro 3.7 se muestra los coeficientes de correlación y regresión entre la radiación residual y el peso seco total del cultivo, del cual deducimos que por cada unidad de MJ/m² de PAR, el peso seco total de las variedades A-110, Lorca, Imperial Star, Tavor, A-105 y Arad se incrementa en 0.44, 0.24, 0.22, 0.28, 0.27, 0.53 gr/planta respectivamente.

3.3. USO CONSUNTIVO (ETc) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA

3.3.1. Uso consuntivo del cultivo de alcachofa (ETc)

Cuadro: 3.8. Consumo de agua del cultivo de alcachofa (ETc), por medición directa mediante el uso del lisímetro.

Mes	N° Días	ETc Lisímetro	
		mm/mes	mm/día
OCTUBRE	20	22,6	1,1
NOVIEMBRE	30	36,3	1,2
DICIEMBRE	31	45,8	1,5
ENERO	31	60,4	1,9
FEBRERO	28	71,0	2,5
MARZO	31	74,8	2,4
ABRIL	30	94,3	3,1
MAYO	31	91,7	3,0
JUNIO	30	95,2	3,2
JULIO	31	99,0	3,2
TOTAL	293	691,2	23

En el cuadro 3.8 se observa los resultados obtenidos de la Evapotranspiración de la alcachofa (ETc), a través de la medición directa, mediante el uso del lisímetro que se instaló en el campo experimental.

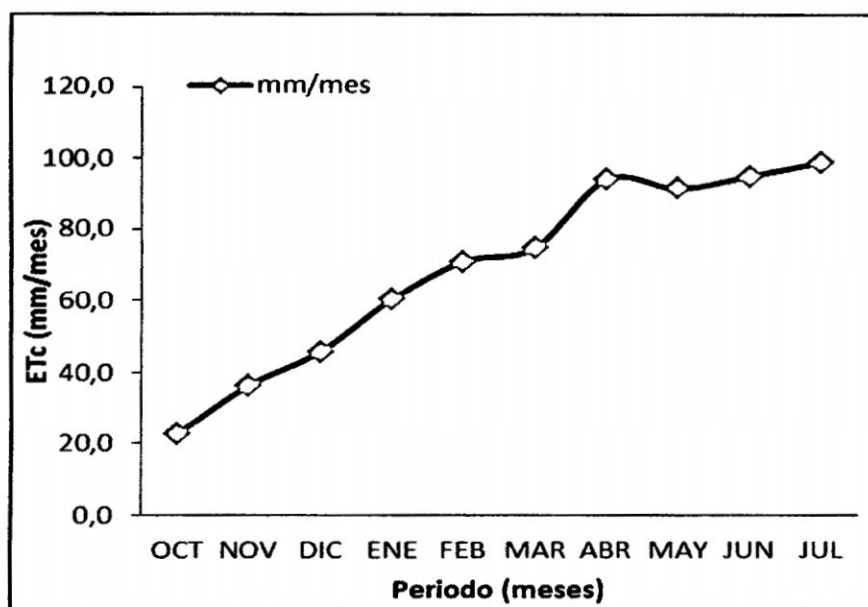


Figura 3.25. Consumo de agua en el cultivo de alcachofa (ETc) por el método del lisímetro

En la figura 3.25 se observa la variación de la evapotranspiración del cultivo (mm/mes) determinado por el método lisimétrico.

La línea de tendencia determinada por el método del lisímetro, en la que se muestra el consumo de agua por la variedad A-110, se puede ver que en la primera fase el consumo es mínimo y con el transcurrir del tiempo y el paso de una fase a otra este se va incrementando, El punto de consumo máximo se da en los meses de abril, mayo, junio y julio fechas en la que el cultivo se encuentra en plena producción de capítulos, de ahí en adelante el consumo disminuye dando paso a la fase de senescencia.

El consumo de la variedad A-110 durante la campaña fue de 691.2 mm.

Cuadro: 3.9. Comparativo de la evapotranspiración del cultivo de alcachofa (ETc), por el método del lisímetro, Penman Monteith y Hargreaves en (mm/mes)

Mes	N° Días	ETc Lisímetro		ETc Penman - Monteith		ETc Hargreaves	
		mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día
OCT	20	22,6	1,1	42,1	2,1	42,1	2,1
NOV	30	36,3	1,2	50,7	1,7	35,4	1,2
DIC	31	45,8	1,5	47,7	1,5	32,6	1,1
ENE	31	60,4	1,9	37,1	1,2	31,6	1,0
FEB	28	71,0	2,5	65,1	2,3	38,4	1,4
MAR	31	74,8	2,4	70,3	2,3	42,2	1,4
ABR	30	94,3	3,1	61,6	2,1	47,5	1,6
MAY	31	91,7	3,0	79,7	2,6	48,2	1,6
JUN	30	95,2	3,2	66,6	2,2	47,6	1,6
JUL	31	99,0	3,2	96,6	3,1	47,3	1,5
		691,2		617,6		413,0	

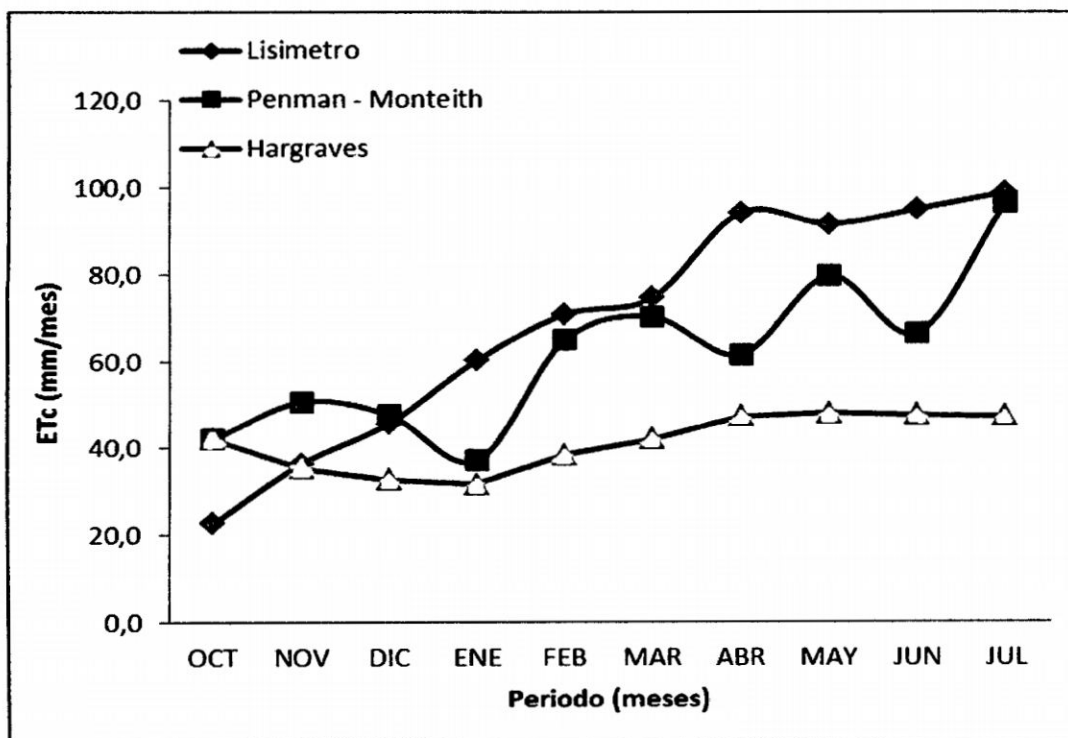


Figura 3.26. Curva de consumo de agua por el método del Lisímetro, Penman Monteith y Hargreaves en (mm/mes)

En el cuadro 3.9 y en la Figura 3.26 se observa los resultados de la determinación de la Evapotranspiración de la alcachofa (ETc), a través del método del lisímetro, obteniendo valores de la zona; comparados con los resultados de la ETc por el método de Penman – Monteith modificado por la FAO y Hargreaves, elaborados a través de datos meteorológicos obtenidos en la estación meteorológica.

Los valores obtenidos por el método lisimétrico, reportan que en los dos primeros meses son mayores comparados con los de Penman, pero por Hargreaves en el segundo mes los valores son iguales. En los siguientes meses los valores obtenidos por el método del Lisímetro son mayores comparados con los datos obtenidos con el método de Penman – Monteith y Hargreaves. Esto se debe a que las condiciones locales del Distrito de Huamanga (suelo, humedad, fertilización, prácticas agrícolas, condiciones climáticas) influyen directamente en la tasa de crecimiento y evapotranspiración del cultivo de alcachofa, obteniéndose datos de nuestra zona.

Para todo el periodo agrícola la Evapotranspiración del cultivo de alcachofa, variedad A - 110 fue de 691.2 mm.

El método de Penman - Monteith y Hargreaves se calcula empleando fórmulas y tablas basadas en experimentos realizados en otras condiciones edáficas y climáticas que no se ajustan a las condiciones reales del Distrito de Huamanga, obteniendo una evapotranspiración total del cultivo de 617.6 y 413 mm respectivamente.

3.3.2. Eficiencia del uso de agua en el cultivo de alcachofa

Una de las pruebas para el desarrollo de la agricultura y la ampliación de la frontera agrícola es encontrar cultivos que permitan ser más eficientes en el uso del agua, es por este motivo que se determinó la eficiencia del uso del agua en el cultivo de alcachofa puntualmente en la variedad A-110.

Cuadro: 3.10. Eficiencia de uso de agua (g/mm)

Meses	EUA (gr/Lt)	EUA (Kg/Lt)
Diciembre	0,48	0,00048
Enero	1,57	0,00157
Febrero	2,15	0,00215
Marzo	2,97	0,00297
Abril	2,25	0,00225
Mayo	2,1	0,0021
Junio	1,47	0,00147
Julio	1,48	0,00148

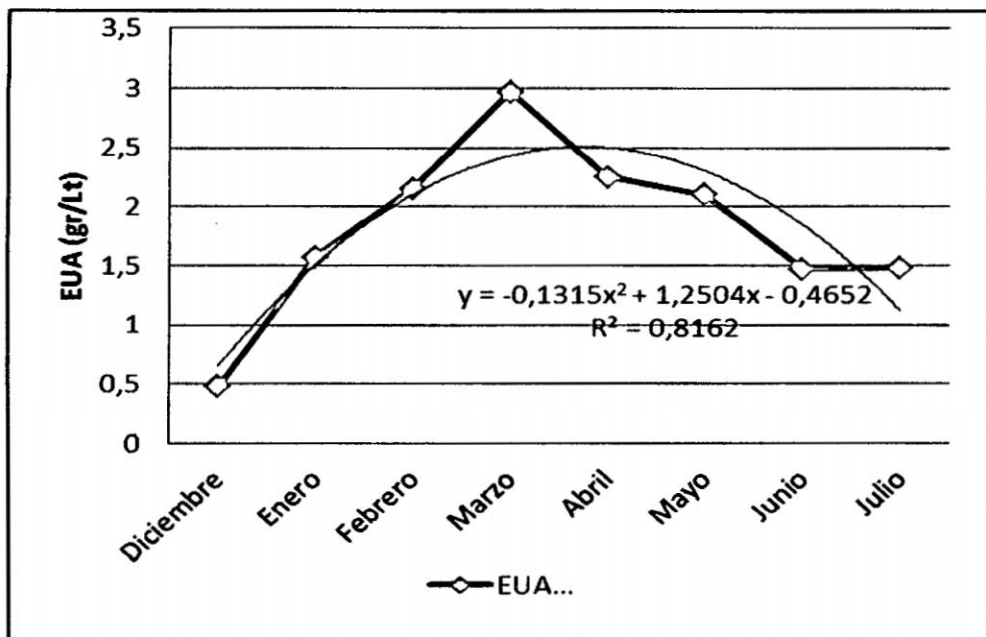


Figura 3.27. Eficiencia de uso de agua en la variedad A-110

En el Cuadro 3.10 y en la figura 3.27 se muestra la Eficiencia de Uso de Agua durante los meses en los que se realizó el muestreo de materia seca. En el mes de diciembre se observa el menor valor de EUA ya que en este mes la planta se encuentra en la 1ra fase fenológica (9 hojas). En el mes de marzo se registró la mayor eficiencia de producción de materia seca total por unidad de agua evapotranspirada ($2,97 \text{ gr.Lt}^{-1}$), sin embargo, la mayor eficiencia se centró en la producción de follaje y otras partes de la planta, y en menor proporción para la producción.

En los meses de abril, mayo, junio y julio se produce una disminución en la EUA debido a que la planta se encuentra en producción de capítulos.

3.4. PRODUCTIVIDAD

3.4.1 Rendimiento de capítulos

En el cuadro 3.12 nos muestra los cuadrados medios del análisis de variancia del rendimiento de capítulos de las 6 variedades de alcachofa seleccionadas por categorías en las cosechas realizadas.

En el que se tiene que existe alta significación estadística en todas las categorías. Esto nos indica que en todas las categorías los rendimientos son diferentes en las seis variedades. Los coeficientes de variabilidad van desde 19.12% en el peso total de capítulos que vendría a ser el menor porcentaje, hasta 47.33% que se presenta en los capítulos de la categoría cuarta.

Cuadro 3.11. Cuadrados medios del análisis de variancia del rendimiento de capítulos de 6 variedades de acachofa (*Cynara scolymus*). Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados de libertad	Capítulos Primera	Capítulos Segunda	Capítulos Tercera	Capítulos Cuarta	Capítulos Descarte	Peso Total Capítulos
Bloque variedad	2	500002	189934	13874	3525280 **	529933 *	13378659 *
Error	5	6365820 **	4560666 **	3822842 **	1588707 **	770925 **	64947215 **
Total	10	4689872	3311886	2734566	2142014	702070	50213342
	17	512194	369870	426234	253365	75892	29553360
Promedio		2802	2327	2056	1063	742	8990
CV (%)		25,54	26,13	31,76	47,33	37,14	19,12

Cuadro 3.12. Prueba de tukey para los promedios del rendimiento de capítulos de 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*) por categorías. Canaán 2760 msnm, Ayacucho

Primera:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
Lorca	4405	a
A-105	3794	a
Imperial Star	3469	a
Tavor	2810	b
A-110	1960	b
Arad	373	c

Cuarta:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
A-105	1854	a
Imperial Star	1785	a
Tavor	1446	a
A-110	674	b
Lorca	497	b
Arad	124	b

Segunda:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
Lorca	3615	a
Imperial Star	2931	a
Tavor	2857	a
A-105	2847	a
A-110	1449	b
Arad	264	b

Descarte:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
Tavor	1321	a
A-105	1244	a
Imperial Star	813	a
Lorca	707	b
A-110	367	b
Arad	0	b

Tercera:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
Lorca	3402	a
Imperial Star	2742	a
A-105	2468	a
Tavor	2185	a
A-110	1312	b
Arad	226	b

Total:

Variedad	Promedio	ALS (T) 0.05
Lorca	12625	a
A-105	12207	a
Imperial Star	11740	a
Tavor	10618	a
A-110	5761	b
Arad	987	b

En el cuadro 3.12, también se puede observar que en la categoría primera la variedad Lorca es la que presenta mayor rendimiento de capítulos de con 4405 Kg/Ha, seguido por la variedad A-105 con 3794Kg/Ha, luego tenemos a la variedad Imperial Star con 3469 Kg/Ha, Tavor con 2810 Kg/Ha, A-110 con 1960 Kg/Ha y la variedad Arad con 373 Kg/Ha fue la variedad que presento menor cantidad de capítulos de categoría primera.

En la categoría segunda se observa que la variedad Lorca al igual que en la categoría primera es la que presenta mayor rendimiento de capítulos con 3615 Kg/Ha, seguida por la variedad Imperial Star con 2931 Kg/Ha, luego tenemos a la variedad Tavor con 2857 Kg/Ha, A-105 con 2847 Kg/Ha, A-110 con 1449 Kg/Ha y por último a la variedad Arad con 264 Kg/Ha.

En la categoría tercera al igual que en la categoría primera y segunda es la variedad Lorca la que presenta el mayor rendimiento de capítulos con 3402 Kg/Ha, seguido por la variedad Imperial Star con 2742 Kg/Ha, luego tenemos a la variedad A-105 con 2468 Kg/Ha, Tavor con 2185 Kg/Ha, A-110 con 1312 Kg/Ha y en el último lugar a la variedad Arad con 226 Kg/Ha.

En la categoría cuarta se observa que la variedad A-105 es la que presenta mayor cantidad de capítulos con 1864 Kg/Ha, seguido por la variedad Imperial Star con 1785 Kg/Ha, luego tenemos a la variedad Tavor con 1446 Kg/Ha, A-110 con 674, Lorca con 497 Kg/Ha y al igual que en las otras categorías es la variedad Arad con 124 Kg/Ha. la que presenta la menor cantidad de capítulos de esta categoría.

En el cuadro 3.13 observamos la prueba de Tukey para los promedios del rendimiento de capítulos de las seis variedades.

En la categoría primera vemos que la variedad Lorca presenta similar rendimiento a las variedades A-105, Imperial Star y Tavor, la variedad Arad solo presenta rendimientos similares a la variedad A-110.

En las categorías segunda y tercera se presentan las mismas relaciones y similitudes que en la categoría primera.

En la categoría cuarta se observa que la variedad A-105 e Imperial Star presenta similitud en rendimiento con las variedades Tavor, A-110 y Lorca pero no con la variedad Arad. Las variedades Tavor, A-110 y Lorca si tienen similitud en rendimiento con la variedad Arad.

En la categoría descarte observamos que las variedades Tavor, A-105, Imperial Star y Lorca tienen rendimientos similares. La variedad Imperial Star y Lorca presentan similitud en rendimiento con la variedad A-110, y las variedades Lorca, A-110 y Arad presentan diferencias en rendimiento con las variedades Tavor y A-105.

En cuanto al rendimiento total de capítulos se muestra que las variedades Lorca, A-105, Imperial Star y Tavor presentan rendimientos similares, pero las variedades Lorca, A-105 e Imperial Star no tienen similitud con las variedades A-110 y Arad. Las variedades Tavor, A-110 y Arad presentan rendimientos similares.

Se observa que la variedad Tavor es la que presenta mayor rendimiento de capítulos de categoría descarte con 1321 Kg/Ha, seguido por la variedad A-105 con 1244 Kg/Ha, luego tenemos a la variedad Imperial Star 813 Kg/Ha, A-110 con 674, Lorca con 707 Kg/Ha, A-110 con 367 Kg/Ha y la variedad Arad no reporto descarte.

Del rendimiento total (Kg/Ha), se observa que la variedad Lorca es la que presenta mayor rendimiento con 12625 Kg/Ha, esta variedad presenta también mayor cantidad de capítulos de categoría primera, segunda y tercera, y es una de las variedades que presenta menor porcentaje de descarte, seguido por la variedad A-105 con 12207 Kg/Ha, luego tenemos a la variedad Imperial Star con 11740 Kg/Ha, Tavor con 10618 Kg/Ha esta variedad presento el mayor porcentaje de descarte, A-110 con 5761 Kg/Ha, es una de las variedad que presentó menor porcentaje de descarte. Y la variedad que presento menor rendimiento fue la Arad con 987 Kg/Ha.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye y se recomienda lo siguiente;

4.1. CONCLUSIONES

1. Para llegar a la fase 1 (9 hojas), fase 2 (9 a 15 hojas), fase 3 (15 a 21 hojas), fase 4 (Productiva) y fase 5 (Senescencia), la alcachofa en promedio necesita acumular en Grados Día de Desarrollo (GDD), 987.51, 1342.2, 1703.0, 2143.0, 3416.4 respectivamente. Siendo la variedad A-110 la primera en llegar a la fase 1 y 2 y la variedad Tavor fue la primera en llegar a las fases 3, 4 y 5.
2. De acuerdo al análisis de correlación existe alta significación y significación estadística entre los Grados Día de Desarrollo y los parámetros evaluados: peso seco (hojas, raíz, tallo, capítulos), diámetro de planta, profundidad de raíz, altura de planta.

3. La variedad A-110 fue la que presentó el mayor valor de área foliar de 89535.47 cm² y un Índice de Área Foliar (IAF) de 9.95. la segunda variedad fue la Arad con 77886.93 cm² y un IAF de 8.65. Siendo la variedad Arad y A-110 las que tuvieron la mayor eficiencia de uso de radiación 0.53 y 0.44 gr/MJ/m².
4. El uso consuntivo del cultivo de alcachofa, variedad A – 110 es de 691.2 mm durante la campaña. En el mes de marzo se registró la mayor eficiencia de producción de materia seca total por unidad de agua evapotranspirada (2.97 gr.Lt⁻¹), sin embargo, la mayor eficiencia se centró en la producción de follaje y otras partes de la planta, y en menor proporción para la producción
5. La variedad Lorca fue la que presento los mayores rendimientos en la categoría primera, segunda y tercera con rendimientos de 4405, 3615 y 3402 Kg/Ha respectivamente. La variedad A - 105 fue la que obtuvo mayor rendimiento en la categoría cuarta con 1864 Kg/Ha y la variedad Tavor obtuvo mayor cantidad de capítulos de descarte con 1321 Kg/Ha. Siendo la variedad Lorca la que obtuvo un mayor rendimiento total con 12625 Kg/Ha, seguido por A-105, Imperial Star, Tavor, A – 110 y Arad con 12207, 11740, 10618, 5761 y 978 Kg/Ha respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al trabajo realizado se recomienda cultivar las variedades Lorca, A-105 e Imperial Star ya que fueron las que

presentaron los mayores rendimientos bajo las condiciones climáticas de nuestra zona.

2. Realizar trabajos similares con otras variedades de alcachofa y con otros cultivos importantes para la zona.
3. Hacer uso de lisímetros en zonas en las que se deseen instalar nuevos cultivos ya que estos nos dan datos de la cantidad de agua que necesita el cultivo en nuestra zona.

RESUMEN

Este trabajo fue realizado en los terrenos de la E.E.A Canaán en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y Departamento de Ayacucho, a una altitud de 2760 m.s.n.m. desde el 6 de octubre del 2009 hasta el 31 de julio del 2010, con seis variedades de alcachofa: A-110, Lorca, Imperial Star, Tavor, A-105 y Arad. Con la finalidad de determinar la influencia de factores climáticos (temperatura, radiación solar y uso consuntivo de agua). Los Grados Día de Desarrollo se determinaron mediante el método Residual Modificado (TT_5), el efecto de este factor se evaluó en cantidad de días en que las variedades pasaban de una fase a otra y en el crecimiento y desarrollo del cultivo. La determinación del área foliar se realizó haciendo uso del programa Arcsoft – foto studio, el índice de área foliar por la relación entre el área foliar y la densidad de siembra y eficiencia de uso de radiación se determinó a partir de una regresión lineal entre la materia seca total y el PAR acumulado. El uso consuntivo del agua se realizó de manera directa haciendo uso de un lisímetro, y la eficiencia de uso de agua se determinó mediante la relación de materia seca y uso consuntivo del cultivo (g/l).

Por lo que se concluye lo siguiente:

Para llegar a la fase 1 (9 hojas), fase 2 (9 a 15 hojas), fase 3 (15 a 21 hojas), fase 4 (Productiva) y fase 5 (Senescencia), la alcachofa en promedio necesita acumular en Grados Día de Desarrollo (GDD), 987.51, 1342.2, 1703.0, 2143.0, 3416.4 respectivamente. Siendo la variedad A-110 la

primera en llegar a la fase 1 y 2 y la variedad Tavor fue la primera en llegar a las fases 3, 4 y 5.

La variedad A-110 fue la que presentó una mayor área foliar de 89535.47 cm² y un Índice de Área Foliar (IAF) de 9.95. la segunda variedad fue la Arad con 77886.93 cm² y un IAF de 8.65. Siendo la variedad A-110 la que tuvo la mayor eficiencia de uso de radiación 0.44 gr/MJ/m².

El uso consuntivo del cultivo de alcachofa, variedad A – 110 es de 691.2 mm.ha⁻¹ durante la campaña. En el mes de marzo se registró la mayor eficiencia de producción de materia seca total por unidad de agua evapotranspirada (2.97 gr.Lt⁻¹).

La variedad Lorca fue la que presento los mayores rendimientos en la categoría primera, segunda y tercera con rendimientos de 4405, 3615 y 3402 Kg/Ha respectivamente. La variedad A - 105 fue la que obtuvo mayor rendimiento en la categoría cuarta con 1864 Kg/Ha y la variedad Tavor obtuvo mayor cantidad de capítulos de descarte con 1321 Kg/Ha. Siendo la variedad Lorca la que obtuvo un mayor rendimiento total con 12625 Kg/Ha, seguido por A-105, Imperial Star, Tavor, A – 110 y Arad con 12207, 11740, 10618, 5761 y 978 Kg/Ha respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGROMANTARO SAC. 2002. Calidad de materia prima y proceso de recepción de materia prima, Lima. Perú.
2. ARGUSSAIN, G.G. 1990. Productividad de maíz en Balcarce. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 60 págs.
3. AZABACHE, A. 2003. Calidad de suelos y fertilización en alcachofa y espárrago. INIA – Donoso. Huaraz, Perú.
4. CARITAS - HUANUCO. 2002. Producción de alcachofa sin Espinas para la exportación en la región Huánuco, Perú.
5. CASTILLO, J. 2003. Manejo integrado de plagas y enfermedades UNALM. Lima, Perú.
6. CATACOR, E. 2001. Almacigos y métodos de propagación en alcachofa - INIA - Donoso Huaraz, Perú.
7. CERRON, V. 2005. Origen, importancia económica, distribución geográfica, Taxonomía y morfología en el cultivo de alcachofa y espárrago. UNCP - Huancayo, Perú.
8. CROSS, H. Z. & M.S. ZUBER, 1972 Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agron. J., 64(4): 351-355.

9. CUNHA G., G. DALMAGO, V. ESTEFANET, A. PASINATO y M. Moreira. 2001. El NINO scilación do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia. V. 9. Nº 1 p. 137-145.
10. DERIEUX, M., & R. BONHOMME. 1982 Heat unit requirements for maize hybrids in Europe. Results of the European FAO sub-network. I. Sowing-silking period. Maydica, 27:59-77.
11. ELLIS, R. H., R. J. SUMMERFIELD, G. O. EDMEADES, & E. H. ROBERTS, 1992 Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. Crop Sci., 32: 1225-1232.
12. FAO. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje Nº 56. 323p.
13. FERNADÉZ E. y F. CAMACHO. 2005. Eficiencia en el uso del agua. Viveros. Revista Extra 2005. Pg. 86-89.
14. FONTANA, D.C. BERLATO M.A. 1996. Relação entre El Nino Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no Estado de Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Gaúcha. Porto Alegre. V2.n.1. 39-45.

15. FRANCA S. 1999. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-día, com e sem radiação. Revista Brasileira de agrometeorologia. V7.n1. p 55-66.
16. GARCÍA J. 1990. Agrometeorología. Energía y Agua en la Agricultura. Ediciones UNALM. 175 págs.
17. GARDNER, B. R, B. PERACE y R. L. MITCHEL. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. USA. 327págs.
18. GILMORE, E. & J. ROGERS, 1958 Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J., 50 (5): 611-615.
19. GUROVICH, L. 1999. Riego tecnificado superficial. 2da Edición. Editorial Alfa Omega. Ediciones Universidad Católica de Chile.
20. HURTADO, L. 2003. Relaciones hídricas, suelo planta, medio ambiente y fertilización en la producción de alcachofa - UNALM, Perú.
21. HUAMANI CH. M. 2002. Influencia de niveles de fertilización mineral y gallinaza en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) Seccelambras, 3430 msnm Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.
22. IZARRA, T. W. 2009. Evaluación del efecto del clima en la producción y productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú. Edit. Inversiones TRONIC S.R.L. Lima, Perú.

23. IDESI – HUANUCO, 2004, Manejo del producto de materia prima por parámetros de evaluación comercial Huánuco, Perú.
24. IDESI - HUANUCO, PROYECTO PRA. 2004. Producción de alcachofa sin espinas y selección para la exportación. Huánuco, Perú.
25. INIA 2001. Cultivo de Alcachofa sin espinas. Lima, Perú.
26. INIA - HUANCAYO, 2002. Cultivo, manejo y abonamiento, el uso de la producción de alcachofa. Folleto. Huancayo, Perú.
27. INIA - HUARAL, 2003. Agro información en el cultivo de productos de exportación y el uso de instrumentos. Donoso – Huaraz, Perú.
28. LINDQUIST J. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal* 97:72-78.
29. MAROTO, J. V., MIGUEL, A., BARTUAL, R., BAIXAULI, R., LÓPEZ, M., IRANZO, B. y LÓPEZ-GALARZA, S. 1997. Estrategias productivas en alcachofas con cultivares multiplicados por semillas. *Agrícola Vergel* 181: 13-19.
30. MONTEITH, J.L. y UNSWORTH, M.H. 1990. *Principles of environmental physics*. Arnol, London.
31. MOK, V. 2003. Medidas fitosanitarias para el comercio internacional de alcachofa y espárrago – SENASA, Perú.

32. NEILD, R. y M.W. SEELEY. 1987. Applications of growing degree days in field corn production. In: Agrometeorology of the maize crop. WMO N° 481. p. 426-436. Geneva, Switzerland.
33. PAITAMALA, O 2002. Manejo agronómico de alcachofas sin espinas. FONCODES. Huancayo, Perú.
34. PORTUGAL, M 2005. Comercio internacional de alcachofa – ADEX. Perú.
35. REY, B. 2002. Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de alcachofa. SEFRI. Perú.
36. RITCHIE, T. & D. S. NESMITH, 1991 Temperature and crop development. En: J. Hanks y J. T. Ritchie (eds.). Modeling plant and soil systems. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin. Agronomy Monograph, 31:5-29.
37. ROEL A. y W. BAETHGEN. 2005. El Niño y el arroz-Efectos en la producción Uruguay. INIA Revista El País Uruguayo. Enero 2005. Pg. 25-28.
38. ROBLES, F. 2001. Nuevas alternativas para la agricultura peruana y manejo de fertilizantes. PROMPEX, Perú.
39. SÁNCHEZ, J. 2002. Requerimiento edafoclimático en el cultivo de espárrago y alcachofa y fertilización. INFOAGRO, Perú.

40. SELLERS, A. 1997. Modelling the Exchanges of Energy, Water, and Carbon Between Continents and the Atmosphere. *Science*, 275:502-509.
41. TOLLENAAR, M., T. DAYNARD, & R. HUNTER, 1979 Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.*, 19(1): 363-366.
42. VAVILOV, 1980. Centro de origen de alcachofa. Asia. Africa.
43. WARRINGTON I. J. & E. KANEMASU, 1983 Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agron. J.*, 75(5): 749-754.
44. WANG, J. A. 1960. Critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, Brooklin, v.41, n.4, p.785-790.

ANEXOS

**Anexo 01: Información meteorológica de la estación Canaán Ayacucho –
Setiembre 2009 a Octubre del 2010.**

Meses	T° Media	T° Máxima	T° Mínima	Humedad Relativa Media	Velocidad Media	Presión Media	PP Total	Radiación Total
sep-09	17,4	25,6	10,3	45,9	1,0	739,1	9,6	198,5
oct-09	18,2	26,6	11,1	48,0	1,1	736,3	22,6	265,6
nov-09	17,4	25,2	11,6	57,9	1,1	736,1	58,8	267,9
dic-09	17,1	24,8	11,4	65,6	0,8	736,8	107,8	555,8
ene-10	16,3	23,6	11,4	74,3	0,7	737,9	106,2	495,3
feb-10	17,5	24,9	12,3	69,3	0,8	737,3	68,0	504,3
mar-10	17,3	24,8	12,0	69,2	0,7	738,3	57,0	452,1
abr-10	17,2	25,5	10,6	61,8	0,6	739,1	23,8	409,1
may-10	16,6	25,1	9,1	52,0	0,5	740,1	11,0	410,9
jun-10	16,0	24,7	8,3	46,6	0,5	741,8		385,5
jul-10	16,0	25,4	7,1	36,4	0,5	740,7		419,5
ago-10	16,1	25,4	7,8	38,2	0,6	741,1		416,0
sep-10	16,8	25,1	9,6	48,1	0,8	739,5		424,0
oct-10	17,6	26,1	10,2	45,6	0,9	738,4		499,1

Anexo 02: Unidades de datos meteorológicos.

Información Meteorológica	Unidades
Temperatura Máxima	°C
Temperatura Mínima	°C
Temperatura Media	°C
Humedad Relativa	%
Velocidad del Viento	m/seg
Presión Atmosférica	hPa
Precipitación Total	mm
Radiación Solar Total	cal/cm2.día

Anexo 03: Datos Promedios del cultivo de abacachía (*Cynara scolymus*), variedad A-110, obtenidos del muestreo mensual. Canaán - NMA - Ayacucho 2735 msnnm.

Trat.	Variedad	Fecha	Días después de la siembra	T. Mínima °C	T. Máxima °C	T. Media °C	Grados Días Etnapa	Grados Días Residual	Radiación Total (M.J/m ² .día)	Radiación Etnapas (M.J/m ² .día)	Radiación Residual Etnapas (M.J/m ² .día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr)	Peso seco de Tallo (gr)	Peso Seco Total (gr)	Area Foliar (cm ²)	Indice de Area Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Diámetro de Planta (cm)
T1	A-110	06/12/2009	61	11,9	28,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	39,58	5,32	0,00	44,90	2392,59	0,27	14,07	23,13	92,28
T1	A-110	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	336,68	701,85	195,97	37,73	0,00	233,70	31649,20	3,52	45,62	31,82	146,82
T1	A-110	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1821,6	303,5	310,11	1011,97	268,72	61,17	127,58	457,47	60905,80	6,77	43,58	29,32	145,47
T1	A-110	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1988,75	300,8	334,27	1346,24	449,39	258,83	123,00	831,22	62886,22	6,97	48,91	37,18	145,47
T1	A-110	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2489,9	468,2	282,07	1628,30	447,38	217,82	155,75	821,05	89535,47	9,95	76,67	40,20	145,53
T1	A-110	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	380,15	2870,05	458,4	249,36	1877,66	358,80	282,22	297,73	938,75	86442,94	9,60	78,38	40,68	188,22
T1	A-110	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	2121,42	223,78	268,43	291,31	783,53	35173,64	3,91	90,80	41,98	185,70
T1	A-110	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	199,47	410,75	308,03	918,25	17092,17	1,90	96,43	47,33	147,62

Anexo 04: Datos Promedios del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*), variedad Lorca, obtenidos del muestreo mensual. Canaán - NA - Ayacucho 2735 msnm.

Trat.	Variedad	Fecha	Días después de la siembra	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Media °C	Grados Días Bapa	Grados Días Residual	Radiación Total	Radiación Bapas (M/Jm ² .día)	Radiación Residual Bapas (M/Jm ² .día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr)	Peso seco de Tallo (gr)	Peso seco Total (gr)	Área Foliar (cm ²)	Índice de Área Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Díámetro de Planta (cm)
T2	lorca	06/12/2009	61	11,9	28,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	23,70	2,72	0,00	26,42	1713,56	0,19	12,07	22,98	69,32
T2	lorca	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	336,68	701,85	127,90	16,67	0,00	144,57	22629,31	2,51	29,67	29,23	109,10
T2	lorca	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1621,6	303,5	310,11	1011,97	223,08	38,50	105,73	367,32	43545,05	4,84	37,28	25,28	116,07
T2	lorca	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1998,75	380,8	334,27	1346,24	195,68	95,42	99,95	392,05	46347,36	5,15	39,42	31,55	116,07
T2	lorca	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2469,9	456,2	282,07	1628,30	173,18	95,32	167,38	435,88	50883,34	5,65	56,57	35,08	130,80
T2	lorca	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	390,15	2870,05	499,4	249,36	1877,66	172,82	118,75	203,67	495,23	28153,66	3,13	64,55	39,37	131,92
T2	lorca	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	2121,42	84,43	143,08	184,11	411,62	9010,82	1,00	59,75	39,05	93,43
T2	lorca	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 05: Datos Promedios del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*), variedad Imperial Star, obtenidos del muestreo mensual. Canaán - N/A - Ayacucho 2735 msnm.

Trat.	Variedad	Fecha	Días después de la siembra	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Media °C	Grados Días Elapa	Grados Días Residual	Radiación Total (M/Jm ² día)	Radiación Elapas (M/Jm ² día)	Radiación Residual Elapas (M/Jm ² día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr)	Peso seco de Tallo (gr)	Peso Seco Total (gr)	Area Foliar (cm ²)	Indice de Area Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Díámetro de Planta (cm)
T3	I Star	06/12/2009	61	11,9	28,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	24,93	3,46	0,00	28,42	1958,57	0,22	11,97	23,88	69,07
T3	I Star	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	336,68	701,85	131,73	20,45	0,00	152,18	19210,74	2,13	31,33	30,98	117,20
T3	I Star	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1621,6	303,5	310,11	1011,97	124,43	33,75	83,00	241,18	36462,81	4,05	32,72	25,50	120,77
T3	I Star	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1998,75	380,8	334,27	1346,24	166,94	98,01	85,23	350,18	44082,92	4,90	43,81	32,99	120,77
T3	I Star	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2489,9	456,2	282,07	1628,30	192,32	127,88	101,53	421,73	53655,25	5,96	50,55	37,85	125,42
T3	I Star	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	380,15	2870,05	459,4	249,36	1877,66	132,62	115,97	153,92	402,50	49990,68	5,11	57,25	43,28	138,48
T3	I Star	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	2121,42	52,46	183,09	145,25	380,80	5459,37	0,61	51,82	40,10	95,48
T3	I Star	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 06: Datos Promedios del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*), variedad Tavor, obtenidos del muestreo mensual. Cantaán - N/A - Ayacucho 2735 msnm.

Trat.	Variedad	Fecha	Días después de la siembra	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Media °C	Grados Días Etapa	Grados Días Residual	Radiación Total (M.J/m ² .día)	Radiación Etapas (M.J/m ² .día)	Radiación Residual (M.J/m ² .día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr)	Peso seco de Tallo (gr)	Peso seco Total (gr)	Area Foliar (cm ²)	Índice de Area Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Dímetro de Planta (cm)
T4	Tavor	06/12/2009	61	11,9	26,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	25,35	3,50	0,00	28,85	1896,60	0,21	12,10	25,27	68,75
T4	Tavor	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	336,68	701,85	148,78	19,10	0,00	167,88	25517,23	2,84	37,97	30,13	125,05
T4	Tavor	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1621,6	303,5	310,11	1011,97	169,35	32,47	90,80	292,62	49137,86	5,46	37,58	26,58	132,78
T4	Tavor	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1998,75	380,8	334,27	1346,24	210,88	119,08	89,53	419,50	46694,61	5,19	45,43	35,13	132,78
T4	Tavor	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2489,9	458,2	282,07	1628,30	159,72	122,82	154,03	436,57	43033,80	4,78	53,93	41,70	134,88
T4	Tavor	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	380,15	2870,05	459,4	249,36	1677,66	154,97	239,87	199,50	594,33	60766,92	6,75	56,57	47,42	139,02
T4	Tavor	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	2121,42	45,16	230,63	186,67	462,47	5052,83	0,56	56,23	46,70	94,37
T4	Tavor	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

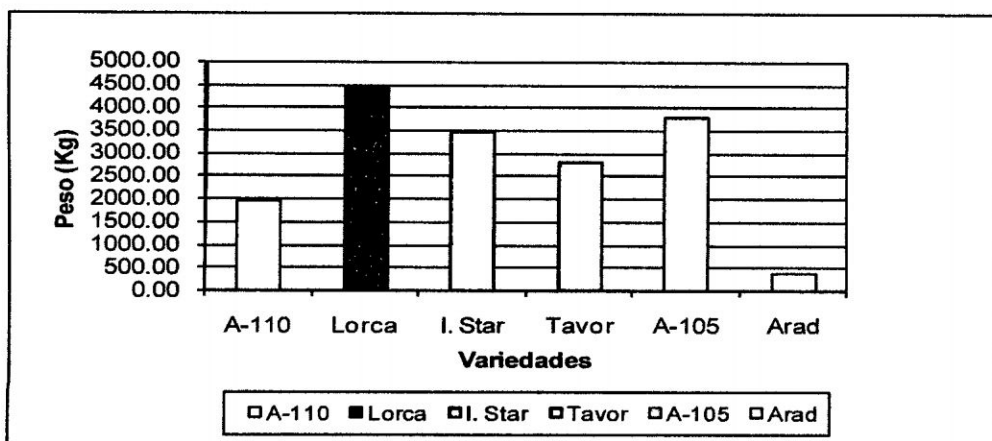
Anexo 07: Datos Promedios del cultivo de acachafo (*Cynara scolymus*), variedad A-105, obtenidos del muestreo mensual. Canaán - NA - Ayacucho 2735 msnm.

Trat.	Varietal	Fecha	Días después de la siembra	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Media °C	Grados Días Etapa	Grados Días Residual	Radiación Total (M.J/m ² .día)	Radiación Etapas (M.J/m ² .día)	Radiación Residual Etapas (M.J/m ² .día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr) de Tallo (gr)	Peso seco Total (gr)	Area Foliar (cm ²)	Indice de Area Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Dímetro de Planta (cm)	
T5	A-105	06/12/2009	61	11,9	28,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	23,28	2,68	25,97	1831,00	0,20	12,23	24,63	68,73	
T5	A-105	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	336,68	701,85	123,22	10,73	133,95	2854,41	3,17	33,82	27,73	127,83	
T5	A-105	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1621,6	303,5	310,11	1011,97	191,17	33,80	324,08	5525,82	6,14	36,00	27,58	132,62	
T5	A-105	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1998,75	380,8	334,27	1346,24	209,13	99,62	415,18	52148,24	5,79	46,30	34,32	132,62	
T5	A-105	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2489,9	456,2	282,07	1628,30	156,32	114,75	136,07	407,13	41352,31	4,59	51,97	40,65	116,42
T5	A-105	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	380,15	2870,05	459,4	249,36	1877,66	141,63	177,12	221,05	539,80	44866,83	4,99	63,32	41,25	137,60
T5	A-105	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	212,42	61,22	226,13	155,41	444,76	6043,37	0,67	61,87	43,60	78,87
T5	A-105	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

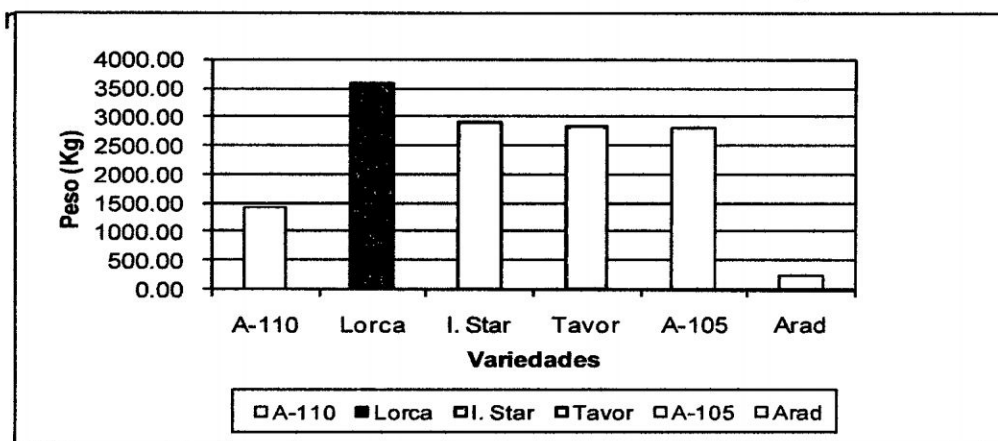
Anexo 08: Datos Promedios del cultivo de atachofa (*Cynara scolymus*), variedad Arad, obtenidos del muestreo mensual. Canadá - NA - Ayacucho 2735 msnm

Trat.	Varietal	Fecha	Días después de la siembra	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Media °C	Grados Días Elapa	Grados Días Residual	Radiación Total	Radiación Elapas (M/Jm ² .día)	Radiación Residual Elapas (M/Jm ² .día)	Peso seco de hojas (gr)	Peso seco de Raíz (gr)	Peso seco de Tallo (gr)	Peso Seco Total (gr)	Area Foliar (cm ²)	Índice de Area Foliar	Altura de planta (cm)	Prof. Raíz (cm)	Díámetro de Planta (cm)
T6	Arad	06/12/2009	61	11,9	28,3	20,5	826,15	826,15	675,9	365,17	365,17	14,43	4,08	0,00	18,52	1294,07	0,14	11,43	23,28	61,03
T6	Arad	06/01/2010	92	12,6	20,1	15,8	401,25	1227,4	265,5	338,68	701,85	70,73	19,17	0,00	89,90	15302,44	1,70	24,73	24,52	101,95
T6	Arad	06/02/2010	123	11,6	21,7	15,1	394,2	1621,6	303,5	310,11	1011,97	88,87	38,78	89,08	216,73	29310,82	3,26	27,00	26,25	123,62
T6	Arad	06/03/2010	151	13,1	21,8	16,8	377,15	1999,75	380,9	334,27	1346,24	243,77	153,43	75,60	472,80	58033,24	6,45	34,50	32,68	123,62
T6	Arad	12/04/2010	188	8,0	26,2	17,8	491,15	2489,9	456,2	282,07	1628,30	325,28	228,25	84,55	638,08	73017,04	8,11	48,73	43,98	143,12
T6	Arad	12/05/2010	218	8,7	25,9	16,7	380,15	2870,05	459,4	249,36	1877,66	279,80	326,75	130,23	736,78	77886,93	8,65	48,57	36,17	158,73
T6	Arad	12/06/2010	249	5,5	23,6	14,1	361,1	3231,15	416,6	243,76	2121,42	242,78	584,88	225,81	1053,45	46550,90	5,17	58,20	39,75	179,68
T6	Arad	12/07/2010	279	4,9	25,9	15,0	346,15	3577,3	437,6	228,83	2350,24	138,65	506,57	247,93	883,15	15201,97	1,69	79,70	51,02	141,10

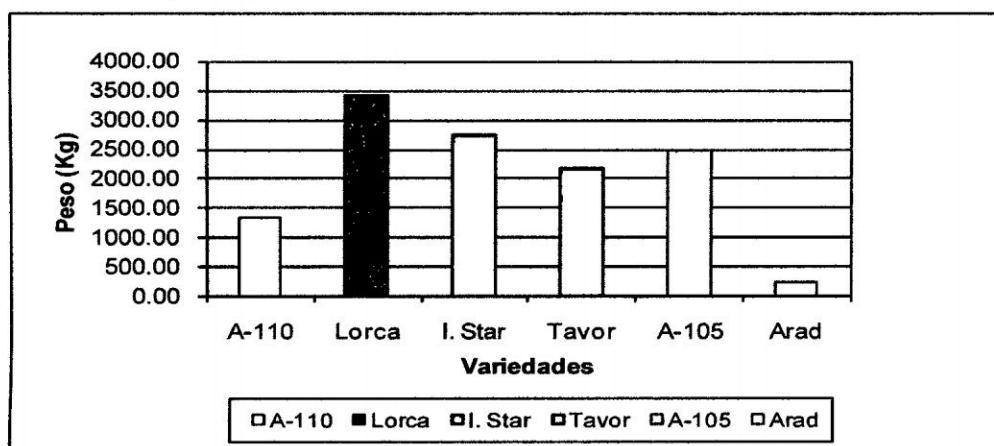
Anexo 09: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), categoría primera, Canaán – Ayacucho 2760 msnm



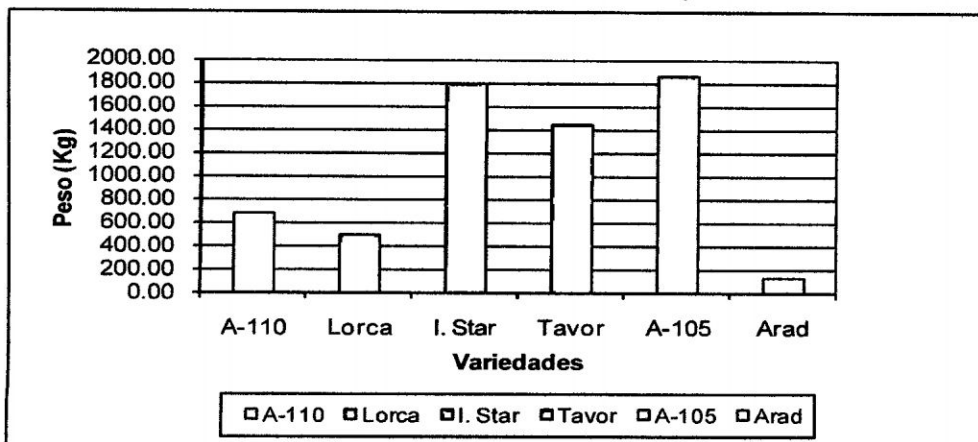
Anexo10: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), categoría Segunda, Canaán – Ayacucho 2760



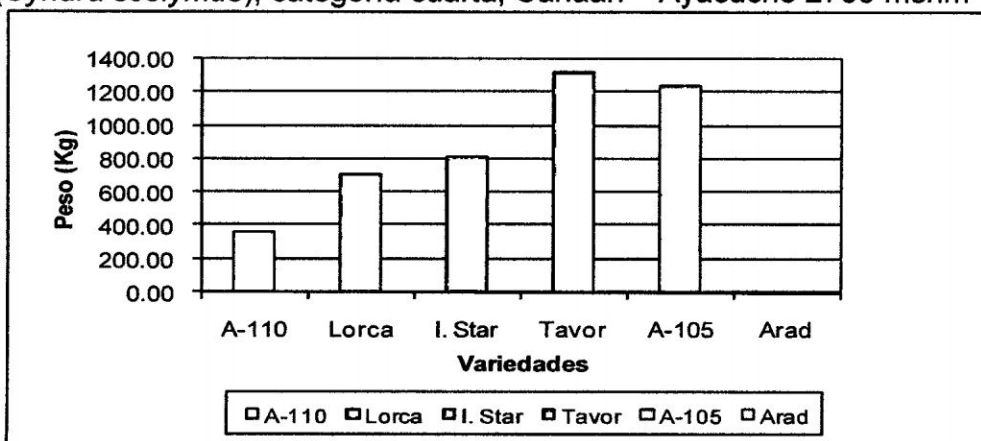
Anexo 11: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), categoría tercera, Canaán – Ayacucho 2760 msnm



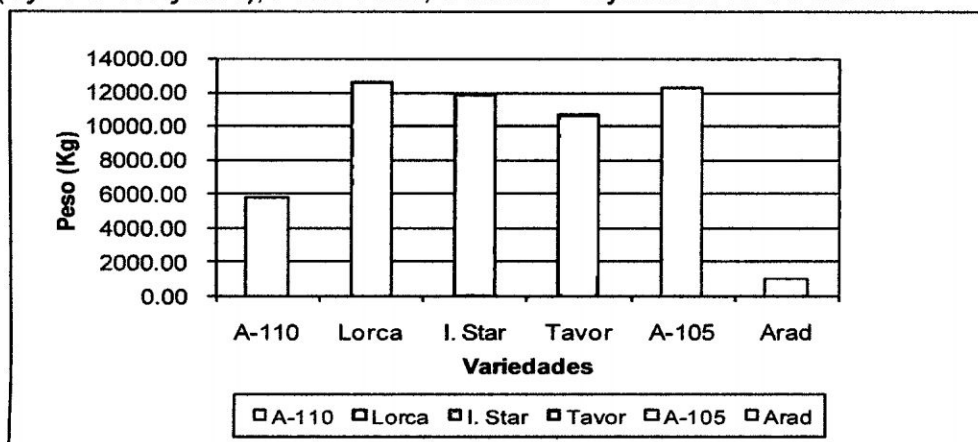
Anexo 12: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), categoría cuarta, Canaán – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 13: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), categoría cuarta, Canaán – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 14: Promedio de rendimientos de las 6 variedades de alcachofa (*Cynara scolymus*), Peso Total, Canaán – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 15: Instalación de estación meteorológica en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 16: Movimiento de tierras para la instalación del lisímetro en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 17: Instalación del tanque lisimétrico en la parcela experimental.
Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



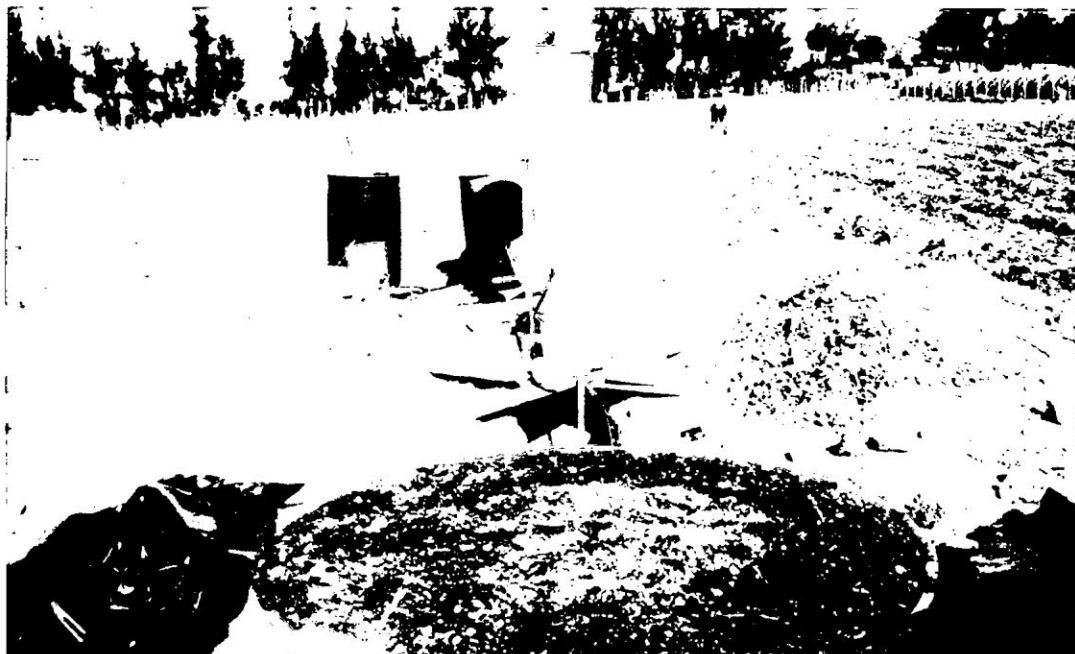
Anexo 18: Instalación de techo en el tanque lisimétrico en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 19: Tanque lisimétrico instalado en la parcela experimental.
Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



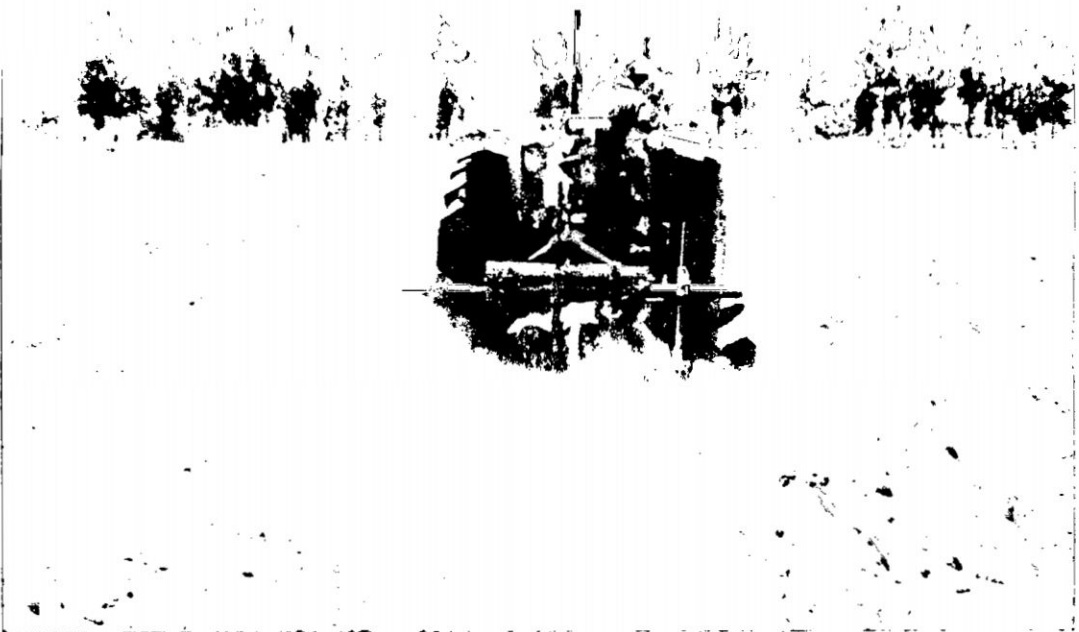
Anexo 20: Riego a capacidad de campo en el tanque lisimétrico antes de instalar los plantines. Parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 21: Tanque alimentador con pipeta graduada para realizar la lectura de consumo de agua. Parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 22: Preparación de terreno para la instalación de la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



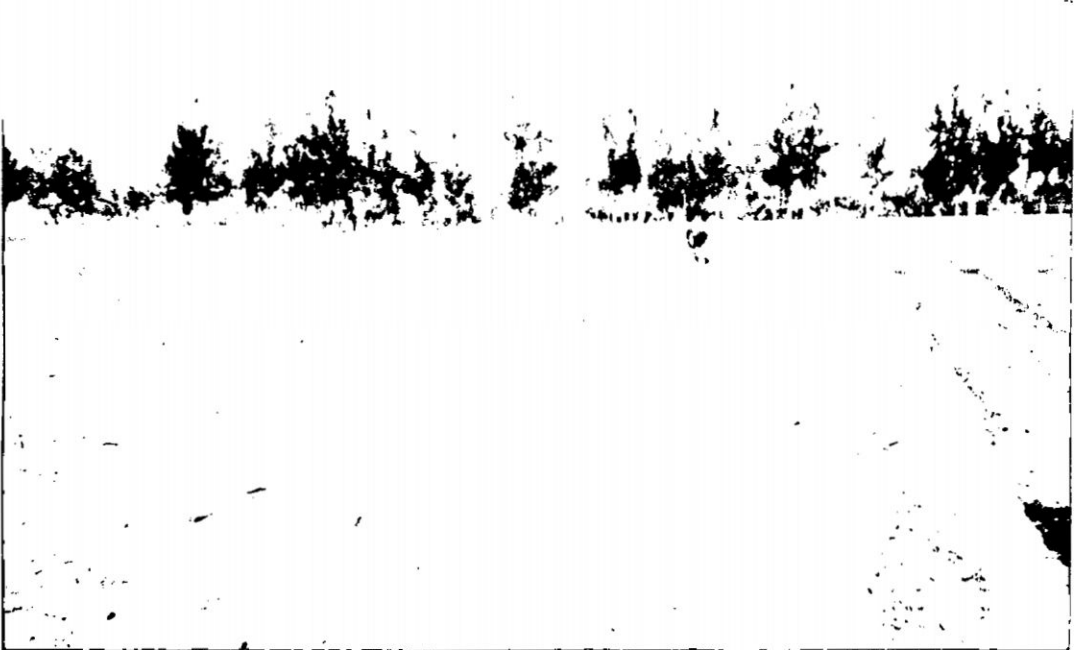
Anexo 23: Demarcación de bloques y parcelas para el transplante de los plantines. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 24: señalización de las parcelas con los tratamientos correspondientes antes del transplante. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



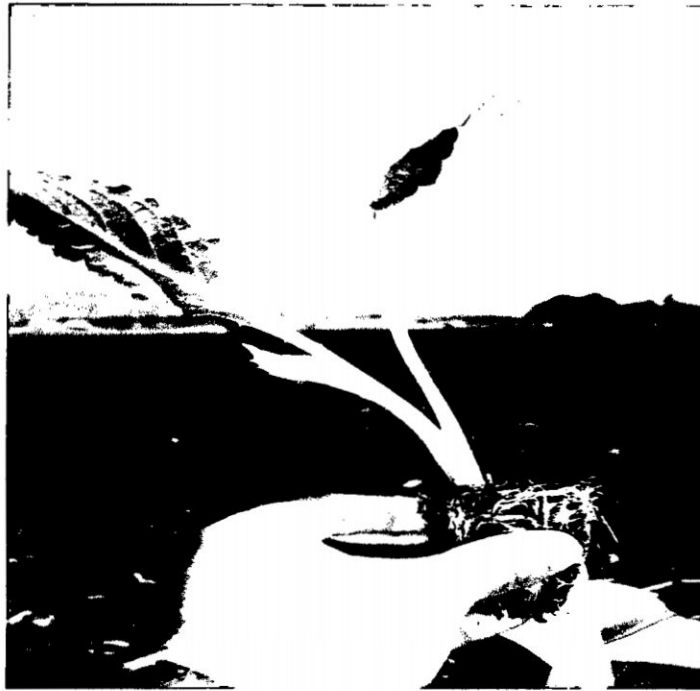
Anexo 25: Riego de enseño en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 26: Plantines de alcachofa listas para la instalación en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



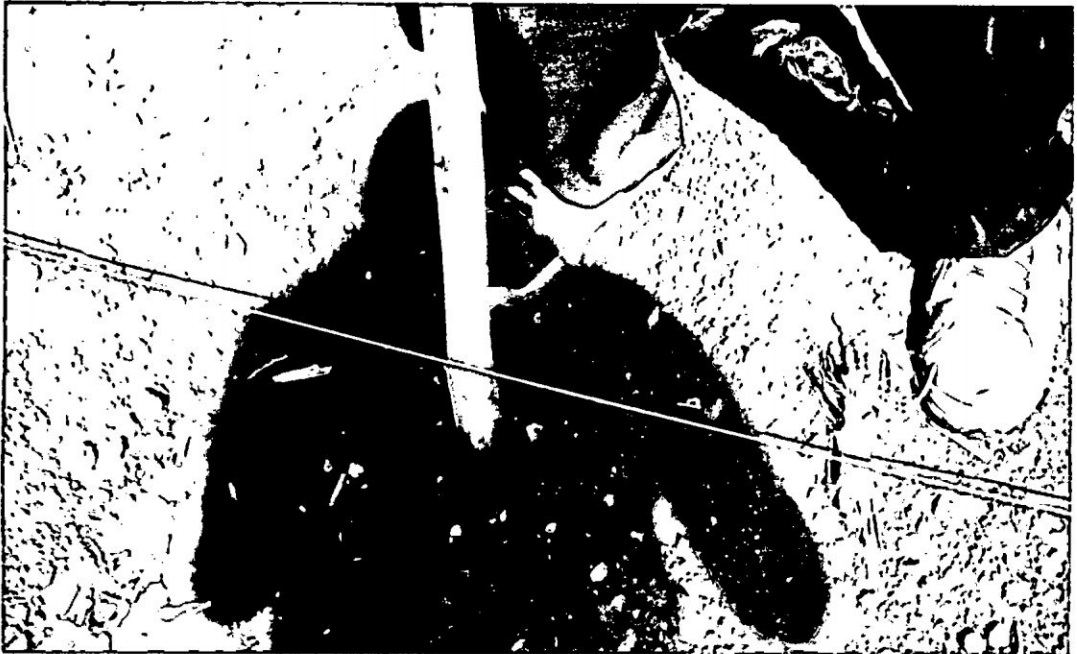
Anexo 27: Plantín de alcachofa para la instalación en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 28: Desinfección de los plantines de alcachofa antes del trasplante. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm



Anexo 29: Hoyado de la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho
2760 msnm



Anexo 30: Transplante de plantines de alcachofa en la parcela
experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



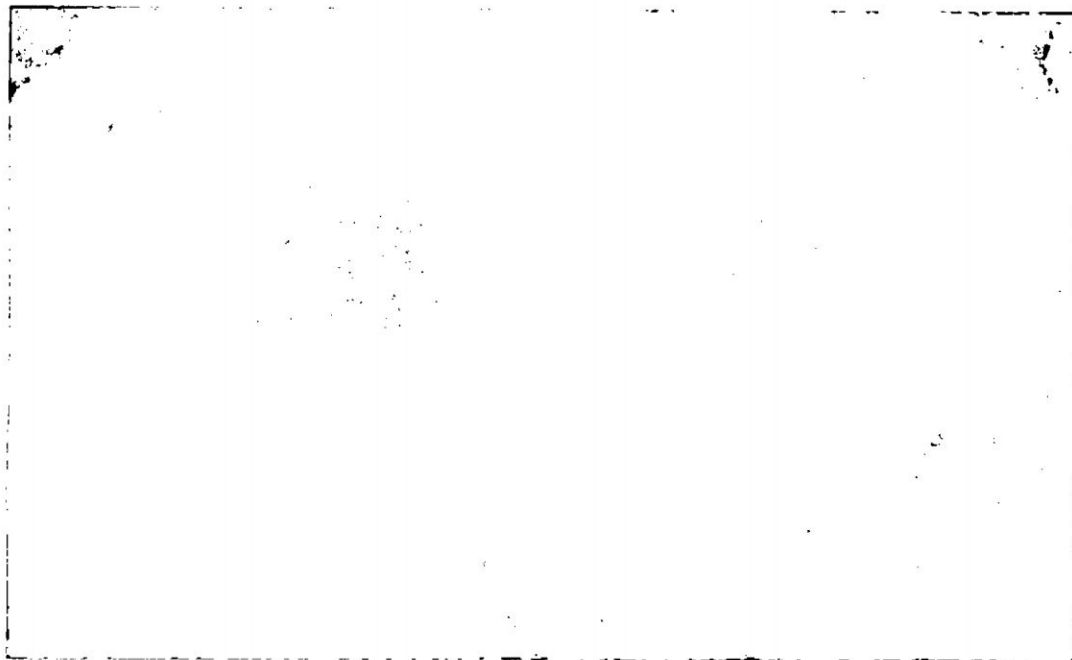
Anexo 31: Transplante de plantines de alcachofa en el tanque lisimétrico.
Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



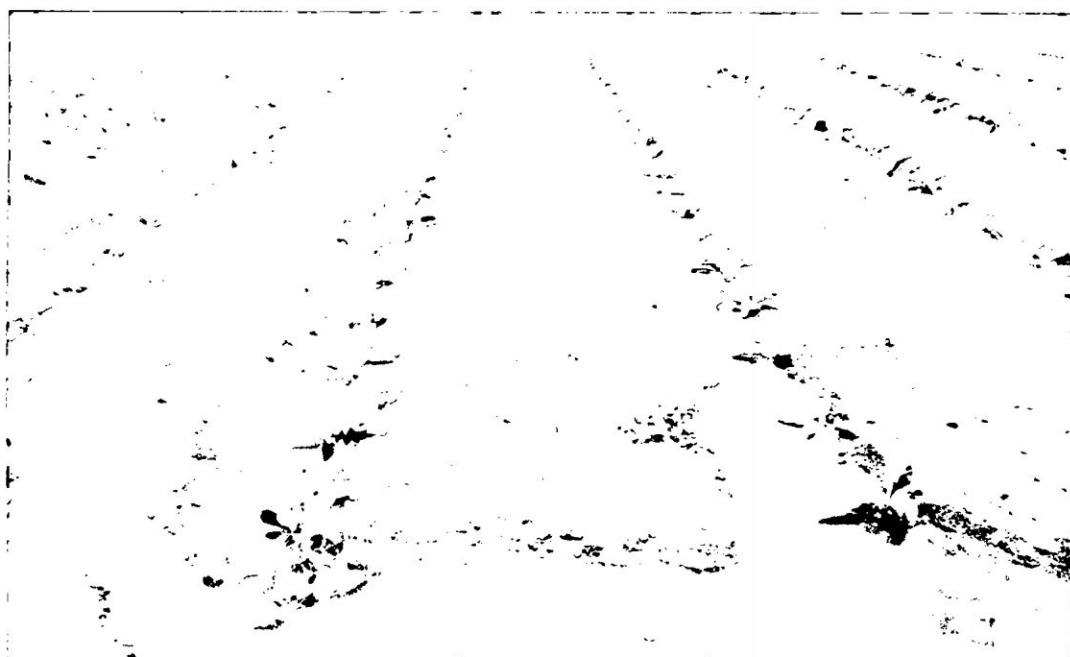
Anexo 32: Primer riego, después del transplante. Canaán- INIA – Ayacucho
2760 msnm.



Anexo 33: Primer Abonamiento. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 34: Plantines de alcachofa en crecimiento. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



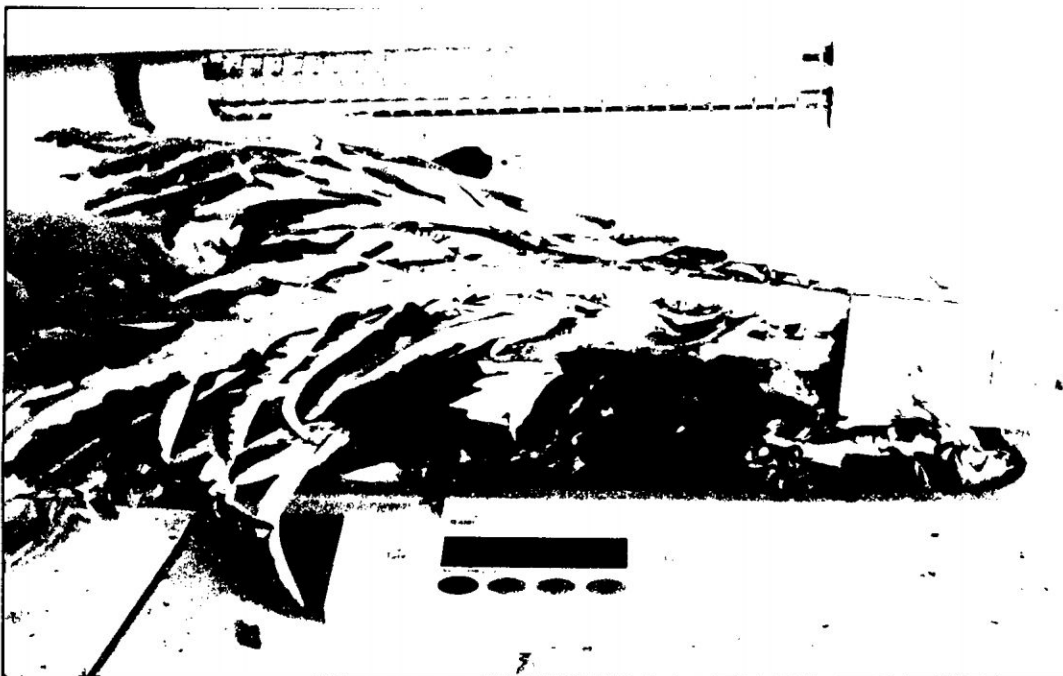
Anexo 35: Plantas de alcachofa extraídas para determinar datos biométricos. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 36: Determinación de peso fresco de hojas de alcachofa. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



**Anexo 37: Determinación de peso fresco de la raíz de alcachofa. Canaán-
INIA – Ayacucho 2760 msnm.**



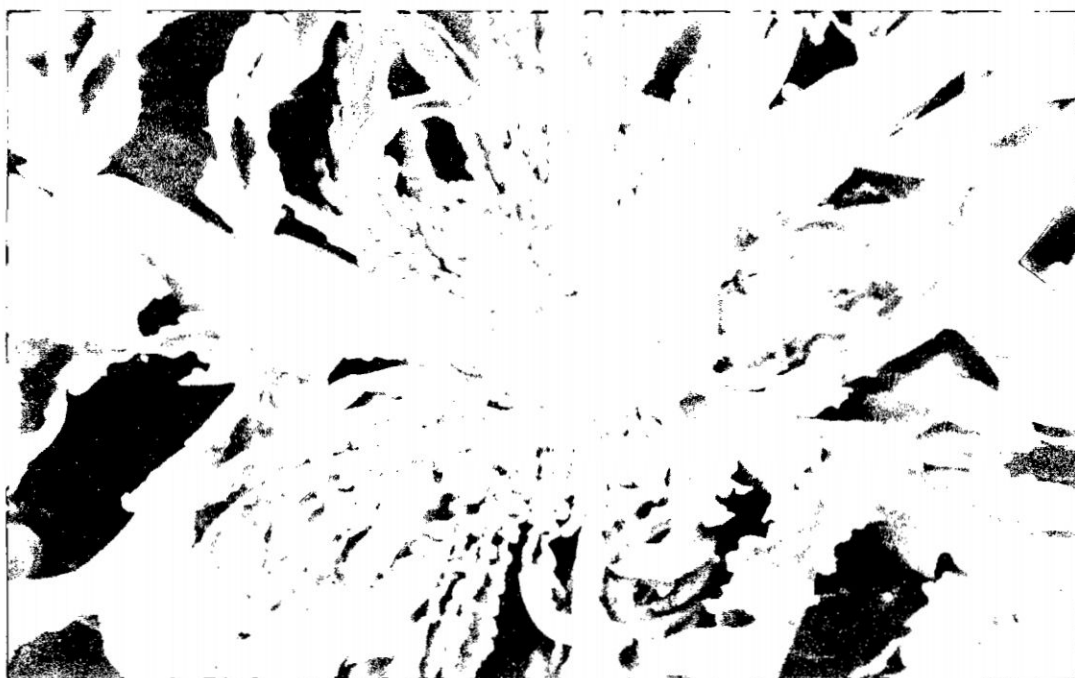
**Anexo 38: Hojas de alcachofa para dibujar y determinar el área
foliarCanaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.**



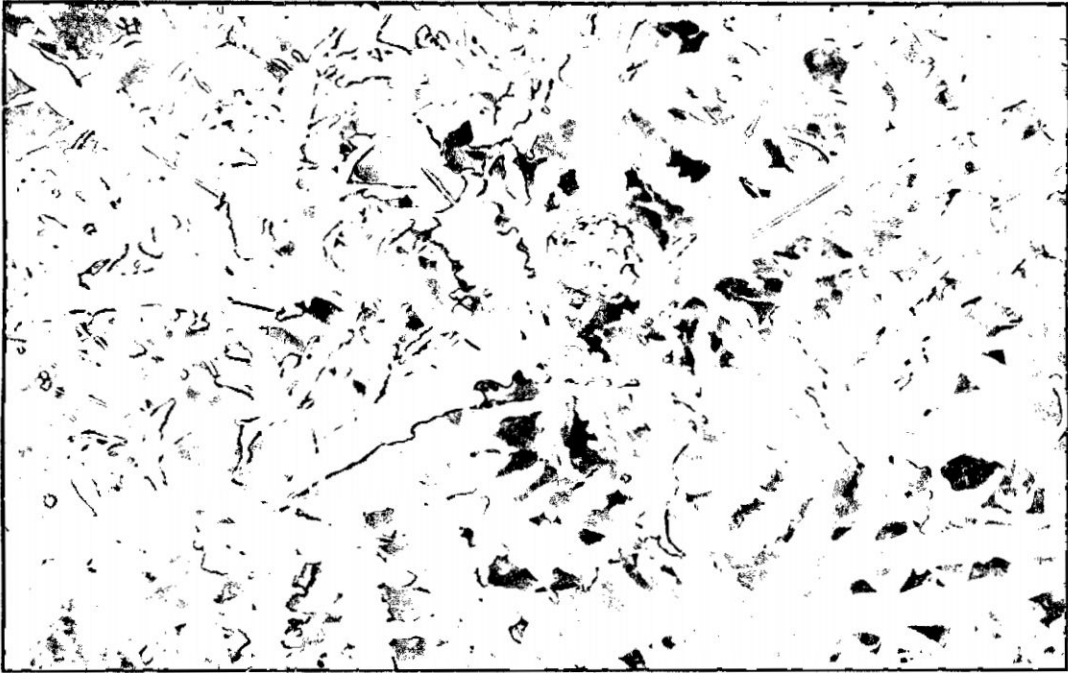
Anexo 39: Aporque alto en plantas de alcachofa en la parcela experimental.
Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



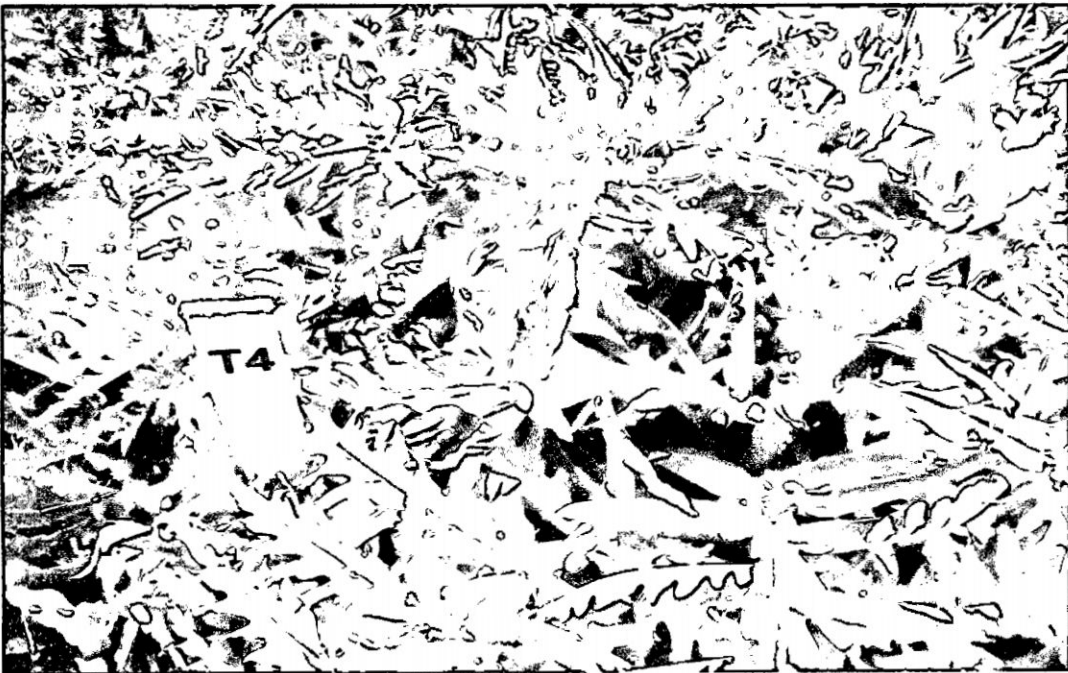
Anexo 40: Formación de cabezuelas de alcachofa en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 41: Formación de cabezuelas de alcachofa en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 42: Elongación de pedúnculo y crecimiento de alcachofa en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



Anexo 43: Plantas de alcachofa con capítulos en crecimiento en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



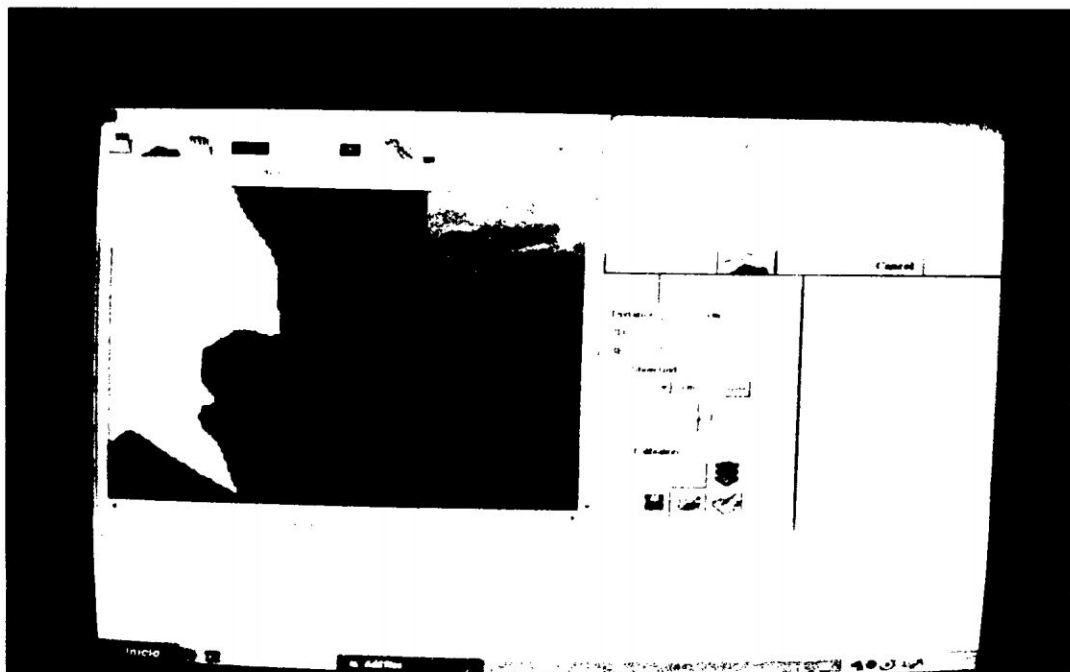
Anexo 44: Cosecha de alcachofas en la parcela experimental. Canaán- INIA – Ayacucho 2760 msnm.



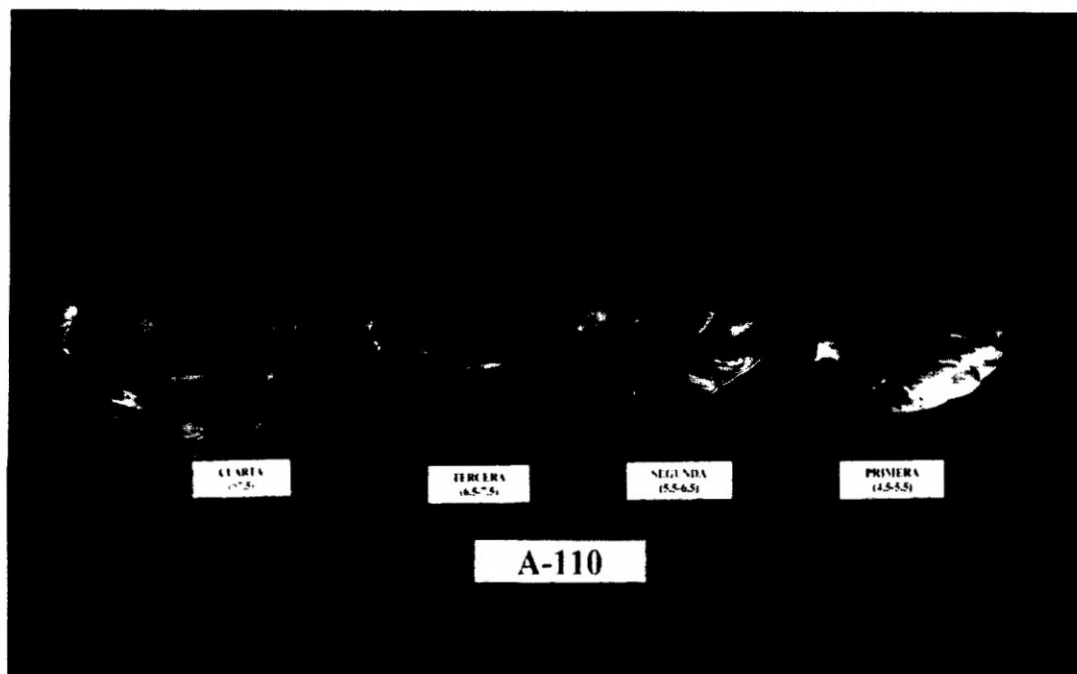
**Anexo 45: Calibración de alcachofas para la categorización. Canaán- INIA –
Ayacucho 2760 msnm.**



Anexo 46: Determinación del área foliar con el programa Arc soft Foto



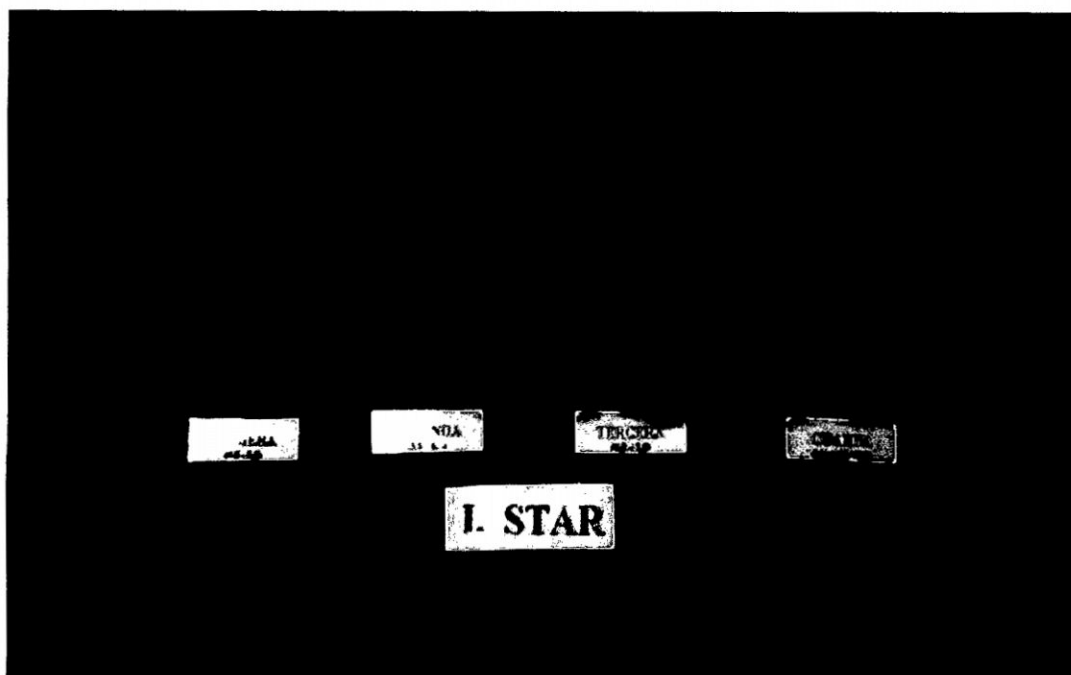
Anexo 47: Categorías de cosecha. Variedad A - 110



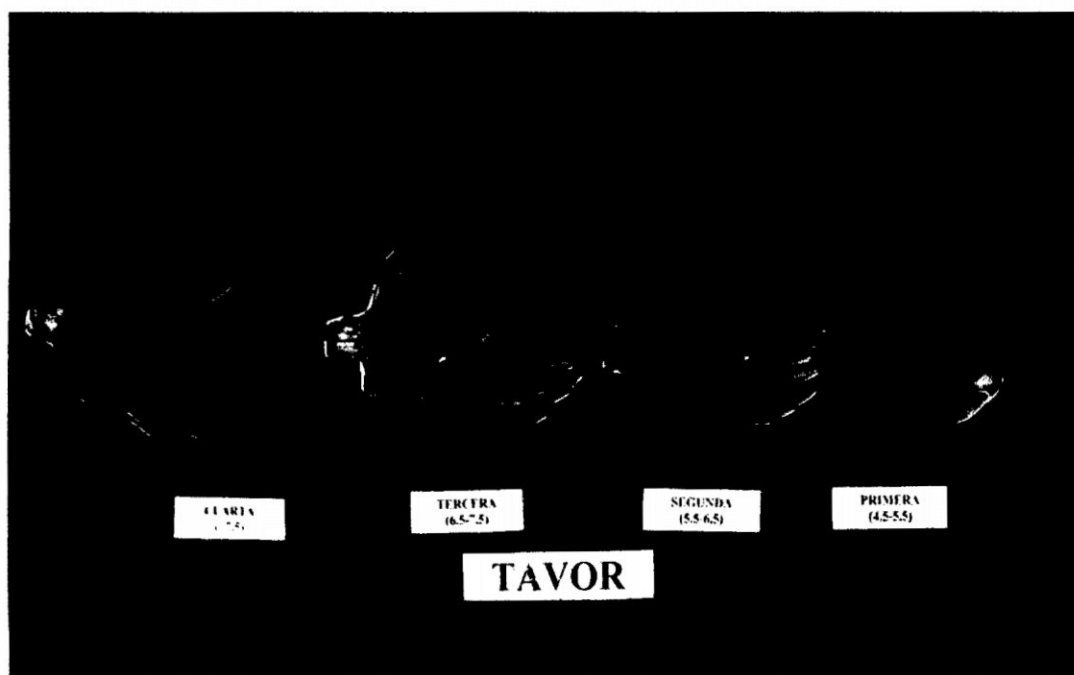
Anexo 48: Categorías de cosecha. Variedad Lorca.



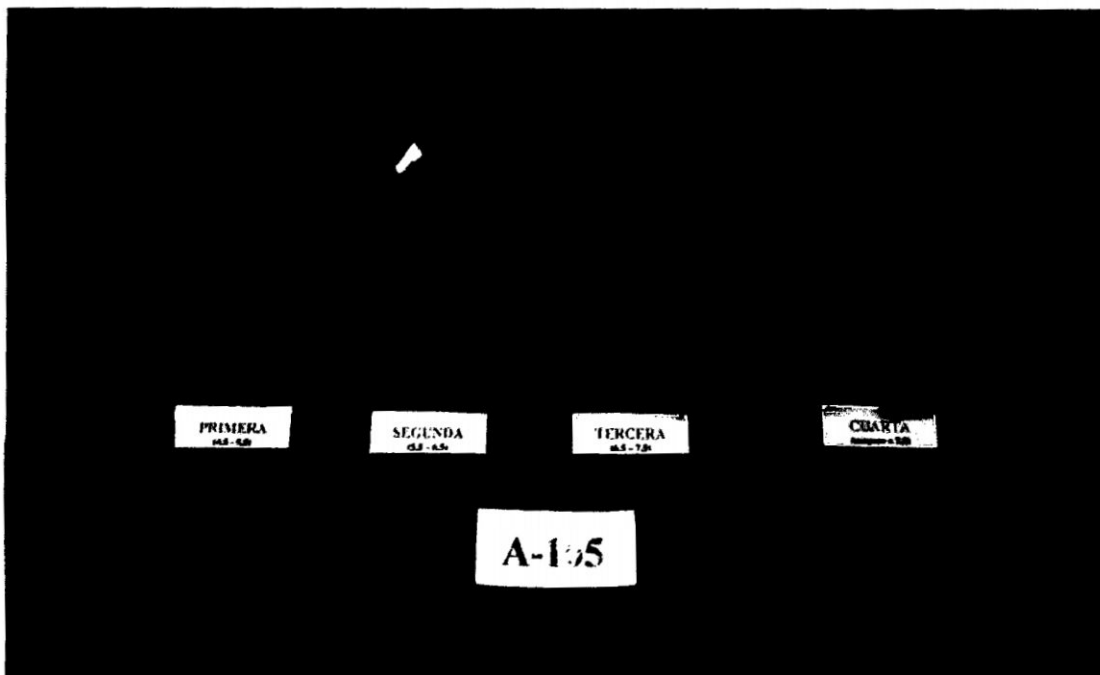
Anexo 49: Categorías de cosecha. Variedad Imperial Star.



Anexo 50: Categorías de cosecha. Variedad Tavor.



Anexo 51: Categorías de cosecha. Variedad A-105.



Anexo 52: Categorías de cosecha. Variedad Arad.

