

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA E INVERTEBRADOS ASOCIADOS AL
ACAPATE (Apiaceae: *Eryngium foetidum* L.)**

POR:

**CALLEJAS, IVÁN WILFREDO
CERRITOS CALLEJAS, RICARDO ALEXY
RAUDA GUEVARA, MARCOS RAÚL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2016

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA E INVERTEBRADOS ASOCIADOS AL
ACAPATE (Apiaceae: *Eryngium foetidum* L.)**

POR:

**CALLEJAS, IVÁN WILFREDO
CERRITOS CALLEJAS, RICARDO ALEXY
RAUDA GUEVARA, MARCOS RAÚL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2016

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL**



**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA E INVERTEBRADOS ASOCIADOS AL
ACAPATE (Apiaceae: *Eryngium foetidum* L.)**

POR:

**CALLEJAS, IVÁN WILFREDO
CERRITOS CALLEJAS, RICARDO ALEXY
RAUDA GUEVARA, MARCOS RAÚL**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO:

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

ING. AGR. M.Sc. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

DOCENTES DIRECTORES

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

ING. AGR. M.Sc. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

RESUMEN

La investigación se realizó de abril a diciembre de 2015, en la Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñonez" (ENA), Municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad, El Salvador, C.A. con el objetivo de determinar las características morfoagronómicas, el efecto de la sombra, distanciamientos de siembra más adecuados e invertebrados asociados al acapate (*Eryngium foetidum* L.) con el fin que los productores tengan información sobre las características agronómicas del acapate en El Salvador y puedan establecerlo como cultivo. Se realizaron colectas de semillas para establecer la plantación. Se utilizaron 3915 plantas distribuidas en tres bloques de nueve parcelas. El diseño estadístico utilizado fue diseño factorial bloques al azar con arreglo en franjas, empleando la prueba estadística de comparación de medias Tukey's cuando el análisis resultó significativo ($Pr \leq 0.05$). Se evaluaron dos factores, porcentaje de sombra (0%, 40% y 70%) y distanciamientos de 10 cm, 20 cm y 30 cm (entre planta y surco). Se midieron cinco variables (ancho de hoja, largo de hoja, número de hojas, área foliar y ancho de roseta foliar) además se recolectó información de las variables descriptivas; días a emergencia, días a floración, días a cosecha, presencia de invertebrados y enfermedades. Como resultado de la investigación se determinó que el porcentaje de sombra de 70% y el distanciamiento de 10 cm fue mejor, que el 40% y 0% de sombra, al medir las variables estadísticas. Se concluye que en El Salvador, el acapate tiene un mejor desarrollo vegetativo al aumentar el nivel de sombra y disminuir el distanciamiento entre planta y surco. Se definieron sus fases fenológicas y prácticas de manejo durante el desarrollo del cultivo de acapate en el país: siembra, emergencia, trasplante, fase vegetativa, cosecha foliar, prefloración, floración y madures de semilla. La presencia de invertebrados y enfermedades se mantuvo en niveles bajos sin causar daños considerables en el cultivo. Los especímenes encontrados fueron los siguientes: clase insecta, clase arácnida, clase gastropoda y clase deuteromycete. Se desarrolló una guía de descriptores de la planta de acapate.

Palabras claves: *Eryngium foetidum* L., acapate, distanciamiento entre planta y surco, características morfoagronómicas, descriptores de plantas, porcentaje de sombra.

SUMMARY

The investigation it was realized from April to December, 2015, in the National School of Agriculture "Roberto Quiñonez" (ENA) in the Municipality of City Maple, department of The Freedom, El Salvador, C.A. decided the characteristics morfoagronómicas, the effect of the shade and more suitable distancing of sowing and invertebrates associated with the acapate (*Eryngium foetidum* L.) with the end that the producers have information about the agronomic characteristics of the acapate in El Salvador and could establish it as culture. They were realized you gather of seeds to establish the plantation. There were in use 3915 plants distributed in three blocks of nine plots. For the statistical analysis a design was in use factorial in blocks at random with arrangement in striping, using the statistical test of comparison of averages Tukey's when the analysis turned out to be significant ($Pr = 0.05$). There were evaluated two factors, percentage of shade (0 %, 40 % and 70 %) and distancing of 10 cm, 20 cm and 30 cm (between plant and rut). There measured up five variables (width of leaf, length of leaf, number of leaves, area to foliate and width of small rose to foliate) in addition gathered information of the descriptive variables; days to flowering, days to crop, presence of invertebrates and diseases. Since there decided result of the investigation that the percentage of shade of 70 % and the distancing of 10 cm presented the major values, that 40 % and 0 % of shade, on having measured the statistical variables. One concludes that the acapate in El Salvador has a better vegetative development on having increased the level of shade and to diminish the distancing between plant and rut. His phases were defined fenológicas and practical of managing during the development of the plant of acapate in the country; emergency, transplant, vegetative phase, harvests to foliate, prefloración, flowering and crop of seed. The presence of invertebrates and diseases was kept in low levels without causing considerable hurts in the culture. The opposing specimens were the following ones: class unsect, class aráchnida, class gastropoda and class deuteromycete. There developed a guide of describers of the plant of acapate.

Key words: *Eryngium foetidum* L, acapate, distancing between plant and rut, characteristics morfoagronómicas, describers of plants, percentages of shade.

AGRADECIMIENTOS

“Es un orgullo y una gran felicidad para nosotros, culminar nuestra preparación profesional e iniciar nuevos retos y objetivos en nuestra vida. El esfuerzo realizado cada año de estudio, valió la pena para obtener resultados positivos. En este largo trayecto hemos conocido gente maravillosa con las que pasamos buenos momentos juntos y de quienes aprendimos cosas valiosas. Agradecemos a Dios, a nuestras familias, a nuestros asesores de TESIS al Dr. Francisco Lara Ascencio y al ING. AGR. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas por evaluar, coordinar, apoyar y supervisar todo el desarrollo de la investigación, también a todos nuestros maestros y amigos ING. Salomón Rivas, Alirio Sandoval, Leopoldo Cervantes, Mauricio Carrillo, Gino Benedetto, Mario Aparicio, Fidel Berrios, Andrés Rivas, Gustavo Henríquez, Rigoberto Quintanilla, Carlos Aguirre, Marroquín Mena, Miguel Hernández, Carlos Villalta, Ricardo Gómez, Mauricio Tejada, Dr. Landaverde y Lic. Juvencio Castillo”.

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso y a la Virgen María por darme la vida, salud, protección y sabiduría. A mi madre Sonia Deisi Callejas Velasco por brindarme todo el apoyo y confianza para cumplir objetivos en mi vida. Especialmente a mi abuelita por ser una madre y un padre que siempre me ayudo en todos los momentos que Dios le permitió vivir conmigo.

Iván Wilfredo Callejas

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mi madre Sonia Deisi Callejas Velasco.

En memoria de mi abuela Marta Velasco Vd. De Callejas (1941-2014)

Ricardo Alexy Cerritos Callejas

DEDICATORIA

A mi querida madre María Senovia Guevara Vd. De Rauda, una mujer ejemplar la cual me ha brindado su apoyo incondicionalmente en las buenas y en las malas. A mi hermano Josué Steve Rauda Guevara, quien ha puesto mucho esfuerzo al apoyarme en todas las metas que me he propuesto. Y en memoria a mi querido padre José Raúl Antonio Rauda Menjivar (1962-2002), quien más que un padre fue un gran amigo.

Marcos Raúl Rauda Guevara

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
INDICE GENERAL.....	X
INDICE DE CUADROS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE ANEXOS.....	XV
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Generalidades de la planta de acapate (<i>Eryngium foetidum</i> L.).....	2
2.1.1 Origen y distribución.....	3
2.1.2 Exportadores.....	3
2.1.3 Importadores.....	4
2.2 Descripción botánica de la planta de acapate.....	4
2.2.1 Nomenclatura.....	4
2.2.2 Taxonomía.....	5
2.2.3 Raíz.....	5
2.2.4 Tallo.....	5
2.2.5 Hojas.....	5
2.2.6 Flores.....	6
2.2.7 Fruto y semilla.....	6
2.3 Condiciones climáticas.....	6
2.3.1 Temperatura.....	6
2.3.2 Luz solar.....	7
2.3.3 Agua.....	7
2.4 Usos.....	7
2.5 Información agronómica del acapate.....	8
2.5.1 Ambiente.....	8
2.6 Elección del terreno para la siembra.....	11

2.6.1 Suelo.....	11
2.6.2 Preparación del terreno.....	11
2.6.3 Siembra.....	12
2.6.4 Distanciamiento entre planta y surco.....	13
2.6.5 Deshierbes.....	13
2.6.6 Riego y agua de uso agrícola.....	14
2.6.7 Fertilización.....	14
2.6.8 Cosecha.....	15
2.6.9 Producción de semilla.....	15
2.7 Plagas y enfermedades asociadas al Acapate.....	16
2.7.1 Pinta Blanca.....	17
2.7.2 Gusanos defoliadores.....	17
2.7.3 Caracoles y babosas.....	18
2.7.4 Herrumbre de la hoja y pudrición de raíces.....	18
2.7.5 Raya y Rosca.....	18
2.7.6 Derrite o pudre (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>).....	18
2.8 Descriptores de caracterización.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Ubicación y condiciones climáticas.....	19
3.2 Descripción del estudio.....	19
3.3 Metodología de campo.....	20
3.3.1 Colecta del germoplasma.....	20
3.3.2 Preparación de semilleros.....	20
3.3.3 Diseño y preparación de parcelas.....	21
3.3.3.1 Limpieza del terreno.....	21
3.3.3.2 Laboreo del suelo.....	22
3.3.3.3 Elaboración de camas para la siembra.....	22
3.3.3.4 Estaquillado y sistema de riego por goteo.....	22
3.3.4 Establecimiento del acapate y toma de datos.....	22
3.3.5 Discusión de variables descriptivas.....	24
3.3.6 Elaboración de guía descriptores de la planta de acapate.....	25
3.3.7 Contenido del descriptor.....	25

3.3.8 Identificación de invertebrados asociados a la planta de acapate.....	26
3.4 Metodología de laboratorio.....	26
3.4.1 Análisis bromatológico.....	26
3.4.1.1 Determinación de humedad parcial.....	27
3.4.1.2 Determinación de proteínas en un alimento (MÉTODO DE KJELDAHL)...	27
3.4.1.3 Determinación de extracto etéreo. Método de SOXHLET.....	27
3.4.1.4 Determinación de fibra cruda.....	28
3.4.1.5 Determinación de cenizas.....	28
3.4.1.6 Determinación de carbohidratos.....	28
3.5 Metodología estadística.....	28
3.5.1 Arreglo factorial.....	29
3.5.2 Variables a medir.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Caracterización morfoagronómica de la planta de acapate.....	31
4.1.1 Siembra.....	31
4.1.2 Emergencia.....	32
4.1.3 Trasplante.....	32
4.1.4 Fase vegetativa.....	32
4.1.5 Fase de prefloración y floración.....	33
4.1.6 Madures de semillas.....	34
4.2 Invertebrados asociados a la planta de acapate (<i>Eryngium foetidum</i> L.).....	34
4.3 Enfermedades asociadas a la planta de acapate (<i>Eryngium foetidum</i> L.).....	38
4.4 Análisis bromatológico.....	39
4.5 Variables agronómicas del acapate.....	40
4.5.1 Ancho de hoja.....	40
4.5.2 Largo de hoja del acapate.....	43
4.5.3 Número de hojas del acapate.....	48
4.5.4 Área foliar del acapate.....	52
4.5.5 Ancho de roseta foliar de la planta de acapate.....	55
4.6 Descriptor de la planta de acapate.....	60

5. CONCLUSIONES.....	70
6. RECOMENDACIONES.....	71
7. BIBLIOGRAFÍA.....	72
8. ANEXOS.....	76

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Bloques y tratamientos.....	29
Cuadro 2. Fases fenológicas y prácticas de manejo de la planta de Acapate.....	31
Cuadro 3. Resultados de Análisis.....	39
Cuadro 4. ANVA: ancho de hoja del acapate a los 70 días, después de la Siembra (ah/70d).....	41
Cuadro 5. ANVA: ancho de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (ah/90d).....	41
Cuadro 6. ANVA: ancho de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (ah/120d).....	41
Cuadro 7. Medias tukey´s para ancho de hoja del acapate a los 70, 90 y 120 días después la siembra.....	42
Cuadro 8. ANVA: largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra (lh/70d).....	44
Cuadro 9. ANVA: largo de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (lh/90d).....	44
Cuadro 10. ANVA: largo de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (lh/120d).....	45
Cuadro 11: Medias Tukey´s para la variable largo de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (lh/120d).....	45
Cuadro 12. Medias Tukey´s para la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra a diferentes distanciamientos de siembra entre Planta.....	46
Cuadro 13. ANVA: número de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra (nh/70d).....	49
Cuadro 14. ANVA: número de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (nh/90d).....	49
Cuadro 15. ANVA: número de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (nh/120d).....	49

Cuadro 16. Medias tukey's para la variable número de hojas a los 70, 90 y 120 Días.....	50
Cuadro 17. ANVA: área foliar del acapate a los 70 días después de la siembra (af/70d).....	52
Cuadro 18. ANVA: área foliar del acapate a los 90 días después de la siembra (af/90d).....	52
Cuadro 19. ANVA: área foliar del acapate a los 120 días después de la siembra (af/120d).....	53
Cuadro 20. Medias tukey's para la variable área foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra.....	53
Cuadro 21. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 70 días después de la siembra (ar/70d).....	56
Cuadro 22. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 90 días después de la siembra (ar/90d).....	56
Cuadro 23. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 120 días después de la siembra (ar/120d).....	57
Cuadro 24. Medias tukey's para la variable ancho de roseta foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema diagramático del ciclo vegetativo del acapate (<i>Eryngium foetidum</i> L.).....	9
Figura 2. Colección de germoplasma.....	20
Figura 3. Preparación de semilleros y siembra.....	21
Figura 4. Manejo de plantines de acapate en propagador.....	21
Figura 5. Preparación del terreno.....	22
Figura 6. Instalación de sistema de riego y aros metálicos.....	22
Figura 7. Trasplante.....	23
Figura 8. Instalación de sombra.....	23
Figura 9. Resiembra y riego.....	23
Figura 10. Control de plantas arvenses en las parcelas.....	24
Figura 11. Visita de asesores.....	24
Figura 12. Imágenes del descriptor tamaños de hojas y partes de la planta.....	25

Figura 13. Identificación de invertebrados asociados a la planta de acapate.....	26
Figura 14. Recepción de muestra en laboratorio de Química Agrícola la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.....	26
Figura 15. Factores en estudio.....	28
Figura 16. Distribución en campo de los tratamientos.....	30
Figura 17. Medición de variables en campo.....	31
Figura 18. Fases fenológicas y prácticas de manejo de la planta de acapate.....	34
Figura 19. <i>Spodoptera frugiperda</i>	35
Figura 20. <i>Agrotis malefida</i>	35
Figura 21. <i>Diabrotica balteata</i> Le Conte 1865.....	36
Figura 22. <i>Agrosoma placetis</i>	36
Figura 23. <i>Selenothrips rubrocinctus</i>	37
Figura 24. <i>Phytoseiulus persimilis</i>	37
Figura 25. <i>Succinea costaricana</i>	38
Figura 26. <i>Cercospora sp.</i>	39
Figura 27. Comportamiento de la variable ancho de hoja del acapate para el factor niveles de sombra.....	42
Figura 28. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable ancho de hoja del acapate.....	43
Figura 29. Comportamiento de la variable largo de hoja del acapate para el factor niveles de sombra.....	46
Figura 30. Comportamiento de la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra.....	47
Figura 31. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable largo de hoja del acapate.....	47
Figura 32. Comportamiento de la variable número de hojas del acapate para el factor niveles de sombra.....	50
Figura 33. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable número de hojas del acapate.....	51
Figura 34. Comportamiento de la variable área foliar de la planta para el factor niveles de sombra.....	54
Figura 35. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable área foliar del acapate.....	54

Figura 36. Comportamiento de la variable ancho de roseta foliar del acapate para el factor niveles de sombra.....	58
Figura 37. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable ancho de roseta foliar del acapate.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro A-1. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en ancho de hoja.....	76
Cuadro A-2. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en largo de hoja.....	76
Cuadro A-3. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en número de hojas.....	76
Cuadro A-4. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en área foliar.....	76
Cuadro A-5. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en diámetro de la planta.....	77
Figura A-6. Analisis Bromatologico de <i>Eryngium foetidum</i>.....	77

1. INTRODUCCION

En el trópico existen numerosas especies de plantas cuyas hojas verdes son comestibles; sin embargo, la mayoría de estas, incluyendo el acapate (*Eryngium foetidum* L.), no son bien conocidas ni han sido estudiadas, por lo cual hay poca información científica, lo que la información disponible sobre estas plantas es incompleta y poco específica. El desconocimiento de las bondades del acapate puede llevar a considerarle como una planta arvense. En El Salvador, el cultivo de acapate (*Eryngium foetidum* L.) es aprovechado a escala doméstica y comercial, por lo que es necesario realizar una caracterización morfoagronómica y los invertebrados asociados al mismo, para que sirva como guía y referencia para establecerlo como un cultivo alternativo y una forma de diversificación en la producción agrícola (Morales Payan *et al.* 2013).

Las caracterizaciones en sus diferentes modalidades permiten a través de descripciones detalladas, obtener información importante sobre especies de interés. Las caracterizaciones han tenido como objetivo principal crear un conocimiento básico para la conservación y uso de las especies, para seleccionar materiales o domesticar plantas arvenses.

La importancia de conocer las características morfoagronómicas del acapate (*Eryngium foetidum* L.), radica en que posee características productivas, propiedades culinarias, uso medicinal y características reproductivas; las cuales se adaptan a las condiciones climáticas de El Salvador, lo cual representa para los productores una oportunidad para su producción a menor y mediana escala y obtener un mayor aprovechamiento de las bondades de esta planta. Por lo que la presente investigación consistió en una caracterización morfoagronómica del acapate (*Eryngium foetidum* L.), para identificar las características más importantes que permitan su conservación y uso potencial.

Además se determinó la influencia de sombra e invertebrados en la producción vegetativa del acapate (*Eryngium foetidum* L.). La información obtenida a través de esta investigación es una contribución para instituciones y centros de investigación, quienes podrán ampliar aún más los conocimientos y utilizar la información generada para incluir esta especie en programas de desarrollo nacional como agricultura familiar, huertos comunitarios y en plantaciones agrícolas de campo abierto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades de la planta de acapate (*Eryngium foetidum* L.)

El acapate es una planta que se cultiva en lugares como Costa Rica y Puerto Rico para el consumo local y la exportación a los Estados Unidos. Investigaciones en la Universidad de Massachusetts (USA) indican que el acapate es sensible a la duración del día; debido a que es sensible a las heladas y puede tomar hasta tres semanas para germinar. Para cultivarlo se recomienda la elaboración de semilleros. El inicio y la velocidad de floración se han mejorado, dado que la producción de flores es perjudicial para el crecimiento de las hojas, los largos días de verano hacen de este un cultivo difícil de producir comercialmente en el noreste de Estados Unidos (WorldCrops 2004).

Al respecto Ramcharan (1999) realizó un estudio para aumentar el número de hojas y tamaño de la flor del acapate, utilizando como promotor de crecimiento vegetativo el ProGibb (PG) al 4 %, aplicado como fertilización foliar a un mes después de germinadas las semillas. Estas fueron cultivadas a un 54 % de sombra en un invernadero, mientras que la longitud de la hoja aumenta directamente proporcional a los niveles de PG, el peso seco de la hoja aumentó hasta el nivel PG 150 ppm; pero, se redujo a 200 ppm. Al mismo tiempo, ambas: peso fresco y seco de las inflorescencias se redujeron, al aumentar los niveles de PG. Las flores producidas en las plantas tratadas eran menos leñosas y las hojas presentaron bordes menos dentados, haciendo más fácil la poda. Por lo tanto, al utilizar el promotor de crecimiento vegetativo Pro Gibb al 4 % a 100 ppm de concentración se encontró que era óptimo para maximizar la producción de hojas y minimizar el crecimiento de la flor en el acapate.

La productividad o rendimiento de hojas de acapate es muy variable, dependiendo, entre otros factores, las condiciones del clima y del manejo del cultivo, incluyendo el nivel de sombra o de luz en que se cultiva. En un experimento en Brasil, la producción de acapate a 25% de sombra produjo aproximadamente 15% más que la producción de acapate a pleno sol. En Filipinas, la productividad en acapate convencional se estima en 35.7 toneladas por acre (80 toneladas métricas por hectárea) de follaje fresco. En las zonas montañosas y frescas de Puerto Rico, con sombra, alta densidad, fertilización intensiva y cinco cosechas de hojas anuales, se han reportado rendimientos de 22.5 toneladas por cuerda (46 toneladas métricas por hectárea) por año (Morales Payán *et al.* 2013).

Morales Payán *et al.* (2013) encontró que la semilla madura de acapate recién cosechada y almacenada por un mes en refrigeración a 39°F (4°C) tuvo un porcentaje de germinación cercano al 90%; sin embargo, la semilla fue perdiendo viabilidad a medida que aumentaba el tiempo en refrigeración, llegando a aproximadamente 70% de germinación después de estar cuatro meses almacenada a 39°F (4°C).

Según estudios realizados por Fuentes *et al.* (1996) al acapate se le atribuyen propiedades antihipertensiva, febrífuga, aperitiva, afrodisíaca, emenagoga, laxante, antiescorbútica, antirreumática, bactericida, antiséptica, anticonvulsivante, antiemética, antidiarréica y carminativa, también se utiliza como condimento, aunque se le atribuye cierta toxicidad.

2.1.1 Origen y distribución

El acapate tiene su origen en las zonas tropicales de las Américas, probablemente en el área comprendida entre Panamá, Veracruz (México) y el archipiélago del Caribe. Santiago Santos (2001) menciona que también tiene parte de origen en las Indias Occidentales.

Los nativos de América usaban al acapate extensamente como condimento y planta medicinal desde tiempos ancestrales, pero era desconocido fuera del hemisferio occidental hasta la llegada de los europeos a partir de finales del siglo XV. Los europeos llevaron semillas de acapate a otras partes del mundo; ya para el siglo XVII se sembraba en Asia y Europa, pasando luego a las zonas tropicales de todos los continentes y siendo muy estimada en la cocina y la medicina naturista de América y países asiáticos como Bangladesh, Camboya, India, Indonesia, Laos, Malasia, Singapur, Tailandia y Vietnam (Morales Payán *et al.* 2013).

Esta hierba tiene muchos nombres, dependiendo del país donde se utiliza. Ejemplos de ello son ngo gai (Vietnam), recaó y culantro (Puerto Rico y República Dominicana), Culantro de Pata (Honduras), acapate (El Salvador), coentro do Pará (Brasil), fitweed (Guyana), herbe à fer (Martinique y Guadalupe), coulante (Haití) y Shado beni y bhandhania (Trinidad y Tobago) (WorldCrops 2004). Nombres comunes en inglés: Spiritweed, false coriander, long coriander, stinkweed, fitweed (Conabio 2009).

2.1.2 Exportadores

En Asia, entre los principales países productores están Tailandia, Vietnam, Bangladesh y la India. La mayoría de los productores de acapate (*Eryngium foetidum L.*) o culantro como es conocido en el mundo, siembran áreas pequeñas y casi toda la producción se consume en

los países productores, mientras que cantidades pequeñas son exportadas a países cercanos. Una excepción es Costa Rica, que exporta la mayor parte del acapate (*Eryngium foetidum* L.) que produce. En el 2007, se registraron producciones de hojas frescas de acapate (*Eryngium foetidum* L.) de 1,760 toneladas (1,600 toneladas métricas) en Costa Rica, 550 toneladas (500 toneladas métricas) en la República Dominicana, y cerca de 290 toneladas (260 toneladas métricas) en Puerto Rico (Morales Payán *et al.* 2013).

2.1.3 Importadores

Los Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia y varios países de Europa son consumidores, pero producen poco acapate (*Eryngium foetidum* L.) comercialmente, lo importan fresco y procesado de países del área del Caribe o de Asia para satisfacer la creciente demanda de inmigrantes asiáticos, caribeños y latinoamericanos. Económicamente, el acapate (*Eryngium foetidum* L.) es una de las hierbas aromáticas más importantes en Puerto Rico, donde las ventas reportadas a nivel de finca tuvieron un valor aproximado de US\$1.6 millones anuales en los años 2008 al 2010. Esta hierba aromática está entre las que se siembran orgánicamente en Puerto Rico y entre los alimentos orgánicos que los consumidores locales quieren tener disponibles (Morales Payán *et al.* 2013).

2.2 Descripción botánica de la planta de acapate

El acapate es una planta herbácea y anual que crece muy bien cerca de lugares cultivados y florece en forma continua. Es una planta de suelos húmedos bajos, muy cultivados en Puerto Rico, Cuba, San Martín, Trinidad, Jamaica, Haití, República Dominicana, el Caribe, y Sur y Centro América. Además, se encuentra en Indochina, Burma, Tailandia, China, Malaya, Sumatra, Java, India y algunas partes de África tropical (Santiago Santos 2001).

Alvarado (1999), citado por Sosa (2006) describe botánicamente al acapate (*Eryngium foetidum* L.) con las características siguientes: crece hasta 60 cm. de altura, raíces gruesas, el tallo floral crece en el centro de la roseta y alcanza de 30 a 50 cm. de altura, la inflorescencia descansa en el tallo floral, las flores están ordenadas en una estructura cónica y alargada, las semillas son muy pequeñas y cuando están frescas demoran unas dos semanas en germinar. Las hojas son alargadas y casi rectangulares, aplanadas, con bordes aserrados, de color verde claro u oscuro.

2.2.1 Nomenclatura

La derivación del nombre, por el cual la planta es conocida comúnmente en América Central es acapate o culantro. “El nombre del género botánico *Eryngium*, se deriva del griego holly, *Eryngium vulgare*, y su nombre específico proviene del latín y significa *foetidum* hedor o mal olor; su olor a veces se equipara a una chinche (Ramcharan 1999).

2.2.2 Taxonomía

Según Carranza (2006) y Hortus Third (1976), citados por Sosa (2006), afirman que el nombre científico del acapate es *Eryngium foetidum* y fue clasificado por Linneus.

Santiago Santos (2001) y Morales Payán *et al.* (2013), señalan que el acapate es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia Umbelliferae (Apiaceae), la cual es bastante común en los trópicos. A esta familia pertenecen 455 géneros y unas 3,600 especies de plantas, otras especies muy comunes y conocidas en la mayoría de los hogares puertorriqueños, entre las cuales se menciona el cilantrillo, perejil, anís, apio, zanahoria, hinojo, eneldo y perifollo. El acapate es una planta herbácea perenne. Todas las partes de la planta producen aceites esenciales que le imparten su fuerte aroma.

Categorías taxonómicas superiores del acapate: Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclase: Rosidae; Orden: Apiales; Genero: *Eryngium*; Especie: *foetidum* L (Abadía y Barreta 2001).

2.2.3 Raíz

Las raíces son axonomorfas y ramificadas, se extienden generalmente a menos de un pie (31 cm) de distancia del tallo (Morales Payán *et al.* 2013).

2.2.4 Tallo

El tallo es muy corto durante la etapa de crecimiento vegetativo de la planta, pero llega a dos pies (61 cm) de alto en la etapa de producción de flores y semillas (Morales Payán *et al.* 2013).

Santiago Santos 2001, cita que durante el crecimiento vegetativo, el tallo es corto, las hojas forman una roseta cerca del suelo, donde emerge la inflorescencia.

2.2.5 Hojas

Las hojas aparecen formando una roseta alrededor de la base del tallo, son alargadas, generalmente entre 5 y 12 pulgadas (13 a 31 cm) de largo, y unas dos pulgadas (5 cm) de ancho, con los bordes aserrados. En su etapa adulta la planta tiene de siete a diez hojas (Morales Payán *et al.* 2013).

Sus hojas basales son espatuladas y oblongas, de 5 a 5.9 cm de ancho, aserradas con dientes terminados en cerdas (Santiago Santos 2001).

2.2.6 Flores

Las flores son pequeñas, blancuzcas y salen en grupos en las puntas de las ramas del tallo, sobre estructuras en forma de cabezuelas o cilindros de hasta media pulgada (1.3 cm) de largo y 1/5 de pulgada (0.5 cm) de diámetro (Morales Payán *et al.* 2013).

Conabio (2009) afirma que las flores son pequeñas, blancas a azules o moradas; el cáliz es un tubo (cubierto por grandes escamas) que hacia el ápice se divide en cinco lóbulos lanceolados a triangulares, de hasta 1 mm de largo; la corola de cinco pétalos libres, caedizos, elíptico-oblongos, de menos de 1 mm de largo, con el ápice largo y curvado hacia el centro de la flor; cinco estambres; ovario ínfero.

Las plantas comienzan a florecer aproximadamente a los tres meses después de la siembra, siendo más tempranas las plantas que crecen a pleno sol o las que crecen en días largos y cálidos (verano), mientras que son más tardías las que crecen con 60-70% de sombra (Morales Payán *et al.* 2013).

2.2.7 Fruto y semilla

El fruto es globoso, lateralmente comprimido, de hasta dos milímetros de diámetro, cubierto por abundantes vesículas globosas amarillentas, cuando el fruto madura se separa en dos frutillos (mericarpos), cada uno conteniendo una semilla (Conabio 2009). Las semillas son diminutas y livianas (de aproximadamente 66,000 a 78,500 semillas por onza), de color pardo cuando están maduras (Morales Payán *et al.* 2013). Santiago Santos (2001) afirma que cada cabezuela tiene aproximadamente de 130 a 145 semillas.

2.3 Condiciones climáticas

2.3.1 Temperatura

La especie se desarrolla en climas cálidos y frescos. Sin embargo, el crecimiento óptimo se alcanza con temperaturas entre 15 y 30 °C.

2.3.2 luz solar

Estudios realizados por Alvarado (1999) citado por Sosa (2006) encontraron que las altas temperaturas y la luz solar directa, genera en el acapate una floración precoz y tiende a producir hojas más cortas. El rendimiento en tamaño de hojas frescas del acapate se ve favorecido con un 73% de sombra.

El acapate que se siembra a campo abierto ha demostrado que produce hojas de color verde intenso, de mayor diámetro y aroma más fuerte, en mayor abundancia y durante más tiempo (retrasándose la floración) cuando crece con sombra parcial, entre 40 y 70% (Morales Payán *et al.* 2013).

WorldCrops (2004) menciona que las plantas de acapate a pleno sol, tienden a florecer antes, a diferencia de las que se cultivan bajo niveles de sombra y tienen una calidad inferior debido a la disminución del tamaño de las hojas y una pérdida de jugosidad.

Además, la sombra reduce la competencia de malezas, ya que muchas de éstas necesitan más luz que el acapate. Se puede proveer sombra al acapate con mallas de sombreo (sarán) usadas para viveros o con otros materiales como hojas de palmera. La asociación de acapate con otras plantas más altas que le dan sombra puede ayudar a mejorar la productividad de follaje de esta hierba aromática (Morales Payán *et al.* 2013).

2.3.3 Agua

El cultivo se desarrolla mejor en suelos que se mantengan con un 80% de su capacidad de campo, para mantener un ritmo acelerado de crecimiento. Sin embargo, la alta humedad relativa favorece el desarrollo de enfermedades Alvarado (1999) citado por Sosa (2006).

2.4 Usos

El contenido relativamente alto de aceites esenciales o aromáticos en el cultivo está asociado a sus usos como condimento y planta medicinal. Las hojas y tallos se utilizan como condimento y la planta completa para tratamientos medicinales. En el Caribe, Latinoamérica y Asia tropical, el acapate de forma similar al cilantrillo, se agrega a sofritos, salsas y pastas.

Las hojas del acapate contienen un 90% de agua, pero tienen alta concentración de betacarotenos, calcio, hierro, vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), vitamina C, vitamina A y proteínas (Morales Payán *et al.* 2013).

Las hojas frescas tienen de 86 a 88% de humedad, 3.3% de proteína, 0.6% de grasa, 6.5% de carbohidratos, 1.7% de cenizas, 0.06% de fósforo y 0.02% de hierro (Santiago Santos 2001).

Medicinalmente, el consumo de las hojas sirve para mejorar catarro, convulsiones, diabetes, diarrea, estreñimiento, fiebre, inflamaciones, vómitos y para estimular el apetito. La raíz es usada para los malestares antes indicados, ayuda a controlar los problemas de presión arterial, escorbuto, neumonía, reumatismo y aumento del flujo menstrual. Dependiendo de la forma en que se use, se le atribuyen también propiedades bactericidas y aumento de fertilidad en humanos (Morales Payán *et al.* 2013).

Sus raíces, hojas e inflorescencias se han usado como sudoríficos y febrífugos, drogas que estimulan el sudor y disipan o disminuyen la fiebre. Es importante señalar que si se emplea con mucha frecuencia es un abortivo poderoso (Santiago Santos 2001).

Las hojas de la planta tienen un sabor parecido al cilantro, pero más fuerte, son más duras, lo que permite almacenarlas más tiempo una vez cosechadas. Se cultiva en los alrededores de las casas y se usa como condimento. Su uso es común en el trópico mexicano, generalmente a nivel casero, en sustitución del cilantro europeo (*Coriandrum sativum* L.), que no prospera bien en el trópico. Es todavía más apreciada en la cocina antillana, brasileña y en varias cocinas regionales del sur de Asia como la hindú, la tailandesa y la vietnamita. Se exporta a países occidentales con poblaciones grandes de estas regiones (Conabio 2009).

Según estudios realizados por Fuentes *et al.* (1996) al acapate se le atribuyen propiedades antihipertensiva, febrífuga, aperitiva, afrodisíaca, emenagoga, laxante, antiescorbútica, antirreumática, bactericida, antiséptica, anticonvulsivante, antiemética, antidiarreica y carminativa, también se utiliza como condimento, aunque se le atribuye cierta toxicidad.

2.5 Información agronómica del acapate

2.5.1 Ambiente

Los suelos deben tener buen drenaje y retención de humedad, y con un pH neutro o ligeramente ácido, para evitar deficiencias nutricionales. No se debe sembrar en suelos arenosos, ya que la poca retención de agua en estos suelos puede afectar la producción de hojas y hacer que florezca prematuramente (Morales Payán *et al.* 2013).

A pesar de que el acapate es una planta anual se puede comportar como perenne aproximadamente por dos o más años (Figura 1), mientras se realicen cortes de hojas y espigas cada cuatro meses. El acapate tarda de tres a cuatro meses desde la siembra hasta la primera cosecha. Se cosecha la parte aérea de la planta dejando el tallo a uno punto cinco centímetros del suelo. Al cabo de dos meses, la planta ha crecido de nuevo, dando paso a nuevas cosechas (segunda, tercera, cuarta, quinta, sexta y demás cosechas). Es importante señalar que es necesario cortar la espiga de cuatro a seis veces entre las cosechas para que la hoja alcance el tamaño adecuado para el corte (Santiago Santos 2001).

La fase que comprende desde la siembra hasta la primera cosecha se conoce como plantilla y la fase que comprende el período entre las demás cosechas se conoce como retoño (primer retoño, segundo retoño, etc.). Durante la fase de plantilla, la aparición de la espiga es un índice para comenzar a cosechar las hojas, de lo contrario éstas comienzan a deteriorarse. Debe evitarse cosechar antes de los primeros tres a cuatro meses (aunque ésta tenga un buen tamaño de hoja), para permitir que la planta se establezca bien en el campo. Todos los demás retoños dependerán del buen establecimiento de la planta durante esta etapa inicial (Santiago Santos 2001).



Figura 1. Esquema diagramático del ciclo vegetativo del acapate (*Eryngium foetidum* L.) (Santiago Santos 2001).

La planta de acapate tiene la peculiaridad de florecer regularmente, produciendo a partir de mayo a septiembre, una o varias espigas florales muy desarrolladas. Durante esta época el producto se escasea y alcanza mayores precios de venta. Esta condición, que limita el desarrollo vegetativo (hojas) es perjudicial para los agricultores, debido a que solamente un bajo porcentaje de las industrias utilizan la espiga floral en la elaboración de sus productos, prefiriendo la hoja. Esta situación obliga a los agricultores a realizar de cuatro a seis cortes de espiga para que la hoja pueda alcanzar un desarrollo y tamaño ideal para ser cosechada por segunda vez (Santiago Santos 2001).

Normalmente antes del primer corte, el desarrollo de las hojas no es suprimido por la inflorescencia. Durante la época lluviosa, este problema es menos grave, por lo que ésta es la mejor época del año para cultivar el acapate, debido a que la espiga no es tan prominente, el número de cortes de espiga se reduce y se consigue un buen tamaño y calidad de hojas. Durante esta época el acapate florece menos debido a la combinación de bajas temperaturas y días cortos. La operación de cortes de espiga, además de ser indeseable para la producción de hojas, requiere uso de guantes y aumenta los costos de producción del cultivo, resultando una reducción de las ganancias del agricultor (Santiago Santos 2001).

La especie se multiplica mediante pequeñas y numerosas semillas, requiere lugares húmedos y algo sombreados para su buen desarrollo. A pesar de su amplia utilización, se comercializa muy poco y la mayor parte de las plantas se obtienen a escala doméstica, cultivadas en patios y jardines, generalmente en macetas o canteros, pero no se realizan grandes plantaciones comerciales (Fuentes *et al.* 1996).

No existe información acerca del momento óptimo para la siembra de esta especie, ya que sus semillas se siembran o plantan en cualquier época del año y, las que van cayendo producen una sucesión que permite obtener plantas en mayor o menor cantidad durante todo el año (Fuentes *et al.* 1996).

Esta especie anual, cumple su ciclo de vida en unos seis meses. Durante todo el año produce abundantes flores, frutos y semillas, por lo que se propaga con facilidad durante el año aunque es susceptible al ataque de nematodos (Fuentes *et al.* 1996).

Generalmente el ciclo vegetativo de la planta es de aproximadamente dos años; luego la plantación se elimina. Algunos agricultores han logrado mantener la producción por más de dos años en el mismo predio. Esto va a depender del manejo que se le dé a la plantación (Santiago Santos 2001).

2.6 Elección del terreno para la siembra

Se ha encontrado que el acapate se adapta a suelos pesados, con problemas de acidez. Sin embargo, se deben elegir suelos fértiles para evitar aplicaciones de enmiendas que aumentan los costos de producción. Los suelos pueden ser quebrados, pero con prácticas de conservación adecuadas para evitar la degradación de los mismos. Se prefieren terrenos planos, fértiles, sin problemas de humedad excesiva, de fácil accesibilidad, con agua disponible de buena calidad (Alvarado (1999), citado por Sosa (2006)).

2.6.1 Suelo

El acapate se desarrolla siempre y cuando el terreno tenga buena retención de agua y drenaje adecuado, sin embargo crece mejor en terrenos ricos en materia orgánica. Bajo condiciones de invernadero, el acapate puede crecer en bancos levantados del suelo (Santiago Santos 2001).

El acapate requiere cantidades relativamente grandes de nutrientes para poder tener alta productividad de hojas. El cultivo responde bien a las enmiendas de suelo orgánico, como abonos verdes, compostas, té de estiércol y abonos orgánicos comerciales (Morales Payán *et al.* 2013).

2.6.2 Preparación del terreno

Si la siembra se hace en el campo se deben dar dos pasos de arado y dos pasos de rastra. Es recomendable pasar un rotocultivador para desmenuzar el terreno y dejarlo suficientemente suelto. Después de preparar el terreno se forman camas o bancos sobre el terreno para facilitar la aireación y el desarrollo de raíces. Se deben dejar 0.45 metros de distancia entre los bancos para poder caminar entre ellos, lo que también ayuda al drenaje del predio (Santiago Santos 2001).

Los bancos deben medir de 1.20 a 1.50 metros de ancho para facilitar la cosecha. En casos donde el terreno es inclinado, los bancos al igual que la siembra deben hacerse al contorno (Santiago Santos 2001)

Existen dos métodos de preparación del terreno: el tradicional; que consiste en realizar una limpiar baja y posteriormente aplicar un herbicida quemante. Luego se limpia el terreno y se aplica un herbicida pre-emergente. El segundo método consiste en limpiar bien el terreno y se

confeccionan las eras de 1.5 metros de ancho, 0.15 metros de altura y seis metros de longitud. Se revuelve bien el suelo con un rastrillo para eliminar piedras, troncos, raíces y cualquier otro tipo de material inerte. Seguidamente se hacen los surcos cada 20 cm. y se trasplanta (Sosa 2006).

2.6.3 Siembra

Generalmente los agricultores cosechan semillas de sus siembras o las adquieren a través de compañías que se dedican a su producción (Morales Payán *et al.* 2013). En El Salvador no se conocen variedades de acapate, por lo tanto es un cultivar.

Se puede sembrar la semilla directamente en el predio, pero generalmente no germinan dentro de un período corto de tiempo como la mayoría de las hortalizas, sino que tardan entre 10 y 90 días después de siembra. Esto causa que las plantas de siembra directa estén en diferentes etapas de crecimiento. (Morales Payán *et al.* 2013).

La siembra en el campo se puede realizar utilizando cualquiera de los métodos mencionados por Alvarado (1999), citado por Sosa (2006):

a) Al voleo: la semilla se esparce uniformemente por todo el terreno. Tiene la desventaja de que se gasta mucha semilla y, por más cuidado que se tenga, la distribución no es uniforme.

b) Chorro seguido: este sistema de siembra se utiliza en terrenos con eras, previamente surcados. La semilla se coloca en el surco y luego se cubre con suelo. Los surcos deben estar separados cada 20 cm aproximadamente.

c) **Trasplante:** las semillas se ponen a germinar en un lugar apropiado, las plantas están listas para trasplantar aproximadamente a las ocho semanas después de la siembra. En este sistema de siembra hay un mayor aprovechamiento de las semillas, una mayor uniformidad en el crecimiento de las plantas y una mejor programación de la cosecha de hojas. El trasplante se realiza preferiblemente en días frescos y en horas de la tarde, cuando las plantas tienen tres o cuatro hojas desarrolladas.

La mayoría de los productores comerciales prefiere establecer el método de siembra por “trasplante”, sembrando las semillas en bandejas plásticas de 98 a 135 celdas, rellenas de un sustrato permitido en sistemas orgánicos para un buen crecimiento de la planta. Se recomienda que antes de preparar los semilleros se hagan pruebas de germinación para evaluar la calidad de semilla (Morales Payán *et al.* 2013).

Una onza (28 g) de semilla de buena calidad puede producir suficientes plantas para trasplantar cerca de 2,153 pies cuadrados (200 m²). Se puede sembrar de 10 a 15 semillas por celda, de modo que las semillas que germinan forman una “cepa” de plantas que se trasplantan juntas; de este modo, con una libra (0.45 kg) de semilla de buena calidad se siembran más de 500 bandejas de 128 celdas cada una, para producir más de 64,000 “cepas” o posturas (Morales Payán *et al.* 2013).

En el semillero las plantas crecen mejor con un 47 a 63% de sombra y con agua y nutrientes en abundancia. El productor debe usar fertilizantes permitidos en sistemas orgánicos, ya sea para aplicación al suelo o foliar (Morales Payán *et al.* 2013).

2.6.4 Distanciamiento entre planta y surco

Entre las distancias de siembra recomendadas y más utilizadas por los agricultores, se encuentran: 15 cm x 15 cm (15 centímetros entre hilera x 15 centímetros entre plantas), 10 cm x 10 cm, 15 cm x 7 cm y 15 cm x 5 cm. Cabe señalar que al sembrar el acapate a distancias más cortas se pueden sembrar más plantas por cama, pero se obtienen hojas y mazos de tamaños más pequeños (Santiago Santos 2001).

Las plántulas se trasplantan al predio definitivo a una distancia de 15 cm entre hileras y de 10 cm a 15 cm entre plantas en la hilera. Por regla general, para producir bien cada planta

debe tener un área para crecimiento al menos 31 pulgadas cuadradas (200 cm²) (Morales Payán *et al.* 2013).

El proceso de autopoda se da cuando, dentro de un área limitada, las plantas comienzan pequeñas y abundantes, a medida que crecen se hacen menos abundante y la biomasa promedio por planta aumenta (Academic 2009).

2.6.5 Deshierbes

Las deshierbas son muy importantes para evitar o minimizar la competencia con el cultivo. Se realiza manualmente. El tiempo entre deshierbas varía de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona. Cuando la siembra se realiza a chorro o al voleo, la primera deshierba se hace cuando la plántula emerge o cuando se estima que las hierbas han cubierto aproximadamente el 15% del área sembrada. Los deshierbes posteriores se realizan cuando se estime conveniente generalmente muchas malezas nacen antes que las primeras plantas de acapate, forzando al productor a desyerbar al menos una vez más que cuando establece el acapate por trasplantes. (Alvarado 1999, citado por Sosa 2006).

También deben usarse coberturas de suelo (mulch) de material orgánico o de plástico que ayuden a suprimir el crecimiento de malezas y periódicamente remover a mano las que puedan crecer a través de la cobertura (Morales Payán *et al.* 2013).

2.6.6 Riego y agua de uso agrícola

Cuando se siembra acapate en zonas lluviosas, generalmente el riego es necesario durante los meses más secos. La regla general es que el cultivo reciba agua (de lluvia o de riego) antes de dar muestras de marchitez. El acapate produce mejor cuando no sufre déficit, es necesario dar riego suplementario por goteo, porque es más eficiente y reduce la incidencia de enfermedades del follaje (Morales Payán *et al.* 2013).

Al encontrarse las siembras en zonas con altas precipitaciones (2600 mm aproximadamente) este cultivo normalmente no requiere de labores de riego. Es importante conocer que este recurso es de gran importancia, por lo que se deben seguir las siguientes recomendaciones: Proteger las fuentes de agua, cauces y canales de distribución del agua para prevenir la contaminación. Emplear filtros o barreras en los cauces de ingreso al campo de cultivo para impedir que elementos extraños, desechos o restos vegetales contaminen el agua y ensucien el campo. Se deben establecer revisiones periódicas del sistema de riego y sus

implementos, así como un plan de mantenimiento de dicho sistema. La toma de agua para riego se debe ubicar en la parte superficial de la fuente para evitar la remoción del lodo y disminuir el riesgo de contaminación física, química y biológica (INTA *et al.* 2014).

2.6.7 Fertilización

Alvarado (1999) citado por Sosa (2006), menciona que el acapate responde bien a la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), no obstante, todavía no se han realizado curvas de absorción de nutrientes para determinar las necesidades reales del cultivo.

No se han realizado trabajos de investigación que permitan recomendar formulaciones, cantidades y frecuencias de aplicación óptimas de fertilización en acapate. Cuando se usa abono granular se debe evitar aplicarlo al voleo. En muchos casos el abono se queda sobre la hoja y la quema, dañando su apariencia (Santiago Santos 2001).

2.6.8 Cosecha

La primera cosecha se obtiene alrededor de los 90 días después de la siembra, mientras que el resto de ciclos (cortas) se dan cada 50 días posterior a la corta anterior, alcanzando en este tiempo un crecimiento y desarrollo adecuado. El acapate se puede cosechar por hojas o la planta completa con la raíz, dependiendo lo que requiera el mercado. Otros productores prefieren esperar a cosechar las hojas cuando aparecen los primeros indicios de la floración, pues a partir de esa etapa la planta acumula muy poco follaje adicional (INTA *et al.* 2014).

Cuando se cosecha por hojas, generalmente se recogen las hojas más grandes, sin imperfecciones que reduzcan su valor de mercado, tratando de no dañar la base de la planta.

Se dejan al menos tres hojas jóvenes y pequeñas en la planta, las cuales siguen creciendo y pueden volver a cosecharse varias semanas después, repitiendo este proceso varias veces hasta que la planta florece. El productor puede cortar el tallo floral (generalmente cada diez días en verano o cada catorce a veintidós días en los meses menos cálidos) y mantener la planta produciendo hojas. Se han reportado casos en que se mantiene la planta produciendo, así por cerca de 24 meses (Morales Payán *et al.* 2013).

Cosechar la planta completa (con raíz) requiere que el productor espere hasta que la planta alcance su máxima productividad de hojas (poco antes de la floración). Esto tiene la desventaja de que tiene que establecer nuevos predios de acapate, y la ventaja de no tener que hacer cosechas múltiples de hojas sino una sola. En cambio, la cosecha con raíz puede ser ventajosa si se quiere almacenar el acapate por más tiempo a temperatura menos fría. El cultivo se debe cosechar en horas frescas, con una temperatura inferior a 77°F (25°C), para preservar los aceites aromáticos y la frescura de las hojas (Morales Payán *et al.* 2013).

2.6.9 Producción de semilla

Las plantas comienzan a florecer aproximadamente a los 70-100 días del trasplante y puede continuar por unos cuatro a cinco meses más. Las cabezuelas o conos producen de 80 a 150 semillas cada uno y van madurando en el mismo orden en que fueron apareciendo en la planta. Cuando la semilla ya está madura (puede germinar) cambia de color verde a marrón, aproximadamente a los 40 días después de que abre la flor. Las semillas maduras permanecen en la planta por unos 15 a 20 días y después empiezan a caer al suelo (Morales Payán *et al.* 2013).

El rendimiento de semilla es muy variable, dependiendo de la densidad de plantación, tipo de suelo, manejo de producción que recibieron las plantas y condiciones climáticas. La semilla madura recién cosechada debe dejarse secar al aire durante cinco días en un lugar sombreado y con poca humedad a temperatura ambiente. La semilla madura con un contenido de humedad de aproximadamente 7% se puede conservar en un ambiente fresco (aproximadamente 68°F o 20°C) y seco (aproximadamente 30% de humedad relativa del aire) (Morales Payán *et al.* 2013).

2.7 Plagas y enfermedades asociadas al Acapate

El acapate atrae insectos beneficiosos que ayudan a reducir las poblaciones de plagas en el predio. Cuando no se abusa de insecticidas que reducen las poblaciones de organismos beneficiosos, pocas plagas son problemáticas. En Puerto Rico, las plagas más comunes suelen ser los ácaros. Adicionalmente, en períodos o lugares muy húmedos las lapas o babosas (*Vaginulus* y otros géneros) pudieran atacar las hojas. Las lapas o babosas pueden manejarse evitando o reduciendo la humedad excesiva en el área donde crece el acapate o poniendo cebos de productos permitidos (Morales Payán *et al.* 2013).

Santiago Santos (2001) afirma que se han observado ataques de nematodos, específicamente *Meloidogyne* spp. (Nematodo nodulador o de agalla), en producciones de acapate bajo condiciones de campo e invernadero. Este nematodo forma nódulos o agallas en las raíces, deteriorando el tejido radicular, causando clorosis (follaje pálido amarillo) y marchitez de las hojas.

En sistemas orgánicos, los ácaros que atacan al acapate, pueden ser manejados destruyendo los residuos de cosechas anteriores que puedan albergar a los ácaros y a las malezas hospederas, evitando las asociaciones y rotaciones con otros cultivos muy susceptibles, y fomentando las poblaciones de organismos benéficos (por ejemplo los ácaros benéficos *Phytoseiulus* y *Typhlodromus*) que atacan a los ácaros plaga. Un recurso adicional es la aspersion de jabones agrícolas. El riego por aspersion pudiera reducir las poblaciones de ácaros dañinos, pero también promueve las enfermedades del follaje (Morales Payán *et al.* 2013).

Los gusanos y áfidos pueden mantenerse en niveles de poca importancia, cultivando el acapate sin plantas hospederas en la cercanía, fomentando las poblaciones de organismos benéficos depredadores o parásitos, y cuando fuera necesario usando productos permitidos, como aquellos con *Bacillus thuringiensis* o con *Beauveria bassiana*, extractos de nim y jabones agrícolas (Morales Payán *et al.* 2013).

2.7.1 Pinta Blanca (Hemiptera: Miridae, *Halticus bractatus*)

Chinche muy pequeña, de color oscuro, que se alimenta de las células epidermales de la hoja, succionando el contenido celular (savia). Provoca pequeñas manchas (clorosis). En ataques severos, se van uniendo hasta formar una mancha blanca compacta que abarca parte de la hoja o su totalidad (Sosa 2006).

Este insecto es uno de los más importantes, porque cuando se detecta el daño ya se hace notar en el follaje. No se debe aplicar, plaguicidas, por no contar con niveles de tolerancia en agroquímicos aprobados por la Environmental Protection Agency (EPA). Las poblaciones de este insecto aumentan inesperadamente, ocasionando una clorosis total en las plantas y posterior pérdida del cultivo. Para recuperar la plantación se recomienda que se realice una limpia total del área afectada, lo cual permitirá el que el rebrote venga sano (Sosa 2006).

2.7.2 Gusanos defoliadores

Otros organismos considerados plagas que pudieran atacar al acapate son las orugas de las hojas, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera frugiperda* y *Trichoplusia nii*, además de áfidos como *Myzus persicae* (Morales Payán *et al.* 2013).

Existen tres especies de gusanos defoliadores que pertenecen a la familia Noctuidae y que atacan al acapate, ellas son: *Crysoideixis includens*, *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera exigua*, los cuales atacan al mismo tiempo. Los daños se presentan todo el año pero se incrementan en la época seca. Estas larvas afectan de gran manera las hojas, ya que comen del borde hacia adentro, lo que afecta su calidad. Es imposible controlarlos con químicos ya que no es permitido (Sosa 2006).

2.7.3 Caracoles y babosas

Los caracoles más frecuentes encontrados en las plantaciones de acapate (*Eryngium foetidum* L.) son: *Succinea costaricana* (Succineidae) y *Subulina octona* (Subulinidae) y la babosa *Sarasinula sp.* (Veronicellidae). Estos no le causan ningún daño físico al cultivo ya que solo aprovechan las condiciones de alta humedad. Estas plagas aparecen por el manejo inapropiado del cultivo (Sosa 2006).

2.7.4 Herrumbre de la hoja y pudrición de raíces

Este problema es causado por toxicidad con hierro. Se manifiesta en las hojas como manchas rojizas y pequeñas a lo largo de la margen de las mismas. Los síntomas de esta enfermedad en la raíces son diferentes, ya que van desde la pudrición del sistema radical, presentándose rojizo, hasta la deformación de algunas raíces, mostrando lo que se conoce como raíz en forma de anzuelo. Otros síntomas son la ausencia de pelos absorbentes y la presencia de raíces muy largas (Sosa 2006).

2.7.5 Raya y Rosca

Se manifiesta en suelos con mucha pendiente, ya que los causantes de esta enfermedad son toxicidad de hierro y aluminio, acompañado con lixiviaciones del suelo, textura, entre otros. La primera etapa de esta enfermedad es la “Raya”, que es un rayado longitudinal en la hoja. Cuando la enfermedad ha avanzado se conoce como “Rosca”, que es muy parecido al ataque de un virus. Se presenta enanismo, mosaico, malformación de hojas y un enroscado de las hojas centrales de la planta (Sosa 2006).

2.7.6 Derrite o pudre (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Ataca tallos, hojas, pecíolos e inflorescencia, provocando lesiones acuosas, con micelios blancos en forma de estructuras algodonosas en donde se forman los esclerocios. El patógeno es capaz de destruir una plantación en poco tiempo (Sosa 2006).

2.8 Descriptores de caracterización

Permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular; por ejemplo: colores y formas de tallos, hojas, flores, semillas y frutos. Adicionalmente, en los últimos años se están incluyendo descriptores relacionados con los marcadores moleculares, gracias a los avances lográndose la biología molecular, especialmente en las técnicas de electroforesis (IPGRI 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y condiciones climáticas

El trabajo de investigación se realizó de abril a diciembre 2015, en la Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñonez" (ENA), departamento de Fitotecnia, campo a cielo abierto de zona de hortalizas, ubicado en el km 33½ carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador C.A, sus coordenadas geográficas: 13° 48.199 N y 89° 24.026 O, altitud: 472 msnm (MAG 2015).

Según la clasificación de Holdridge, la zona pertenece a la clasificación Bosque húmedo subtropical. Las condiciones climáticas que prevalecen referidos a la estación meteorológica del SNET (L4 San Andrés), situada a 460 metros sobre el nivel del mar, indican un promedio de precipitación media anual de 1,688 milímetros, con lluvias distribuidas entre mayo y octubre y con máximas en julio, el promedio anual de temperatura es 23.8°C. La temperatura máxima 32.9°C y la mínima de 17.5, humedad relativa es de 76%, luz solar 8.5 horas/día, evotraspiracion potencial según Hargreavas 1,723 mm/año (MAG 2015).

3.2 Descripción del estudio

En El Salvador la insuficiente información sobre el acapate se abordó específicamente en el marco agronómico, complementando aspectos claves como: características morfo-agronómicas de la especie, ciclo de producción, invertebrados asociados a la planta, rendimiento óptimo con base a distanciamiento entre planta y surco, composición química de la planta.

La caracterización morfo-agronómica se realizó colectando material de germoplasma existente en los Municipios de Ciudad Arce, departamento de La Libertad y Nahuizalco, departamento de Sonsonate, este material se estableció en parcelas experimentales con un diseño factorial con bloques al azar en franjas, evaluando dos factores: porcentajes de sombra y distanciamientos entre planta y surco, aplicando la metodología estadística para la determinación del tratamiento más adecuado en relación al rendimiento en follaje como resultado de la interacción de los factores en estudio, se recopiló información morfo-agronómica de acuerdo al manejo en campo definiendo sus fases fenológicas y prácticas de manejo, una guía de descriptores de la planta, invertebrados asociados al cultivo y sus propiedades químicas a través del análisis bromatológico.

3.3 Metodología de campo

3.3.1 Colecta del germoplasma

Para establecer las parcelas de investigación se realizaron dos giras de campo en los Municipios de Ciudad Arce, departamento de La Libertad y Nahuizalco, departamento de Sonsonate de donde se identificaron zonas productoras a pequeña escala, nivel de traspatio o plantaciones silvestres, con lo que se logró colectar semilla de mayor uniformidad, con la experiencia que tienen los productores que cultivan el acapate (Fig. 2). Lo anterior se realizó de esta forma ya que la investigación consistió específicamente en la caracterización morfoagronómica del cultivar.



Figura 2. Colecta de germoplasma

3.3.2 Preparación de semilleros

Se utilizaron 40 lb de sustrato comercial para llenar nueve jvasas de 45 cm x 30 cm y un espesor de 10 cm de sustrato, esta actividad se realizó en el propagador de plantines en el área de hortalizas de la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñonez” (ENA), determinando la humedad óptima del sustrato con la prueba del puño, la cual consiste en tomar una porción de sustrato y aplicarle presión, cuando la humedad es adecuada no se genera escorrentía, manteniendo la consistencia húmeda y ligera (Fig. 3)

Para la investigación se utilizaron un total de 3,915 plantas, 1 libra de semillas distribuida a 1.7 onzas por java, las semillas se colocaron en tres surcos con una profundidad de 0.5 cm.



Figura 3. Preparación de semilleros y siembra

A partir de la siembra (día 0) se realizó riego todos los días por la mañana hasta el trasplante, dentro del propagador de la ENA. Se aplicó dos veces por semana una mezcla de productos (teflubenzuron 15 %, dosis: 1.25 ml)+ (clorotalonil, dosis: 5 ml)+ (Zinc, dosis: 5 ml)/ por litro de agua, es una práctica de rutina establecida dentro del propagador (Fig. 4).



Figura 4. Manejo de plantines de acapate en propagador

3.3.3 Diseño y preparación de parcelas

Las parcelas fueron construidas una semana antes del trasplante y distribuidas en tres bloques, con un diseño en franjas transversales a los bloques, con distinta intensidad de sombra: franja 1=40%, franja 2=70%, franja 3=0% siendo la franja tres el testigo. En cada bloque se establecieron nueve tratamientos (tres distanciamientos entre planta y tres niveles

de sombra) (Fig. 16), la medida estándar para todas las parcelas fue un metro de ancho por cuatro metros de largo para cumplir con el requisito de 50 unidades experimentales en todos los tratamientos.

Actividades:

3.3.3.1 Limpieza del terreno

Al delimitar los 228 m², se eliminaron las plantas arvenses para minimizar la competencia con el cultivo (Fig. 5).

3.3.3.2 Laboreo del suelo

Se desmenuzo el suelo con piocha y azadón a una profundidad de 40 cm para mejorar su aireación y el desarrollo de raíces (Fig. 5).

3.3.3.3 Elaboración de camas para la siembra

Las camas se hicieron con una elevación de 15 cm, para evitar problemas de inundación y mejorar el drenaje del terreno, se construyeron tres bloques de un metro de ancho por 36 m de largo, se realizaron dos pasos con el rotocultivador para dejar la cama con una textura suelta y uniforme (Fig. 5).



Figura 5. Preparación del terreno

3.3.3.4 Estaquillado y sistema de riego por goteo

En cada bloque se colocaron estacas separadas a dos metros, con aros de alambre galvanizado calibre 14, dejando 0.5 metro entre los bloques para facilitar el manejo del cultivo, se instalaron dos laterales de riego por goteo en cada cama, obteniendo en total 216 metros lineales de riego (Fig. 6).



Figura 6. Instalación de sistema de riego y aros metálicos

3.3.4 Establecimiento del cultivo y toma de datos

El trasplante se realizó 48 días después de la siembra, colocando las plantas a campo abierto en las parcelas previamente preparadas, con los distanciamientos establecidos (Fig. 7).



Figura 7. Trasplante

La sombra fue colocada de forma transversal a los bloques, se utilizó malla sarán con sus respectivos porcentajes de translucidez (40% y 70%) sobre aros de alambre y tensada con pita de nylon (Fig. 8).



Figura 8. Instalación de sombra

A partir del trasplante las visitas a campo fueron constantes 4 veces por semana, para realizar actividades como rotulación, deshierbe, riegos, elaboración de descriptor y monitoreo de entomofauna asociada (Fig. 9).

Diez días después del trasplante se realizó una resiembra de plantas, para sustituir las que no resistieron el estrés del trasplante (Fig. 9).



Figura 9. Resiembra y riego

A los 11 días después del trasplante se aplicó fertilizante foliar múltiple (Magnesio, Azufre, Boro, Cobalto, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Zinc) a una dosis de 25 cc de fertilizante / 5 litros de agua para los 108 m² de plantación, esto se realizó una vez por semana hasta el día 120, realizando un total de nueve aplicaciones.

Se realizó control mecánico de plantas arvenses en las parcelas una vez por semana (del día 68 hasta el día 120 después de la siembra), 8 deshierbes en total (Fig. 10).



Figura 10. Control de plantas arvenses en las parcelas

3.3.5 Discusión de variables descriptivas

Se realizaron visitas por parte de los asesores para darle seguimiento al manejo del cultivo y desarrollo adecuado de la investigación; brindando asistencia técnica para la recopilación de

información de las variables descriptivas (días a inflorescencia, días a cosecha, presencia de invertebrados y enfermedades) (Fig. 11).



Figura 11. Visita de asesores

3.3.6 Elaboración de guía descriptores de la planta de acapate

Se desarrollaron descriptores con medición e imágenes de diversas partes de la planta, con instrumentos de medidas y afirmación de un color basado en la tabla phantone es un formato de colores con códigos que se utiliza generalmente para los diseños gráficos digitales e impresos, pero que son válidos para comparar colores de plantas y animales. Las fotografías se tomaron con cámara de alta definición incorporada al microscopio y cámara profesional Canon de 55 Megapíxeles (Fig. 12).

3.3.7 Contenido del descriptor

Haz y envés de la hoja: se realizaron mediciones de largo y ancho en las instalaciones del laboratorio de insectos acuáticos, utilizando regla y pie de rey. El color se definió según la tabla Phantone

Tallo y Raíz: se realizaron mediciones de largo y ancho en el laboratorio de acuáticos, utilizando pie de rey. El color se definió según la tabla Phantone, incluyendo características botánicas de cada parte en base a observación e información técnica.

Espiga floral: se realizaron mediciones de largo y ancho en el laboratorio de acuáticos, utilizando regla y pie de rey. El color se definió según la tabla Phantone

Racimo floral: se realizaron mediciones de largo y ancho en el laboratorio de acuáticos, utilizando pie de rey. El color se definió según la tabla Phantone, incluyendo características botánicas de cada parte en base a observación e información técnica.

Flor: se realizaron mediciones de largo y ancho de la flor en el laboratorio de acuáticos, utilizando papel milimetrado. El color se definió según la tabla Phantone,

Semilla: se realizaron mediciones de largo y ancho de la semilla en el laboratorio de acuáticos, utilizando papel milimetrado. El color se definió según la tabla Phantone. Se realizaron cortes transversal y longitudinal para definir el número de cotiledones presentes.

Planta completa de acapate: se tomaron fotografías y se realizaron mediciones durante el desarrollo de la planta a los 19,30,37,45,52,60,70 y 90 días después de la siembra.



Figura 12. Imágenes de hojas y partes de la planta utilizadas como descriptores del acapate

3.3.8 Identificación de invertebrados asociados a la planta de acapate

Para identificar de invertebrados, se realizaron tres muestreos semanales, durante el ciclo de vida de la planta (desde el trasplante hasta el día 120 después de la siembra). Se tomaron fotografías con el objetivo de identificarlos y presentar la información (Fig. 13). Los aspectos que se incluirán para cada insecto en la guía son los siguientes: Orden, familia, nombre común, nombre científico.



Figura 13. Identificación de invertebrados asociados al cultivo de acapate

3.4. Metodología de laboratorio

3.4.1 Análisis bromatológico

Después de la cosecha se envió una muestra de follaje al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, para obtener la información de la composición química de la planta de acapate (Fig. 14).

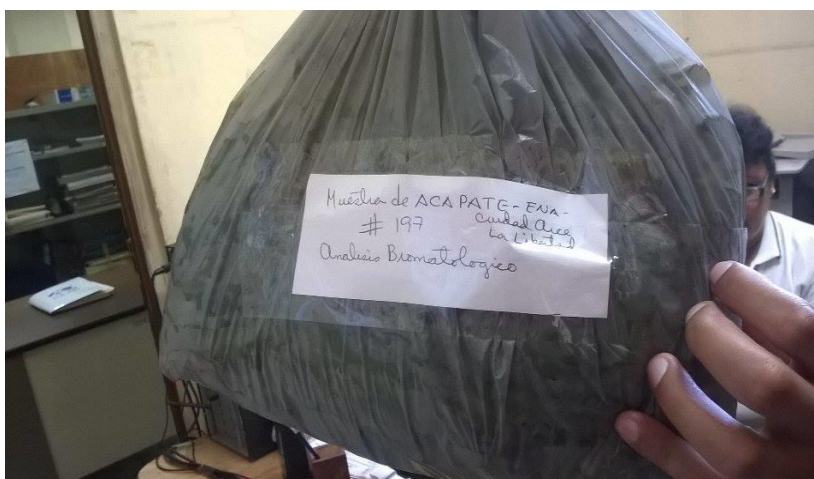


Figura 14. Recepción de muestra en laboratorio de Química Agrícola la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

3.4.1.1 Determinación de humedad parcial

Se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60 – 70°C por un período de veinticuatro horas, en un equipo conocido como estufa de aire reforzado o ventilación forzada. Luego se coloca en un desecador para llevar la muestra a equilibrio con la humedad ambiente y se pesa cuando se enfría (Carrillo Turcios 2015).

3.4.1.2 Determinación de proteínas en un alimento (MÉTODO DE KJELDAHL)

El método de valoración del nitrógeno proteico (que se expresa como nitrógeno total) que es de aplicación universal para determinar nitrógeno proteico en alimentos fue ideado por **J. Kjeldahl**. El proceso se acelera mediante catalizadores: Oxido de Mercurio, Cobre, Mercurio Metálico, Selenio. El sulfato de potasio anhidro se agrega para elevar la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico (ascenso ebulloscópico) (Carrillo Turcios 2015).

El principio básico del método de Kjeldahl consiste en la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra, por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado.

El material orgánico se oxida a anhídrido carbónico (CO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄.

Posteriormente por calentamiento del sulfato de amonio en presencia de un exceso de hidróxido de sodio es transformado en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoniaca. Que al final se titula con una solución ácida estandarizada (Carrillo Turcios 2015).

3.4.1.3 Determinación de extracto etéreo. Método de SOXHLET

El término Extracto Etéreo comprende el conjunto de sustancias extraídas con éter etílico. Incluye además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, los fosfolípidos, las lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres, carotenoides, clorofila y otros pigmentos.

La determinación se lleva a cabo sobre una muestra previamente deshidratada y finamente molida. En éste método la extracción se debe al contacto de la muestra con un solvente por un largo período (Carrillo Turcios 2015).

3.4.1.4 Determinación de fibra cruda

Este método permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente (Carrillo Turcios 2015).

3.4.1.5 Determinación de cenizas

Incineración o calcinación de la muestra en un horno de mufla a temperatura de 550°C por un período de dos horas, para quemar todo el material orgánico quedando solo el inorgánico llamado CENIZA que no se destruye a esta temperatura (Carrillo Turcios 2015).

3.4.1.6 Determinación de carbohidratos

Este método determina la cantidad de carbohidratos totales, basándose en su contenido de almidones hidrolizables y azúcares solubles (Carrillo Turcios 2015).

3.5. Metodología estadística

El diseño utilizado fue diseño factorial en bloques completos al azar con arreglo en franjas y dos factores; evaluando en franjas los niveles de sombra (factor A) y en sub-parcelas los distanciamientos entre planta (factor B), con tres repeticiones (Fig. 15).

Para el estudio de las medias de tratamientos de cada factor, se utilizó la prueba estadística “Tukey’s”, con una precisión del 5% de probabilidad; apoyado por el programa “SAS 9.1”.

Factores en estudio: sombra y distanciamiento

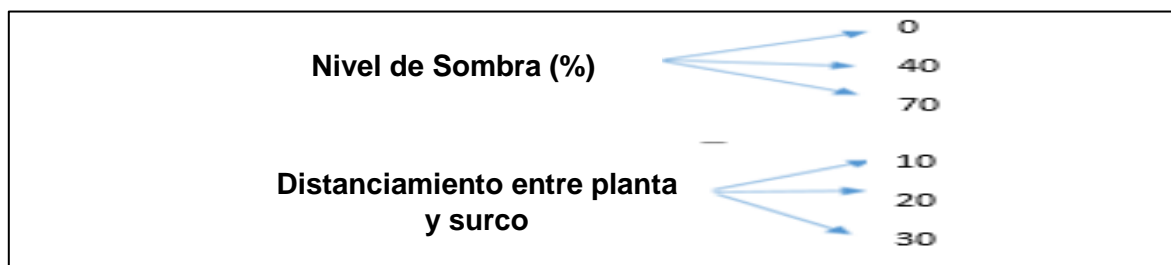


Figura 15. Factores en estudio

Tratamientos:

T₁ = 70 % sombra +10 cm

T₆ = 40 % sombra + 20 cm

T₂ = 0 % sombra + 10 cm

T₇ = 70% sombra + 30 cm

T₃ = 40 % sombra + 10 cm

T₈ = 0% sombra + 30 cm

T₄ = 70% sombra + 20 cm

T₉ = 40 % sombra + 30 cm

T₅ = 0 % sombra + 20 cm

Cuadro 1. Bloques y tratamientos

Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Total de plantas por tratamientos	Sombra (%)	Distanciamientos (cm)
T ₁	288	288	288	864	70	10
T ₂	288	288	288	864	0	10
T ₃	288	288	288	864	40	10
T ₄	95	95	95	285	70	20
T ₅	95	95	95	285	0	20
T ₆	95	95	95	285	40	20
T ₇	52	52	52	156	70	30
T ₈	52	52	52	156	0	30
T ₉	52	52	52	156	40	30
Total de plantas = 3,915						

3.5.1 Arreglo factorial

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\rho\beta)_{jk} + (\alpha\rho)_{ik} + (\alpha\beta\rho)_{ijk}$$

}

$i = 1, 2, \dots, a$
 $j = 1, 2, \dots, r$
 $k = 1, 2, \dots, b$

Siendo:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental

μ = Media general

β_j = Efecto del j - ésimo bloque

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i - ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, o sea, es el error experimental asociado al factor A, tal que $(\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma^2_1)$ e independientes, es utilizado como error (a).

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B

$(\rho\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el k - ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, o sea, es el error experimental asociado al factor B, tal que $(\rho\beta)_{jk} \sim N(0, \sigma^2_2)$ e independientes, es utilizado como error (b).

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta\rho)_{ijk}$ = Error experimental asociado a Y_{ijk} , tal que $(\alpha\beta\rho)_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$ e independientes, es utilizado como término de error o residuo. (López Bautista 2008)

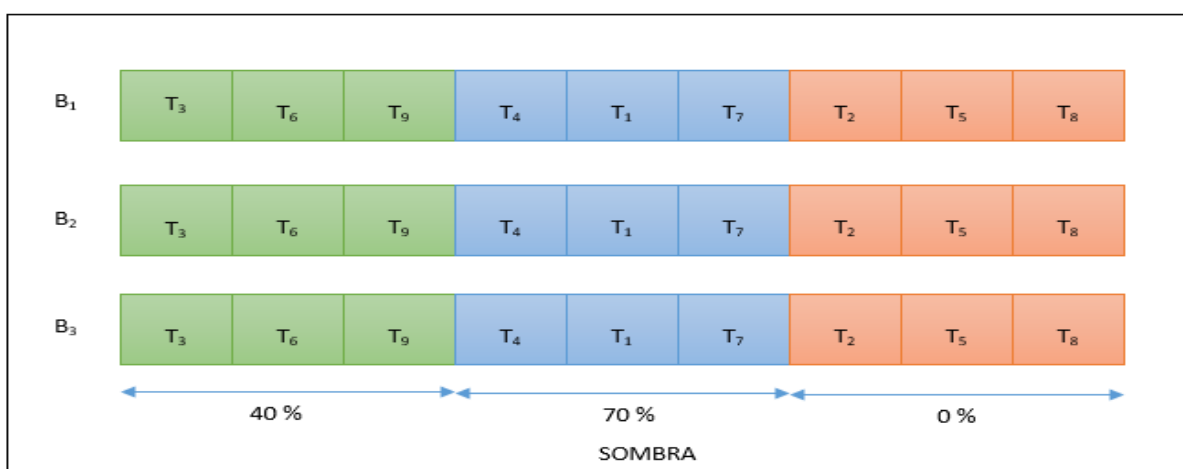


Figura 16: Distribución en campo de los tratamientos

3.5.2 Variables a medir

Para evaluar la efectividad de los niveles de sombra y los distanciamientos entre planta y surco en el desarrollo vegetativo de la planta de acapate. Se realizaron tres mediciones (a los 70, 90 y 120 días después del trasplante), utilizando como indicadores las variables establecidas (Fig.17).

Se evaluaron las siguientes variables:

3.5.2.1 Ancho de lámina foliar: se realizó una medición transversal, del borde derecho hacia el borde izquierdo, en la parte media de la hoja, haciendo uso de un calibrador (pie rey) obtenido el dato en centímetros.

3.5.2.2 Longitud de lámina foliar: se realizó una medición de la base hasta el ápice de la hoja, utilizando una regla y una cinta métrica, obteniendo el dato en centímetros.

3.5.2.3 Número de hojas: se determinó de manera cuantitativa el número de unidades foliares existentes en la roseta de la planta.

3.5.2.4 Área foliar: se determinó multiplicando las variables, ancho, largo y numero de hojas. Obteniendo el dato en centímetros cuadrados.

3.5.2.5 Ancho de roseta foliar: se realizó una medición transversal de la planta, tomando de referencia dos hojas con posición opuesta una de la otra (del ápice de la hoja derecha al ápice de la hoja izquierda). Se realizaron tres mediciones (a los 70, 90 y 120 días después del trasplante), utilizando como indicadores las variables establecidas (Fig.17).



Figura 17. Medición de variables en campo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización morfoagronómica del cultivo de acapate.

La planta de acapate presentó las siguientes etapas fenológicas y prácticas de manejo agronómico: siembra, emergencia, trasplante, fase vegetativa, prefloración, floración y cosecha de semilla (Cuadro.2).

Cuadro 2. Fases fenológicas y prácticas de manejo de la planta de Acapate

Fases fenológicas y prácticas de manejo de la planta de Acapate	
Día 0	Siembra
Día 12	Emergencia
Día 48	Trasplante
Día 70	Fase vegetativa
Día 80	Prefloración
Día 100	Floración
Día 130	Cosecha de semilla

4.1.1 Siembra

Se realizaron pruebas de germinación en distintos sustratos (arena, suelo franco, papel húmedo y sustrato comercial). Los porcentajes de germinación que se obtuvieron fueron los siguientes; en suelo franco 40%, arena 20%, papel húmedo 65% y sustrato comercial 90%. El acapate para germinar necesita de condiciones óptimas de humedad y de acuerdo a los resultados se afirma, que el método más adecuado para obtener mayor número de plantas disponibles para el trasplante es la elaboración de semillero; utilizando sustrato elaborado o comercial.

La siembra se puede realizar a chorro seguido dentro de las jivas. Morales Payán *et al.* (2013) menciona que al sembrar la semilla directamente en el predio generalmente no germina dentro de un periodo corto de tiempo como la mayoría de hortalizas, sino que tarda un periodo de entre 10 y 90 días después de sembradas, esto coincide con los resultados obtenidos donde el menor porcentaje se tuvo en suelo franco y arena.

4.1.2 Emergencia

El acapate dentro del propagador (Fig. 4), presentó una emergencia uniforme a los 12 días después de la siembra (Fig. 18), las plantas dentro de esta estructura y con el manejo adecuado se desarrollan mejor que al sembrarlas directamente en campo. En el semillero las plantas crecen mejor con un 47 a 63% de sombra, con suficiente agua y fertilización foliar. Aspectos que coinciden con Morales Payán *et al.* (2013) quienes describen que el productor debe aplicar fertilizantes orgánicos al suelo o aplicar fertilizante foliar a las hojas.

4.1.3 Trasplante

En esta investigación las plántulas presentaron condiciones óptimas para el trasplante el día 48 después de la siembra (Fig. 18). Se recomienda realizar esta actividad por la mañana entre las horas de 06:00 am a 08:00 am y por la tarde de 4:00 pm a 6:00 pm, para evitar la pérdida de plántulas por estrés hídrico, ya que el acapate es susceptible al aumento de la luz solar y la temperatura. Según Morales Payán *et al.* (2013) el trasplante se realiza entre 55 y 65 días después de la germinación, o cuando las plantas tengan de tres a cuatro hojas desarrolladas. Se deben realizar preferiblemente en días frescos y en horas de la tarde.

4.1.4 Fase vegetativa

En los primeros diez días de esta fase, el acapate logró una buena respuesta al trasplante, obteniendo un rango de adaptación del 89%.

Durante la fase vegetativa se observó el efecto de los porcentajes de sombra en diferencias de volumen de la planta y color de las hojas, mostrando un verde intenso en aquellas plantas sometidas a porcentajes de sombra del 70% y distanciamientos de 10 cm entre planta y surco.

El tallo es corto (1 cm) con hojas soldadas en forma de roseta. Estudios realizados por Santiago Santos (2001) menciona que durante el crecimiento vegetativo el tallo es corto, formando las hojas una roseta cerca del suelo de donde emerge la inflorescencia.

Las raíces son ramificadas y midieron entre 10 y 20 cm de largo. Morales Payán *et al.* (2013) afirman que las raíces son axonomorfas y ramificadas, se extienden generalmente a menos de 31 cm de distancia del tallo, lo cual es similar a lo encontrado en esta investigación.

Considerando las fases fenológicas de la planta, el tamaño de las hojas y la emergencia de las espigas florales, el punto de cosecha para consumo o comercio se alcanzó a los 70 días después de la siembra (Fig. 18). Lo anterior se valida por Morales Payán *et al.* (2013); quienes mencionan, que otros productores prefieren esperar cosechar las hojas cuando aparecen los primeros indicios de la floración, pues a partir de esa etapa la planta acumula muy poco follaje adicional.

4.1.5 Fase de prefloración y floración

La prefloración inició a los 80 días, al observar la emergencia de espigas florales en un 30% de la plantación, a los 100 días un 65% de las plantas presentaron espigas florales lo que define su floración (Fig. 18). Estos resultados coinciden con lo descrito por Morales Payán *et al.* (2013), donde afirman que las plantas comienzan a florecer aproximadamente a los tres meses después de la siembra, siendo más tempranas las plantas que crecen a pleno sol o las que crecen en días largos y cálidos (verano), mientras que son más tardías las que crecen con 60-70% de sombra.

Las flores son de color verde claro a blancas, formando grupos en las puntas del tallo; el cáliz se divide en cinco lóbulos con textura escamosa, la corola tiene cinco pétalos libres, cinco estambres y ovario ínfero. El tamaño del racimo floral es de 1.2 a 1.4 cm de largo y un diámetro de 0.4 a 0.6 cm. Conabio (2009) afirma que las flores son pequeñas, blancas a azules o moradas; el cáliz es un tubo (cubierto por grandes escamas) que hacia el ápice se divide en cinco lóbulos lanceolados a triangulares, de hasta 1 mm de largo; la corola de cinco pétalos libres, elíptico-oblongos, de menos de 1 mm de largo, con el ápice largo y curvado hacia el centro de la flor; cinco estambres; ovario ínfero. Además Morales Payán *et al.* (2013), describen que las flores son pequeñas y blancuzcas, y salen en grupos en las puntas de las ramas del tallo, sobre estructuras en forma de cabezuelas o cilindros de hasta media pulgada (1.3 cm) de largo y 1/5 de pulgada (0.5 cm) de diámetro. Ambas afirmaciones coinciden con lo encontrado en esta investigación.

4.1.6 Madures de semillas

La producción de semilla inició a los 130 días después de la siembra. El tamaño de la semillas fue de 1.5 mm de largo por 1.0 mm de ancho, color café claro. Según estudios realizados por Morales Payán *et al.* (2013), las cabezuelas o conos producen de 80 a 150 semillas cada uno y van madurando en el mismo orden en que fueron apareciendo en la planta. Cuando la semilla está madura (puede germinar) cambia de color verde a marrón, aproximadamente a los 40 días después de que abre la flor. Las semillas maduras permanecen en la planta por unos 15 a 20 días y después empiezan a caer al suelo.

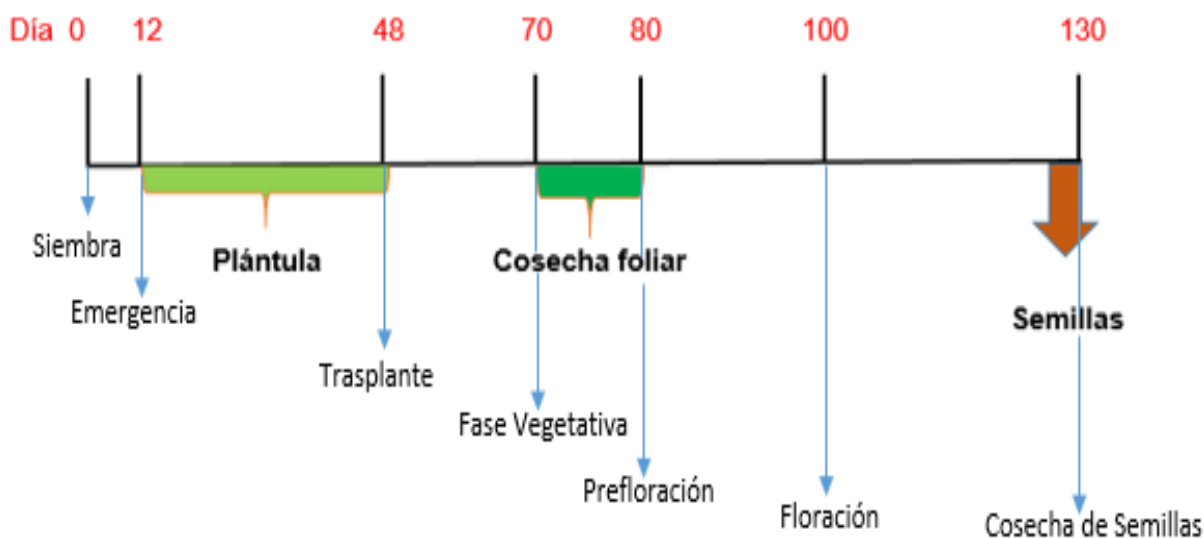


Figura 18. Fases fenológicas y prácticas de manejo de la planta de acapate

4.2 Invertebrados asociados a la planta de acapate (*Eryngium foetidum* L.)

Las características que presentó el acapate a campo abierto fueron favorables en relación a poblaciones de plagas, debido que atrae invertebrados que ayudan a controlar plagas que generan daño a la producción foliar de la planta. Morales Payán *et al.* (2013), afirman que el acapate atrae insectos beneficios que ayudan a reducir las poblaciones de plagas en el cultivo. Cuando no se abusa de insecticidas que reducen las poblaciones de organismos benéficos, pocas plagas son problemáticas. Los invertebrados encontrados fueron los siguientes: cinco especímenes de la clase insecta, un espécimen de la clase arácnida, un espécimen de la clase gastropoda y un espécimen de la clase deuteromycete.

Nombre común: Gusano cortador



Figura 19. *Spodoptera frugiperda*
(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera
Familia: Noctuidae
Género: *Spodoptera*
Especie: *frugiperda*
 (Sosa 2014)

Es una plaga polífaga nativa del hemisferio occidental con amplia distribución geográfica, desde Argentina, Chile, Centro América hasta el sur de Estados Unidos, muy fácil de identificar por su daño y puede calificarse como una plaga que causa mayores pérdidas si no se controla en el momento oportuno. El nombre más común es “gusano cogollero” derivado de su forma de daño más conocida que es en el cogollo de la planta. Su ciclo biológico dura de 35 a 40 días aproximadamente y se divide en cuatro estadios, huevo, larva, pupa y adulto (CNEPC 2015).

Nombre común: oruga cortadora



Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera
Familia: Noctuidae
Género: *Agrotis*
Especie: *malefida*

(INTA *et al.* 2014)

Figura 20. *Agrotis malefida*

(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Los adultos son mariposas de hábito nocturno, poseen alas anteriores grises a marrón oscuro y un disco arriñonado gris o negro. Las hembras pueden ovipositar entre 1300 a 2000 huevos a nivel del suelo protegidos por los rastrojos del cultivo cosechado. Luego de 20 a 30 días eclosionan los huevos y las larvas desarrollan lentamente hasta fines del invierno, época en la que aceleran su desarrollo causando el máximo daño en septiembre, octubre y noviembre (SINAVIMO 2015).

Nombre común: Tortuguilla o doradilla



Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Coleoptera
Familia: Chrysomelidae
Género: *Diabrotica*
Especie: *balteata*

(Bayer 2014)

Figura 21. *Diabrotica balteata*

(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Es probablemente la especie más conocida del orden coleóptera por sus elevadas poblaciones en las plantas cultivadas y vegetación espontánea, tanto en las zonas llanas como en las montañas, el ciclo biológico de *D. balteata*, desde la eclosión de los huevos hasta la emersión de los adultos, se desarrolla entre 56 y 65 días (Méndez 2007).

Nombre común: cigarra



Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Hemiptera
Familia: Cicadellidae
Género: *Agrosoma*
Especie: *placetis*

(Bayer 2014)

Figura 22. *Agrosoma placetis*

(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Su distribución se reporta en México y América Central, ninfa con azul pálido a oscuro y adulto de 8-9 mm de longitud con marcas blancas y negras. Daños en cultivos menores de ciclo corto, donde se refugian y alimentan de las hojas, causando numerosas heridas donde penetran hongos, permitiendo desecación del follaje (CATIE 2004).

Nombre común: trips cinta roja o bandas rojas



Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Thysanoptera
Familia: Thripidae
Género: *Selenothrips*
Especie: *rubrocinctus*

(Esquivel 2009)

Figura 23. *Selenothrips rubrocinctus*

(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Es de pequeño tamaño, entre 1,0 y 1,2 mm, de color marrón oscuro a negro, con bandas circulares en el abdomen es por eso que se le conozca comúnmente, como trips de cinta roja. Los estados inmaduros son de color amarillo, con los primeros segmentos abdominales en rojo, se asocia a hojas dañadas, Se encuentra ampliamente distribuido en los trópicos, América del Sur, África, Asia y el Caribe, Tiene un comportamiento polífago (IIFT 2009).

Nombre común: araña roja o acaro



Tipo: Arachnida
Reino: Animalia
División: Arthropoda
Clase: Arachnida
Orden: Mesostigmata
Familia: Phytoseiidae
Género: *Phytoseiulus*
Especie: *persimilis*

(INTA *et al.* 2014)

Figura 24. *Phytoseiulus persimilis*

(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

El adulto es muy característico por su gran tamaño y movilidad, Presenta un cuerpo en forma de pera, de color rojo brillante y con largas patas, resultando fácilmente distinguible a simple vista, Las larvas y ninfas son de color rojo pálido a claro (Daza, M 2009).

La duración del ciclo biológico depende de la temperatura. A temperaturas de 20°C, los huevos eclosionan a partir de los 3 días, y completan su desarrollo en 10 días. Las hembras pueden poner 50-60 huevos durante toda su vida. Es un depredador exclusivo del género *Tetranychus*, no alimentándose de otros artrópodos, ni de polen, por lo que es necesario la presencia de arañas rojas para su establecimiento en el cultivo. Si hay escasez de presas puede llegar al canibalismo (Daza, M 2009).

Nombre común: caracol o caracolillo

Tipo: Gastropoda
Reino: Animalia
División: Mollusca
Clase: Gastropoda
Orden: Pulmonata
Familia: Succineidae
Género: *Succinea*
Especie: *costaricana*
 (INTA *et al.* 2014)



Figura 25. *Succinea costaricana*
(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

Es terrestre, nocturno, escondiéndose durante el día en lugares oscuros y húmedos. Puede encontrarse completamente en la concha es una especie hermafrodita, se reproduce por huevos y tiene ciclos de vida variable según las condiciones climáticas donde se encuentra, fitófago y dañan la hoja del cultivo al alimentarse. Es fuente potencial de contaminación (MAG 2012).

4.3 Enfermedades asociadas al cultivo de acapate (*Eryngium foetidum* L.)

Para la variable incidencia de enfermedades en el acapate, los resultados obtenidos en este estudio, afirman que la planta presentó tolerancia a patógenos asociados; sin embargo, debido a las condiciones de humedad en que la especie se desarrolla *Cercospora sp* se ve favorecida, aunque su incidencia no fue significativa.

Nombre común: ojo de gallo



Nombre Científico: *Cercospora sp.*
Clase: Deuteromycetes
Orden: Moniliales
Familia: Moniliaceae
Género: *Cercospora*
(INTA *et al.* 2014)

Figura 26. *Cercospora cp.*
(Fotografía tomada por: Rauda Guevara, MR)

El hongo produce grupos de conidióforos sobre el haz de las hojas. Los conidióforos producen conidios alargados, filiformes, en forma de mazo, simples o septados con 0-5 septas transversales con un tamaño de 35-75 x 2.5-5.0 μ . Las conidias del hongo se forman en cuerpos fructíferos llamados esporoquios. Los conidióforos y conidias son hialinos. Estas estructuras reproductivas se forman sobre los tejidos del hospedero (FUNDESYRAM 2012).

4.4 Análisis bromatológico

La planta de acapate presento un 80.91% de Humedad Parcial, 13.52% de Nitrógeno Proteico, 24.30% de Cenizas, 3.89% de Extracto Etéreo, 32.97% de Fibra Cruda y un 25.32% de Carbohidratos (Cuadro 3 y Anexo A- 6).

Cuadro 3. Resultados de Análisis de una muestra de follaje de acapate

Determinación	Nivel
Humedad Parcial %	80.91
Nitrógeno Proteico %	13.52
Ceniza %	24.30
Extracto Etéreo %	3.89
Fibra Cruda %	32.97
Carbohidrato %	25.32

El resultado de Humedad Parcial indica que las hojas de acapate contienen un alto contenido de agua similar a los forrajes verdes. El contenido de Aminoácidos es bajo en comparación a otras plantas, tales como leguminosas y oleaginosas. La cantidad de cenizas que presentó el acapate expresa el contenido de minerales, esto hace que el acapate sea un condimento de importancia en el arte culinario.

El porcentaje de grasa o extracto etéreo en el acapate mantiene niveles inferiores al 5%, siendo saludable para el consumo humano. El porcentaje de fibra cruda y carbohidratos en las hojas de acapate son indicadores de buena digestibilidad, por su contenido de hemicelulosa y lignina. Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de las hojas de acapate difieren con los realizados por Santiago Santos (2001) quien menciona que las hojas

frescas de acapate tienen de 86 a 88% de humedad, 3.3% de proteína, 0.6% de grasa, 6.5% de carbohidratos, 1.7% de cenizas, 0.06% de fósforo y 0.02% de hierro.

Comparando los resultados obtenidos en esta investigación (El Salvador) con los presentados por Santiago Santos (2001) (Puerto Rico), se afirma que las diferencias en los porcentajes en el análisis bromatológico, están influenciados por las condiciones climáticas y prácticas de manejo agronómico de cada uno de los lugares donde se realizaron los estudios.

4.5 Variables agronómicas del acapate

4.5.1 Ancho de hoja

Según los cuadros de análisis de varianza (Cuadros 4, 5 y 6) para la variable ancho de hoja en las mediciones realizadas a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, se observó que existen diferencias altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para bloques, lo que indica que el modelo estadístico contribuyó a controlar los factores de variabilidad según el modelo aditivo. Para el efecto de sombra se encontró que existen diferencias altamente significativas ($Pr \leq 0.01$), es decir, que al menos uno de los niveles del factor sombra se comportó de manera distinta, se puede afirmar que la sombra sí produce un efecto distinto sobre la variable ancho de hoja en el cultivo de acapate.

Para el factor distanciamiento de siembra y la interacción niveles de sombra por distanciamiento de siembra no se manifestaron diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 4. ANVA: ancho de hoja del acapate a los 70 días, después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F	(ah/ 70d)
Bloques	2	1.028	0.514	31.95	0.0002	
Sombra (A)	2	5.693	2.847	228.88	<.0001	
BxS (Error a)	4	0.050	0.012	0.77	0.5723	
Distanciamiento (B)	2	0.324	0.169	5.09	0.0796	
BxD (Error b)	4	0.127	0.032	1.98	0.1911	
AxB (Interacción)	4	0.054	0.013	0.83	0.5407	
Residuo (Error C)	8	0.129	0.016			

Total (ab x r-1)		26	7.405			
						Cua
dro 5. ANVA: ancho de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (ah/90d)						
FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F	
Bloques	2	0.868	0.434	14.75	0.0021	Cua dro 6. AN VA: anc ho de hoj
Sombra (A)	2	14.552	7.276	567.29	<.0001	
BxS (Error a)	4	0.051	0.013	0.44	0.7799	
Distanciamiento (B)	2	0.376	0.188	4.00	0.1113	
BxD (Error b)	4	0.188	0.047	1.60	0.2653	
AxB (Interaccion)	4	0.307	0.077	2.60	0.1161	
Residuo (Error C)	8	0.236	0.029			
Total (ab x r-1)	26	16.578				

a del acapate a los 120 días después de la siembra (ah/120d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	0.212	0.106	1.98	0.2003
Sombra (A)	2	14.492	7.246	211.91	<.0001
BxS (Error a)	4	0.137	0.034	0.64	0.6493
Distanciamiento (B)	2	0.046	0.023	0.57	0.6059
BxD (Error b)	4	0.161	0.040	0.75	0.5844
AxB (Interaccion)	4	0.316	0.079	1.48	0.2960
Residuo (Error C)	8	0.428	0.053		
Total (ab x r-1)	26	15.790			

Prueba de comparación de medias Tukey's para la variable ancho de hoja del acapate a diferentes porcentajes de sombra

Según las pruebas de comparación de medias Tukey's para las mediciones a los 70, 90 y 120 días, el factor niveles de sombra presentó diferencias estadísticas significativas ($Pr = 0.05$) encontrándose que el nivel de sombra al 70% mostró la mayor media (4.68 cm) (Cuadro 7), siendo estadísticamente distinto a los niveles 40% y 0%, los cuales son diferentes entre ellos (Fig. 27).

70 días	90 días	120 días	N	Sombra

Medias (cm)	S.E. (Tukey's)	Medias (cm)	S.E. (Tukey's)	Medias (cm)	S.E. (Tukey's)		
2.67	A	3.87	A	4.68	A	9	70 %
2.13	B	3.13	B	3.89	B	9	40 %
1.54	C	2.08	B	2.89	C	9	0 %

Cuadro 7. Medias tukey's para ancho de hoja del acapate a los 70, 90 y 120 días después la siembra

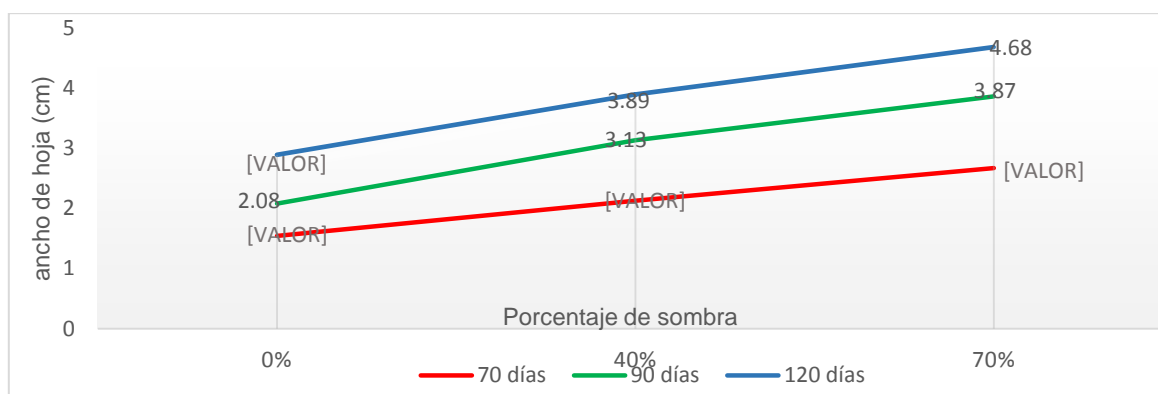


Figura 27. Comportamiento de la variable ancho de hoja del acapate para el factor niveles de sombra

Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta y surco, para la variable ancho de hoja del acapate.

A mayor porcentaje de sombra en relación al distanciamiento entre planta, la variable ancho de hoja del acapate se comportó distinto en las tres mediciones (70, 90 y 120 días después de la siembra). La Figura 28 se observa que la variable ancho de hoja del acapate es directamente proporcional al factor nivel de sombra e inversamente a los distanciamientos de siembra, es decir, en el nivel de 70% y el distanciamiento de 10 cm (T_1) se obtuvieron los mayores valores (2.74 cm, 3.97 cm y 4.77 cm).

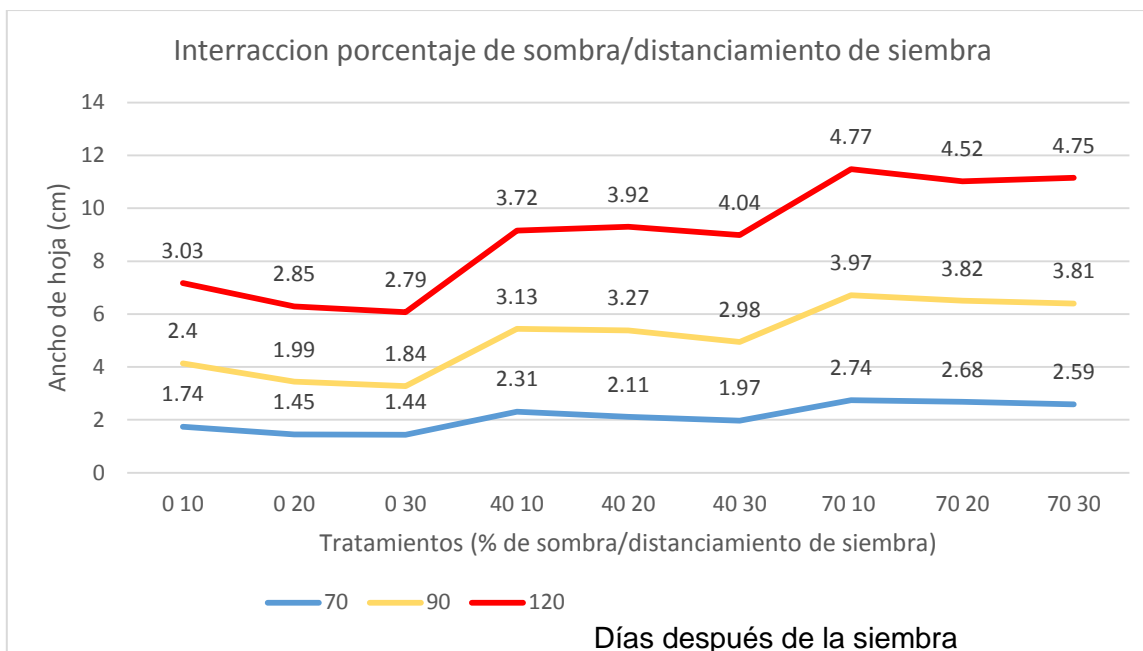


Figura 28. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable ancho de hoja del acapate

Los resultados anteriores demuestran que los niveles de sombra inciden en la manifestación del ancho de hoja del acapate, viéndose favorecida al recibir menos intensidad lumínica; la planta de acapate responde de forma positiva al aumentar el porcentaje de sombra y se ve afectada por intensidad de luz excesiva, debido a la reducción al contenido de clorofila, la tasa de absorción de luz y la tasa de fotosíntesis; además la intensidad de luz en exceso se asocia con el aumento de temperatura de las hojas que a su vez induce a la transpiración y la pérdida de agua rápida, resultados que coinciden con los encontrados por Alvarado (1999) citado por Sosa (2006) quien menciona, que al someter el cultivo a intensidades lumínicas con protección reducidas, este manifiesta hojas más cortas y menos rendimiento de las mismas.

4.5.2 Largo de hoja del acapate

Según los cuadros de análisis de varianza (Cuadros 8, 9 y 10) para la variable largo de hoja del acapate en las tres mediciones realizadas a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, se observó que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para el efecto de bloque, lo que indica que el modelo estadístico contribuyó a controlar los factores de variabilidad según el modelo aditivo.

En las tres mediciones para el efecto de sombra se encontró que existen diferencias altamente significativas ($Pr \leq 0.01$), indicando, que al menos uno de los niveles del factor sombra se comportó de manera distinta, es decir, se puede afirmar que la sombra si produce un efecto distinto sobre la variable largo de hoja en el cultivo de acapate.

Para el factor distanciamiento entre planta y surco a los 70 días después de la siembra, se manifestaron diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$), lo que indica que al menos uno de los niveles del factor distanciamiento entre planta y surco se comportó de manera distinta, es decir, se puede afirmar que el distanciamiento si produce un efecto distinto sobre la variable largo de hoja del acapate (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANVA: largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra (Ih/70d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	8.915	4.458	24.34	0.0004
Sombra (A)	2	83.844	41.922	99.47	0.0004
BxS (Error a)	4	1.686	0.421	2.30	0.1468
Distanciamiento (B)	2	5.444	2.722	8.93	0.0335
BxD (Error b)	4	1.220	0.305	1.66	0.2499
AxB (Interaccion)	4	0.794	0.199	1.08	0.4256
Residuo (Error C)	8	1.465	0.183		
Total (ab x r-1)	26	103.368			

Cuadro 9. ANVA: largo de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (Ih/90d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	13.908	6.954	4.19	0.0570
Sombra (A)	2	192.151	96.076	158.72	0.0002
BxS (Error a)	4	2.421	0.605	0.36	0.8275
Distanciamiento (B)	2	9.328	4.664	4.06	0.1088
BxD (Error b)	4	4.591	1.148	0.69	0.6184
AxB (Interaccion)	4	7.162	1.790	1.08	0.4280
Residuo (Error C)	8	13.287	1.661		
Total (ab x r-1)	26	242.848			

Cuadro 10. ANVA: largo de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (lh/120d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	2.417	1.209	1.06	0.3906
Sombra (A)	2	188.195	94.097	112.22	0.0003
BxS (Error a)	4	3.354	0.838	0.74	0.5933
Distanciamiento (B)	2	0.040	0.020	0.02	0.9802
BxD (Error b)	4	3.986	0.996	0.87	0.5200
AxB (Interaccion)	4	8.889	2.222	1.95	0.1958
Residuo (Error C)	8	9.125	1.141		
Total (ab x r-1)	26	216.005			

Prueba de comparación de medias Tukey's para la variable largo de hoja del acapate a diferentes porcentajes de sombra

Según la prueba de comparación de medias Tukey's para la variable largo de hoja del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, el factor niveles de sombra presentaron diferencias estadísticas significativas ($Pr = 0.05$) encontrándose que el nivel de sombra de 70% fue donde se obtuvo la mayor media (20.08 cm), siendo estadísticamente distinto a los niveles 40% y 0% de sombra, los cuales son diferentes entre ellos. (Cuadro 11 y Fig. 29)

Cuadro 11: medias Tukey's para la variable largo de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (lh/120d)

70 días		90 días		120 días		N	Sombra
Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)		
6.32	A	13.62	A	20.08	A	9	70 %
5.75	A	9.79	B	19.19	A	9	40 %
4.92	B	7.19	B	13.48	B	9	0 %

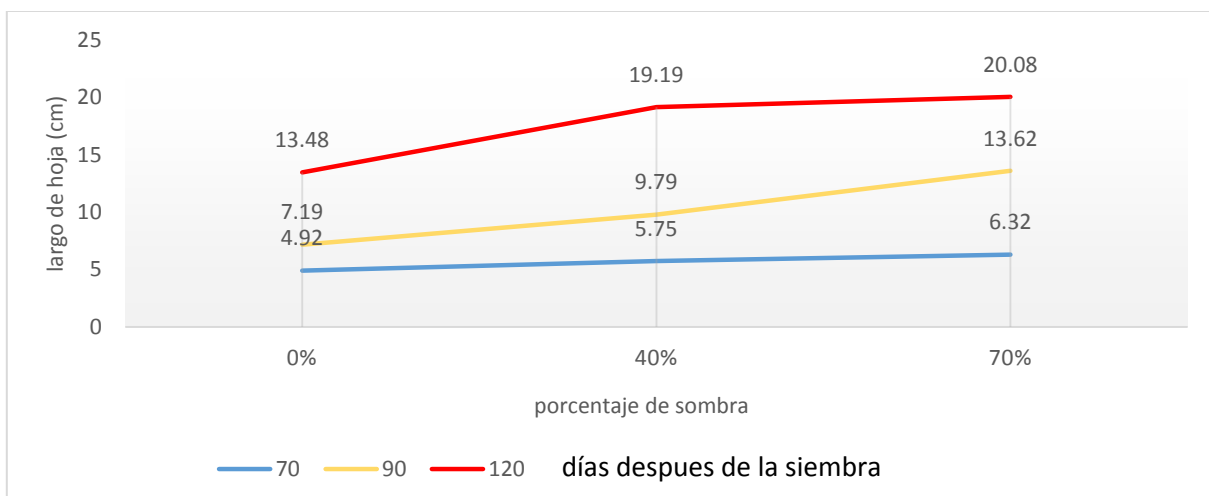


Figura 29. Comportamiento de la variable largo de hoja del acapate para el factor niveles de sombra

Prueba de comparación de medias tukey's para la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra a diferentes distanciamiento entre planta y surco.

Según la prueba de comparación de medias Tukey's para la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra, el factor distanciamientos de siembra presentó diferencia significativas ($Pr = 0.05$) encontrándose que el distanciamiento de siembra de 10 cm entre planta, fue donde se obtuvo la mayor media (6.93 cm), siendo estadísticamente distinto a los distanciamientos de 20 y 30 cm entre planta, los cuales no difieren entre ellos. (Cuadro 12 y Fig. 30)

Cuadro 12. Medias Tukey's para la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra a diferentes distanciamientos de siembra entre planta

Tukey's	Medias (cm)	N	Distanciamientos (cm)
A	6.93	9	10
B	6.33	9	20
B	5.84	9	30

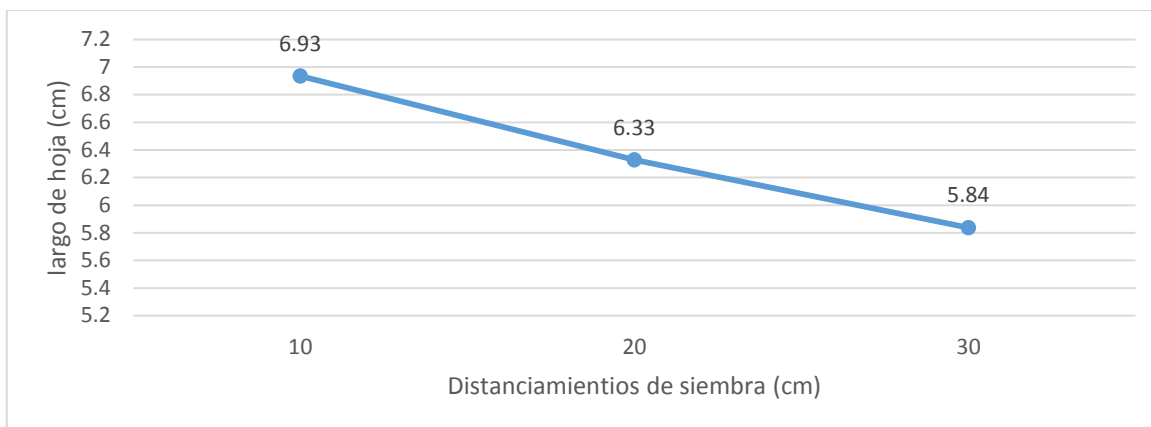


Figura 30. Comportamiento de la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra.

Para la variable largo de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra, a través de las interacciones se observa que el distanciamiento de siembra de 10 cm entre planta, presentó los valores más altos en el nivel de sombra al 70% (T_1); sin embargo, en la interacción 40% de sombra, el distanciamiento de 20 cm entre planta (T_6) mostró la media más alta a los 90 y 120 días después de la siembra (Fig. 31).

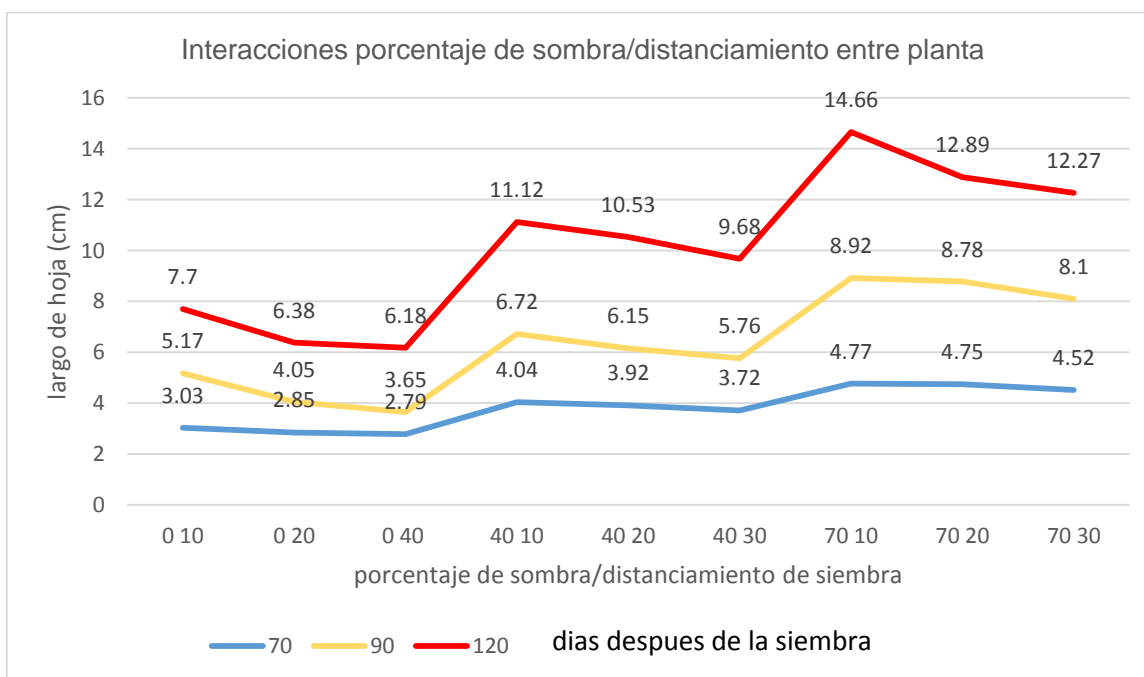


Figura 31. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable largo de hoja del acapate

Los resultados demuestran que los niveles de sombra influyen aumentando el largo de hoja, el acapate presenta características similares a las plantas eciofilas, desarrollando mayor

longitud de hoja al aumentar el porcentaje de sombra. El exceso de luz solar reduce el contenido de clorofila, disminuye la tasa de absorción de luz y la tasa de fotosíntesis. Maximov (1946), menciona que las plantas que toleran la luz se caracterizan por respirar con mayor intensidad, por lo que el punto de compensación es comparativamente alto; las que soportan la sombra, en cambio, se distinguen por una intensidad respiratoria débil y el punto de compensación más bajo.

En esta investigación se observa que, el acapate con distanciamientos entre planta más cortos, presenta mayor longitud de hoja; debido que los meristemas encargados del desarrollo longitudinal de la hoja (apical y el intercalar) responden favorablemente al distanciamiento de 10 cm entre planta. Estudios realizados por Santiago Santos (2001) afirman que entre las distancias entre plantas recomendadas y más utilizadas por los agricultores, se encuentran: 15 cm x 15 cm (15 centímetros entre hilera x 15 centímetros entre plantas), 10 cm x 10 cm, 15 cm x 7 cm y 15 cm x 5 cm. Cabe señalar que al sembrar el acapate a distancias más cortas se pueden sembrar más plantas por cama, pero se obtienen hojas y mazos de tamaños más pequeños.

4.5.3 Número de hojas del acapate

Para la variable número de hojas a los 70 días después de la siembra, en el efecto de bloques, se observó que existen diferencias altamente significativas ($Pr \leq 0.01$), demostrando que el modelo estadístico contribuyó a controlar los factores de variabilidad según el modelo aditivo (Cuadro 13).

Según los cuadros de análisis de varianzas (Cuadros 13), para la variable número de hoja en relación a factor porcentaje de sombra la medición realizada a los 70 días después de la siembra, no se presentaron diferencias estadísticas. En la medición a los 90 días después de la siembra se observó que existen diferencias significativas ($Pr \leq 0.05$) (Cuadro 14) y en la medición a los 120 días después de la siembra, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) (Cuadro 15) Indicando que en estas dos últimas mediciones al menos uno de los niveles de factor sombra se comportó distinto.

Cuadro 13. ANVA: número de hoja del acapate a los 70 días después de la siembra (nh/70d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	5.136	2.568	10.36	0.0060
Sombra (A)	2	8.890	4.445	6.44	0.0562
BxS (Error a)	4	2.761	0.690	2.78	0.1017
Distanciamiento (B)	2	0.516	0.258	0.44	0.6710
BxD (Error b)	4	2.336	0.584	2.35	0.1407
AxB (Interaccion)	4	1.484	0.371	1.50	0.2905
Residuo (Error C)	8	1.984	0.248		
Total (ab x r-1)	26	23.106			

Cuadro 14. ANVA: número de hoja del acapate a los 90 días después de la siembra (nh/90d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	48.050	24.025	3.78	0.0699
Sombra (A)	2	188.297	94.148	14.90	0.0140
BxS (Error a)	4	25.271	6.318	0.99	0.4635
Distanciamiento (B)	2	33.539	16.770	3.26	0.1448
BxD (Error b)	4	20.602	5.150	0.81	0.5523
AxB (Interaccion)	4	12.326	3.082	0.48	0.7472
Residuo (Error C)	8	50.838	6.355		
Total (ab x r-1)	26	378.923			

Cuadro 15. ANVA: número de hoja del acapate a los 120 días después de la siembra (nh/120d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	10.732	5.366	0.74	0.5083
Sombra (A)	2	231.075	115.532	31.18	0.0036
BxS (Error a)	4	14.822	3.705	0.51	0.7313
Distanciamiento (B)	2	33.992	16.996	3.13	0.1518
BxD (Error b)	4	21.700	5.425	0.75	0.5876
AxB (Interaccion)	4	13.791	3.448	0.47	0.7546
Residuo (Error C)	8	58.230	7.279		
Total (ab x r-1)	26	384.332			

Prueba de comparación de medias Tukey's para la variable número de hojas del acapate a diferentes porcentajes de sombra.

Según la prueba de comparación de medias Tukey's para la variable número de hoja del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, el factor niveles de sombra presentó diferencias estadísticas significativas ($Pr = 0.05$) encontrándose que el nivel de sombra de 70% fue donde se obtuvo la mayor media (20.08 cm), siendo estadísticamente distinto a los niveles 40% y 0%, los cuales son diferentes entre ellos. (Cuadro 16 y Fig. 32)

Cuadro 16. Comparación de medias tukey's para la variable número de hojas a los 70, 90 y 120 días

70 días		90 días		120 días		N	Sombra
Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)		
6.32	A	13.62	A	20.08	A	9	70 %
5.75	A	9.79	B	19.19	A	9	40 %
4.92	B	7.19	B	13.48	B	9	0 %

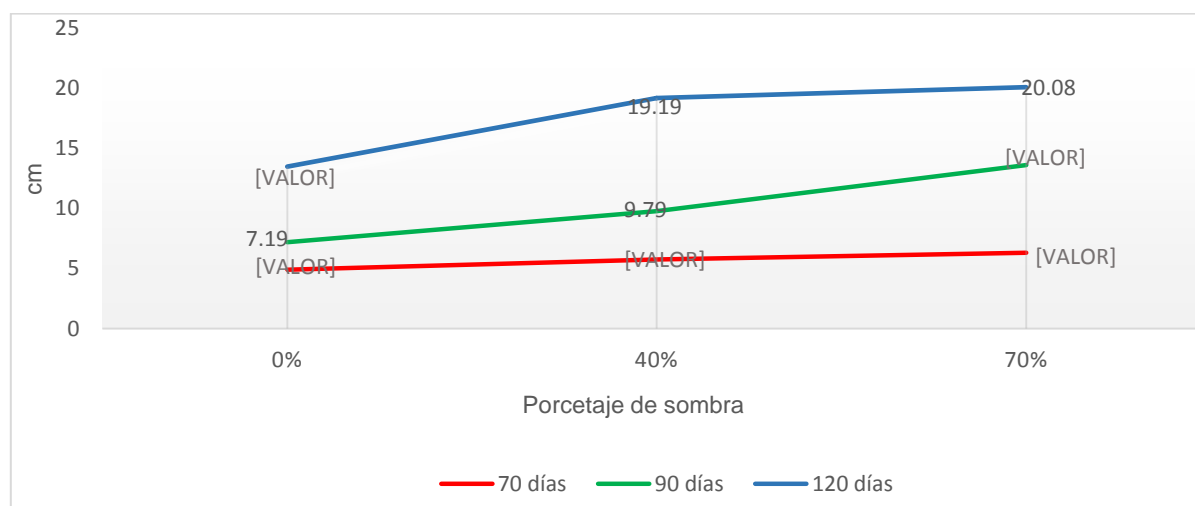


Figura 32. Comportamiento de la variable número de hojas del acapate para el factor niveles de sombra

Para la variable número de hojas del acapate, a través de las interacciones se observó que el distanciamiento de siembra de 20 cm entre planta, presentó el valor más alto en el nivel de sombra 70% (T_4), a los 70 y 120 días después de la siembra. Sin embargo en la interacción

70% de sombra el distanciamiento de 10 cm entre planta (T_1) presentó la mayor media (15.24) (Fig. 33).

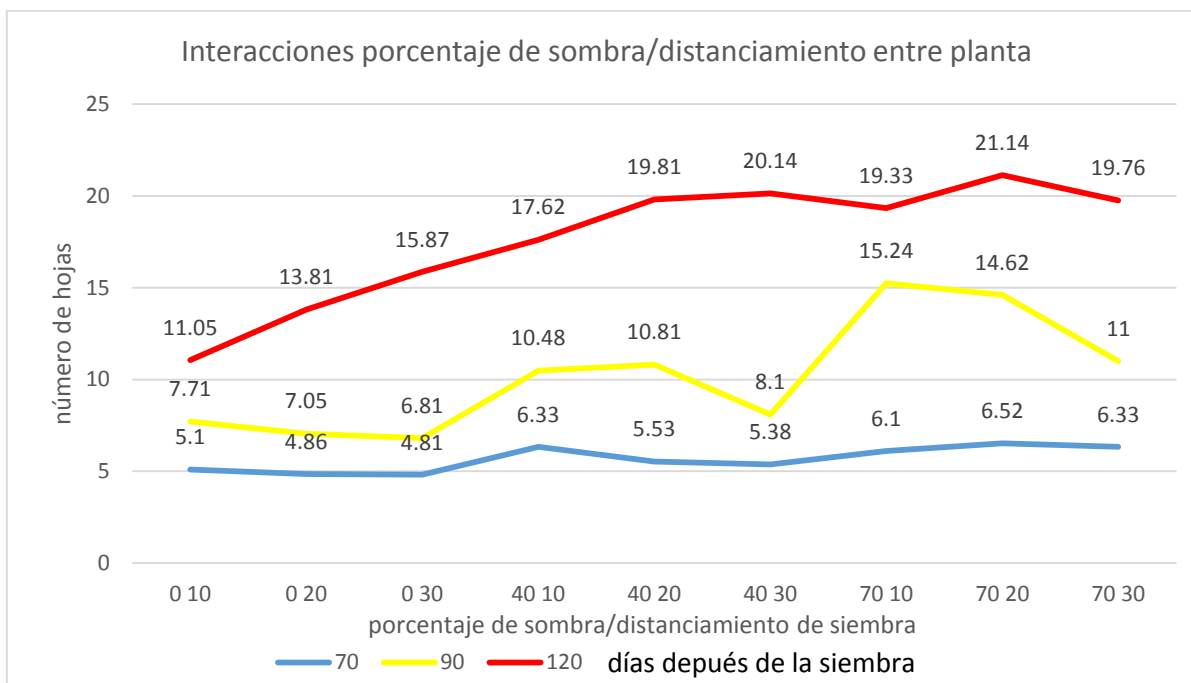


Figura 33. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable número de hojas del acapate

En este estudio se define que, la cosecha del acapate está relacionada con el número de hojas, el cual es el producto para consumo o comercialización, la fenología del cultivo presentó uniformidad en cuanto al número de hojas de la planta, el comportamiento de la variable tuvo influencia por los niveles de sombra, obteniendo diferencias de dos a cuatro hojas más por plantas que las sin protección, las plantas expuestas a menor intensidad lumínica tienen un mejor rendimiento del número de hojas por planta.

En una plantación de interés comercial, esta variación genera un mayor rendimiento lo que significa mayores ingresos. IICA (1964), hace mención que las hojas se forman a partir de los esbozos o primordios florales y tienen por regla general un crecimiento limitado. En la mayoría de las hojas de las dicotiledóneas el crecimiento se efectúa en forma uniforme en toda la lámina.

Las divisiones celulares se detienen tempranamente, y el crecimiento de la hoja de acapate, continúa por la elongación o expansión de las células existentes. Morales Payán *et al.* (2013), afirma que sembrar el acapate, a campo abierto con sombra parcial entre 40% y 70%, aumenta el número de hojas estas presentan un color verde intenso, de mayor ancho de roseta y aroma, retrasándose la floración.

4.5.4 Área foliar del acapate

Para la variable área foliar del acapate a los 70 días después de la siembra, para el efecto de bloques, se observó que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) (Cuadro 17), lo que indica que el modelo estadístico contribuyó a controlar los factores de variabilidad según el modelo aditivo.

Según los cuadros de análisis de varianzas para la variable área foliar del acapate, se observó, que para el efecto de sombra, existen diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) en las mediciones a los 70 y 120 días después de la siembra (Cuadros 17 y 19) y existen diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$) (Cuadro 18) en la medición a los 90 días después de la siembra, lo que indica que al menos uno de los niveles del factor sombra se comportó de manera distinta, es decir que se puede afirmar que la sombra si produce un efecto distinto sobre la variable área foliar del acapate.

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	15107.166	7553.583	26.54	0.0003
Sombra (A)	2	62482.199	31241.099	20.62	0.0078
BxS (Error a)	4	6061.758	1515.440	5.72	0.0217
Distanciamiento (B)	2	2600.080	1300.040	2.13	0.2345
BxD (Error b)	4	2441.462	610.366	2.14	0.1665
AxB (Interaccion)	4	1069.258	267.314	0.94	0.4884
Residuo (Error C)	8	2277.062	284.633		
Total (ab x r-1)	26	92038.985			

Cuadro 17. ANVA: área foliar del acapate a los 70 días después de la siembra (af/70d)

Cuadro 18. ANVA: área foliar del acapate a los 90 días después de la siembra (af/90d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	38197.192	19098.596	0.22	0.8037
Sombra (A)	2	1166464.766	583232.383	38.18	0.025
BxS (Error a)	4	61103.571	15275.893	0.18	0.9426
Distanciamiento (B)	2	55490.489	27745.245	0.39	0.7005
BxD (Error b)	4	284796.727	71199.182	0.84	0.5384
AxB (Interaccion)	4	57016.148	14254.037	0.17	0.9489
Residuo (Error C)	8	680371.406	85046.426		

Total (ab x r-1)	26	2343440.299
-------------------------	----	-------------

Cuadro 19. ANVA: área foliar del acapate a los 120 días después de la siembra (af/120d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	75632.851	37816.425	0.40	0.6800
Sombra (A)	2	3996662.826	1998331.413	25.29	0.0054
BxS (Error a)	4	316020.184	79005.046	0.85	0.5340
Distanciamiento (B)	2	641233.220	320616.610	5.45	0.0721
BxD (Error b)	4	235358.628	58839.657	0.63	0.6549
AxB (Interaccion)	4	316114.319	79028.580	0.85	0.5338
Residuo (Error C)	8	747283.918	93410.490		
Total (ab x r-1)	26	6328305.946			

Prueba de comparación de medias Tukey's para la variable área foliar del acapate a diferentes porcentajes de sombra

Según las pruebas de comparación de medias Tukey's para la variable área foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, el factor niveles de sombra presentó diferencias estadísticas significativas, encontrándose que el nivel de sombra de 70% mostró la mayor media (1314.09 cm²), siendo estadísticamente distintos a los niveles 40% y 0%, los cuales son diferentes estadísticamente entre ellos. (Cuadro 20 y Fig. 34)

Cuadro 20. Comparación de medias tukey's para la variable área foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra

70 días		90 días		120 días		N	Sombra
Medias (cm ²)	S.E (Tukey's)	Medias (cm ²)	S.E (Tukey's)	Medias (cm ²)	S.E (Tukey's)		
151.17	A	613.04	A	1314.09	A	9	70 %
80.29	B	335.98	AB	1038.41	A	9	40 %
34.21	C	104.6	B	395.80	B	9	0 %

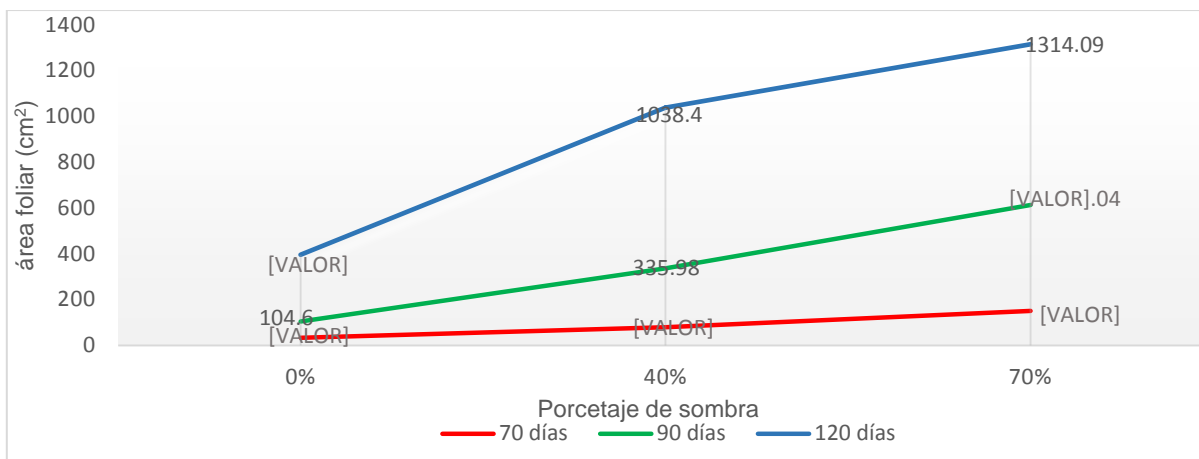


Figura 34. Comportamiento de la variable área foliar de la planta para el factor niveles de sombra

Para la variable área foliar del acapate a los 70 y 90 días después de la siembra, a través de las interacciones, se observa que el distanciamiento de siembra de 20 cm entre planta, presentó el valor más alto (156.70 cm^2) y (721.28 cm^2) en el nivel de sombra 70% (T_4). Y a los 120 días después de la siembra, el distanciamiento de siembra de 30 cm entre planta, mostró el valor más alto (1545.89 cm^2), en el nivel de sombra 70% (T_7). (Fig. 35)

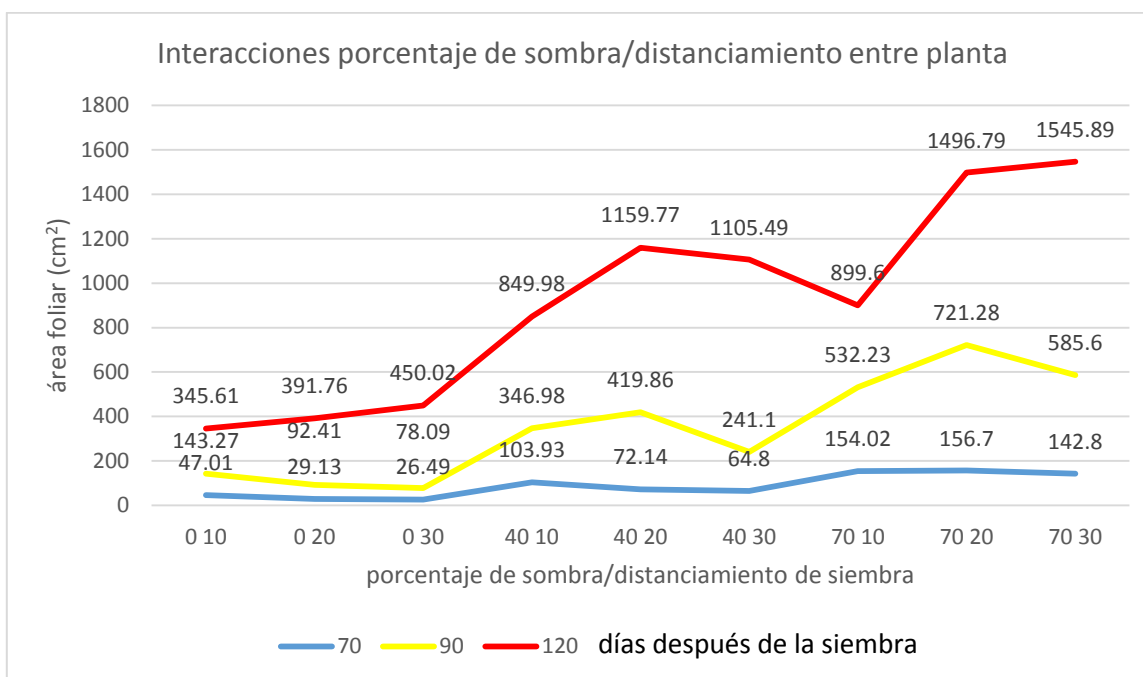


Figura 35. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable área foliar del acapate.

El área foliar (cm^2) del acapate es la cantidad de superficie de hoja que la planta posee, está relacionada al número de hojas y el tamaño de cada una de ellas, esta variable es influenciada directamente por la intensidad lumínica, aumentar el porcentaje de sombra favorece positivamente, es decir, el acapate se comporta como una planta que responde negativamente a intensidades de luz excesivas, disminuyendo la tasa de fotosíntesis al cerrar los estomas como mecanismo de protección al sobrepasar el punto de compensación.

El acapate presenta un mayor área foliar al recibir menor intensidad de luz en relación con plantas que se desarrollan sin sombra. Morales Payán *et al.* (2013), define que la productividad o rendimiento de hojas de acapate es muy variable, dependiendo de las condiciones de clima y manejo del cultivo, incluyendo el nivel de sombra o de luz en que se desarrolla.

Además, la sombra reduce la competencia de malezas, ya que muchas de éstas necesitan más luz que el acapate. Se puede proveer sombra al acapate con mallas de sombreo (sarán) usadas para viveros o con otros materiales como hojas de palmera. La asociación de acapate con otras plantas más altas que le dan sombra, puede ayudar a mejorar la productividad de follaje de esta hierba aromática.

4.5.5 ancho de roseta foliar de la planta de acapate

Para la variable ancho de roseta foliar de la planta del acapate a los 70 días después de la siembra, en el efecto de bloques, se observó que existe diferencia estadística altamente significativa ($Pr \leq 0.01$), y para la medición a los 90 días después de la siembra, existen diferencia estadística significativa ($Pr \leq 0.05$) (Cuadro 21 y 22), lo que indica que el modelo estadístico contribuyó a controlar los factores de variabilidad según el modelo aditivo.

Según los cuadros de análisis de varianzas (Cuadros 21, 22 y 23), para la variable ancho de roseta foliar de la planta del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, existen diferencias altamente significativas ($Pr \leq 0.01$), para el efecto de sombra, lo que indica que al menos uno de los niveles del factor sombra se comportó de manera distinta, es decir que se puede afirmar que la sombra si produce un efecto distinto sobre la variable ancho de roseta foliar de la planta de acapate.

Para el factor distanciamiento entre planta y surco a los 70 días después de la siembra, se encontró que existe diferencia estadística significativa ($Pr \leq 0.05$), lo que indica que al menos

uno de los niveles del factor distanciamiento entre planta y surco se comportó de manera distinta, es decir que se puede afirmar que los distanciamientos entre planta y surco, producen un efecto distinto sobre la variable ancho de roseta foliar de la planta a los 70 días después de la siembra (Cuadro 21).

Cuadro 21. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 70 días después de la siembra (ar/70d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	54.364	27.182	32.57	0.0001
Sombra (A)	2	256.567	128.284	64.90	0.0009
BxS (Error a)	4	7.907	1.977	2.37	0.392
Distanciamiento (B)	2	23.165	11.583	9.83	0.0286
BxD (Error b)	4	4.714	1.179	1.41	0.3134
AxB (Interaccion)	4	4.149	1.037	1.24	0.3665
Residuo (Error C)	8	6.676	0.834		
Total (ab x r-1)	26	357.542			

Cuadro 22. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 90 días después de la siembra (ar/90d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	3.417	1.709	1.23	0.3432
Sombra (A)	2	690.907	345.454	165.60	<0.0001
BxS (Error a)	4	8.344	2.086	1.50	0.2902
Distanciamiento (B)	2	2.441	1.220	0.52	0.6306
BxD (Error b)	4	9.414	2.354	1.69	0.2446
AxB (Interaccion)	4	30.317	7.579	5.44	0.0205
Residuo (Error C)	8	11.148	1.394		
Total (ab x r-1)	26	755.989			

Cuadro 23. ANVA: ancho de roseta foliar del acapate a los 120 días después de la siembra (ar/120d)

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Bloques	2	40.648	20.324	5.30	0.0342
Sombra (A)	2	693.087	346.543	346.65	<0.0001
BxS (Error a)	4	3.999	0.999	0.26	0.8952
Distanciamiento (B)	2	36.515	18.257	3.47	0.1337
BxD (Error b)	4	21.045	5.261	1.37	0.3253
AxB (Interaccion)	4	13.309	3.327	0.87	0.5230
Residuo (Error C)	8	30.685	3.836		
Total (ab x r-1)	26	839.287			

Prueba de comparación de medias Tukey's para la variable ancho de roseta foliar del acapate a diferentes porcentajes de sombra.

Según la prueba de comparación de medias Tukey's para la variable ancho de roseta foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra, el factor nivel de sombra presentó diferencias estadísticas significativas, encontrándose que el nivel de sombra de 70% mostró la mayor media (31.63 cm), siendo estadísticamente distintos a los niveles 40% y 0%, los cuales son diferentes estadísticamente significativos entre ellos. (Cuadro 24 y Fig. 36)

Cuadro 24. Comparación de medias tukey's para la variable ancho de roseta foliar del acapate a los 70, 90 y 120 días después de la siembra.

70 días		90 días		120 días		N	Sombra
Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)	Medias (cm)	S.E (Tukey's)		
16.06	A	25.09	A	31.63	A	9	70 %
11.94	B	20.48	B	26.73	B	9	40 %
8.52	B	13.84	C	19.80	C	9	0 %

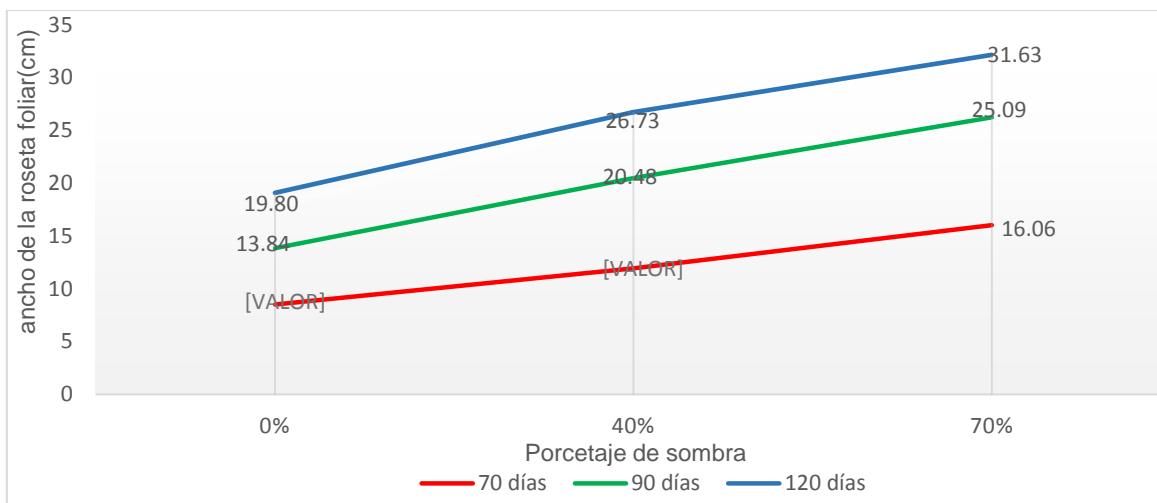


Figura 36. Comportamiento de la variable ancho de roseta foliar del acapate para el factor niveles de sombra.

Para la variable ancho de roseta foliar del acapate a los 70 días después de la siembra, a través de las interacciones se observó, que el distanciamiento de siembra de 20 cm entre planta presentó el valor más alto (16.78 cm) en el nivel de sombra 70% (T₄). En las mediciones a los 90 y 120 días el distanciamiento de siembra de 30 cm entre planta, mostró el valor más alto (25.58 cm y 32.76 cm) en los niveles de sombra 70% (T₁). (Fig. 37)

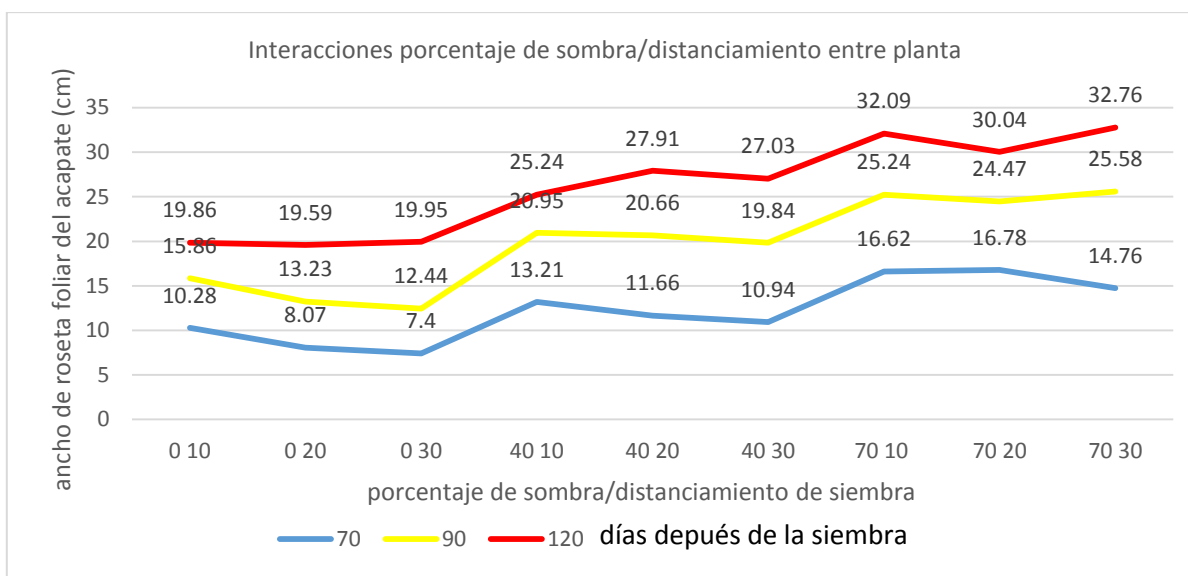


Figura 37. Interacciones porcentaje de sombra y distanciamiento entre planta para la variable ancho de roseta foliar del acapate.

El ancho de roseta foliar es la medida de la planta que se obtiene transversalmente, tomando referencia el largo de sus hojas, el acapate tiene un mejor desarrollo bajo el nivel de sombra de 70%, se afirma que esta especie se incluye al grupo de plantas que realizan diferentes

procesos fisiológicos (fotosíntesis, respiración y transpiración) con reducidas cantidades de luz.

El acapate al recibir cantidades de luz que sobre pasan su punto de compensación, se ve claramente afectada en su desarrollo según los resultados de esta investigación. Maximov (1946), menciona que aparte del efecto térmico directo, la luz influye asimismo indirectamente sobre la transpiración, favorece la apertura de estomas y aumenta la permeabilidad protoplasmática de las células donde se produce la evaporación con respecto al agua, circunstancias ambas de coadyuvan a la perdida de esta última.

En este estudio las plantas con distanciamiento entre planta de 30 cm y nivel de sombra de 70% a los 120 días después de la siembra, presentan mayor ancho de roseta de planta para lograr una mayor captación de luz solar. Al aumentar la densidad de siembra, las plantas generan competencias por espacio, luz, agua, nutrientes y otros recursos, lo que provoca el aumento de la lámina foliar. Academic (2009) menciona que el proceso de autopoda se da cuando, dentro de un área limitada, las plantas comienzan pequeñas y abundantes, a medida que crecen se hacen menos abundante y la biomasa promedio por planta aumenta.

4.6 Descriptor de la planta de acapate



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**GUÍA DE DESCRIPTORES LA PLANTA DE ACAPATE
(*Eryngium foetidum* L.) EL SALVADOR**

**Iván Wilfredo Callejas
Ricardo Alexy Cerritos Callejas
Marcos Raúl Rauda Guevara**

ASESORES:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

Docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador

Ing. Agr. M.S.C JOSÉ MIGUEL SERMEÑO

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad de Ciencias
Agronómicas

Ing. Agr. Juan Antonio Carranza Alfaro y Sr. Cristian Armando Navarrete.

Técnicos de Campo en la Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñonez
(ENA)

Esta publicación es producto de la caracterización morfoagronómica del acapate, realizado en el Municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad, El Salvador (2015).

Haz de la Hoja.



	Grande	Mediana	Pequeña
Largo	15 cm	8 cm	4 cm
Ancho	3.5 cm	2 cm	1.3 cm
Código	PANTONE 370	PANTONE 370	PANTONE 370
Color	Verde intenso	Verde	Verde claro

Envés de la hoja.



	Grande	Mediana	Pequeña
Largo	17 cm	8 cm	4 cm
Ancho	4.5 cm	3 cm	2.0 cm
Código	PANTONE 370	PANTONE 370	PANTONE 370
Color	Verde intenso	Verde intenso	Verde intenso

Tallo.



Ancho	1.cm
Código	PANTONE 365
Color	Blanco
Característica	Macollamiento

Raíz



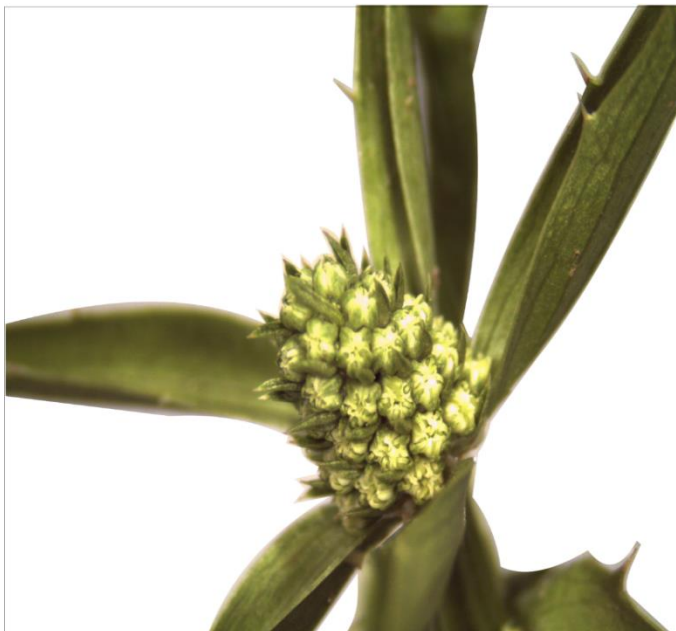
Largo	14 cm
Código	PANTONE 427
Color	Blanco
Característica	Carnosa

Espiga floral



Largo	20 cm
Ancho del tallo	1 cm
Código	PANTONE 370
Color	Verde intenso

Racimo floral



Largo	1.3 cm
Ancho	0.6 cm
Código	PANTONE 374
Color	Blanco
Forma	Espiguilla

Flor



Largo	0.3 mm
Ancho	0.1 mm
Código	PANTONE 374
Color	Blanco

Semilla



Largo	1.5 mm
Ancho	0.6 mm
Código	PANTONE 471
Color	Marrón
Tipo	dicotiledónea

Desarrollo a los 19 días



Largo	2.5 cm
Código	PANTONE 361
Color	Verde claro

Desarrollo a los 30 días



Largo	3.5 cm
Código	PANTONE 361
Color	Verde claro

Desarrollo a los 37 días.



Largo	5 cm
Código	PANTONE 361
Color	Verde

Desarrollo a los 45 días



Largo	9 cm
Código	PANTONE 361
Color	Verde intenso
Característica	Lista para trasplante.

Desarrollo a los 52 días.



Largo	13 cm
Código	PANTONE 361
Color	Verde intenso

Desarrollo a los 60 días.



Largo	19 cm
Código	PANTONE 347
Color	Verde intenso

Desarrollo a los 70 días



Largo	29 cm
Código	PANTONE 347
Color	Verde intenso
Característica	Cosecha foliar

Disposición de planta en el terreno.



Altura	35 cm
Código	PANTONE 347
Color	Verde intenso
Características	Días 90(prefloración)

Nota: Los datos anteriores representan la media obtenida de 10 muestras de cada parte de la planta de acapate.

5. CONCLUSIONES

La caracterización morfoagronómica del acapate, presentó las fases fenológicas siguientes y prácticas de manejo del cultivo, con su duración en términos de tiempo: siembra el día 0, emergencia a los 12 días, plántula y trasplante del día 13 al día 48, fase vegetativa del día 49 al día 70, cosecha foliar y prefloración del día 71 al día 80, floración del día 81 al día 100, cosecha de semillas del día 101 al día 130.

Eryngium foetidum L. debe cultivarse bajo condiciones de 70 % de sombra, presentando mejor desarrollo vegetativo (ancho, largo, número de hojas, diámetro de planta y área foliar), es decir que las variables en estudio se comportaron directamente proporcional al factor sombra; presentando mayor producción para su comercialización o consumo.

El distanciamiento entre planta y surco no influyó en el desarrollo de la planta; las parcelas que presentaron la mayor producción vegetativa fueron a distanciamientos de 10 cm entre planta y surco, debido a que existían mayor número de plantas por área.

El análisis de la interacción de los factores porcentajes de sombra y distanciamientos entre planta y surco de siembra, mostraron que los tratamientos con mejores resultados fueron: T₁ (70 + 10cm), T₄ (70 + 20cm) y T₇ (70 + 30cm), esto afirma que el nivel de sombra de 70% es el mejor en cualquiera de los distanciamientos de siembra.

Durante el desarrollo del cultivo de acapate (*Eryngium foetidum* L.), los invertebrados encontrados fueron los siguientes: clase insecta (*Spodoptera frugiperda*, *Agrotis malefida*, *Diabrotica balteata*, *Agrosoma placetis*, *Selenothrips rubrocinctus*), clase arácnida (*Phytoseiulus persimilis*), clase gastropoda (*Succinea costaricana*) clase deuteromycete (*Cercospora* sp.)

6. RECOMENDACIONES

Para obtener mejores resultados en la germinación, se deben elaborar semilleros, utilizando sustrato comercial o elaborado, no se recomienda utilizar arena ni suelos con poca retención de humedad.

Realizar futuras investigaciones evaluando porcentajes de sombra arriba de 70 % y distanciamientos de siembra menores a 10 cm.

Se recomienda realizar el trasplante en horas frescas (5:00 am a 9:00 am) y humedecer el terreno un día antes, aplicando riego por goteo durante 8 horas.

Es necesario evaluar diferentes dosis de fertilización y efectividad de productos químicos controladores de plantas arvenses.

Es importante realizar un estudio económico del cultivo para determinar su rentabilidad.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería del El Salvador, debe incluir el acapate en los programas nacionales de huertos caseros y agricultura familiar.

Se recomienda evaluar el desarrollo del cultivo de acapate bajo condiciones hidropónicas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abadía, T; Barreta, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. (en línea). Uruguay, PROCISUR. Consultado 30 set. 2015. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~fitotecnia/docencia/materiales%20a%20de%20apoyo/Caracterizacion_y_Evaluacion_de_Recursos_Fitogeneticos.pdf.

Academic. uprm. edu, PR. 2009. Competencia y el nicho de las plantas (en línea). Mayagüez, PR. Consultado 23 oct. 2015. Disponible en <http://academic.uprm.edu/~jchinea/cursos/ecolplt/comp12.pdf>

Bayer CropScience. 2014. Centro America y el Caribe. Problemas biológicos. (en línea). Ciudad de Guatemala, GT. Consultado: 30 de Oct. 2015. Disponible en http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=241&cod_afleccion=78

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. (En línea). Guácimo CR. Consultado 16 dic 2015. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=TvW4euvjBwC&pg=PA203&lpg=PA203&dq=Agrosoma+ciclo+de+vida&source=bl&ots=o1EUfDIX-N&sig=ASJZQfSYgrnwjo2grnfzIOaNjUg&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjy8jhoL7KAhUJgYMKHV98DZ0Q6AEIGjAA#v=onepage&q=Agrosoma%20ciclo%20de%20vida&f=false>

CARRILLO TURCIOS, OM. 2015. MANUAL DE LABORATORIO DE BIOQUIMICA. (Documento Electronico) Universidad de El Salvador, San Salvador, SV. 68 p. USB.

CNEPC (Consejo Nacional para el Entendimiento Público de la Ciencia). 2015. Revista de Educación y Divulgación Científica y Tecnología. Spodoptera Frugiperda: Una plaga que esta Coevolucionando (en línea). Tamaulipas, MX. Consultado 1 de dic. 2015. Disponible en <http://www.comprendamos.org/alephzero/63/spodopterafrugi.html>.

Conabio. 2009. Malezas de México (en línea). México. Consultado 30 septiembre 2015. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/apiaceae/eryngium-foetidum/fichas/ficha.htm>.

Daza, M. 2009. Criterios para la Producción de *Phytoseiulus persimilis* (Parasitiformes: phytoseiidae) bajo Condiciones de Invernadero. (en línea). Bogotá. CO. Consultado 23 dic 2015. Disponible en <http://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/9225/14622>

Esquivel, R. 2009. El Trips de la Banda Roja, *Selenothrips rubricinctus* Giard, plaga importante. (En línea). Panamá, PA. Consultado 20 de dic del 2015. Disponible en: <http://agrocienca-panama.blogspot.com/2009/01/el-trips-de-la-banda-roja-selenothrips.html>

Fuentes, VR. Rodríguez, NN. Rodríguez CA. 1996. LA GERMINACION DEL CULANTRO (*Eryngium foetidum* L.) (En línea). La Habana, CU. Plant Med. Consultado 01 de oct. 2015. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v1n2/pla09296.pdf>.

FUNDESYRAM (Fundacion para el Desarrollo Socio Economico y Restauracion Ambiental). 2012. Manejo de Cultivos. Manchas foliares por *Cercospora* sp en el cultivo de Loroco. (En línea). San Salvador. SV. Consultado: 30 de Oct. 2015. Disponible en <http://www.fundesyrarn.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=1737>

IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de los Estados Americanos. 1964. Manual de Laboratorio de Fisiología Vegetal. Crecimiento y Reguladores de Crecimiento. Turrialba CR. Editorial SIC. 165 p. (Textos y Materiales de Enseñanza n° 14).

INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria)/MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería)/Sector Agro Alimentario/ Servicio Fitosanitario del Estado/INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad)/IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2014. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de Culantro Coyote: 1- 48p.

IPGRI (International Plant Genetic Resources, IT). 2000. Descriptores para los cítricos *Citrus* spp. Roma, IT. IPGRI. 66 p.

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical). 2009. Nocividad producida por *Selenothrips rubrocinctus* Giard (Thysanoptera: Thripidae) en frutales bajo tecnología de fincas integrales (en línea). La Habana, CU. Consultado 23 dic. 2015. Disponible en http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifrut/Citrus%201%202009/RC_A9_26_1_2009.pdf

López Bautista, EA. 2008. Diseño y Analisis de Experimentos: fundamentos y aplicaciones en agronomía. Ed. Rev. San Carlos, GT, s.e. p. 126-131.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2012. Guía técnica para la inspección fitosanitaria de material propagativo de Schefflera spp., Codiaeum spp., Dracaena spp. y Cordyline spp. (en línea). San José, CR. Consultado 26 dic. 2015. Disponible en https://www.sfe.go.cr/documentos/guias%20tecnicas/CF19_GT_para_inspeccion_fitosanitaria_a_material_propagativo_Schefflera_y_otros.pdf

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería SV). 2015. Centro de Meteorología e hidrología. (en línea). Colonia Maquilishuat, San Salvador, SV. Consultado 18 mar. 2015. Disponible en <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/2011/bocashi.pdf>

Maximov, NA. 1946. Fisiología Vegetal. Trad. AT Hunziker. 2, ed. Buenos Aires, AR. ACME.434 p.

Méndez, A. 2007. Aspectos Bioetológicos de Diabrotica Balteata leconte (coleoptera chrysomelidae) en el Cultivo del Frijol en la zona norte de la Provincia de las Tunas, Cuba. Facultad de Ciencias Agrícolas, Centro Universitario de Las Tunas (en línea). Las Tunas, CU. Consultado 10 dic 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209116154002.pdf>

Morales Payan, JP; Brunner, B; Flores, L; Martínez, S. 2013. Culantro Orgánico: Proyecto de Agricultura Orgánica. Lajas, PR. 11 p.

Ramcharan, C. 1999. Culantro: Una gran parte utilizada, hierva poco conocida. Perspectivas sobre nuevos cultivos y nuevos usos. (En línea). Alexandria, VA. Consultado 24 abril 2014. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-506.html>

Santiago Santos, LR. 2001. La producción de recaó o culantro (Eryngium foetidum L.) en Puerto Rico. (En línea). Publicación 162. Río Piedras, PR. Consultado 19 abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://openpublic.eea.uprm.edu/sites/default/files/documents/files/Technological%20Package%20-%20Coriander.pdf>

Sosa, M. 2014. Daño por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). (En línea). Santa Fe, AR. Consultado 22 de dic del 2015. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-061.pdf>

Sosa, EE. 2006. Evaluación de la producción de culantro coyote (*Eryngium foetidum* L.) en tres ambientes diferentes y dos tipos de fertilización en la zona Atlántica de Costa Rica. tesis Lic. Ing. Agr. Guácimo, Limón, CR. Universidad Earth. 55 p.

SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas). 2015. *Agrotis malefida* (En línea). Buenos Aires. AR. Consultado 29 de nov. 2015. Disponible en <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/agrotis-malefida>.

WorldCrops. 2004. Culantro *Eryngium foetidum* (en línea). Estados Unidos. Consultado 24 abril 2014. Disponible en <http://www.worldcrops.org/crops/Culantro.cfm#>

8. ANEXOS

Sombra/ Distanciamiento	Medición 70 días			Medición 90 días			Medición 120 días		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
0%	1.74	1.45	1.44	2.40	1.99	1.84	3.03	2.85	2.79
40%	2.31	2.11	1.97	3.13	3.27	2.98	3.72	3.92	4.04
70%	2.74	2.68	2.59	3.97	3.81	3.81	4.77	4.52	4.75

Cuadro A-1. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en ancho de hoja

Cuadro A-2. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en largo de hoja

Sombra/ Distanciamiento	Medición 70 días			Medición 90 días			Medición 120 días		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
0%	5.17	4.05	3.65	7.70	6.38	6.18	10.25	9.69	9.78
40%	6.72	6.15	5.76	10.53	11.12	9.68	12.64	14.45	13.59
70%	8.92	8.78	8.10	14.66	12.27	12.89	17.09	15.57	16.41

Cuadro A-3. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en número de hojas

Sombra/ Distanciamiento	Medición 70 días			Medición 90 días			Medición 120 días		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
0%	5.10	4.86	4.81	7.71	7.05	6.81	11.05	13.81	15.57
40%	6.33	5.53	5.38	10.48	10.81	8.10	17.62	19.82	20.14
70%	6.10	6.52	6.33	15.24	14.62	11.00	19.33	21.14	19.76


Cuadro A-4. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en área foliar

Sombra/ Distanciamiento	70 días			90 días			120 días		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
0%	47.11	29.13	26.49	143.27	92.41	78.09	345.61	391.76	450.02
40%	103.93	72.14	64.80	346.98	419.86	241.10	849.98	1159.77	1105.49
70%	154.01	156.70	142.80	532.23	721.28	585.60	899.60	1496.79	1545.89

Cuadro A-5. Interacción sombra/distanciamiento de siembra en diámetro de la planta

Sombra/ Distanciamiento	Medición 70 días			Medición 90 días			Medición 120 días		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
0%	10.08	8.07	7.40	15.86	13.23	12.44	19.86	19.59	19.95
40%	13.21	11.66	10.94	20.95	20.66	19.84	25.24	27.91	27.03
70%	16.62	16.78	14.76	28.68	24.47	25.58	33.68	30.04	32.76

Figura A-6. Analisis Bromatologico de *Eryngium foetidum*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**

RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: Ciudad Universitaria, 08 de octubre de 2015.

Usuario: Brs.: Ivan Wilfredo Callejas
Ricardo Alexis Cerritos Callejas
Marcos Raúl Rauda Guevara

Fecha de ingreso: 18 / agosto / 2015

Tipo de Muestra: Muestras de Acapate

Procedencia: ENA - Ciudad Arce, La Libertad.

Número de Muestra: Mx. 197

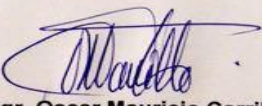

Análisis solicitado: Bromatológico

DETERMINACIÓN	Muestra de Acapate
Humedad Parcial %	80.91
Nitrógeno Proteico %	13.52
Cenizas %	24.30
Extracto Etereo %	3.89
Fibra Cruda	32.97
Carbohidratos %	25.32

Analistas: Lic. Lorena Bonilla de Torres
Lic. Freddy Alexander
Br. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turiso
Jefe del Departamento de Química Agrícola

Final 25 Av. Norte, Ciudad Universitaria. Tel.: 2225-1506 y 2226-2043