

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**INFLUENCIA DE DOS AMBIENTES EN EL VALOR NUTRIMENTAL DE SEIS
GENOTIPOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

PRESENTA:

M.C. KIRENIA RAQUEL RODRÍGUEZ VALLE

General Escobedo, N.L.

Mayo del 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**INFLUENCIA DE DOS AMBIENTES EN EL VALOR NUTRIMENTAL DE SEIS
GENOTIPOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

PRESENTA:

M.C. KIRENIA RAQUEL RODRÍGUEZ VALLE

General Escobedo, N.L.

Mayo del 2023

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

COMITÉ PARTICULAR

Dr. José Elías Treviño Ramírez
Director de Tesis

PhD. Francisco Zavala García
Co-Director

PhD. Emilio Olivares Sáenz
Asesor

PhD. Rigoberto E. Vázquez Alvarado
Asesor

Dr. Guillermo Niño Medina
Asesor

Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz
Asesora

Dr. Gilberto Rodríguez Pérez
Asesor Externo

Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto
Subdirectora de Posgrado

DEDICATORIA

A Dios, creador y sustentador de todas las cosas, por permitirme concluir mis estudios profesionales.

A mi padre y mi hermano que desde el cielo me protegen y me dan la fuerza necesaria para continuar.

A mi hijo mi más grande amor y mi madre por su incondicional apoyo durante esta etapa de mi vida.

A mis compañeros de generación y maestros por todos los momentos vividos en el aula de clase.

A todos los que han aportado un granito de arena para que esta investigación tan preciada haya logrado cumplir el objetivo final ser Dra. en Ciencias Agrícolas

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los Doctores en Ciencias, el Dr. José Elías Treviño Ramírez por su apoyo incondicional como Director de Tesis, por su apoyo para adquirir todos los conocimientos necesarios para mi realización como Doctora en Ciencias, a mi Codirector el Dr. Francisco Zavala García, al Dr. Rigoberto E. Vázquez Alvarado por enseñarme, guiarme y aconsejarme en el transcurso de mis estudios, al Dr. Emilio Olivares Sáenz, al Dr. Guillermo Niño Medina, a la Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz, Dr. Gilberto Rodríguez Pérez en la revisión del presente trabajo, que siempre estuvieron dispuestos para que el trabajo de investigación pudiera ser realizado, atentos a cualquier aclaración que necesité en el momento adecuado, a todos mis maestros que estuvieron en cada momento en el transcurso de mis estudios, por sus valiosas sugerencias y enseñanzas en cada momento.

Al personal de la Jefatura de Campo Experimental de Marín, N. L. de la FAUANL y al Laboratorio de Suelos, por brindarme todas las facilidades necesarias para concluir este trabajo.

A la Subdirección de Posgrado e Investigación de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Nuevo León, por su aceptación para cursar el Doctorado en Ciencias Agrícolas, la Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto Subdirectora de Posgrado e Investigación, a la Licenciada Blanca Idolisa Contreras Cantú por ser una guía para todo nuestro proceso y ejecución correcta de toda nuestra trayectoria a través de los tres años, muy sugerente y activa aconsejándonos siempre como continuar cada semestre.

Al Gobierno de México y al CONACYT por el apoyo financiero para lograr mi objetivo como profesional e investigador logrando obtener resultados de investigación económicamente viables y ecológicamente factibles. A la Empresa Anzu Genética Seeds, en particular al Lic. José Alberto Anzaldúa Zúñiga y al Ing. Miguel Ángel Sánchez García por proporcionar las semillas certificadas para ser evaluadas en la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xx
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	6
1.2. Objetivo general	6
1.3 Objetivos específicos	6
2 REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Adaptación del girasol a condiciones ecológicas	8
2.1.1 Temperatura	8
2.1.2 Precipitación	9
2.1.3 Horas Luz	9
2.1.4 Intensidad Lumínica.....	10
2.2 Variedades de Girasol	11
2.2.1 Girasol confitería.....	11
2.2.2 Girasol oleaginoso	12
2.2.3 Características de las oleaginosas en relación con el rendimiento del grano y la calidad nutricional.....	12
2.2.4 Número de granos	14
2.2.5 Peso del grano.....	14
2.2.6 Características nutricionales medibles en la almendra	15
2.2.7 Características de la importancia nutricional del aceite extraído de la almendra.....	16
2.2.8 Tiempo de cosecha.....	17
2.2.9 Composición nutracéutica de la semilla de girasol	17
2.2.9.1 Compuestos fenólicos.....	18
2.2.9.1.1 Estructura química del fenol.....	20
2.2.9.1.2. Síntesis de compuestos fenólicos.....	21
2.2.9.2 Fenoles totales (Folin-Ciocalteu)	22
2.2.9.3 Flavonoides totales.....	23
2.2.9.4 Contenido de taninos condensados.....	23
2.2.9.5 Ensayo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).....	24
2.2.9.6 Ensayo ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato).....	24
2.2.9.7 Ensayo FRAP (poder reductor antioxidante férrico).....	25

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Ubicación de las parcelas experimentales.....	28
3.2 Material Genético.....	28
3.3 Prueba de germinación.....	31
3.4 Labores Realizadas en la Preparación de Suelo	32
3.5 Variables Agronómicas a Medir en los dos Ciclos del Cultivo.....	37
3.5.1 Altura de la planta (AP) (m)	37
3.5.2 Número de hojas por planta (NHP).....	37
3.5.3 Largo de hoja (cm)	38
3.5.4 Ancho de hoja (cm).....	38
3.5.5 Días a floración (días).....	39
3.5.6 Días a madurez fisiológica (días).....	40
3.5.7 Diámetro del capítulo (cm)	40
3.5.8 Peso del capítulo (g)	40
3.5.9 Número de semillas por capítulo.....	41
3.5.10 Peso de 100 semillas de cada capítulo (g)	41
3.5.11 Longitud de la semilla (cm)	42
3.5.12 Ancho de la semilla (cm).....	42
3.5.13 Porcentaje de humedad de la semilla (%)	43
3.5.14 Rendimiento de la semilla (t ha ⁻¹)	43
3.5.15 Comportamiento de la precipitación y la temperatura promedio mensual para los dos ciclos de cultivo (ciclo tardío 2018, ciclo temprano 2019, Marín, N. L).....	44
3.6 Análisis de calidad de semilla.....	45
3.7. Componentes de la semilla	45
3. 7.1 Extractos fenólicos.....	45
3.7. 2 Contenido total de flavonoides.....	46
3.7.3 Contenido de taninos condensados.....	46
3.7.4 Capacidad antioxidante	47
3. 7. 4. 1 Ensayo DPPH (2,2 difenil -1-picrilhidrazilo)	47
3. 7. 4. 2 Ensayo ABTS (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico).....	47
3. 7. 4. 3 Ensayo FRAP (poder reductor antioxidante férrico).....	47
3.8 Análisis estadístico	48
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Análisis de agua y suelo del experimento	50
4. 1.1 Calidad del agua de riego para los dos ciclos del cultivo	50
4.1.2 Análisis de suelo para los dos ciclos del cultivo.....	51
4.2 Prueba de germinación.....	53

4. 3 Resultados de las variables agronómicas obtenidas en el cultivo (ciclo tardío agosto diciembre 2018)	54
4. 3. 1 Altura de la planta (AP, m)	54
4. 3. 2 Número de hojas por plantas (NHP)	55
4. 3. 3 Largo de hoja (cm)	55
4.3. 4 Ancho de hoja (cm)	56
4. 3. 5 Días a floración y madurez fisiológica (días).....	57
4. 3. 6 Diámetro del capítulo (cm)	58
4. 3. 7 Peso del capítulo (g)	60
4. 3. 8 Número de semillas por capítulo(g)	60
4. 3. 9 Peso de 100 semillas (g)	61
4. 3.10 Longitud de la semilla (cm)	62
4. 3. 11 Ancho de la semilla (cm).....	63
4. 3.12 Peso total de la semilla por capítulo (g)	64
4. 3.13 Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	66
4. 4 Resultados de variables agronómicas obtenidas en el cultivo (Ciclo temprano febrero – junio 2019)	67
4. 4. 1 Altura de la planta (m).....	67
4. 4. 2 Número de hojas por planta.....	68
4. 4. 3 Largo de hoja (cm)	70
4. 4. 4 Ancho de hoja (cm)	70
4. 4. 5 Días a floración y Días a madurez fisiológica (días)	71
4. 4. 6 Diámetro del capítulo (cm)	73
4. 4. 7 Peso del capítulo (g)	73
4. 4. 8 Número de semillas por capítulo.....	74
4. 4. 9 Peso de 100 semillas por capítulo (g)	76
4. 4.10 Longitud de la semilla (cm)	78
4. 4. 11 Ancho de la semilla (cm).....	78
4. 4. 12 Peso total de semillas por capítulo (g)	80
4. 4.13 Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	81
4. 5. Resultados de las variables obtenidas en el valor nutrimental de la semilla en dos ciclos del cultivo. ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018) y ciclo temprano (marzo-julio del 2019)	83
4. 5. 1 Fenoles y flavonoides totales.....	83
4.5. 2 Ensayo del Contenido de taninos condensados	85
4. 5. 3 Ensayo de la Capacidad antioxidante DPPH (2,2 difenil -1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 3-etil-benzociazolina-6-sulfónico).	85
4. 5. 4 Ensayo FRAP (poder reductor de antioxidantes férrico)	87
5. CONCLUSIONES	89
6. RECOMENDACIONES	94
7. BIBLIOGRAFÍA	95

8. APENDICE.....111

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características de los genotipos evaluados.	29
2	Análisis de la calidad del agua de riego. Ciclo tardío 2018. Pozo profundo localizado en la colección de nopal en el Campus Marín, Nuevo León.....	50
3	Análisis de la calidad del agua de riego Ciclo temprano 2019. Pozo profundo localizado en la colección de nopal en el Campus de Marín, Nuevo León.....	51
4	Análisis de suelo del campo experimental de Marín en el ciclo tardío 2018.....	52
5	Análisis de suelo del campo experimental de Marín en el ciclo temprano 2019.....	53
6	Porcentaje de germinación de los seis genotipos estudiados.....	54
7	Fenoles totales y contenido total de flavonoides en la semilla de los seis genotipos de girasol en dos ciclos del cultivo (tardío 2018 y temprano 2019).....	83
8	Actividad antioxidante en las semillas de los seis genotipos de girasol en dos ciclos del cultivo (tardío 2018 y temprano 2019).....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página	
1	Sección Longitudinal de un akenio de girasol tomada de Aguirrezabal y Pereyra (1988).....	15
2	Ruta del ácido shikímico. Formación del ácido shikímico a partir de glucosa (Ghosh <i>et al.</i> , 2012).....	20
3	Estructura química del fenol (Ruiz, 2018).....	20
4	Síntesis de compuestos fenólicos (Lattanzio, 2013).....	22
5	DPPH -2,2-diphenyl -1-picrylhydrazyl (Blois, 1958).....	27
6	Croquis de la parcela experimental de girasol en Marín, ciclo primavera-verano (agosto - diciembre 2018).....	30
7	Croquis de la parcela experimental de girasol en Marín, ciclo otoño - invierno (marzo – julio 2019).	29
8	Aplicación de materia orgánica parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N. L.....	30
9	Trazo del área experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.....	33
10	Siembra parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.....	34
11	Sistema de riego por goteo parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.....	34
12	Deshierbe manual parcela experimental de seis genotipos de girasol en ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018).Marín, N.L.....	35
13	Daños del Crisomélido común (<i>Diabrotica balteata</i> Leconte), parcela experimental de seis genotipos de girasol, ciclo tardío, (agosto – diciembre 2018), en Marín, N.L.....	35
14	Larva de Isoca medidora (<i>Rachiplusia nu</i>), parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.....	36
15	Adultos de chinche (<i>Athaumastus matematices</i>) parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.....	36
16	Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Altura de planta, variedad Jaguar, (ciclo tardío, 2018), Marín, N.L.	37

17	Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Medición del largo de hoja variedad Criollo, (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.....	38
18	Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Medición del ancho de hoja, variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.....	39
19	Genotipos de girasol de la variedad Jaguar, con iniciación de su floración (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.....	39
20	Diámetro del capítulo de girasol la variedad Jaguar, (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.....	40
21	Peso del capítulo, híbrido Cobalto II, (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.....	41
22	Peso de 100 semillas de cada capítulo variedad Jaguar, (ciclo tardío 2018, Marín, N.L.....	41
23	Longitud de la semilla variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.....	42
24	Ancho de la semilla variedad Jaguar, (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.....	42
25	Precipitación (barras) y temperatura (Linea) promedio mensual de los dos ciclos evaluados (ciclo tardío 2018 y ciclo temprano 2019), Marín, N.L....	44
26	Tamizado y equipo utilizado para moler las muestras de suelo analizadas Marín, N.L	52
27	Relación altura de planta por genotipos (m). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	54
28	Relación número de hojas por plantas por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	55
29	Relación largo de hoja por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	56
30	Ancho de hoja por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre, del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	57
31	Relación días a floración y madurez fisiológica por genotipos (días). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	58
32	Relación diámetro del capítulo por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	59

33	Relación Peso de capítulo por genotipos (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	60
34	Relación número de semillas por capítulo por genotipos (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	61
35	Relación peso de 100 semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	62
36	Relación ancho menor de semilla por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	63
37	Relación ancho mayor de semilla por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío agosto-diciembre del 2018, Marín Nuevo León, FAUANL.....	64
38	Relación peso total de semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	65
39	Rendimiento de grano de los genotipos ($t\ ha^{-1}$). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.....	66
40	Altura de planta para cada genotipo (m). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	68
41	Relación número de hojas por planta para cada genotipo. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	69
42	Relación largo de hoja por planta para cada genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	70
43	Relación ancho de hoja por planta para cada genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	71
44	Relación días a floración y madurez fisiológica por genotipos (días). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	72

45	Relación diámetro del capítulo por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	73
46	Relación Peso de capítulo por genotipos (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	74
47	Relación de número de semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	75
48	Relación peso de 100 semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	77
49	Relación longitud de semilla por genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	78
50	Relación ancho de semilla por genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	79
51	Relación del peso de semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	80
52	Rendimiento de seis genotipos ($t\ ha^{-1}$). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo (marzo-junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.....	82

ÍNDICE DE CUADROS EN APÉNDICE

Cuadro		Página
1A	Curva de Fenoles Totales.....	111
2A	Curva de Flavonoides.....	112
3A	Curva de Taninos Condensados.....	113
4A	Curva de Trolox para DPPH	114
5A	Curva de Trolox para ABTS	115
6A	Curva de Trolox para FRAP.....	116
7A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable altura de planta (ciclo tardío 2018).....	117
8A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de hojas por planta (ciclo tardío 2018).....	117
9A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable largo de hoja (ciclo tardío 2018).....	118
10A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de hoja (ciclo tardío 2018).....	118
11A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a floración(ciclo tardío 2018).....	119
12A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a madurez fisiológica (ciclo tardío del 2018).....	119
13A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable diámetro del capítulo (ciclo tardío 2018).....	120
14A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso del capítulo (ciclo tardío del 2018).....	120
15A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de semillas por capítulo(ciclo tardío 2018).....	121
16A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable Peso de 100 semillas (ciclo tardío del 2018).....	121
17A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable longitud de semilla (ciclo tardío del 2018).....	122
18A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de la semilla (ciclo tardío del 2018).....	122

19A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso total de semilla por capítulo.....	123
20A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable rendimiento de grano (ciclo tardío del 2018).....	123
21A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable altura de planta (ciclo temprano del 2019).....	124
22A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de hoja(ciclo temprano del 2019).....	124
23A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable largo de hoja(ciclo temprano del 2019).....	125
24A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de hoja(ciclo temprano del 2019).....	125
25A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a floración(ciclo temprano del 2019).....	126
26A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a madurez fisiológica(ciclo temprano del 2019).....	126
27A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable diámetro del capítulo(ciclo temprano del 2019).....	127
28A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso total de semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).....	127
29A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de semillas por capítulo(ciclo temprano del 2019).....	128
30A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso de 100 semillas por capítulo(ciclo temprano del 2019).....	128
31A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable longitud de la semilla(ciclo temprano del 2019).....	129
32A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de semilla (ciclo temprano del 2019).....	129
33A	Análisis de varianza y comparación de medias: peso total de semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).....	130
34A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable rendimiento de grano(ciclo temprano del 2019).....	130
35A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable Fenoles totales (ciclo tardío 2018).....	131

36A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable Fenoles totales (ciclo temprano 2019).....	131
37A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable flavonoides (ciclo tardío 2018).....	132
38A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable flavonoides (ciclo temprano 2019).....	132
39A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable actividad antioxidante DPPH (ciclo tardío 2018).....	133
40A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable actividad antioxidante DPPH (ciclo temprano 2019).....	133
41A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable el ensayo ABTS (ciclo tardío 2018).....	134
42A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable el ensayo ABTS (ciclo temprano 2019).....	134
43A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable el ensayo FRAP (ciclo tardío 2018).....	135
44A	Análisis de varianza y comparación de medias: variable del ensayo FRAP (ciclo temprano 2019).....	135

RESUMEN

El girasol (*Helianthus annuus*. L), constituye una especie de múltiples propósitos para la alimentación humana y animal, para producción de aceite y abono verde. Se determinó la influencia del ambiente, rendimiento de grano y comportamiento agronómico de los genotipos bajo estudio en el ciclo Primavera-Verano 2018 (agosto - diciembre 2018) y Otoño-Invierno (marzo –julio 2019), en el Municipio de Marín, N.L. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, se realizaron análisis de laboratorio para determinar las características nutraceuticas de la semilla: extractos fenólicos, flavonoides, taninos condensados, capacidad antioxidante a través de DPPH, ABTS, FRAP. El cultivo demostró adaptabilidad favorable para los dos ciclos; el ciclo Primavera-Verano 2018: la variedad Jaguar registró 4.63 t ha⁻¹ de rendimiento, peso total de semilla por capítulo de 74.03 g; la variedad Daytona con 1,437 semillas por capítulo; Cobalto II alcanzó 18.12 cm de diámetro de capítulo; Rhino y Criollo lograron el mayor tamaño de semilla de largo/ancho 1.96 y 0.93 cm y Hornet desarrolló capítulos de 402 g promedio; en el ciclo Otoño-Invierno 2018/2019: el mayor rendimiento de grano, diámetro, peso del capítulo, longitud y peso de 100 semillas fueron para la variedad Jaguar con 3.72 t ha⁻¹, 12.95 cm y 188.20 g, 1.48 y 0.48 cm, 12.33 g. La mayor cantidad de fenoles totales fue del híbrido Cobalto II con 23407.50 mg EAG Kg⁻¹ y el menor para la variedad Daytona con 7806.25 mg EAG Kg⁻¹. La actividad antioxidante FRAP, fue más alto en el híbrido Cobalto II con 23407.50 µmol ET Kg⁻¹, el más bajo la variedad Rhino con 8407.50 µmol ET Kg⁻¹ para el ciclo tardío 2018. En el ciclo temprano 2019, obtuvieron mayores valores la variedad Jaguar con 831900 µmol ET Kg⁻¹ y un menor valor en el genotipo Daytona con 504650 µmol ET Kg⁻¹.

Palabras claves: semillas, extractos fenólicos, flavonoides, taninos condensados, DPPH, ABTS, FRAP.

ABSTRACT

The sunflower (*Helianthus annuus*. L), constitute a specie of multiple purposes for human and animal feeding, for the production of oil and green manure. The influence of the environment, grain yield and agronomic behavior of the genotypes under study in the Spring-Summer 2018 cycle (August - December 2018) and Autumn-Winter (March - July 2019), in the Municipality of Marín, N.L. The experimental design was randomized complete blocks with six treatments and four repetitions, laboratory analyzes were performed to determine the nutraceutical characteristics of the seed: phenolic extracts, flavonoids, condensed tannins, antioxidant capacity through DPPH, ABTS, FRAP. The experiment showed favorable adaptability for the two cycles; the Spring-Summer 2018 cycle: the Jaguar variety registered 4.63 t ha⁻¹ of yield, total seed weight per chapter of 74.03 g; the Daytona variety with 1,437 seeds per chapter; Cobalt II reached 18.12 cm of diameter of chapter; Rhino and Criollo achieved the largest seed size of length/width 1.96 and 0.93 cm; and Hornet developed chapters of 402 g average; in the Autumn-Winter 2018/2019 cycle: the highest grain yield, diameter, head weight, length and weight of 100 seeds were for the Jaguar variety with 3.72 t ha⁻¹, 12.95 cm and 188.20 g, 1.48 and 0.48 cm, 12.33g. The highest amount of total phenols was from the Cobalto II hybrid with 23407.50 mg EAG Kg⁻¹ and the lowest for the Daytona variety with 7806.25 mg EAG Kg⁻¹. The FRAP antioxidant activity was highest in the Cobalt II hybrid with 23407.50 µmol ET Kg⁻¹, the lowest in the Rhino variety with 8407.50 µmol ET Kg⁻¹ for the late 2018 cycle. In the 2019 early cycle, higher values were obtained in the Jaguar variety with 831900 µmol ET Kg⁻¹ and a lower value in the Daytona genotype with 504650 µmol ET Kg⁻¹.

Keywords: seeds, phenolic extracts, flavonoids, condensed Tannins, DPPH, ABTS, FRAP.

1. INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) recibe esta nominación por sus características botánicas, muy singular, de girar por la inflorescencia, en la trayectoria del sol; pertenece a la familia de las Asteráceas, es uno de los tres principales cultivos oleaginosos producidos en el mundo, superado sólo por la soya y la canola (Gómez *et al.*, 2011; Espinoza, 1990). Es una especie de múltiples propósitos para la alimentación humana y animal para producción de aceite y como abono verde atribuyéndole una gran importancia económica (Davey y Jan 2010). Originaria del Centro/Sur de Estados Unidos, principalmente de los estados de Arizona y Nuevo México, fue introducida en Europa en el ciclo XVI como planta ornamental, específicamente Rusia lo transformo como una especie cultivada en el siglo XIX, fomentándose en gran medida por el gran contenido de aceites en sus semillas. En otros países como Argentina se cultiva desde la Región Pampeana (39° Latitud S) hasta la región Chaqueña (26° Latitud S), lográndose extender de esta forma a varios países como, Bolivia, Paraguay, Brasil y Uruguay. Se puede decir que en dependencia de la zona, las plantas que se cultivan tienen su diferenciación ya que existen diferentes variedades que cumplen su ciclo precozmente, dependiendo en gran medida del ciclo en que se cultiven (Andreani, 2004).

En el año 1970 fue considerado el segundo cultivo productor de aceite de gran importancia a nivel mundial, esta oleaginosa a nivel mundial era una de las especies de mayor futuro, se informó en el Octavo Congreso realizado en Minneapolis, Minnesota de los Estados Unidos de Norteamérica, Dándole una escala comercial de futuro en países que aún no se había sembrado. Para el transcurso de los años 90

tuvo una expansión significativa a nivel mundial, principalmente debido a la subida en los precios de los aceites vegetales en el año 1994, obteniendo un 95% de la producción mundial que aumento en dos quinquenios posteriores desde 1995 /2000 de un 23% donde en el segundo quinquenio llegó a 2.7 millones de toneladas, logrando un record del año 1999/2000, (Rebolini, 2002). Sin embargo, en los años 2000 al 2004, logró estabilizarse al sembrarse 2.4 millones de hectáreas, generando divisas y un gran número de empleos en Argentina en esta etapa (Andreani, 2004).

La mayor siembra de esta oleaginosa en México se realizó en el año 1971, con alrededor de 60 mil hectáreas en Durango, 12 mil en Zacatecas, 18 mil en Guanajuato y con menores cantidades en Estados de Querétaro, Tlaxcala, Oaxaca y Chihuahua, logrando un rendimiento bajo promedio de 600 kg ha⁻¹. Esto provoco que una gran cantidad de agricultores y ejidatarios no sembraran girasol en los siguientes años; además de que las semillas utilizadas (Peredovik y Vniink), no habían sido evaluadas en esas localidades. Además, hubo efectos negativos al momento de la cosecha por la presencia de plagas como la palomilla del girasol (*Homoesoma electellum* Hulst), que se presentó durante la floración. Otros efectos negativos fue también la presencia de enfermedades como la *Alternaria* sp, el chahuixtle o roya (*Puccinia helianthis* Schw) y la cenicilla (Robles, 1980).

En los Estados donde tradicionalmente se siembra el girasol en México son considerados como áridos y semiáridos, con escasas precipitaciones pluviales de alrededor de los 300 mm al año distribuidos en todo su ciclo vegetativo, logrando obtener buenos resultados del grano o de forraje verde dependiendo de la variedad;

se puede aprovechar como torta para el consumo del ganado y aves, por su contenido de proteínas útiles y por su alto contenido de materia orgánica (Robles, 1980).

A nivel mundial, los principales países exportadores de semillas de girasol según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) están: Argentina, Kazajastan, China, Bulgaria y Rumania, siendo el mayor exportador Argentina, alcanzando hasta 1', 200,000 toneladas al año; para el caso de los países importadores están Ubekistan, Irán, Turquía y solamente España ha logrado importar 450,000 toneladas anuales y es considerado el mayor importador (SIAP, 2017).

El girasol (*Helianthus annuus* L.) contiene entre un 35 y 45 % aceite en la semilla y su calidad nutricional se caracteriza por tener alto contenido de ácidos no saturados (85-90%), concediéndole gran importancia a sus usos como grano para consumo humano, alimento animal, colorantes naturales, fuentes de proteínas, pectina y como materia prima para biodiesel, logrando ser uno de los tres principales cultivos oleaginosos producidos en el mundo, superado sólo por la soya y la canola (Gómez *et al.*, 2013).

En México se han reportado 49 especies del género, de las cuales 12 son anuales y 37 perennes, se distribuyen desde el norte de México hasta el sur de Canadá adaptándose fácilmente a diferentes ambientes, por lo que actualmente se cultiva en todo el mundo (SNITT, 2018). Para su óptimo desarrollo necesita de una gran cantidad de horas de luz como mínimo 12-14 horas diarias y mucha humedad, expresando el máximo potencial de producción entre los 500 y 650 mm (5,000-6,500 m³ ha⁻¹) (SIAP, 2017). El girasol a pesar de ser una planta con adaptación a zonas áridas y semiáridas, es altamente gastadora de agua y entre los 30 y los 80 días genera prácticamente toda

la biomasa. Es una planta con bajos requerimientos de labores de cultivo, de fácil mecanización y con una relativa tolerancia al estrés hídrico (SIAP, 2018).

Para satisfacer el consumo nacional en México, se requieren importar hasta el 14.2 % de Argentina, Estados Unidos. En el caso de los usos para la industria, la producción nacional fue de un 76.78%, se espera que el consumo y producción nacional para el 2030 vaya en aumento. En el consumo nacional se prevé un aumento de 60.09 a 70.20 millones de toneladas y para la producción se espera un incremento de 8.96 a 10.72 millones de toneladas, lo cual representa un crecimiento acumulado de 18.61 y 16.81%, respectivamente (SAGARPA, 2017).

En el 2017 la producción nacional fue de 8,862 toneladas y el principal productor fue Jalisco con el 17%, seguido de San Luis Potosí con el 16%, Tamaulipas con el 15%, Guanajuato con el 14% y Sonora con el 12% (SIAP, 2018).

En Nuevo León la superficie reportada por el SIAP, 2017 dedicada a este cultivo fue de 116,034 ha donde se cosecharon 109,823.20 ha respectivamente, en el Municipio de Marín que está ubicado al Noreste del Estado (25° 23' LN, 100°02' LO) se encuentra la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde recientemente no se han reportado trabajos de investigación relacionados con el cultivo de Girasol. Con el objetivo de evaluar un grupo de genotipos de girasol e identificar aquellos con características de resistencia a la sequía y al clima variable que existe en la zona (muy semejante al reportado en otros países, Dardanielli 2003), se realizó el presente trabajo para obtener nuevas alternativas productivas para la zona Noreste de México.

La flor del girasol se utiliza como forraje o de manera ornamental; de las semillas se extrae el aceite y harina debido a su cantidad de grasas polinsaturadas (benéficas), pero también se utiliza para la elaboración de jabones, cosméticos y detergentes; y en algunos países se utiliza para la producción de biocombustible (Luévanos *et al.*, 2010). La semilla de girasol también se utiliza en la etnomedicina para controlar enfermedades pulmonares, bronquiales, tos, resfriado, cardíacas, etc., dándole un uso creciente en el mundo por su popularidad a través de su historia (Bashir, *et al.*, 2015; SIAP, 2017). Así mismo, sus compuestos fenólicos, flavonoides, ácidos grasos polinsaturados y vitaminas de la semilla, posee antioxidantes benéficos como antiinflamatorios, antimicrobianos, antihipertensivos, cardiovasculares y curativos (Fowler, 2006).

El grano de girasol contiene entre 280 y 470 g de grasa, 170 a 270 g de proteína cruda y 350 a 360 g de fibra por kilogramo. Después de la extracción del aceite de la semilla queda la pasta, la cual contiene de 260 a 500 g de proteína cruda kg^{-1} ; de 120 a 350 g de fibra cruda kg^{-1} y de 10 a 90 g de grasa cruda kg^{-1} . La pasta de girasol también es rica en vitaminas del complejo B y caroteno o provitamina A (Gómez *et al.*, 2011). Un kilogramo de ensilaje del girasol contiene de 111 a 125 g de proteína cruda, de 71 a 107 g de grasa cruda, de 310 a 335 g de fibra cruda y de 390 a 420 g de fibra. Su contenido de grasa es tres veces más que el del ensilaje de maíz; además, presenta un contenido más alto de fibra, un poco más de proteína y contenido de energía. Cuando el girasol no cuenta con el tiempo suficiente para la maduración de sus semillas, o cuando sufre daños considerables o pérdidas debido a insectos,

enfermedades, sequía o heladas, el cultivo puede cosecharse como ensilaje y ser utilizado en la dieta de vacas lecheras (Gómez *et al.*, 2011).

Debido a la falta de información de este cultivo en la zona y el potencial que tiene en sus propiedades alimenticias y en la industria, se consideró importante llevar a cabo un trabajo con el propósito de evaluar el rendimiento de semilla y otros caracteres agronómicos y de calidad de seis genotipos de girasol, pertenecientes a la Compañía Internacional ANZU, BROTHERS, INC, en el Municipio de Marín, N.L.

1.1. Hipótesis

El ambiente, el genotipo y su interacción tienen un efecto directo en la producción del cultivo de girasol, principalmente en el rendimiento, la calidad nutricional de su semilla y otras variables agronómicas.

1.2. Objetivo general

Evaluar la influencia del ambiente en la variabilidad del valor nutrimental y propiedades nutraceuticas de la semilla de seis genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en dos ciclos del cultivo, ciclo Tardío, (agosto - diciembre 2018) y temprano (marzo–julio 2019).

1.3 Objetivos específicos

- ✓ Definir cuál es el ambiente o ciclo agrícola que favorece un alto rendimiento del grano y el buen comportamiento agronómico de los genotipos bajo estudio.

- ✓ Determinar el contenido oleico, proteínico y nutracéutico del grano en cada uno de los genotipos bajo estudio y ciclos agrícolas evaluados para conocer el valor nutricional

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Adaptación del girasol a condiciones ecológicas

2.1.1 Temperatura

La temperatura y sus variaciones es uno de los factores más importantes que afectan sensiblemente al girasol actuando en cada uno de los procesos fisiológicos involucrados en la definición del número de granos (Chimeneti y Hall, 2001; Cantagallo y Hall, 2002). Conociendo las temperaturas y la profundidad de siembra, cuando no existen limitaciones hídricas, se puede predecir la fecha que emergen las plántulas de girasol para una fecha de siembra dada (Villalobos *et al.*, 1994).

Para la profundidad de siembra y la germinación de las semillas la humedad del suelo y la temperatura juegan un papel importante; Gutiérrez (2014) mencionó que la temperatura debe ser de 5 °C por 24h, sin embargo, Connor *et al.* (1995) mencionaron que la temperatura óptima es de 26°C mientras que la máxima de 40°C y mínima en un rango establecido de 3 a 6 °C.

Las temperaturas altas en el girasol disminuyen el período de diferenciación de las flores, reduciendo así el número de flores por capítulo y consecuentemente menor número de granos; sin embargo, cuando las temperaturas son menores a 18 °C, aumenta el número de flores diferenciadas aumentando el números de frutos (Chimeneti y Hall, 2001; Cantagallo y Hall, 2002).

2.1.2 Precipitación

La precipitación juega un papel fundamental en el crecimiento de la planta del girasol, es capaz de realizar una serie de regulaciones en el consumo del agua a través de dosel durante su etapa vegetativa ya que es capaz de controlar la expansión foliar; similarmente a lo que ocurre durante el llenado de los granos; regula los cambios de la tasa de senescencia y aumento de la resistencia estomática, reduciendo en gran medida el agua que se transpira por el dosel, logrando que el cultivo tenga una menor intercepción de la radiación solar y por ende de la materia seca producida por la planta (Dardanielli *et al.*, 2003).

El agua juega un papel fundamental en el crecimiento, desarrollo y germinación de la semilla, afecta la emergencia de la planta en presencia de un déficit hídrico y es capaz de inhibir la germinación y el crecimiento posterior de la plántula (Connor y Hall, 1997).

2.1.3 Horas Luz

Para el mejor crecimiento y desarrollo del Girasol, un fotoperiodo entre 12 y 14 horas es el más adecuado (Robles, 1980). El girasol es una planta fotosensible pero para la iniciación de la floración se comporta como una planta de día largo (Rawson y Hindwarsh, 1982). Cambios en el fotoperiodo y en la temperatura afectan el número de primordios florales pero su respuesta depende del genotipo y la variación de estos factores (Sadras y Villalobos, 1994).

Las temperaturas óptimas del desarrollo del girasol es de 18 a 25 °C, menores temperaturas pueden ocasionar daños en el crecimiento y desarrollo fisiológico y del llenado del grano en el cultivo, si las temperaturas son lo suficientemente bajas como

para llegar a helar, puede producirse un daño severo en los tejidos jóvenes; por ejemplo, los tallos vegetativos pueden morir a -5 °C (Otegui y López 2003).

2.1.4 Intensidad Lumínica

En el desarrollo del cultivo la intensidad lumínica juega un papel fundamental y por ende en la emergencia e iniciación floral; de los 20-30 días después de la siembra, a la planta alcanza un 8% de su altura máxima (0.17m) y un 5% de su área foliar máxima (Trapani y Villalobos *et al.*, 1994).

El girasol se caracteriza por un potencial fotosintético muy elevado, sobre todo en las hojas jóvenes, pero también posee altas tasas de foto-respiración (pérdidas de sustratos carbonatados) y de transpiración (pérdida de agua). Alcanza igualmente tasas de crecimiento muy elevadas y presenta un nivel de saturación lumínica muy alto. Todo ello compone un comportamiento fisiológico próximo al de las plantas de metabolismo C-4, como el maíz y el sorgo, que, como el girasol, son cultivos de verano en el hemisferio Norte. Sin embargo, el girasol presenta mucha menor eficiencia en el uso del agua abundante y es más sensible a las altas temperaturas durante el crecimiento, por lo que su cultivo se extiende más eficazmente que aquellas especies vegetales hacia latitudes más al Norte, dentro de la franja templada. Por otra parte, las temperaturas durante la biosíntesis de los lípidos en la planta, condicionan la composición en ácidos grasos del aceite. A mayor latitud, con temperaturas más suaves durante la maduración, se acumula más ácido linoléico, lo que supone, salvo para usos particulares, una mayor calidad del aceite. (Gómez-Arnau, 1988). La planta de girasol es una planta Carbono 3(C₃)², tanto anatómica como bioquímicamente. Sin

embargo, la respuesta de su aparato fotosintético a la intensidad lumínica y a la temperatura es bastante similar a la de una planta C₄ (Aguirrezabal *et al.*, 2001).

2.2 Variedades de Girasol

El girasol cultivado (*Helianthus annuus* L.) es una especie de gran importancia a nivel mundial por su alto contenido de aceite (Luévanos *et al.*, 2010). El género *Helianthus* pertenece a la tribu Heliantheae dentro de la familia Asteráceae y consta de 49 especies, de las cuales 13 son anuales y 36 perennes. Su centro de origen se encuentra en América del Norte, donde crece y se adapta a diversos hábitats; es altamente variable en cuanto a caracteres morfológicos y fisiológicos (Poverene *et al.*, 2002). Su semilla tiene un alto contenido proteico, el resto de la planta puede utilizarse como forraje y se considera que es un cultivo poco exigente en el tipo de suelo, aunque prefiere los arcillo-arenosos y ricos en materia orgánica, pero es esencial que el suelo tenga un buen drenaje y la capa freática se encuentre a poca profundidad (Olalde *et al.*, 2000).

2.2.1 Girasol confitería

El grano del girasol confitero es característico por su gran tamaño y su color negro grisáceo con estrías o rayas blancas alargadas bien marcadas, que lo diferencia claramente del grano aceitero que es totalmente negro. Su contenido de grasa es muy inferior al del aceitero, pero no por ello deja de ser un alimento muy sano y rico en nutrientes y vitaminas, muy recomendado para una dieta sana (USDA, 2017).

2.2.2 Girasol oleaginoso

El grano del girasol oleaginoso es más pequeño que el confitero y de gran contenido de materia grasa. Se utiliza para obtener aceite de girasol y subproductos derivados del mismo a través de un proceso donde se prensa el grano para extraer el aceite y posteriormente refinarlo en otro proceso industrial (USDA, 2017). El aceite está integrado esencialmente por triglicéridos, formados por tres ácidos grasos, ligados a una molécula de glicerol por uniones de éster (Aguirrezábal y Andrade, 1998).

2.2.3 Características de las oleaginosas en relación con el rendimiento del grano y la calidad nutricional

El número de granos por unidad de superficie es el principal determinante del rendimiento del girasol, es el componente que varía más con las condiciones fenotípicas y genotípicas del cultivo. En el caso de las plantas, el fenotipo (aspecto de la planta) depende en parte del ambiente y la genética juega un rol muy importante. El modelo genetista predice lo contrario: el aspecto de la planta (forma de la hoja) depende solo del genotipo, independientemente del ambiente en que se desarrolle. Esos son casos extremos de modelos reduccionistas. El modelo aditivo simple asume que el factor genético y el factor ambiental son totalmente independientes y actúan de forma lineal. Algunas veces, el factor genético puede tener una interacción no -lineal con el ambiente. Un mismo alelo puede tener un efecto fenotípico diferente, dependiendo del ambiente en que se manifieste. Esta interacción que no necesariamente es aditiva ni lineal se le llama interacción genotipo-ambiente, Tiessen, (2012). La interacción genotipo - ambiente no es más que la relación entre genotipo y entorno, correlación entre ambiente y genes, para el caso del ambiente no es más que

el conjunto de variables externas que influyen sobre el desarrollo y las funciones de un organismo donde muchas veces el ambiente controla la expresión de los genes o las proteínas, para el caso de los efectos ambientales, la temperatura afecta la función de la célula. El ambiente comprende a todos los factores abióticos (parámetros químicos y físicos) y también factores bióticos de interacciones biológicas y ecológicas. A nivel de especie se habla del genoma, que incluye todos los genes y su potencial de expresión, a nivel de población se habla del pool genético, mientras que a nivel individual se habla de la combinación de alelos que están presentes en determinado genotipo. La interacción que se produce entre los genes y el ambiente da lugar a diversos efectos fenotípicos. Esta interacción es explotada por los genetistas de plantas y animales en beneficio de la agricultura y la ganadería (Tiessen, 2012).

Durante las fases de desarrollo del girasol hay cambios que va sufriendo la planta desde la siembra hasta la cosecha y los principales eventos que ocurren durante estas fases, lo anterior es la definición de los componentes del rendimiento y los principales factores ambientales que controlan la duración de estas fases son la temperatura y el fotoperiodo; la importancia relativa de estos varía según la fase de desarrollo que se considere. La duración de la fase emergencia-antesis varía con relación a las fechas de siembra y esta respuesta varía entre cultivares en cada año. La creación de primordios florales, la supervivencia de las flores diferenciadas y el desarrollo de los embriones resultantes, influye directamente en la producción de granos, otros de los factores que inciden directamente en cada uno de los procesos involucrados son la temperatura y la radiación solar (Cantagallo *et al.*, 1997).

2.2.4 Número de granos

El número de granos influye en el rendimiento y se manifiestan diferencias entre cultivares, el peso del grano individual, la tasa de crecimiento y la duración del llenado del grano también afectan al rendimiento (Cantagallo *et al.*, 1997). El periodo crítico de crecimiento que más influye en el rendimiento de grano se extiende desde unos 30 días antes de la antesis a unos 20 días posteriormente (Cantagallo *et al.*, 2000).

2.2.5 Peso del grano

Cuando se realiza un corte longitudinal de un aquenio de girasol, se observan las partes que lo componen; el ovario del aquenio y el pericarpio del fruto o cascara representan del 20-25 % del peso seco, las proteínas entre 9-20 %, el contenido de grasa es de 20-25 %, el peso del grano oscila entre 35 y 70 mg (Aguirrezabal y Pereira, 1998).

Connor y Hall (1997) y López y Sadras (1999) concuerdan que el peso del grano en girasol, está asociado a la tasa de crecimiento del grano, más el tiempo de duración del llenado del mismo. El ambiente juega un papel fundamental en la respuesta del cultivo en el crecimiento del grano, el peso de este disminuye de la periferia hasta el centro del capítulo, debido al crecimiento centrípeto de las flores de la inflorescencia, por lo que la parte central del capítulo crece más tardíamente que los de la periferia.

Para el llenado del grano es de vital importancia el efecto de las temperaturas ya que estas determinan el peso del grano, las temperaturas deben ser relativamente bajas entre los 12-22 °C, a temperaturas altas entre 25-40 °C el crecimiento del grano se reduce considerablemente, aunque la variación en la duración del llenado sea mínima.

El atraso de la fecha de siembra incide negativamente en el peso del grano (Dosio *et al.*, 2000 y Chimeneti y Hall, 2001).

El déficit de agua y nitrógeno en diversas fases del cultivo afectan considerablemente el tamaño del grano, tal como sucede en las fases tempranas de la floración hasta bien avanzado el crecimiento del grano (Hall *et al.*, 1985). Steer *et al.* (1984) mencionaron que una deficiencia de nitrógeno limita el peso final de los granos y consecuentemente del rendimiento.

2.2.6 Características nutricionales medibles en la almendra

La almendra del girasol está constituida por el fruto, que no es más que un aquenio de ovario ínfero y el pericarpio o cascara del fruto que constituye en peso seco entre el 20-25% y las proteínas entre el 9-20%, conformando el peso del grano que oscila entre 35 y 70 mg, como se muestra en la Figura 1 (Aguirrezabal y Pereyra, 1988).

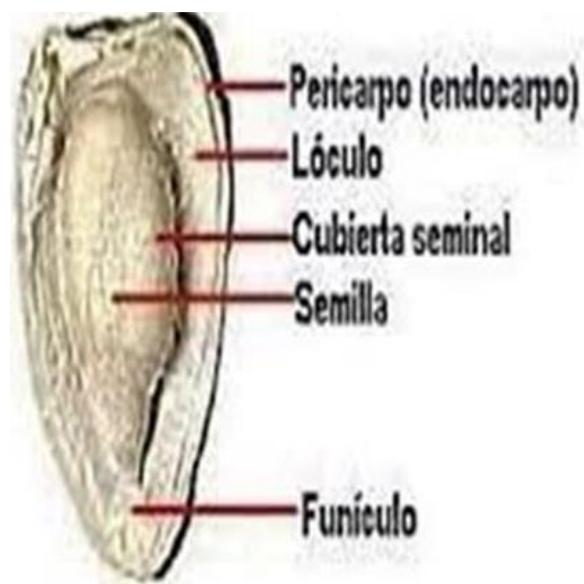




Figura 1. Sección Longitudinal de un achenio de girasol tomada de Aguirrezabal y Pereyra, 1988).

2.2.7 Características de la importancia nutricional del aceite extraído de la almendra

Se dice que la parte del girasol que presenta mayor importancia es el aceite de sus semillas, ya que contiene de un 35 hasta un 50 %. Está constituida por el pericarpo, la almendra y el embrión. Con una concentración de aceites de un 75% en la almendra y un 25% en el pericarpo, cambiando con el genotipo, otras variedades presentan un 55% en la almendra y un 45% en el pericarpo (López y Sadras, 1999).

La almendra o grano del girasol está compuesto por el aceite, el cual se encuentra exclusivamente en los cuerpos lípidos del embrión de la semilla, con una variación entre 48 y 54 % (Mantese, 2001); específicamente el embrión presenta una concentración entre un 65-70% (López y Sadras, 1999). En los cultivares modernos existe una variación entre el 15 y 19 % de proteína (Mantese, 2001).

El contenido de aceite y su concentración en el grano está en función del genotipo y las condiciones ambientales (Temperatura, radiación agua, nitrógeno), asociándose negativamente con la temperatura en ambientes controlados (Rawson *et al.*, 1984) como en ensayos de campo (Seiler, 1986).

2.2.8 Tiempo de cosecha

La cosecha puede ser manual o mecánica y se lleva a cabo cuando la coloración de los capítulos alcanza un castaño seco; en esta fase de la planta las semillas se desprenden fácilmente del capítulo y es el momento óptimo de cosecha, alcanzando aproximadamente un 11% de humedad (INTAGRI, 2021). El rendimiento depende de la genética de la variedad y todo lo que el ambiente es capaz de proporcionarle, tratando de minimizar la ocurrencia de un estrés (Trápani *et al.*, 2003).

2.2.9 Composición nutracéutica de la semilla de girasol

Las semillas de girasol se identifican por ser ricas en vitamina E, lo que les confiere diversas propiedades. Esta vitamina es un potente antioxidante, ayuda a mantener sanas las células y limita el desarrollo de diversas enfermedades, evitando que se oxide el colesterol, impidiendo que se adhiera a las paredes de los vasos sanguíneos, disminuyendo el riesgo de eventos cardiovasculares y de cáncer de colon, así como dificultades de salud en personas con diabetes mellitus (Bye *et al.*, 2009).

En mujeres en etapa de menopausia, se ha observado que reduce la severidad y la frecuencia de los bochornos. El efecto antioxidante también conlleva a generar efectos antiinflamatorios que resultan en la disminución de síntomas de asma, osteoartritis y artritis reumatoide. Las semillas de girasol son ricas en minerales, como el manganeso,

calcio, cobre, fósforo y selenio, que favorecen la salud ósea, entre muchas otras funciones vitales del cuerpo. El tipo de grasas o ácidos grasos (ácido linoléico, oleico y palmítico) que contiene son de los más saludables, estimulando la salud cardiovascular; las semillas son altas en fibra, lo que las hace un alimento completo y aconsejable para consumir como tostadas o para elaborar atoles; como planta se utiliza como ornamental por su colorido y belleza de sus flores. Su contenido calórico es alto, ya que una cantidad de 30 g (3 cucharadas) es suficiente para obtener alrededor de 200 calorías, 6 g de proteína, 16 g de grasas y 4 g de fibra (Bye *et al.*, 2009; SIAP, 2017).

2.2.9.1 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son una de las clases de metabolitos secundarios más importantes en las plantas, ya que se encuentran ampliamente distribuidos, en su mayoría son derivados de la fenilalanina y en menor cantidad de tiroxina (López, 2008); están constituidos por un grupo de sustancias con diferentes estructuras químicas y diferentes actividades metabólicas, existiendo más de 8000 de ellas en las plantas (Haidi F. y Naczk, M (1995). Se encuentran casi en todos los alimentos de origen vegetal, como la cebolla, el té, el vino tinto, el cacao, el aceite de oliva virgen, etc. Estas sustancias determinantes en la calidad, aceptación y estabilidad de los alimentos, ya que actúan como colorantes, antioxidantes y proporcionan sabor. El aceite de oliva virgen es casi el único aceite que contiene cantidades notables de sustancias fenólicas naturales, ya que el resto de aceites comestibles, al consumirse refinados pierden estos compuestos. Por este motivo, el aceite de oliva virgen posee un sabor característico imperceptible en el aceite refinado (Bonamone *et al.*, 2000).

Estos compuestos tienen efectos benéficos en la prevención de padecimientos cardiovasculares, aumenta la actividad estrogénica y antiestrogénica, evitan la proliferación celular y ciclo celular o inducción de apoptosis en células tumorales, inhiben el daño oxidativo del ADN y activan las enzimas de detoxificación de carcinógenos (Birt *et al.*, 2001).

Estos compuestos actúan en las plantas como mecanismos de defensa contra cuerpos extraños, favorecen al sabor, color y astringencia; así mismo favorecen propiedades antioxidantes que les permiten capturar radicales libres en el organismo. Múltiples estudios han demostrado que los compuestos fenólicos tienen potenciales efectos benéficos en la salud humana reduciendo la incidencia de enfermedades coronarias, enfermedades de los ojos relacionadas con la edad y procesos de atherogenesis (Chitindingu *et al.*, 2007).

La biosíntesis de la casi totalidad de los fenoles comienza con los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano, los cuales se sintetizan a partir de fosfoenolpiruvato (PEP) y eritrosa-4-fosfato por una secuencia de reacciones conocida como la ruta del ácido shikímico. La ruta del ácido shikímico o shikimato es particular en plantas y microorganismos, esto es porque los mamíferos no pueden sintetizar la L-fenilalanina y L-tirosina, y dependen de fuentes vegetales o bacterianas para proveerse estos compuestos esenciales (Seigler, 1998; Maeda y Dudareva, 2012). La fenilalanina y tirosina son componentes fundamentales en las dietas de los mamíferos, aunque los mamíferos pueden sintetizar tirosina a partir del consumo de fenilalanina (Herrman, 1995; Maeda y Dudareva, 2012). Mientras que, en las plantas la ruta del shikimato es capaz de producir aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y tirosina

derivados del corismato, producto final de la ruta metabólica del shikimato (Weaver y Herrmann, 1997).

En las plantas, el camino que sigue el shikimato se lleva cabo a partir de los sustratos fosfoenolpiruvato y eritrosa-4-fosfato, estos dos precursores se derivan de la glicólisis y la vía de la pentosa fosfato, simultáneamente, y están condensadas a 3-desoxi-Darabino-heptuloso-7-fosfato por la enzima DAHP sintasa. Los pasos que llevan a la formación del ácido shikímico por la enzima shikimato deshidrogenasa se presentan en la Figura 2 (Vermerris y Nicholson, 2007; Ghosh *et al.*, 2012; Maeda y Dudareva, 2012).

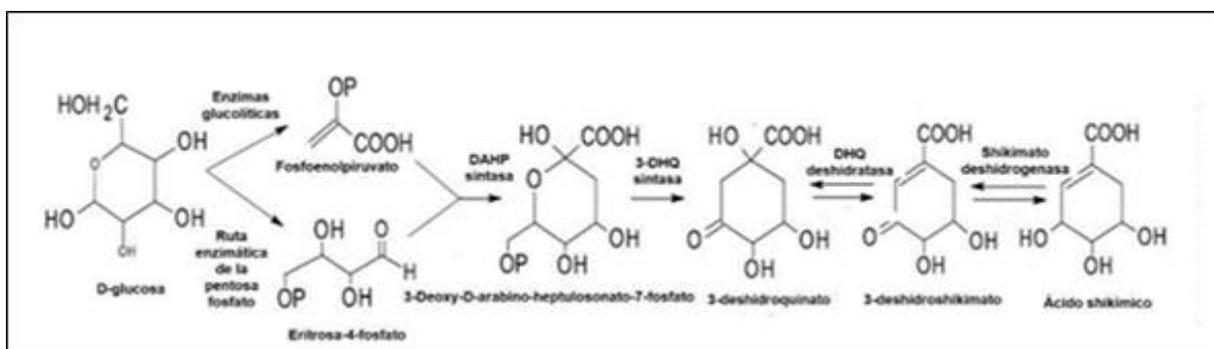


Figura 2. Ruta del ácido shikímico. Formación del ácido shikímico a partir de glucosa (Ghosh *et al.*, 2012).

2.2.9.1.1 Estructura química del fenol

La estructura química de los compuestos fenólicos comienza con la molécula básica que es el fenol (Figura 3), está compuesto de un anillo aromático (fenil) unido a un grupo hidroxilo (OH). La presencia del anillo aromático hace que los ácidos débiles, formen un efecto inductivo en el hidrógeno del grupo hidroxilo. El anillo aromático juega un papel significativo en las propiedades antioxidantes (Ruiz, 2018).

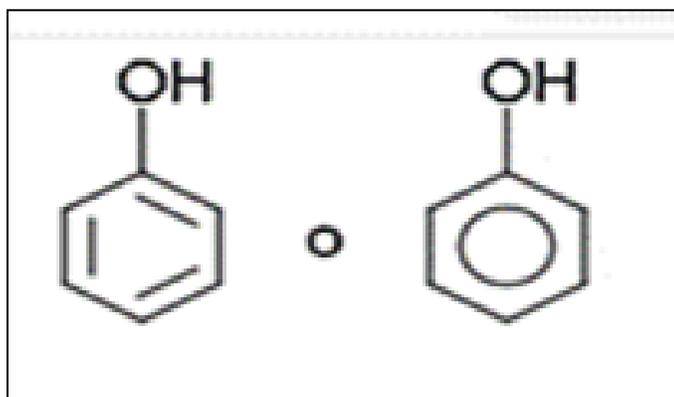


Figura 3. Estructura química del fenol (Ruiz, 2018).

2.2.9.1.2. Síntesis de compuestos fenólicos

Se ha sugerido que la defensa bioquímica representa una respuesta significativa del sistema inmune de las plantas; no obstante, la correlación negativa entre las concentraciones de metabolitos secundarios y la tasa de crecimiento de las plantas muestra un equilibrio entre el crecimiento de estas y la producción de compuestos de defensa como los fenólicos; sin embargo, las plantas tienen recursos limitados para apoyar sus procesos fisiológicos, por consiguiente, no se pueden satisfacer todos los requisitos simultáneamente y se desvía más carbono del crecimiento hacia el metabolismo secundario cuando el crecimiento de la planta está restringido por cualquier factor fisiológico y ecológico (Lattanzio, 2013).

En la Figura 4 se observa un esquema general de la síntesis de los compuestos fenólicos, proceso que se lleva a cabo cuando las plantas eliminan la presencia de un agente causante de estrés. A partir del 4-cumaril CoA se obtienen las chalconas, siguiendo con 18 procesos metabólicos diferentes.

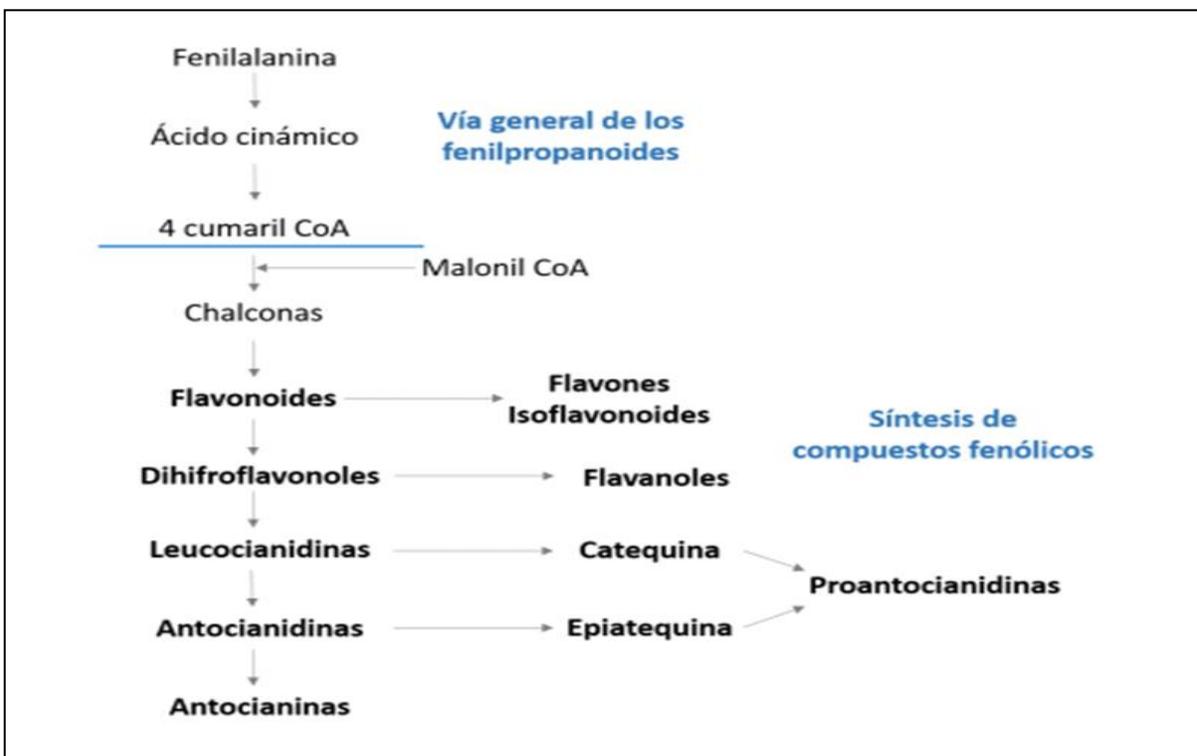


Figura 4. Síntesis de compuestos fenólicos (Lattanzio, 2013).

2.2.9.2 Fenoles totales (Folin-Ciocalteu)

El ensayo Folin-Ciocalteu se utiliza como medida del contenido de compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Estos compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos, da lugar a un complejo de color azul, cuya intensidad se mide para evaluar el contenido en polifenoles (Cicco *et al.*, 2010).

2.2.9.3 Flavonoides totales

Los flavonoides son unos antioxidantes excelentes, comparables a la vitamina E y pueden mimetizar el efecto del α -tocoferol al romper la cadena de radicales libres en las membranas microsomales hepáticas. Lo que es evidente es que, sólo por su distinta liposolubilidad, cada antioxidante tendrá su lugar preferente de acción, se cree que el mayor antioxidante *in vivo* de la LDL (Lipoproteínas de baja densidad), es la vitamina E (Esterbauer *et al.*, 1993).

Los compuestos fenólicos se localizan en la superficie de la bicapa lipídica y neutralizan los radicales libres presentes en el medio acuoso, retrasando así el consumo de antioxidantes endógenos como la vitamina E (Lamuela *et al.*, 1999).

2.2.9.4 Contenido de taninos condensados

Los taninos condensados son una clase de flavonoides (sintetizados por las plantas por la "vía biocinética de los flavonoides") siendo los pigmentos principales de muchas semillas, están presentes en los tejidos vegetativos de algunas plantas forrajeras, son polímeros formados por unidades de antocianidina (un flavonoide). Pueden ser hidrolizados en sus antocianidinas como constituyentes si se les hace reaccionar con ácidos fuertes, por lo que son conocidos como proantocianidinas. Los taninos en las plantas realizan funciones de defensa ante el herbivorismo (Taiz y Zeiguer, 2006).

El principal efecto negativo del uso de taninos es el déficit de la digestibilidad del alimento. También inhiben la proteína en el rumen disminuyendo las concentraciones de amonio, lo que indica una inhibición de enzimas proteolíticas. En el ganado disminuye la hinchazón en el rumen, simultáneamente tienen potencial de producir

rechazo al alimento ("antialimentarios") y de reducir la absorción de los nutrientes (Morris y Robbins, 1997).

2.2.9.5 Ensayo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).

El compuesto 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) es un radical estable que muestra una coloración violeta intensa, se determina por el método espectrofotométrico que absorbe radiaciones a 517 nm. Este radical libre es capaz de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso determinado por la cesión de un átomo de hidrógeno, relacionado por un agente antioxidante como la catequina o epicatequina (Guija-Poma *et al.*, 2015).

2.2.9.6 Ensayo ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato)).

El ensayo TEAC (La capacidad antioxidante equivalente de Trolox), es una técnica espectrofotométrica que se basa en la inhibición por parte de los antioxidantes de la absorbancia del catión radical de ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato)), un cromóforo azul-verde y estable que tiene un espectro de absorción de longitud de onda larga característico (Prior y Cao, 1999; Shahidi y Zhong, 2015).

Los cationes radicales de ABTS se producen a partir del peróxido de hidrogeno H_2O_2 u otros oxidantes fuertes como persulfato potásico; en presencia de metamioglobina, generan un radical intermedio denominado ferrilmioglobina que posteriormente reacciona con ABTS para formar el catión radical. Los antioxidantes pueden neutralizar estos cationes radicales mediante la transferencia de electrones u átomos de hidrogeno (ET y HAT); esto hace que el catión radical (cromóforo) vaya perdiendo coloración y por lo tanto la disminución de la absorción espectrofotométrica. La

muestra antioxidante añadido en un punto de tiempo fijo se cuantifica como el resultado en el porcentaje de inhibición de la formación catión radical ABTS. Los cuales se expresan en equivalentes de Trolox (mmol de Trolox/L de muestra problema) y este método es aplicable para el estudio de antioxidantes liposolubles e hidrosolubles (Cao y Prior, 1998; Shahidi y Zhong, 2015).

2.2.9.7 Ensayo FRAP (poder reductor antioxidante férrico).

La capacidad del poder reductor antioxidante férrico (FRAP), está presente en los fluidos biológicos evaluando el efecto variado de las defensas antioxidantes no enzimáticas, se desenvuelve bajo condiciones ácidas (pH 3.6). En presencia de antioxidantes, la forma férrica del compuesto hierro-tripiridyl-triazina (Fe_{3+} -TPTZ) se reduce a la forma ferrosa (Fe_{2+} -TPTZ). El compuesto Fe_{2+} -TPTZ produce una coloración azul intensa que tiene una absorción máxima de 593 nm (Benzie y Strain, 1996).

DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) propuesto por Blois en 1958, citado por Ruiz, (2020), es un método de captación de radicales libres utilizado para determinar la actividad antioxidante de frutas (zumos), verduras, café, entre otros. Su fundamento se basa en la aceptación de un electrón o átomo de hidrógeno por la molécula 1,1-difenil-2-picrilhidrazina, que en solución en metanol es de color violeta intenso. Su determinación requiere de un espectrofotómetro que mediante una longitud de onda de 517 nm es medida la absorbancia a medida que el electrón es aceptado, en la cual la solución DPPH al reaccionar con un sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta observado en la solución inicial se disipa, pasando del color violeta a un color amarillo (reducción del radical libre por antioxidantes), siendo

el color amarillo un indicador de las propiedades antioxidantes de las muestras estudiadas. Este método, inicialmente debe prepararse con soluciones patrones que se disuelven en 2 mg de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (marca Sigma Aldrich), en 100 mL de metanol grado analítico, como patrón de referencia se utiliza una solución stock de quercetina a diferentes concentraciones: 100 µg/mL, 50 µg/mL y 25 µg/mL y para la realizaciones de las mediciones en el espectrofotómetro se adiciona a la celda 1 mL de DPPH más 200 µL de cada uno de los extractos a evaluar de forma separada, con diferentes concentraciones a estudiar, dejando actuar entre 10 a 20 minutos y posteriormente se observa el cambio cualitativo de color. La absorbancia inicial es anotada en el minuto cero sin el antioxidante de referencia y la toma de absorbancia se realiza después de adicionar el antioxidante de referencia cada 30 segundos durante 10 minutos. Como resultado se elabora una curva de referencia y se establece el porcentaje de captación CALC con base en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Captación DPPH} = \frac{A \text{ Inicial} - A \text{ final}}{A \text{ inicial}} \times 100$$

Donde, el porcentaje de captación muestra la pérdida del color purpura cambiando al amarillo del radical DPPH*, al agregar un compuesto antioxidante, reduce la absorbancia de la solución medida a 517 nm. Figura 5.

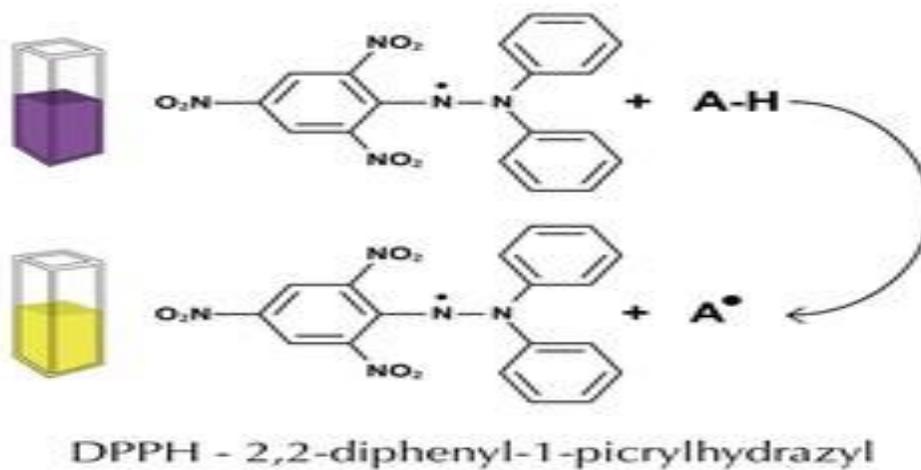


Figura 5. DPPH -2, 2-diphenyl -1-picrylhydrazyl (Blois, 1958)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de las parcelas experimentales

Esta investigación se realizó en el Unidad Académica de la Facultad de Agronomía UANL, localizada en el Municipio de Marín, Nuevo León, se encuentra al Noreste del Estado a una latitud Norte de 25° 52' 22.62" y de una longitud Oeste de 100° 03' 18.98", a una altura de 352 msnm.

3.2 Material Genético

En los ciclos agrícolas primavera - verano 2018 y otoño – invierno 2019, se evaluaron seis genotipos de girasol, tres híbridos oleaginosos: Daytona, Cobalto II y Hornet y tres variedades confiteras: Jaguar, Rhino y Criollo; sus características se describen en el Cuadro 1.

El diseño experimental utilizado para ambos ciclos de cultivo, fue de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones; cada unidad experimental fue de cuatro surcos, con 5 m de largo y una distancia entre surcos de 0.8 m. El espaciamiento entre plantas fue de 0.20 m, colocando dos semillas por punto a 2.5 cm de profundidad.

Cuadro 1. Características de los genotipos evaluados.

Tipo	Genotipo	Características
Híbridos	Daytona	De maduración temprana, estatura baja, alto oleico, alto rendimiento, y facilidad de comercialización, tallos y raíces muy fuertes, mejorada la tolerancia a las enfermedades, aquenio de color negro.
	Cobalto II	De cruza simple, alto nivel oleico, madurez temprana y de baja estatura, resistente a múltiples razas de mildiu veloso, se adapta a un período corto de vegetación, siembra tardía o como alternativa de doble cosecha, aquenio de color negro. Densidad de población de plantas recomendada es de 50,000-60,000 plantas/ha.
	Hornet	Híbrido uniforme de cruce sencillo y alto nivel oleico, de ciclo intermedio, aquenio de color negro, extraordinario rendimiento, contenido mejorado de aceite y calidad del tallo, altura de planta de corta a corta mediana. Densidad de población de plantas recomendada es de 50,000-60,000 plantas/ha.
Variedades	Jaguar	Ciclo intermedio-tardío, densidad de población de plantas, de 40.000 plantas/ha, longitud y color buena de la semilla, resistencia al acame, tolerante a la sequía, uniformidad en la floración, semilla de tamaño alargado.
	Rhino	Las flores emergen a los 62 días, alturas de plantas 1.72m, posición del capítulo colgante, tipo de semilla tradicional, potencial de rendimiento muy alto, densidad de plantas de 35 a 40mil/ha.
	Criollo	Ciclo intermedio tardío de maduración, longitud y color bueno, resistencia al encamado, muy adaptable, tolerante a la sequía, semilla de tamaño alargado.

En el primer ciclo se sembraron dos surcos de protección utilizando la variedad Rhino y en la parte posterior se utilizó frijol Pinto saltillo; mientras que en el segundo ciclo de siembra se utilizaron dos surcos de la variedad Cobalto II en el lado derecho y del lado izquierdo se utilizó la variedad Daytona. El área total fue de 672 m² en cada uno de los ciclos evaluados. En las Figuras 6 y 7 aparecen los croquis de campo de los ciclos mencionados.

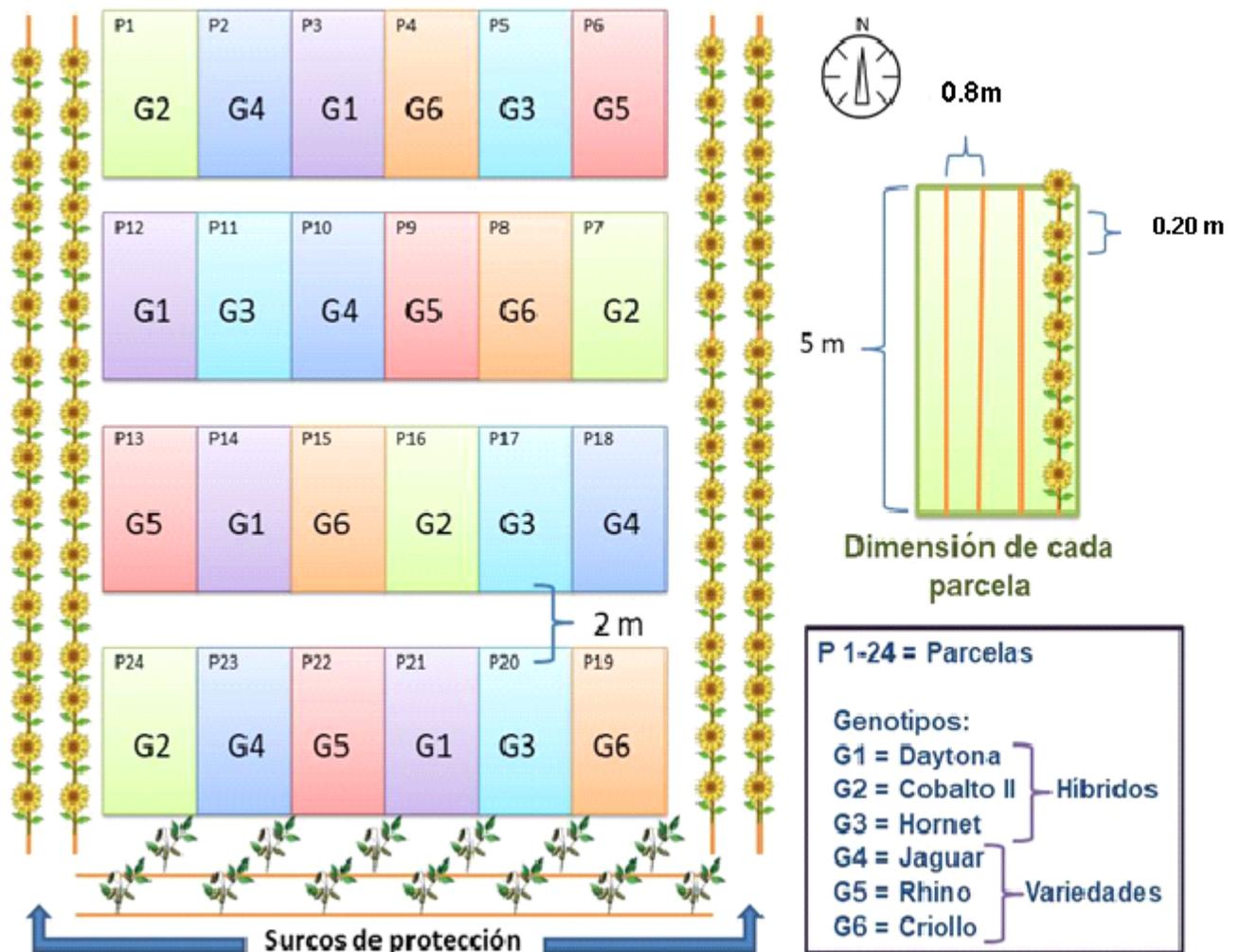


Figura 6. Croquis de la parcela experimental de girasol en Marín, ciclo primavera-verano (agosto - diciembre 2018).

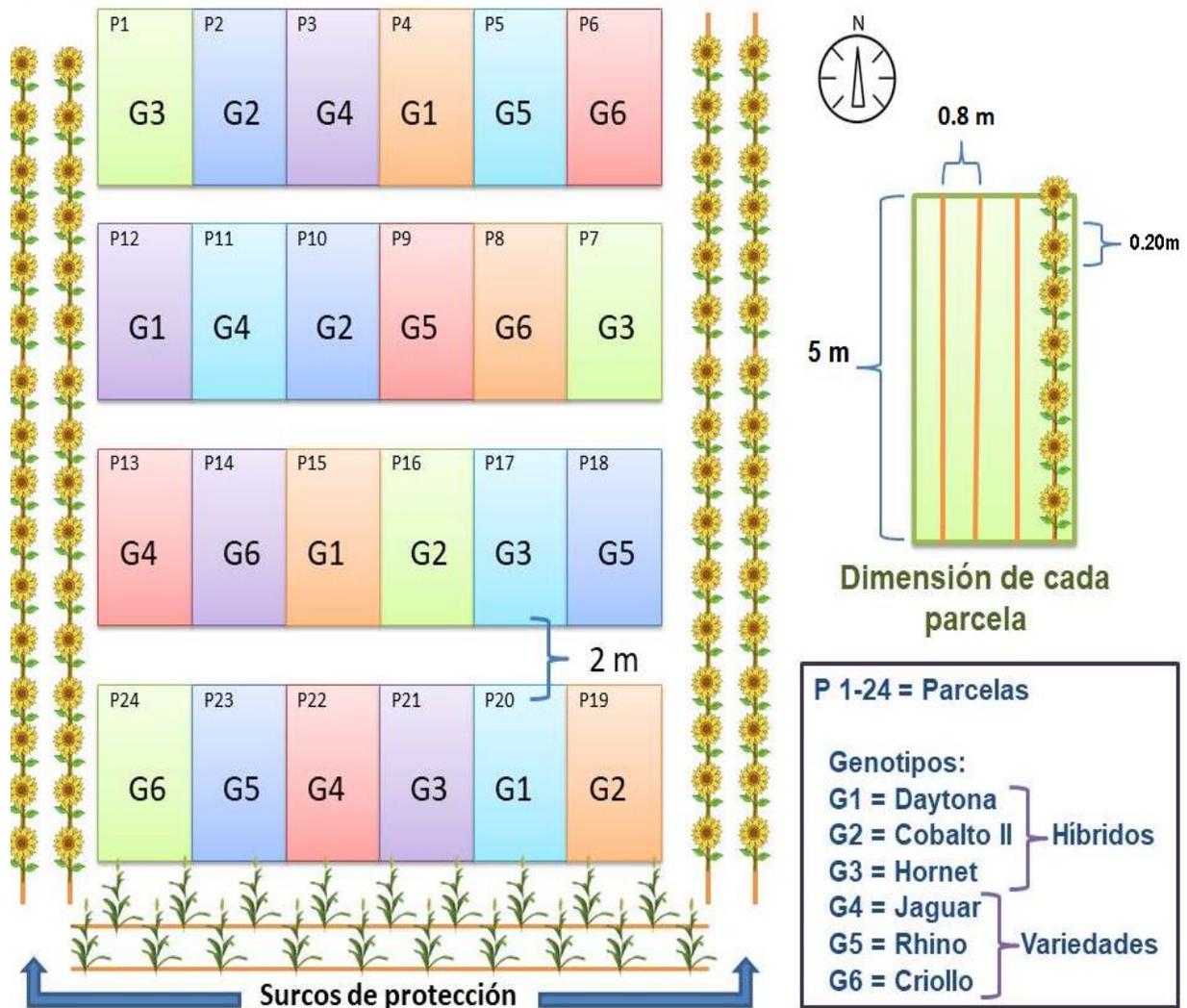


Figura. 7. Croquis de la parcela experimental de girasol en Marín, ciclo otoño –invierno (marzo–julio 2019).

3.3 Prueba de germinación

La prueba de germinación se realizó para los seis genotipos de girasol utilizados en la investigación, según el método descrito por Seed Testing Association (ISTA, 2007). Se colocaron 100 semillas de cada uno de los genotipos comerciales, con tres repeticiones, sobre un papel secante de 40 cm x 40 cm a una distancia entre semillas de 1-2 cm, se asperjó con agua destilada, posteriormente se le colocó otro papel

secante por encima de la semilla, se humedeció asperjando la semilla, se hizo un rollo, se sujetó con hilo, colocándose en una bolsa y se pusieron en una caja oscura para estimular la germinación a una temperatura de 22 a 24 °C, en cada especie de los genotipos cultivados, se utilizaron 40 semillas por cada rollo de papel secante.

3.4 Labores Realizadas en la Preparación de Suelo

La preparación de suelo para cada ciclo del cultivo se realizó aplicando la labranza convencional, antes de la siembra se cuadrículó el terreno para establecer los surcos con los tratamientos, de acuerdo con los croquis señalados en las Figuras 6 y 7. La primera siembra fue el 28 de agosto del 2018 y la cosecha el día 11 diciembre del mismo año. La siembra del segundo ciclo se realizó el 29 de marzo del 2019 y la cosecha se realizó el 23 de julio del mismo año. Para ambas siembras, se realizó un pase de arado y rastreo, se aplicó materia orgánica (gallinaza 2 t ha⁻¹) como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Aplicación de materia orgánica parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018) en Marín, N. L.

Antes de la siembra se realizó el surcado, se trazó el área experimental con una cintilla (Figura 9), para posteriormente sembrar (Figura 10); se estableció el riego por goteo y se aplicó dos veces por semana (Figura 11). Se realizaron las labores culturales de deshierbe manual (Figura 12); 30 días después de la siembra se hicieron aplicaciones de herbicidas Imasamox (swiper), mezclando 1.5 mL. L⁻¹ de agua. 50 días después de la siembra se hicieron aplicaciones de insecticidas para controlar las plagas presentes: 1). Cloropirifos mezclando 4mL. L⁻¹ de agua a los 40 días después de la siembra (plagas controladas: Crisomélido común *Diabrotica balteata* Leconte; Isoca medidora (*Rachiplusia nu*); Adultos de chinche (*Athaumastus haematicus*); (Figuras 13, 14 y 15). Cada siete días se realizaron aplicaciones foliares de Bayfolan forte a una dosis de 2mL. L⁻¹ de agua. A los 50 días después de la siembra se inició la toma de datos de las variables agronómicas.



Figura 9. Trazo del area experimental parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.



Figura 10. Siembra parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío,(agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.



Figura 11. Sistema de riego por goteo parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.



Figura 12. Deshierbe manual parcela experimental de seis genotipos de girasol en ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018).Marín, N.L.



Figura 13. Daños del Crisomélido común (*Diabrotica balteata* Leconte), parcela experimental de seis genotipos de girasol, ciclo tardío, (agosto-diciembre 2018), en Marín, N. L.



Figura 14. Larva de Isoca medidora (*Rachiplusia nu*), parcela experimental de seis genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.



Figura 15. Adultos de chinche (*Athaumastus haematicus*) parcela experimental de seis Genotipos de girasol ciclo tardío, (agosto - diciembre 2018), en Marín, N.L.

3.5 Variables Agronómicas a Medir en los dos Ciclos del Cultivo

Se realizó la medición de las variables agronómicas de los seis genotipos de girasol de acuerdo a la metodología propuesta por Robles - Sánchez (1980), como se explica a continuación:

3.5.1 Altura de la planta (AP) (m)

Se midió la altura de 10 plantas con competencia completa en los dos surcos centrales por unidad experimental durante la maduración del capítulo, la medición se tomó desde la base del tallo hasta la punta de la inflorescencia (Figura 16). El dato se expresó en metros.



Figura 16. Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Altura de planta, variedad Jaguar (ciclo tardío, 2018), Marín, N.L.

3.5.2 Número de hojas por planta (NHP)

Se seleccionaron 10 plantas con competencia completa en los dos surcos centrales por unidad experimental, se contaron las hojas de cada planta seleccionada,

comenzando desde la parte más baja del tallo hasta la base de la flor. Esta medición se realizó antes de la senescencia de las hojas de la planta y la cosecha.

3.5.3 Largo de hoja (cm)

Se tomaron 10 plantas, de ellas tres hojas representativas de la parte superior, centro e inferior, de los surcos del centro de cada repetición, con una cinta métrica se midió por el haz de la hoja el largo desde el inicio hasta el final del nervio central (Figura 17).



Figura 17. Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Medición del largo de hoja variedad criollo (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.

3.5.4 Ancho de hoja (cm)

Se midió con una cinta métrica de borde a borde de la parte más ancha de la hoja formando una línea perpendicular a la nervadura central, en tres partes por cada planta, superior, centro e inferior de los surcos del centro de cada repetición (Figura 18).



Figura 18. Parcela experimental de seis genotipos de girasol, Medición del ancho de hoja, variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.

3.5.5 Días a floración (días)

Los días a floración se determinaron considerando los días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la floración, observando que el 50% + 1 de las plantas de la parcela en estudio estuviera en ese estado fenológico, la medición se realizó en todas las unidades experimentales (Figura 19).



Figura 19. Genotipos de girasol, de la variedad Jaguar, con iniciación de su floración (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.

3.5.6 Días a madurez fisiológica (días)

Los días a madurez fisiológica fueron considerados desde la siembra hasta los 30 a 45 días después de la floración, donde más de la mitad de las plantas tienen el dorso de los capítulos amarillos, brácteas marrones y el grano alcanza su peso máximo, en esta etapa la humedad de la semilla sigue siendo alta de un 20 a 30 %.

3.5.7 Diámetro del capítulo (cm)

Se utilizó una cinta métrica, para medir cada uno de los capítulos seleccionados en campo (Figura 20).



Figura 20. Diámetro del capítulo del girasol de la variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.

3.5.8 Peso del capítulo (g)

Se determinó el peso de 10 capítulos por unidad experimental con una balanza analítica marca Tor-Rey modelo L-EQ (Figura 21).



Figura 21. Peso del capítulo, Híbrido Cobalto II (ciclo tardío 2018), Marín, N. L.

3.5.9 Número de semillas por capítulo

Se desgranaron diez capítulos y se contaron las semillas.

3.5.10 Peso de 100 semillas de cada capítulo (g)

Los granos de los capítulos seleccionados se pesaron en una balanza digital y se tomarán los datos (Figura 22).



Figura 22. Peso de 100 semillas de cada capítulo variedad Jaguar (ciclo tardío 2018, Marín, N. L.

3.5.11 Longitud de la semilla (cm)

Se midió con un vernier desde la base de la semilla hasta la punta; se tomó una muestra de 15 semillas representativas de cada unidad experimental (Figura 23).



Figura 23. Longitud de la semilla variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.

3.5.12 Ancho de la semilla (cm)

Se midió con un vernier el ancho máximo de la semilla y se tomó una muestra de 15 semillas representativas de cada unidad experimental (Figura 24).



Figura 24. Ancho de la semilla variedad Jaguar (ciclo tardío 2018), Marín, N.L.

3.5.13 Porcentaje de humedad de la semilla (%)

Se calculó utilizando la metodología de Justice (1972) modifica, usando la siguiente fórmula:

$$\%Hs = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Donde:

%Hs = Humedad de la semilla en %.

Psh = Peso de la semilla húmeda.

Pss = Peso de la semilla seca.

3.5.14 Rendimiento de la semilla (t ha⁻¹)

Esta variable se evaluó tomando como referencia 10 capítulos de plantas con competencia completa utilizando la parte central de los dos surcos medios en cada unidad experimental. Las semillas de los 10 capítulos se desgranaron y se pesaron. Dado que las plantas estaban a 0.20m entre ellas y la distancia entre surco 0.8m, por lo tanto la superficie de cosecha fue equivalente a 1.6m². La estimación del rendimiento de grano en toneladas por ha se hizo a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{RUE * 10000}{1.6}$$

Donde:

R = Rendimiento estimado en t ha⁻¹

RUE = Rendimiento de la unidad experimental

1.6 = Superficie de cosecha

10000 = Coeficiente de estimación a una hectárea

3.5.15 Comportamiento de la precipitación y la temperatura promedio mensual para los dos ciclos de cultivo (ciclo tardío 2018, ciclo temprano 2019, Marín, N. L)

En la Figura 25 se presentan los datos correspondientes a la precipitación y la temperatura promedio mensual que se presentaron durante los dos ciclos de cultivo de experimento en la localidad de Marín N.L.

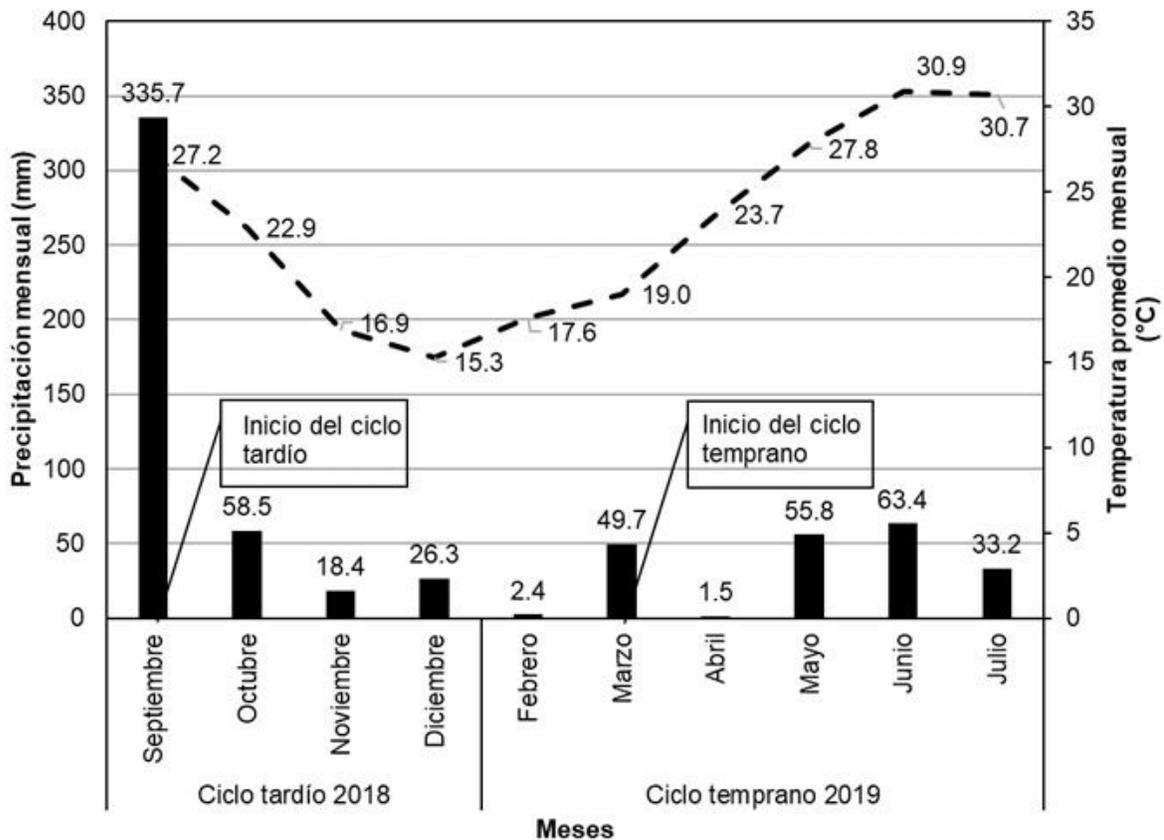


Figura 25. Precipitación (barras) y temperatura (Linea) promedio mensual de los dos ciclos evaluados (ciclo tardío 2018 y ciclo temprano 2019), Marín, N.L.

En la segunda cosecha a pesar de las bajas precipitaciones en febrero y abril con valores de 2.4 y 1.5 mm no afectó al crecimiento y desarrollo de la planta ya que se mantenía con el fertirriego cada tres días para mantener una secuencia de humedad en el suelo. En el caso de las temperaturas a pesar existieron cambios bruscos en varios momentos de desarrollo del cultivo, se obtuvieron resultados elevados en el rendimiento, para cada uno de los genotipos en estudio.

3.6 Análisis de calidad de semilla

Se utilizaron 50 semillas por unidad experimental las cuales se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el Campus de Ciencias Agropecuarias en General Escobedo, Nuevo León para realizar los siguientes análisis nutracéuticos.

3.7. Componentes de la semilla

3.7.1 Extractos fenólicos

La extracción de los compuestos fenólicos libres se realizó pesando 200 mg de grano molido de girasol en un tubo de ensayo de 10 mL; se homogenizaron con 3 mL de metanol al 80% (purgados 30 s con gas de nitrógeno= N_2), posteriormente se cubrió con papel aluminio y se agitaron durante 1 h a 200 rpm, posteriormente se pasaron a un tubo falcón y se centrifugaron a 15 °C por 5 min a 4500 rpm recuperándose el sobrenadante. Las muestras se colocaron en tubos eppendorf envueltos con papel aluminio y se guardaron a 5 °C hasta su uso para posteriormente realizar el análisis. Se realizaron cuatro repeticiones por genotipo para cada uno de los experimentos utilizando la ecuación lineal para realizar la curva de fenoles (Cuadro -1A).

3.7. 2 Contenido total de flavonoides

El contenido total de flavonoides se evaluó la prueba mencionada por Ivanova *et al.*, (2011), basándose en la reacción del Cl_2Al_3 (Cloruro de Aluminio) y agua (H_2O), agregando 0.15 mL de NaNO_3 (Nitrato de Sodio) al 5%; después de 5 min se agregó 0.15 mL de Cl_2Al_3 (Cloruro de Aluminio) al 10% , 5 min más tarde se añadió 1.0 mL de NaOH (Hidróxido de Sodio), la reacción se dejó durante 15 min, posteriormente se midió la absorbancia de las muestras a 510 nm utilizando la ecuación lineal para la curva de flavonoides (Cuadro – 2A).

3.7.3 Contenido de taninos condensados

El contenido de taninos condensados se determinó según lo descrito por Sun (1988), quien se basó en la reacción de la vainillina; para esto se mezclaron 0.25 mL de extracto fenólico con 0.65 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) al 25% (ambos disueltos en metanol al 100%). La reacción se dejó durante 15 min a 30 °C y finalmente se midió la absorbancia de las muestras a 500 nm.

Para los compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y ensayos de taninos condensados, se utilizó catequina estándar (0 a 200 mg L^{-1}) y los resultados obtenidos se expresaron como microgramos de equivalentes de catequina por gramo de la muestra ($\mu\text{g CE g}^{-1}$), seguido se realizó la ecuación lineal para los taninos condensados (Cuadro -3A).

3.7.4 Capacidad antioxidante

3. 7. 4. 1 Ensayo DPPH (2.2 difenil -1-picrilhidrazilo)

La capacidad antioxidante se evaluó utilizando una solución de trabajo de 60 µM con una absorbancia ajustada a 517 nm, el ensayo se realizó mezclando 0.2 mL de extracto fenólico con 3.3 mL de la solución de trabajo de DPPH; esta reacción se dejó por 30 min en la oscuridad, posteriormente se utilizó la ecuación lineal para realizar la curva de trolox (Cuadro - 4A).

3. 7. 4. 2 Ensayo ABTS (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)

Para llevar a cabo el ensayo de ABTS (ácido 3-etil-benzociazolina-6-sulfónico), el reactivo ABTS se preparó 12 h antes de su uso y después del tiempo transcurrido se diluyó con metanol al 80%, posteriormente se mezclaron 0.50 µL del extracto fenólico y 150 µL de agua destilada (200 µL muestra), se añadieron 1.5 mL del reactivo ABTS, 1.5 de metanol al 80 % y se midió la absorbancia ajustada a 1.00, se dejó reaccionar durante 12 h en la oscuridad y se midió la reducción de ABTS a 734 nm, posteriormente se utilizó una ecuación lineal para realizar la curva de calibración ABTS (Cuadro - 5A).

3. 7. 4. 3 Ensayo FRAP (poder reductor antioxidante férrico)

Este ensayo se realizó utilizando una solución de trabajo preparada mezclando 300 mM de acetato de sodio trihidratado ($C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$) a un pH de 3.6, más 10 mM de TPTZ (2.4.6 (2- tripiridil)-s- triazina), en 40 mM de HCL (Cloruro de Hidrógeno) y 20 mM de Cloruro férrico ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) en proporción 10:1 (agua: mezcla). Se preparó mezclando 0.2mL de extracto fenólico con 3.3 mL de solución de trabajo FRAP, se

dejó la reacción durante 30 min en la oscuridad a 37 °C y se tomó la absorbancia de las muestras a 593 nm.

Los ensayos de capacidad antioxidante se realizaron de acuerdo con Thaipong *et al.*, (2006) con modificaciones, se utilizó trolox como estándar (0 a 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$) y los resultados se expresaron como micromoles de equivalentes de trolox por kilogramo de muestra ($\mu\text{mol ET/Kg}^{-1}$), utilizando la ecuación lineal para realizar la curva (Cuadro - 6A).

3.8 Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para las variables agronómicas de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + b_j + e_{ij}$$

$$i=1,2,\dots,\tau$$

$$j=1,2,\dots,b$$

Donde:

Y_{ij} : Es la repetición del tratamiento

μ : media verdadera general

τ_i efecto del i -ésimo tratamiento

b_j : efecto del j -ésimo del bloque

e_{ij} : es el error experimental de la i + j -ésima observación

En este modelo se asume que los errores (e_{ij}) se distribuyen normal e independientemente con media cero y varianza igual a σ^2 .

Para el caso de las pruebas de laboratorio (contenido de compuestos fenólicos, flavonoides, taninos condensados y restos de componentes para estudiar la capacidad antioxidante de las semillas) por ciclo de cultivo, se utilizó el diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

$$i=1, 2, \dots, \tau$$

$$j=1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

Y_{ij} : Es la variable dependiente

μ : media verdadera general

τ_i efecto del i -ésimo tratamiento

e_{ij} : es el error experimental de la ij -ésima observación

Al encontrar diferencia significativa en los análisis de varianza, se procedió a realizar la comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de agua y suelo del experimento

Los análisis de agua de riego y suelo para cada ciclo de cultivo se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Campus Experimental Marín perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

4.1.1 Calidad del agua de riego para los dos ciclos del cultivo

Se tomó una muestra de un litro de agua del pozo profundo que se encuentra dentro del campo experimental en terrenos donde se localiza la colección de nopal en Marín Nuevo León. En los Cuadros 2 y 3 (ciclo tardío 2018 y ciclo temprano 2019, respectivamente) se muestran los resultados obtenidos del análisis de la calidad de agua de acuerdo a la metodología de Talens (2009).

Cuadro 2. Análisis de la calidad del agua de riego. Ciclo tardío 2018. Pozo profundo localizado en la colección de nopal en el Campus Marín, Nuevo León.

Análisis	Valores (meq/L)	Observaciones
C. E. ms/cm	1.78	No salino
pH	7.76	Ligeramente alcalino
Ca ⁺⁺	6.7	Buena calidad
Mg ⁺⁺	3.9	Buena calidad
Na ⁺	3.4	Buena calidad
K	5.3	Buena calidad
Suma de cationes	19.30	
Cl	2.72	Buena calidad
SO ₄ ⁼	5.68	Buena calidad
CO ₃ ⁼	11.03	Buena calidad
HCO ₃ ⁻	0.14	Buena calidad
Suma de aniones	19.57	
PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable)	17.80 %	Normal a Ligero Salino
RAS (Relación de Adsorción de Sodio)	2.3	Baja en sodio
Necesidad de Mejorador	3.11	Se requiere mejorador

Cuadro 3. Análisis de la calidad del agua de riego. Ciclo temprano 2019. Pozo profundo localizado en la colección de nopal en el Campus de Marín, Nuevo León.

Análisis	Valores	Observaciones
Na	3.8 meq/L	Buena
Cloruros	4.8 meq/L	No recomendados
pH	7.2	Neutro
Conductividad eléctrica	2.41 ms/cm	Ligeramente salino
CO ₃	3.21 meq/L	Aceptable

4.1.2 Análisis de suelo para los dos ciclos del cultivo

El análisis del suelo se realizó con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 y se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelo y Agua de la FAUANL Unidad Marín. Se realizó el muestreo de suelo a una profundidad de 0 - 30 cm y de 30 - 60 cm en forma de zigzag en el área donde quedó establecido el experimento. Las muestras se tamizaron y pusieron a secar en el laboratorio como se muestra en la Figura 26; posteriormente a cada una de las muestras se realizaron los análisis de textura (método del Hidrómetro), contenido de materia orgánica (método de combustión de Walkley y Black, 1947), salinidad (método del Conductivímetro), pH (método Potenciómetro o pH-ímetro), extracto para determinar nitrógeno (método de Micro Kjeldahl, 2007), fósforo y potasio (método de Olsen Modificado) (Torres *et al.*, 2009; Talens, 2009; Rodríguez-Fuentes y Rodríguez-Absi, 2011).



Figura 26. Tamizado y equipo utilizado para moler las muestras de suelo analizadas. Marín, N. L.

Los resultados del ciclo tardío 2018 aparecen en el Cuadro 4. El suelo predominante es Castañozem - lúvico (USDA, 2006), de textura arcillosa, pH ligeramente alcalino (7.6), materia orgánica baja (1.29 %), sin problemas de salinidad (1.78 ms/cm) y bajo en nitrógeno (0.24%), fosforo deficiente (0.237ppm) de acuerdo a Olsen, (1954).

Cuadro 4. Análisis de suelo del campo experimental de Marín en el ciclo tardío 2018.

Textura	Arena 17.36 % Arcilla 51.72. % Limo 30.92%	Suelo arcilloso
pH	7.6	Ligeramente alcalino
Materia Orgánica	1.29 %	Baja
Conductividad eléctrica	1.78 ms/cm	Suelo no salino
Nitrógeno	0.24%	Bajo
Fósforo	0.237ppm	Deficiente
Potasio	36.41meq/100 g	Rico

Los resultados de los análisis de suelo para el ciclo temprano 2019 se encuentran en el Cuadro 5, donde se utilizó la misma área de cultivo para la segunda fecha con el objetivo que la única diferencia que se observó fueran los efectos climáticos de la

temporada donde se realizaron los mismos análisis que en la siembra anterior (ciclo tardío) obteniendo resultados de pH moderadamente alcalino (8.23), materia orgánica baja (1.16%), sin problemas de salinidad (1.80 ms/cm) y en el caso del fósforo los análisis reportaron un valor de 0.250 ppm considerado deficiente de acuerdo a Olsen, 1954, rico en potasio 35.20 meq/100 g respectivamente.

Cuadro 5. Análisis de suelo del campo experimental de Marín en el ciclo temprano 2019.

Análisis	Valores	Observaciones
Textura	Arena 17.36 % Arcilla 51.72 % Limo 30.92 %	Suelo arcilloso
pH	8.23	Moderadamente alcalino
Materia Orgánica	1.16%	Baja
Conductividad eléctrica	1.80 ms/cm	No salino
Fósforo	0.250. ppm	Deficiente
Potasio	35.20 meq/100 g	Rico

4.2 Prueba de germinación

Las pruebas de germinación dieron como resultado un 98% (Cuadro 6). Tomando como base estos resultados de porcentaje de germinación de los seis genotipos, se procedió al establecimiento del cultivo.

Cuadro 6. Porcentaje de germinación de los seis genotipos estudiados.

Variedades	M1*	M2*	M3*	% Germinación
Híbridos (oleaginosas)				
Cobalto II	98	100	96	98
Hornet	97	97	100	98
Daytona	98	100	96	98
Variedades (Confitería)				
Jaguar	100	98	98	98
Rhino	97	98	100	98
Criolla	97	100	98	98

*M1, M2 y M3 Representan las Muestras de 100 semillas de cada muestra

4. 3 Resultados de las variables agronómicas obtenidas en el cultivo (ciclo tardío agosto diciembre 2018)

4. 3. 1 Altura de la planta (AP, m)

En cuanto a la variable altura de planta no existieron diferencias significativas entre los genotipos, (Cuadro -7A); sin embargo, los mayores valores numéricos fueron obtenidos por el híbrido Hornet y la variedad Jaguar con 1.48 m y 1.46 m, respectivamente, en comparación con el menor valor que fue la variedad Rhino con 1.30 m, como se observa en la Figura 27.

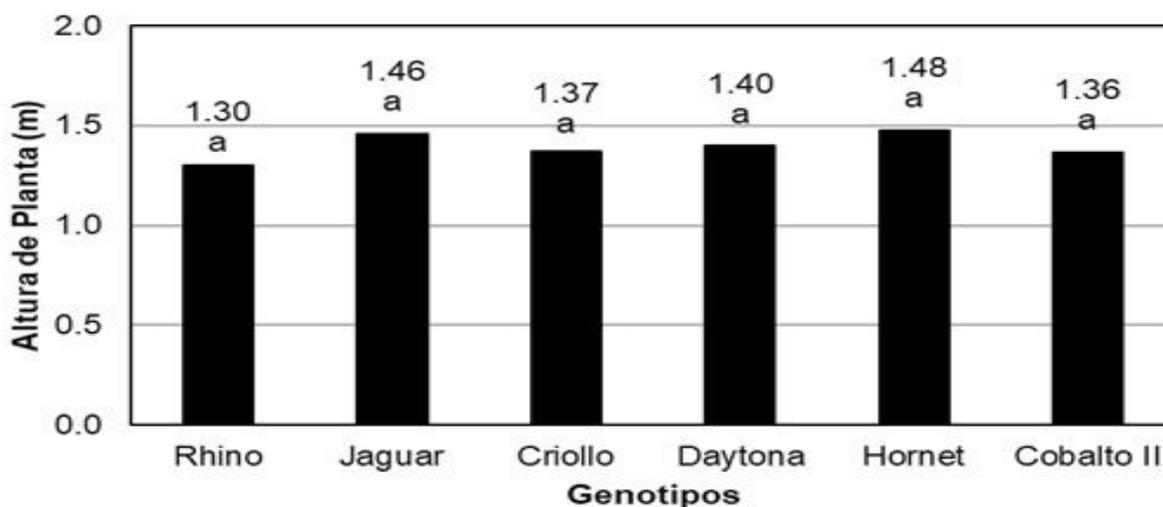


Figura 27. Relación altura de planta (m) por genotipos. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3. 2 Número de hojas por plantas (NHP)

Los genotipos fueron diferentes significativamente (Cuadro - 8A), los genotipos que estadísticamente resultaron superiores fueron Criollo, Daytona y Rhino con valores de 24.7, 23.5 y 23.4, respectivamente; el genotipo Cobalto II fue el genotipo que estadísticamente presentó el valor más bajo con 19.4 hojas (Figura 28).

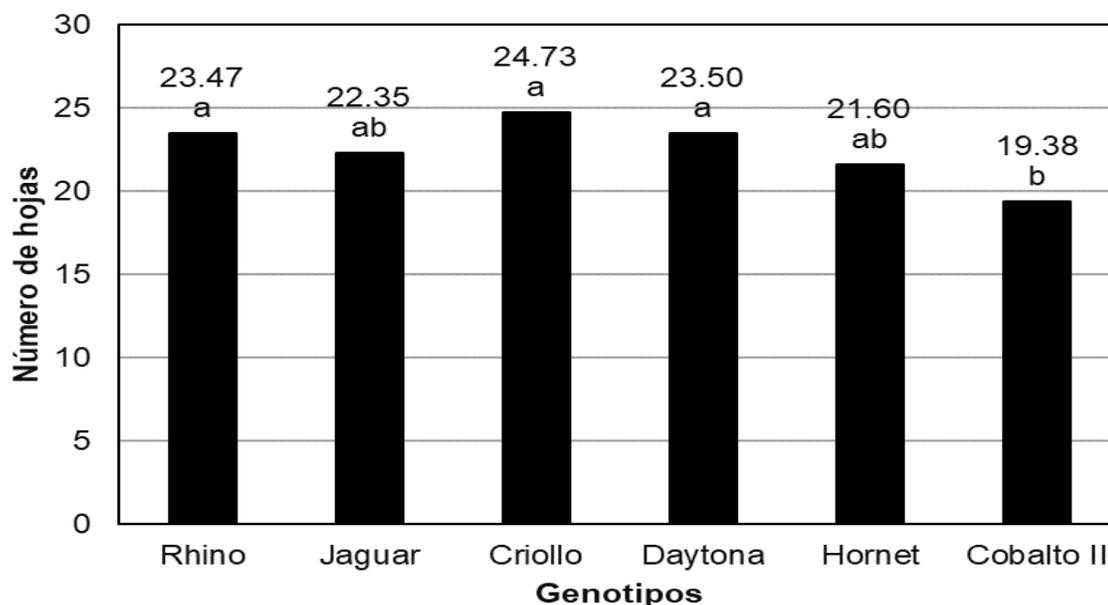


Figura 28. Relación número de hojas por plantas por genotipos. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3. 3 Largo de hoja (cm)

Los resultados de esta variable se presentan en el Cuadro - 9A. En la Figura 29 se muestra el comportamiento de los diferentes genotipos para esta variable y en concordancia con el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas

entre genotipos. Numéricamente los valores fluctuaron entre 25.68 cm y 31.44 cm.

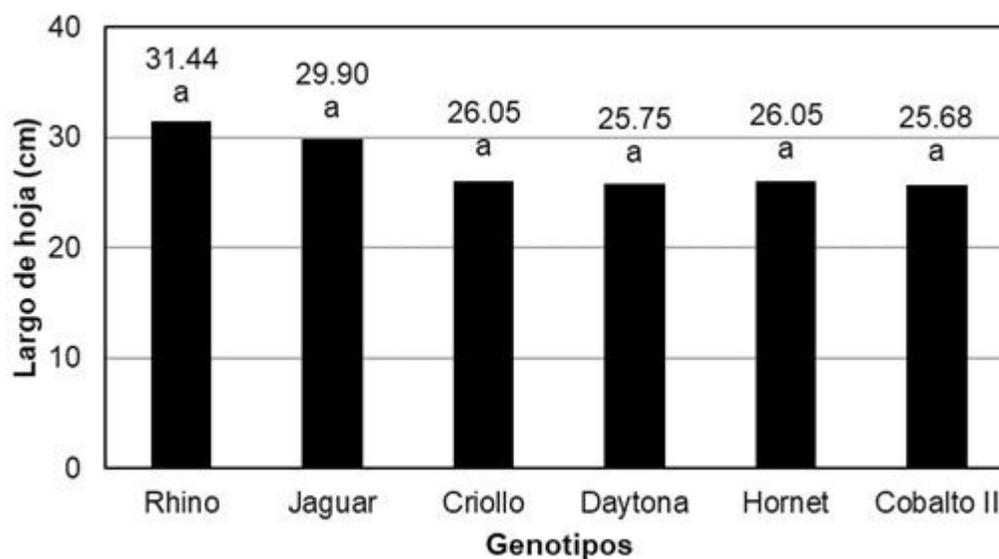


Figura 29. Relación largo de hoja por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4.3. 4 Ancho de hoja (cm)

Al analizar la variable ancho de hoja como se muestra en el Cuadro -10A no existieron diferencias significativas entre los genotipos. Sin embargo, en la Figura 30 se muestra que el rango de valores para esta variable estuvo entre los 21.19 cm para Criollo y 25.48 cm para Jaguar.

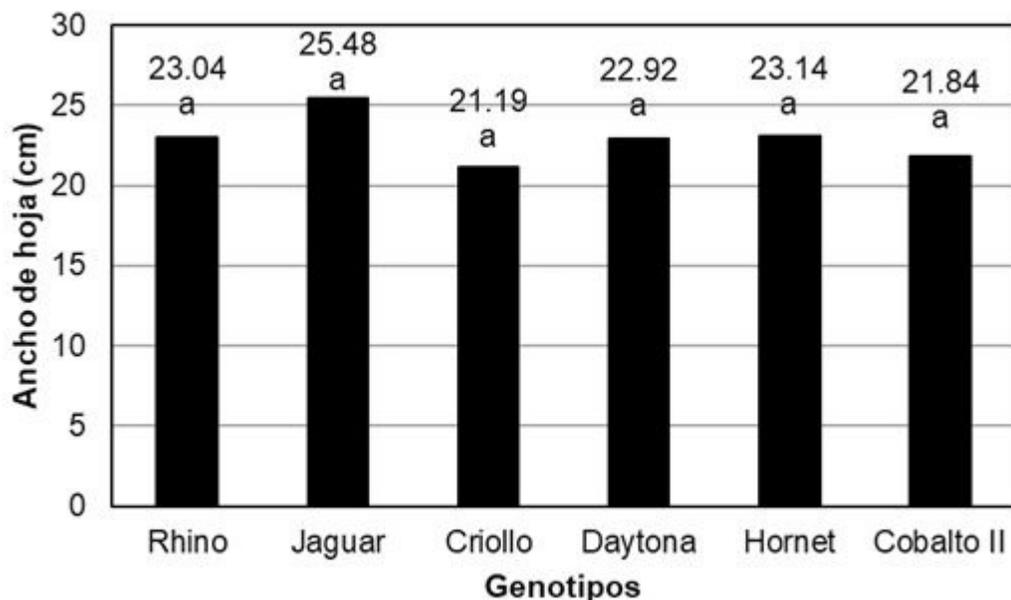


Figura 30. Ancho de hoja por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre, del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3. 5 Días a floración y madurez fisiológica (días)

El análisis de varianza para días a floración se presenta el Cuadro-11A con resultados que muestran una diferencia significativa entre genotipos. La comparación de medias se presenta gráficamente en la Figura 31 donde se muestra que el grupo de genotipos que resultó con los valores más altos (tardíos) las variedades Criollo con 66 días y a Hornet con 64 días; mientras que el grupo que resultó estadísticamente inferior se muestra en el Cuadro 12-A, estas son precoces donde fue incluido a Rhino, Jaguar y Cobalto II con valores de 58, 57 y 57 días, respectivamente. En cuanto a la variable madurez fisiológica, el genotipo que obtuvo el valor más alto (tardío) fue Criollo con 98 días, mientras que Rhino, Jaguar y Cobalto II (precoces) presentaron valores de 89, 88 y 87 días, respectivamente (Figura 31).

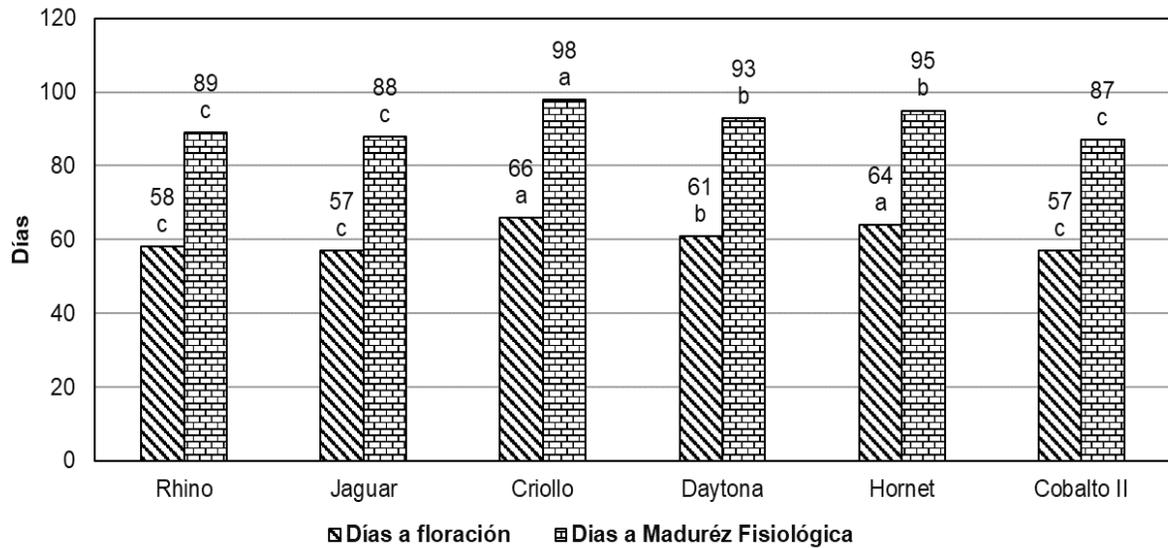


Figura 31. Relación días a floración y madurez fisiológica por genotipos (días). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

Los resultados analizados por Escalante (1999) en híbridos de girasol AB-E353 y Sungro 380 de ciclo corto y largo, respectivamente, se sembraron con dos niveles de fertilización (0 y 300 kg N ha) sus resultados difieren de los obtenidos en la presente investigación, pues el autor muestra que los días a floración ocurrieron entre los 61 y 75 días, mientras que la madurez fisiológica se alcanzó entre los 108 y 110 días, atribuyendo este comportamiento a los efectos de la temperatura y el fotoperiodo.

4. 3. 6 Diámetro del capítulo (cm)

Existió diferencia significativa entre genotipos (Cuadro -13A). Todos los genotipos fueron estadísticamente iguales con excepción de Criollo que fue el que presentó el menor valor con 13.23 cm, para el resto de los genotipos los valores para el diámetro de capítulo fluctuaron entre los 16.13 cm y 18.13 cm (Figura 32). Los resultados obtenidos concuerdan con los expuestos por Chicaiza (2017) en Argentina y Estados

Unidos quienes obtuvieron valores promedio del diámetro del capítulo de 17.51 cm y 17.04 cm, respectivamente.

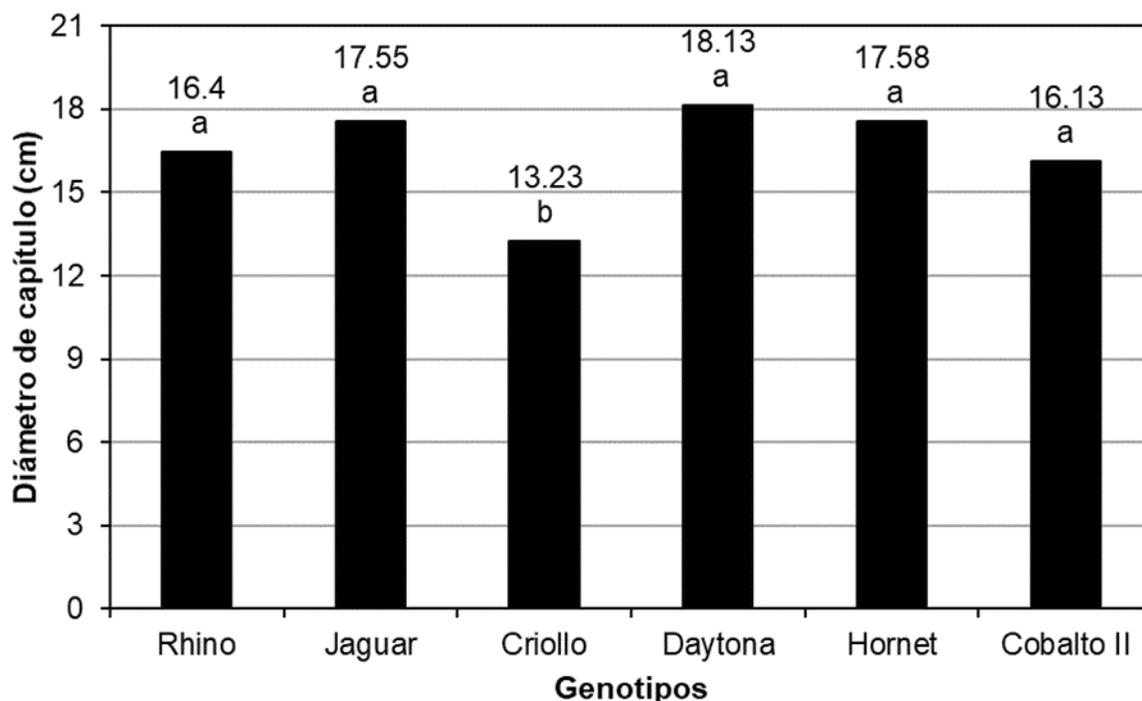


Figura 32. Relación diámetro del capítulo por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

Otros resultados expuestos por Guerra (2017) en Quevedo, Los Ríos, Ecuador, difieren con los resultados obtenidos en esta investigación. Dicho autor evaluó arreglos topológicos utilizando una distancia de siembra de 0.3m x 0.8m con una densidad de 41,625 plantas ha⁻¹, obteniendo diámetros promedio de capítulos de 12.3 cm a 12.9 cm. En esta investigación los mayores diámetros de capítulo fluctuaron entre los 16.13 cm y 18.13 cm, utilizando un arreglo topológico de siembra de 0.2 m x 0.8 m con una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹.

4. 3. 7 Peso del capítulo (g)

Existieron diferencias significativas entre los genotipos (Cuadro -14A). El mayor peso del capítulo lo obtuvo el híbrido Hornet (402.63 g) en comparación con los demás genotipos en estudio. El menor peso del capítulo lo obtuvo la variedad Criollo (140.23 g) como se muestra en la Figura 33.

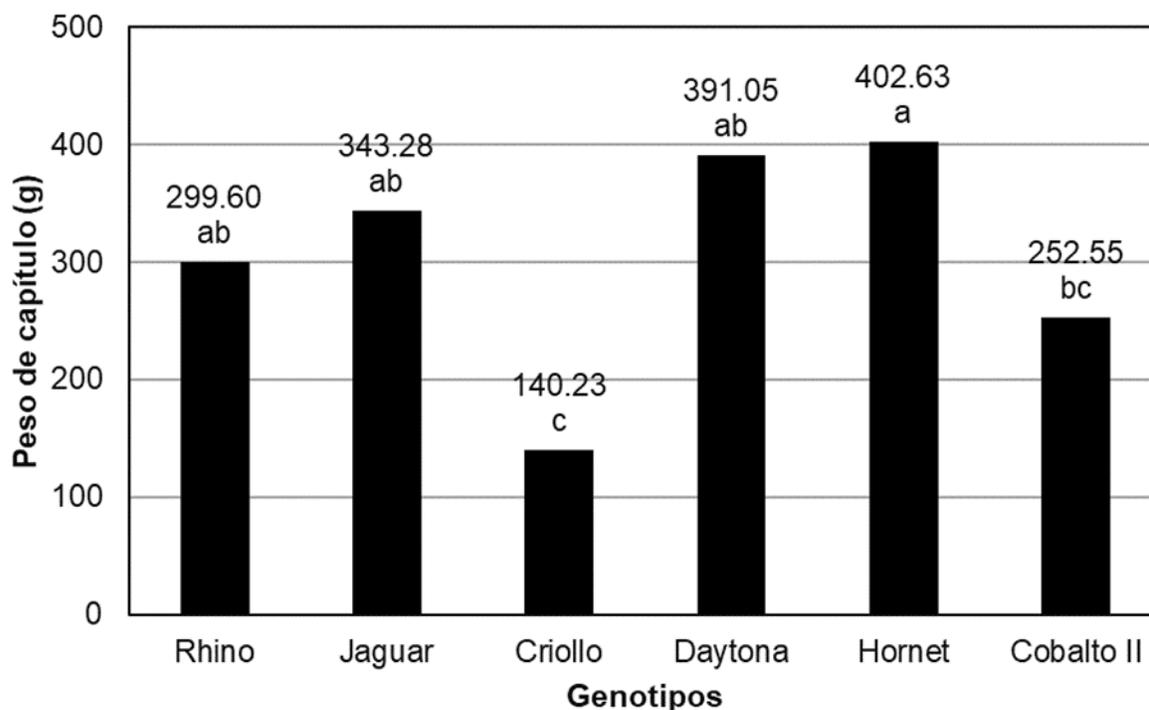


Figura 33. Relación peso de capítulo por genotipos (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3. 8 Número de semillas por capítulo(g)

En la Figura 34 se muestra la comparación de medias para el número de semillas por capítulo, donde el análisis mostró diferencias significativas entre genotipos (Cuadro - 15A). Los híbridos Daytona y Hornet fueron los que obtuvieron el mayor número de semillas con valores de 1362 y 1315, respectivamente. Rhino (499 semillas) y Criollo (364 semillas) fueron los que presentaron los menores valores.

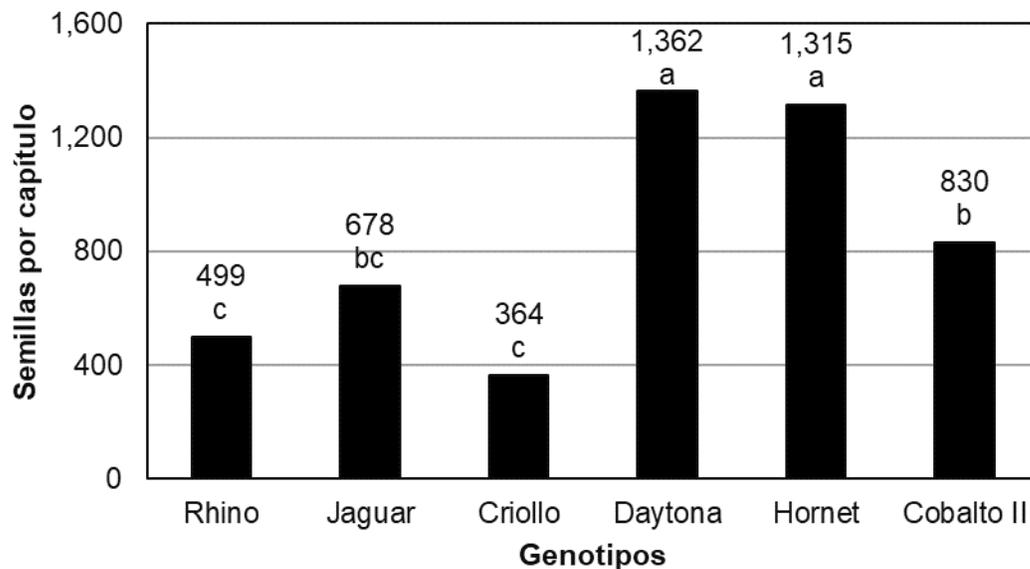


Figura 34. Relación número de semillas por capítulo por genotipos. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por INIFAP (2004), quien expresa que los genotipos sembrados en el norte de Tamaulipas (ciclo tardío), producen de 500 a 1500 semillas por capítulo.

4. 3. 9 Peso de 100 semillas (g)

Se encontró diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro -16A), las variedades Jaguar, Rhino y Criollo fueron las que obtuvieron estadísticamente los mayores valores con 13.42 g, 11.72 g y 11.11 g, respectivamente. Los híbridos fueron los que presentaron los valores más bajos estadísticamente (Cobalto II, 6.45 g; Hornet, 5.70 g; Daytona, 4.50 g; Figura 35).

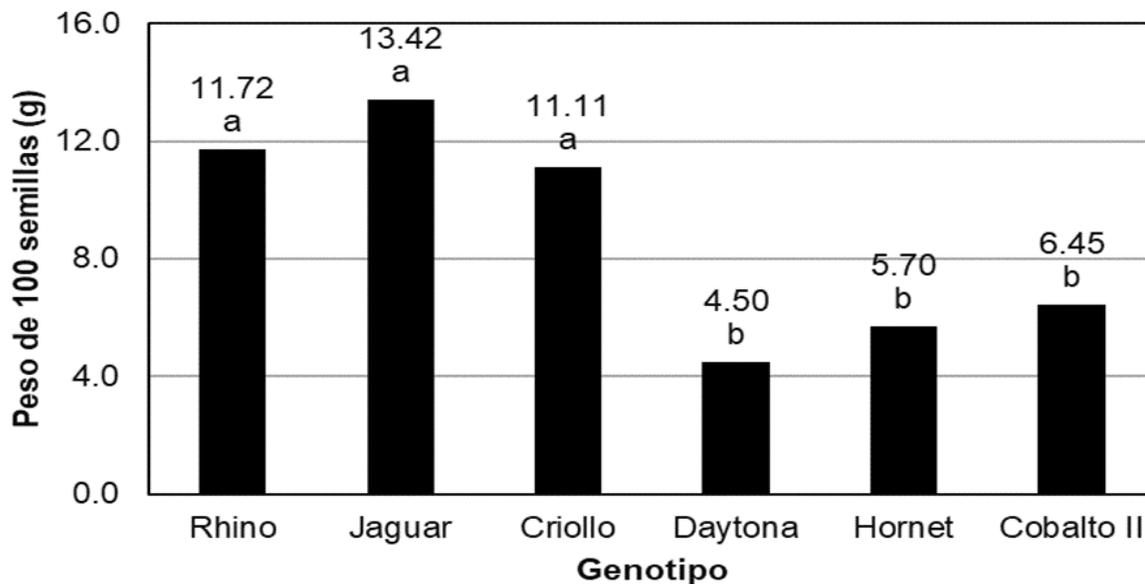


Figura 35. Relación peso de 100 semillas por capítulo (g) en cada genotipo. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3.10 Longitud de la semilla (cm)

En la Figura 36 se presentan los valores para la longitud de semilla por genotipos, donde se muestra la existencia de diferencias significativas (Cuadro – 17A); teniendo la mayor longitud de semilla la variedad Criollo con un valor de 1.96 cm; el híbrido Daytona presentó el valor más bajo para esta variable (0.95 cm). En general se observa una tendencia en que las variedades confiteras presentan una mayor longitud comparada con las oleaginosas.

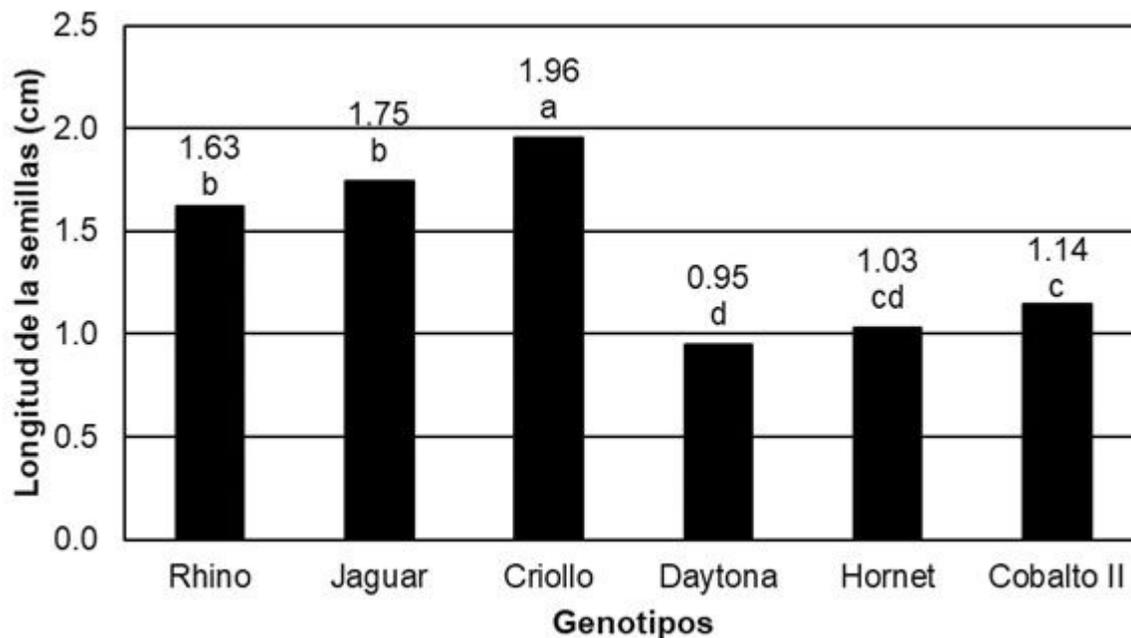


Figura 36. Relación longitud de la semilla por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío agosto-diciembre del 2018, Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3. 11 Ancho de la semilla (cm)

Se obtuvieron diferencias significativas entre los genotipos evaluados (Cuadro -18A).

En la Figura 37 se observa que la variedad Rhino es la que presentó el valor más alto estadísticamente (0.93 cm); en contraste los híbridos Cobalto II, Daytona y Hornet presentaron los valores más bajos (0.59 cm, 0.58 cm y 0.56 cm, respectivamente).

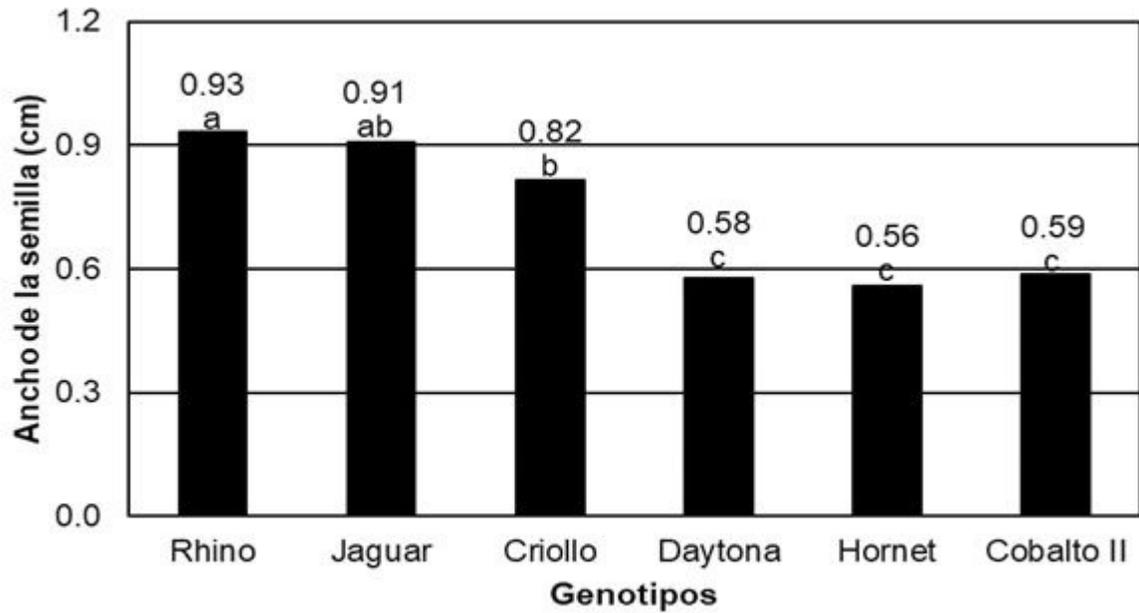


Figura 37. Relación ancho de la semilla por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 3.12 Peso total de la semilla por capítulo (g)

Se encontró diferencia significativa entre genotipos (Cuadro - 19A). La variedad Jaguar fue la que obtuvo estadísticamente el mayor peso con un valor de 74.04 g; en contraste, la variedad Criolla obtuvo el valor más bajo con 34.70 g (Figura 38).

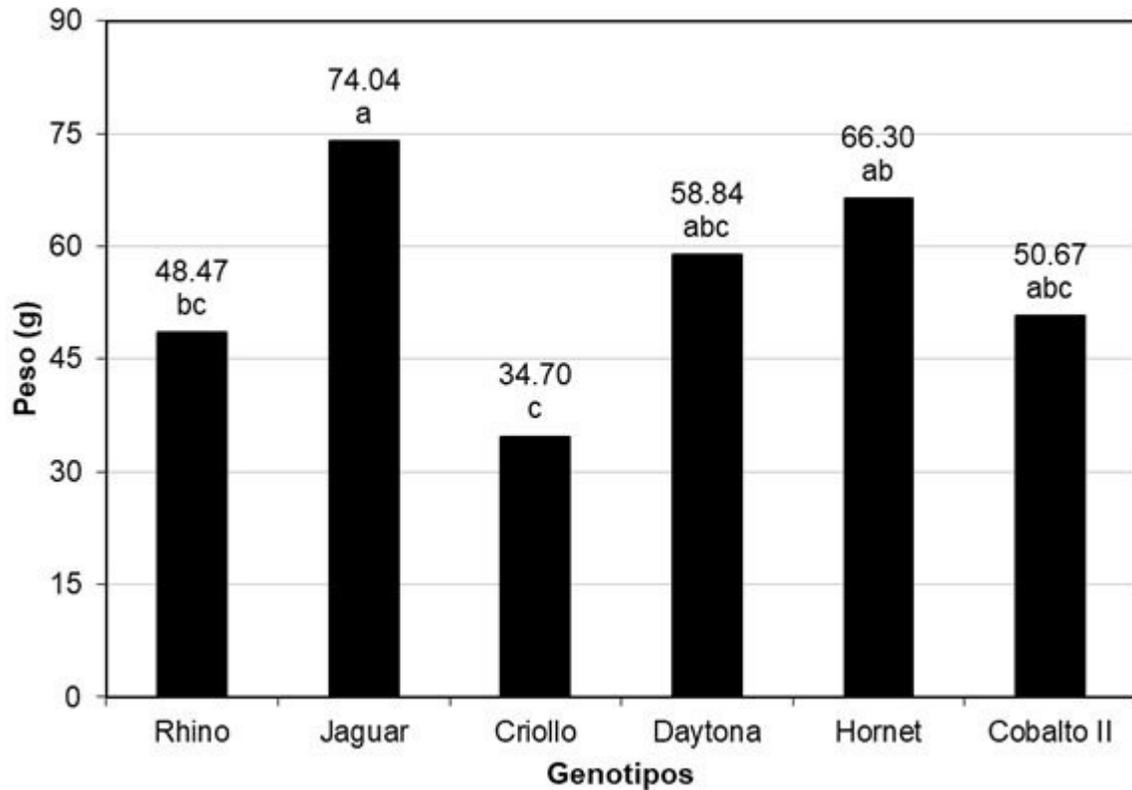


Figura 38. Relación peso total de semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

Chowdbury y Wardallaw (1978) expresan que el peso final de la semilla está vinculado a la tasa o duración del período de llenado del grano y a las características de cada genotipo; mientras que Connor y Hall (1997) y López y Sadras (1999) mencionan que el peso de la semilla está controlado genéticamente y modulado por el ambiente y que está relacionado con la tasa de crecimiento más que a la duración de período de llenado del grano.

4. 3.13 Rendimiento de grano (t ha⁻¹)

En la variable rendimiento de grano se observó diferencia estadística significativa entre los genotipos evaluados (Cuadro -20A); siendo la variedad Jaguar la que presentó el mejor comportamiento para esta variable mostrando valores promedio de rendimiento de 4.63 t ha⁻¹; mientras que la variedad Criollo presentó los valores más bajos para esta variable con un valor promedio del rendimiento de 2.17 t ha⁻¹, como se puede observar en la Figura 39.

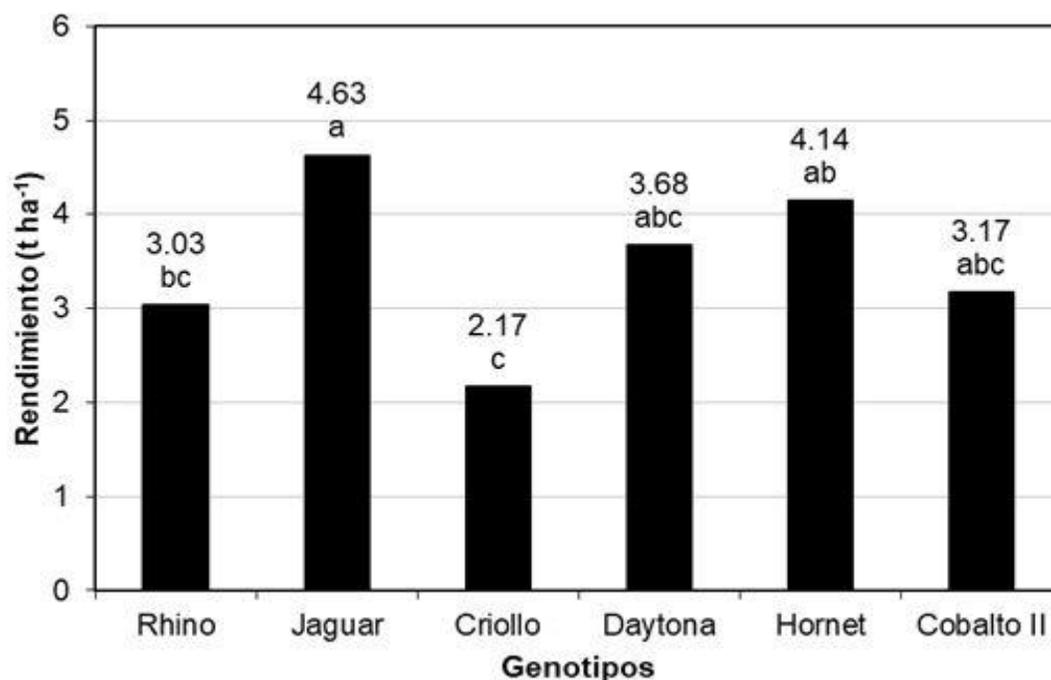


Figura 39. Rendimiento de grano de los genotipos (t ha⁻¹). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018), Marín Nuevo León, FAUANL.

El rendimiento y los componentes del rendimiento son específicos para cada híbrido y/o variedad, lo cual está influenciado por diferentes factores de crecimiento en interacción con su genética, como ha quedado demostrado en este trabajo en el cual

se observa una respuesta específica del genotipo al ambiente de crecimiento, observando un rango de valores para esta variable entre 2.17 t ha⁻¹ hasta las 4.63 t ha⁻¹. Estos valores son superiores a los obtenidos por Semerci *et al.*, (2011), quienes obtuvieron un rendimiento promedio de 1.549 t ha⁻¹ para híbridos susceptibles a la enfermedad de la escoba; mientras que el rendimiento promedio para los híbridos resistentes a esta enfermedad fue de 1.929 t ha⁻¹, lo que demuestra que las condiciones del cultivo y la respuesta a factores bióticos como es esta enfermedad son determinantes en la expresión final del rendimiento.

Los resultados obtenidos por Ion *et al.*, (2015), muestran una tendencia similar a los obtenidos en este trabajo ya que reportan un rango para la variable rendimiento entre 3.325 t ha⁻¹ hasta 4.466 t ha⁻¹, utilizando diferentes densidades de plantación.

4. 4 Resultados de variables agronómicas obtenidas en el cultivo (Ciclo temprano febrero – junio 2019)

4. 4. 1 Altura de la planta (m)

La altura de la planta no tuvo diferencias significativas entre los genotipos en cuanto (Cuadro -21A). En la Figura 40 se observa que los valores para esta variable fluctuaron entre 1.38 m y 1.59 m.

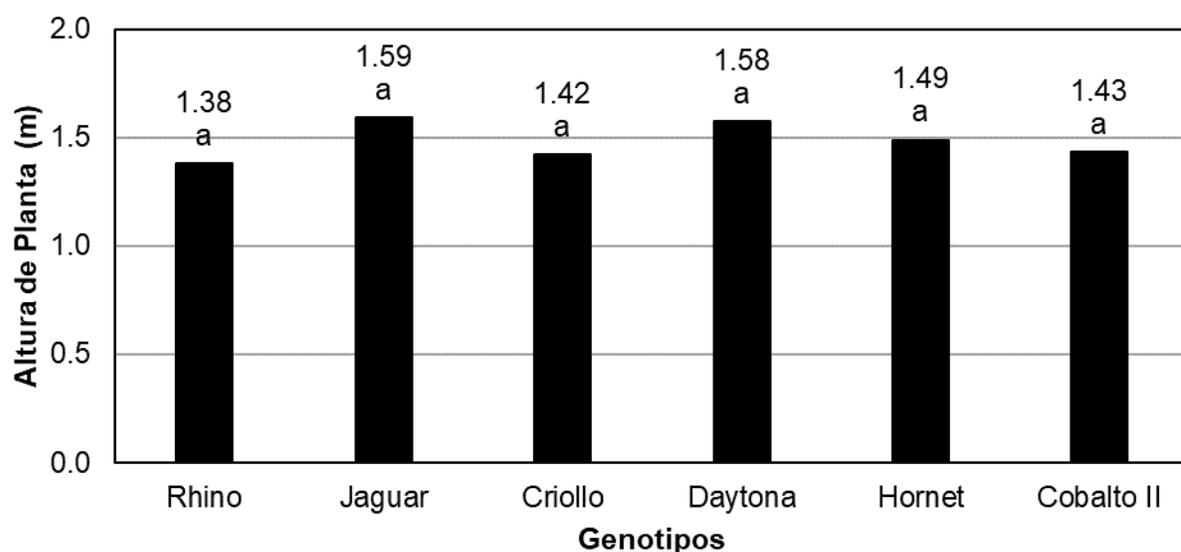


Figura 40. Altura de planta para cada genotipo (m). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Garófalo (2017) quien aplicó dos bioestimulantes: Basfolear Algae que presentó plantas de 1.41 m de alto mientras que Basfolear Aktiv que presentó plantas con 1.38 m de alto. Ambos bioestimulantes se aplicaron a una dosis de 2.0 l ha⁻¹.

4. 4. 2 Número de hojas por planta.

Otro de los componentes importantes del crecimiento y desarrollo de las plantas, lo constituye el número de hojas, donde se pudo observar que desde el punto de vista estadístico no existió diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro - 22A). En la Figura 41, se observa el comportamiento para el número de hojas, el cual muestra un rango de valores que fluctuaron desde las 28 hasta las 34 hojas por planta.

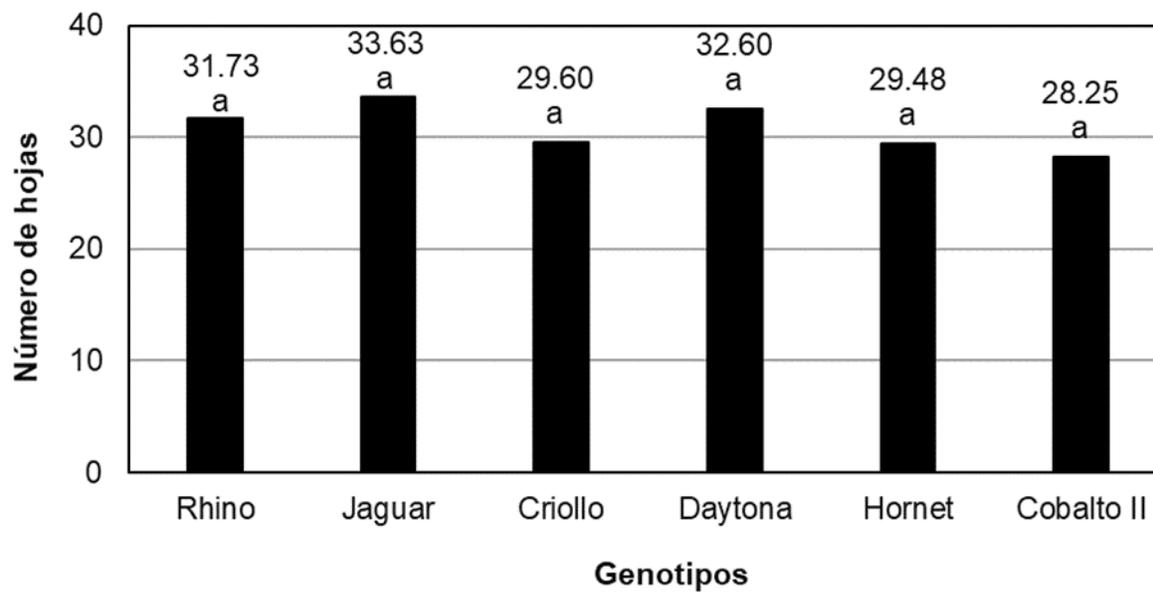


Figura 41. Relación número de hojas por planta para cada genotipo. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

La variedad Jaguar mostró los mejores valores promedio del número de hojas con 33.63 hojas por planta, mientras que sin diferencia estadísticamente significativa, se ubica con el menor número de hojas promedio la variedad Cobalto II con 28.25 hojas por planta. Estos resultados al ser comparados con los descritos por Escalante (1999), quien determinó variaciones en el número de hojas por planta en un rango desde los 23.8 hasta 26.4 hojas, empleando dos niveles de fertilización en dos genotipos híbridos diferentes a los de este trabajo. Por su parte, Carrillo y Yumbra (2022), determinaron que los genotipos más productivos mostraban un mayor número de hojas (en un rango de 19 a 37 hojas promedio) y a su vez estaba estrechamente relacionado con la acumulación de materia seca.

4. 4. 3 Largo de hoja (cm)

No existió diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro -23A). En la Figura 42 se observa que los valores para esta variable fluctuaron entre los 18.88 cm y 23.56 cm.

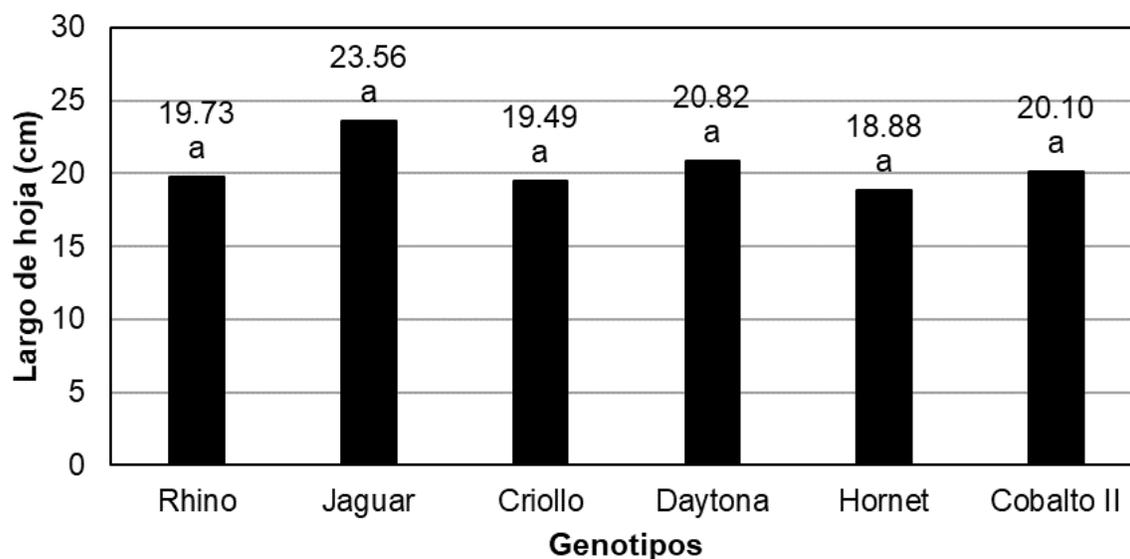


Figura 42. Relación largo de hoja por planta para cada genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 4. 4 Ancho de hoja (cm)

El análisis estadístico no encontró diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro -24A). La Figura 43 muestra que el rango de valores para esta variable fluctuó de 17.03 cm a 20.58 cm.

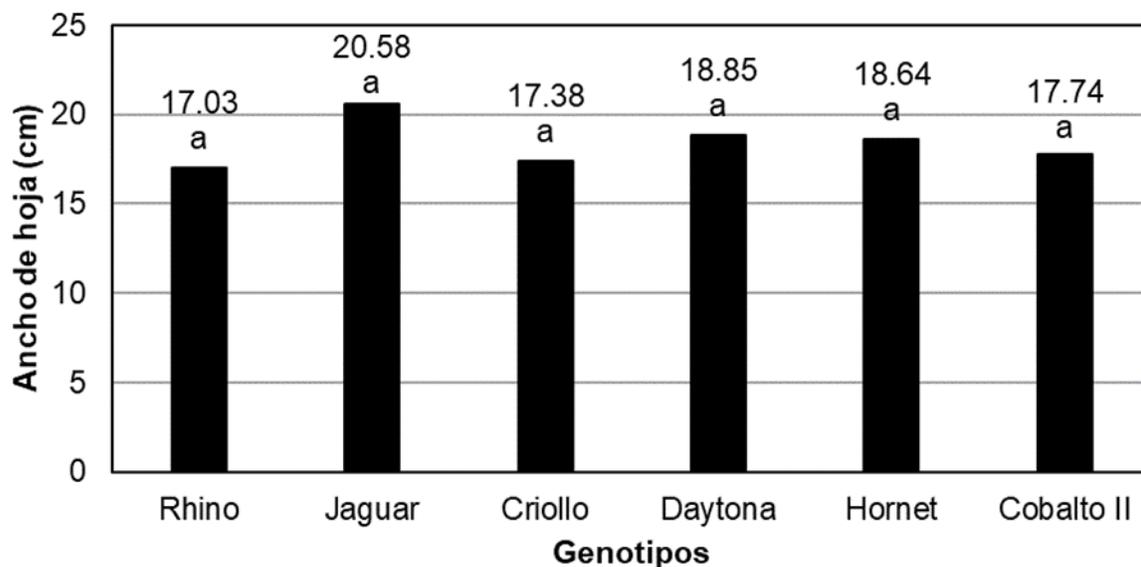


Figura 43. Relación ancho de hoja por planta para cada genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 4. 5 Días a floración y Días a madurez fisiológica (días)

En el Cuadro -25A y Cuadro - 26A se muestran los resultados estadísticos para días a la floración y días a la madurez fisiológica, respectivamente. En la Figura 44 se observa que la variedad Criollo presentó los mayores días a la floración (Tardío) con 66 días, mientras que los genotipos Rhino y Cobalto II fueron estadísticamente iguales (precoces) con los valores más bajos de 59 días a la floración. Para el caso de los días a madurez fisiológica, similarmente a los días a la floración, la variedad criollo fue la que presentó los valores más altos (tardío) con 100 días a la madurez fisiológica, mientras que los genotipos Rhino y Cobalto II presentaron los valores más bajos (precoces) estadísticamente con 90 y 89 días, respectivamente.

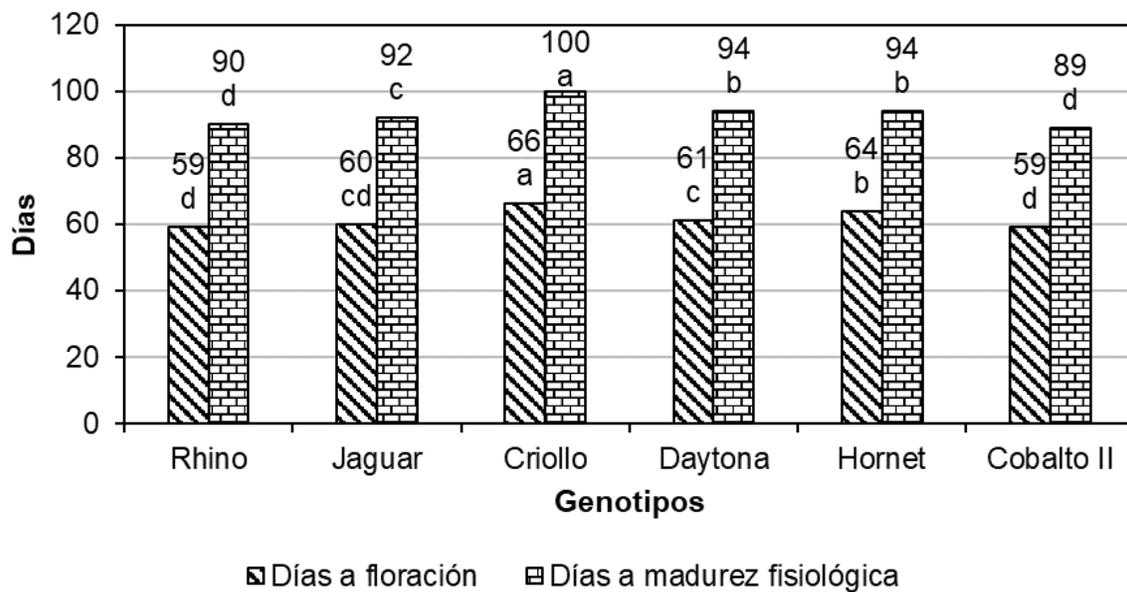


Figura 44. Relación días a floración y madurez fisiológica por genotipos (días). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Estos resultados se compararon con los obtenidos por Villar y Cencing (2004), quienes evaluaron 45 cultivares de girasol reportando un rango promedio de 62 a 81 días a floración. Por su parte, Carrillo Criollo y Yumbra (2022) determinaron que la apertura floral de varios híbridos de *H. annuus* para flor de corte, tuvo lugar a los 53 días para híbridos precoces y a los 63 días para híbridos medianamente tardíos, a lo cual Chimenti y Hall (2001) mencionan que este es un parámetro dependiente del genotipo, la temperatura y el fotoperiodo principalmente.

En relación a la madurez fisiológica los datos de esta investigación se compararon con los reportados por Escalante (2001) quien mencionó que el nitrógeno acortó la madurez fisiológica del girasol, generando el valor más bajo a los 101 días; mientras

que el valor más alto se registró a los 128 días, muy similar a los resultados de este trabajo.

4. 4. 6 Diámetro del capítulo (cm)

El análisis para esta variable mostró diferencias significativas entre los genotipos (Cuadro - 27A); en la Figura 45 se observa que Jaguar presentó el mayor diámetro del capítulo con un valor de 12.95 cm, mientras que la variedad Criolla fue la que presentó el menor diámetro con 9.74 cm.

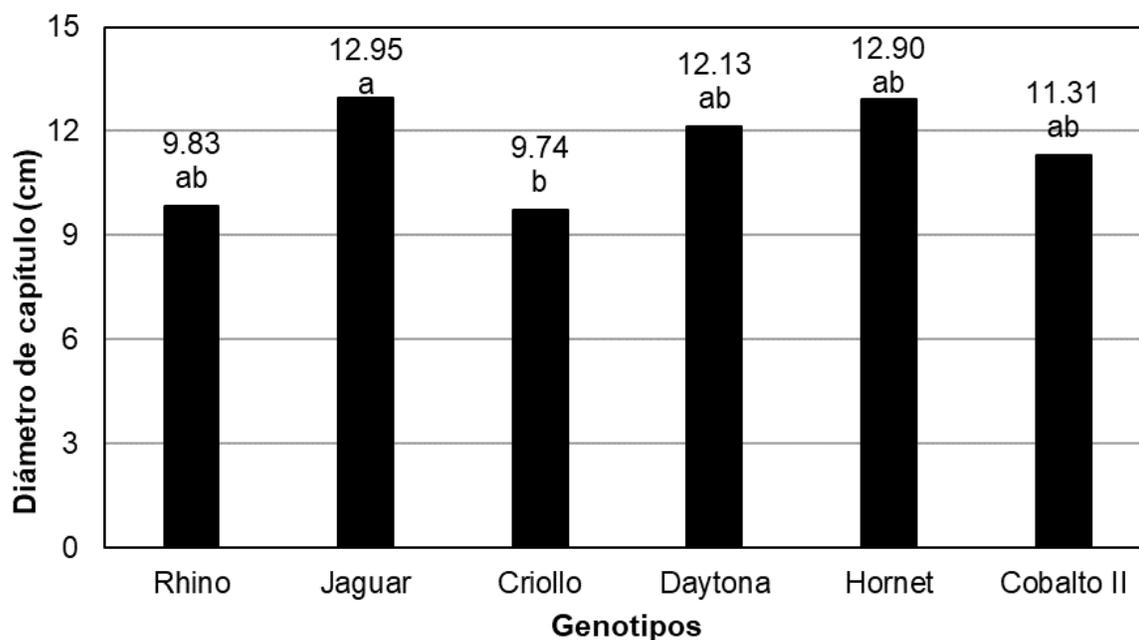


Figura 45. Relación diámetro del capítulo por genotipos (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 4. 7 Peso del capítulo (g)

En cuanto al peso del capítulo existió diferencias significativas entre los genotipos (Cuadro –28A), los resultados mostraron (Figura 46) que al igual que para el diámetro

del capítulo, el genotipo Jaguar mostró el mayor valor (188.2 g), mientras que la variedad Criollo mostró el valor más bajo con 46.20 g.

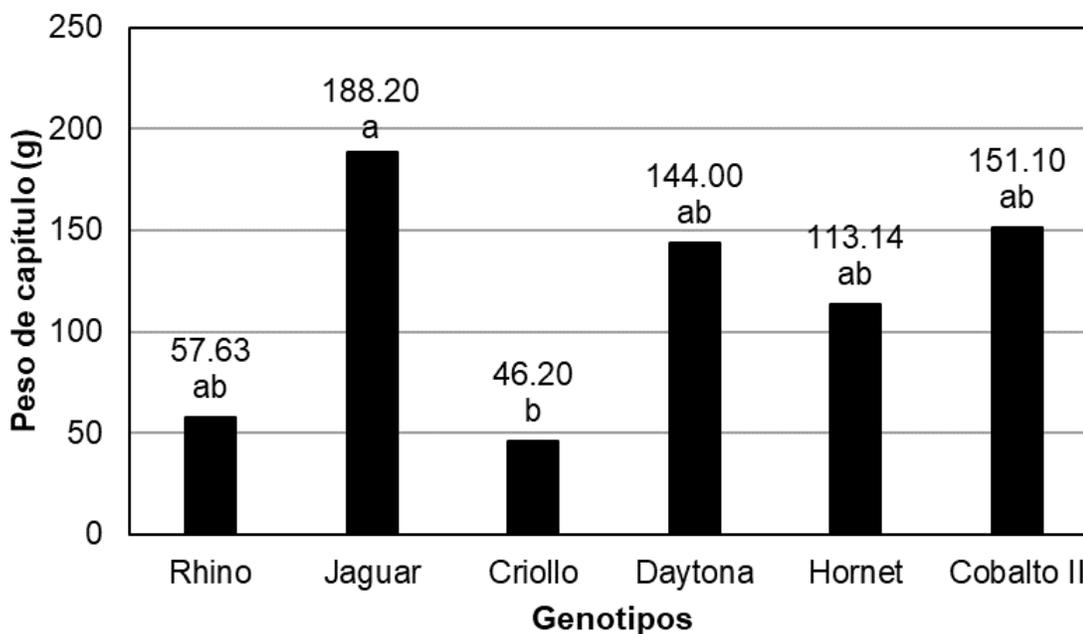


Figura 46. Relación Peso de capítulo por genotipos (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 4. 8 Número de semillas por capítulo

El análisis para esta variable mostró diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro -29A), el híbrido Hornet fue el que obtuvo el mayor número de semillas con un valor de 1,090.42 semillas, mientras que la variedad Criollo reportó el valor estadísticamente más bajo con 235.07 semillas (Figura 47).

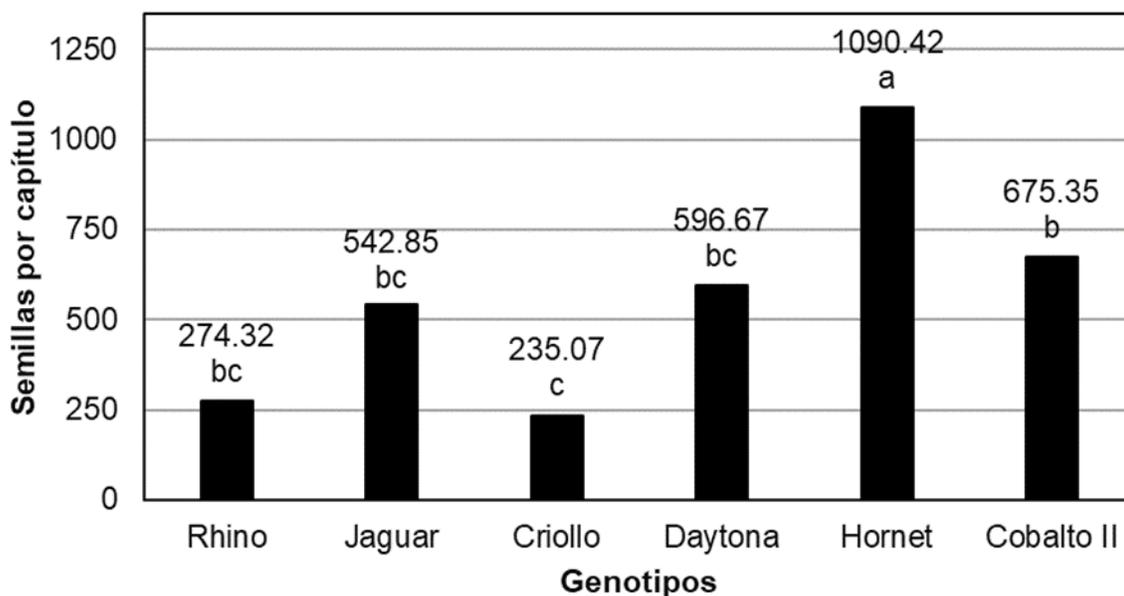


Figura 47. Relación de número de semillas por capítulo en cada genotipo. Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Con relación a esta variable Cantagallo *et al.* (1997) y Aguirrezábal *et al.* (2001) mencionan que es la principal determinante del rendimiento de grano en girasol; sin embargo en los resultados de esta investigación coinciden con lo mencionado por los autores anteriores para el híbrido Hornet, ya que además de que es el que tiene el mayor número de semillas por capítulo es también el que presenta estadísticamente el valor de rendimiento más alto, pero no sucede lo mismo para la variedad Jaguar, ya que a pesar de tener estadísticamente el valor de rendimiento más alto junto con Hornet, no presenta un número de granos alto.

Por su parte Ion *et al.*, (2015), mencionaron que el número de semillas en híbridos de girasol, está dado principalmente por la densidad de plantas y por las condiciones del cultivo; siendo la densidad de plantación más baja la de mayor número de semillas por

capítulo. Además, Chimenti y Hall (2001) mencionaron que el rendimiento es afectado por los cambios de temperatura, debido a que se originó un mayor número de semillas vacías.

El-Kader *et al.* (2006) obtuvieron afectaciones al rendimiento de los híbridos del girasol debido a la reducción del peso y número de las semillas por el incremento de la salinidad del suelo, encontrando una regresión lineal entre el incremento de la salinidad del suelo, el peso y número de las semillas.

4. 4. 9 Peso de 100 semillas por capítulo (g)

En cuanto al peso de 100 semillas por capítulo hubo diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro - 30A). En la Figura 48 se observa que la variedad Jaguar presentó estadísticamente el mayor peso con un valor de 12.33 g, mientras que los genotipos Criollo, Daytona Rhino, Cobalto II y Hornet obtuvieron los pesos menores con valores de: 7.12 g, 5.92 g, 5.73 g, 5.59 g, 4.91 g, respectivamente.

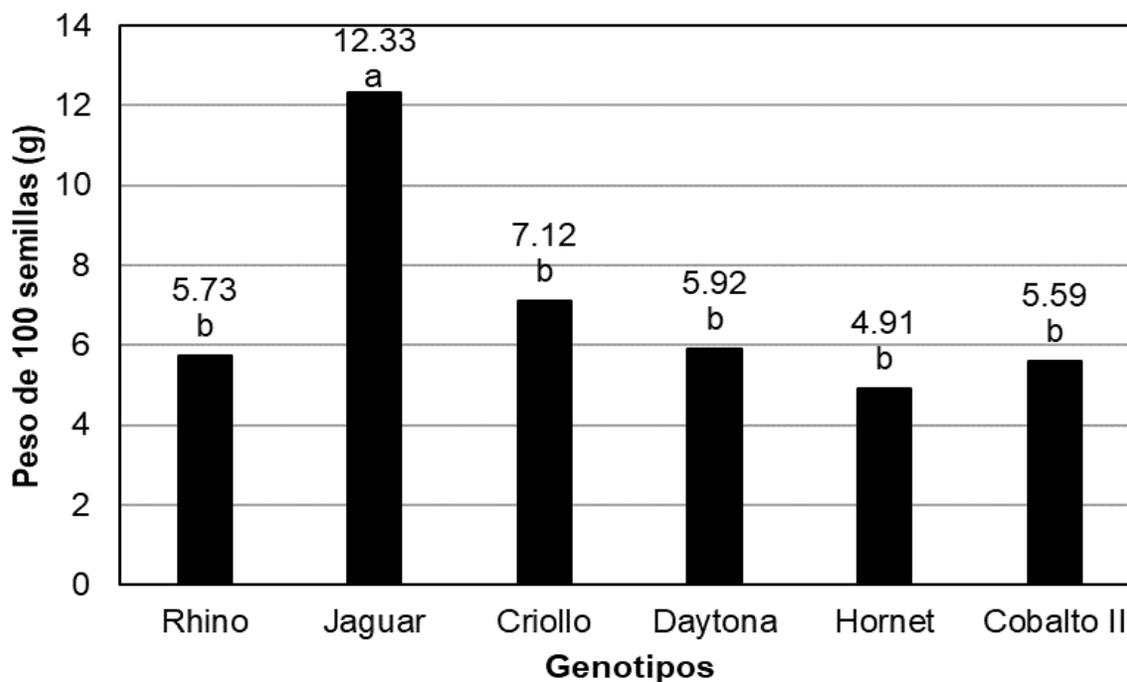


Figura 48. Relación peso de 100 semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

El promedio del peso de 100 semillas con los seis genotipos fue de 6.9 g; Garófalo (2017) reportó para esta variable un promedio de 6.3 g con la aplicación del bioestimulante Basfoliar Algae a dosis de 2.0 y 1.5 l ha⁻¹. Tenesaca (2015) por su parte mencionó que la expresión de esta variable depende más del genotipo y del ambiente en que se desarrolla.

4. 4.10 Longitud de la semilla (cm)

Los resultados estadísticos para esta variable mostraron diferencias significativas entre genotipos (Cuadro - 31A). En la Figura 49 se muestra que las variedades Jaguar, Criollo y Rhino fueron las que mostraron los valores más altos para esta variable (1.48 cm; 1.44 cm y 1.43 cm, respectivamente). Por el contrario, los híbridos resultaron con los valores más bajos (Daytona, 1.03 cm; Hornet, 0.95 cm y Cobalto II, 0.95 cm). Estos resultados eran de esperarse ya que por su preferencia en el mercado como semillas bataneras estos valores deben de ser mayores.

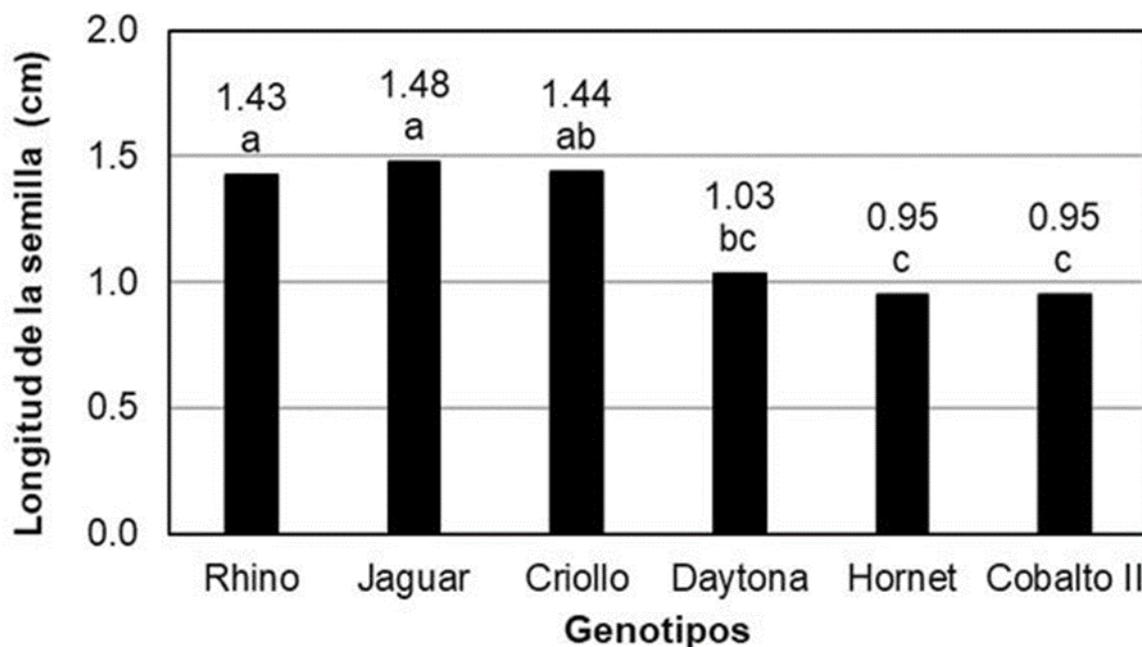


Figura 49. Relación longitud de la semilla por genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

4. 4. 11 Ancho de la semilla (cm)

En cuanto al ancho de semilla, existió diferencias significativas entre los genotipos evaluados (Cuadro - 32A). En la Figura 50 se observa que la variedad Jaguar fue la

que presentó los valores más altos para la variable (0.48 cm). En contraste los híbridos Daytona, Hornet y Cobalto II fueron los que obtuvieron los valores más bajos para esta variable (0.41 cm, 0.40 cm y 0.40cm, respectivamente). En general se encontró una tendencia observando que el ancho de la semilla fue mayor en los híbridos que en las variedades.

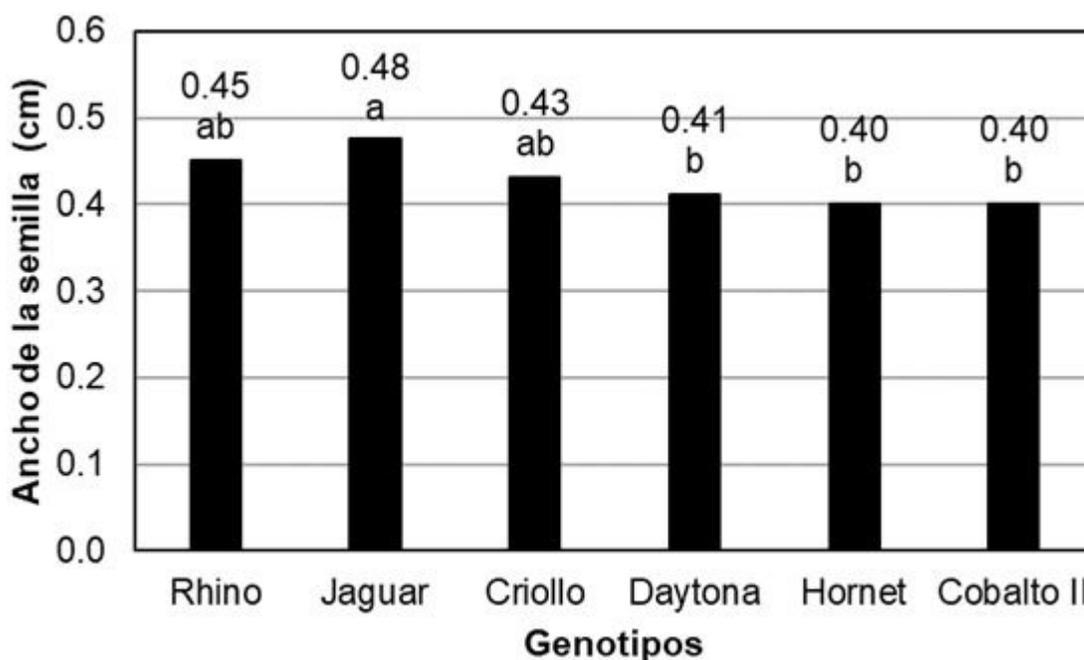


Figura 50. Relación de semilla por genotipo (cm). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Los resultados obtenidos para el ancho de semilla fueron de 0.40 a 0.48 cm y de 0.95 a 1.48 cm. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Knowles (1978), donde obtuvo valores del ancho menor de 0.4 a 0.7 cm, mientras que para la relación del ancho mayor obtuvo valores en el rango de 1.3 a 2.5 cm.

4. 4. 12 Peso total de semillas por capítulo (g)

En cuanto al peso total de semillas por capítulos existió diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro – 33A). Los genotipos Jaguar, Hornet, Daytona y Cobalto II fueron los que obtuvieron mayor peso con un valor de 1020.25g, 545.50g, 390g y 359g, en comparación con las variedades Rhino y Criollo que obtuvieron valores menores de 202g y 173.50g respectivamente, como se muestra en la Figura 51.

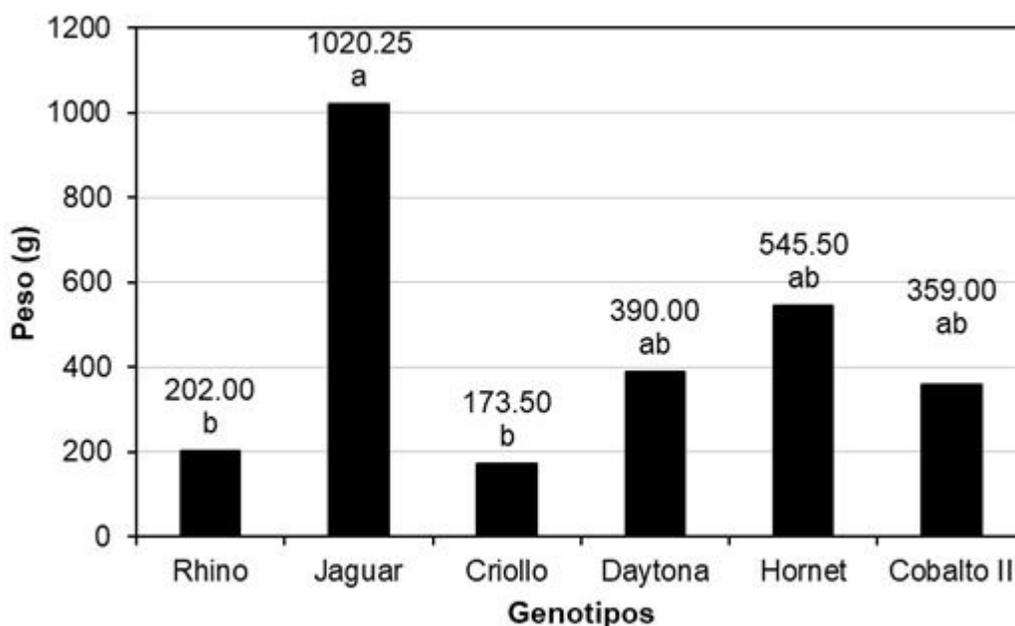


Figura 51. Relación peso total de semillas por capítulo en cada genotipo (g). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo temprano (marzo - junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Chimenti *et al.*, (2001) sugieren que el peso individual del grano está relacionado específicamente a su tasa de crecimiento más que a la duración del periodo del llenado del grano, la dinámica de crecimiento del grano difieren desde el inicio del crecimiento hasta el momento que alcanzan su peso máximo, influyendo las

temperaturas sobre el peso final del embrión obtendrá su peso máximo, estas deben ser relativamente bajas de 12-22 °C, el peso del grano se verá afectado si tienes menor oferta de radiación durante los 15 días previos a antesis media, disminuyendo el tamaño de las flores, (Cantagallo *et al.*, 2004), Esto quiere decir que si se provoca un estrés previo al llenado de los granos se reduce el peso final, (Aguirrezabal *et al.*, 2003), el restricciones de suministro de agua y nitrógeno en diferentes fases del cultivo así como periodos cortos de duración a estrés hídrico durante la floración influye en gran medida en el rendimiento del cultivo, por consiguiente si la planta obtiene una mayor radiación durante el período del llenado del grano obtendrá un efecto positivo sobre el peso del grano.

4. 4.13 Rendimiento de grano (t ha⁻¹)

Para el rendimiento de grano, existió diferencia significativa entre los genotipos (Cuadro – 34A). En la Figura 52 se observa que estadísticamente la variedad Jaguar y la Hornet fueron los genotipos superiores con valores de 3.72 t ha⁻¹ y 3.41 t ha⁻¹ respectivamente. Por el contrario, los genotipos Rhino y Criollo resultaron estadísticamente con los valores más bajos (1.26 y 1.08 t ha⁻¹, respectivamente).

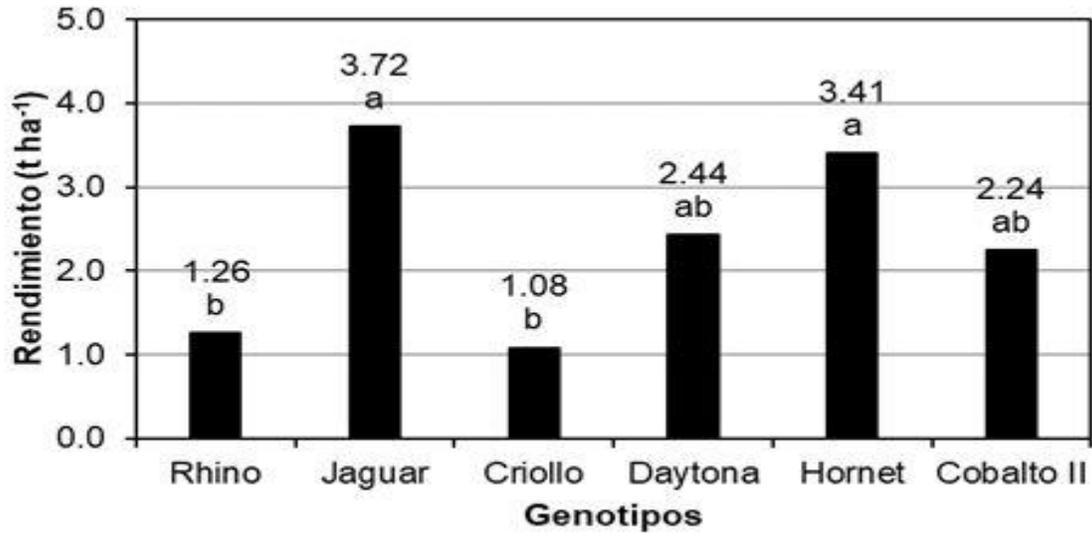


Figura 52. Rendimiento de seis genotipos (t ha⁻¹). Experimento de seis genotipos de girasol ciclo (marzo- junio 2019), Marín Nuevo León, FAUANL.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Villar y Cencing (2004) en el ciclo agrícola del 2004, quienes evaluaron 45 cultivares de girasol obteniendo un promedio de rendimiento de grano de 3.413 t ha⁻¹. Por su parte Garófalo (2017) reportó en su análisis de varianza diferencias significativas utilizando fosfito Basfoliar Aktiv (fertilizante formulado con fosfito de potasio); este bioestimulante de acuerdo con su trabajo, actúa en el vigor del cultivo y el rendimiento, demostrando que al hacer aplicaciones a dosis de 1.5 y 1.0 lha⁻¹ obtuvo rendimientos de 3.894 y 3.609 t ha⁻¹, respectivamente, muy similares a los reportados por la variedad Jaguar en este experimento (3.72 t ha⁻¹).

4. 5. Resultados de las variables obtenidas en el valor nutrimental de la semilla en dos ciclos del cultivo. ciclo tardío (agosto-diciembre del 2018) y ciclo temprano (marzo-julio del 2019)

4. 5. 1 Fenoles y flavonoides totales

En el Cuadro 7 se muestran los fenoles totales y el contenido total de flavonoides en la semilla de los seis genotipos de girasol en dos ciclos del cultivo (tardío 2018, (Cuadro - 35A) y temprano 2019, (Cuadro - 36A). En el caso de los fenoles totales, existió diferencia significativa entre las muestras comparadas al obtener los mayores valores en las muestras de los genotipos Cobalto II, Rhino y Criollo con 11337.50 mg EAG Kg⁻¹, 10828.57 mg EAG Kg⁻¹ y 10752.68 mg EAG Kg⁻¹ para el caso del menor valor lo obtuvieron Hornet, Jaguar y Daytona con valores de 8498.21 mg EAG Kg⁻¹, 8109.82 EAG Kg⁻¹ y 7806.25 mg EAG Kg⁻¹ respectivamente.

Para el contenido de flavonoides no existió diferencia significativa en ninguno de los ciclos del cultivo (tardío 2018 (Cuadro - 37A) y temprano 2019(Cuadro - 38A)).

Cuadro 7. Fenoles totales y contenido total de flavonoides en la semilla de los seis genotipos de girasol en dos ciclos del cultivo (tardío 2018 y temprano 2019)

GENOTIPOS	Fenoles totales (mg EAG Kg ⁻¹)		Contenido total de Flavonoides (mg EC Kg ⁻¹)	
	Tardío	Temprano	Tardío	Temprano
Rhino	10828.57 a ±529.13	10565.18 a ±479.24	9721.88 a ±679.64	96437.50 a ±25845.09
Jaguar	8109.82 b ±536.19	9850.89 a ±632.92	8268.75 a ±739.51	80968.75 a ±12069.41
Criollo	10752.68 a ±1113.02	9614.29 a ±501.49	8878.13 a ±1294.39	84718.75 a ±33265.72
Daytona	7806.25 b ±358.44	9725.89 a ±1118.73	8737.50 a ±514.12	90812.50 a ±9776.14
Hornet	8498.21 b ±275.29	9444.64 a ±353.10	8862.50 a ±640.43	73781.25 a ±8770.44
Cobalto II	11337.50 a ±476.15	10757.14 a ±1024.88	9675.00 a ±909.30	82375.00 a ±14384.06

Genotipos, Fenoles totales, Contenido total de Flavonoides, expresados en (mg EAG Kg⁻¹), (ciclo tardío y temprano). Valores con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Los compuestos fenólicos engloban a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas y tienen su origen en el mundo vegetal (Creus, 2004). Los extractos de girasol analizados en este trabajo, poseen contenidos totales de compuestos fenólicos y flavonoides significativos, los cuales pueden estar relacionados con las propiedades nutraceuticas que poseen las semillas de girasol. Dichos compuestos, están en correspondencia con las propiedades farmacológicas y medicinales de los compuestos fenólicos y flavonoides extraídos de propóleos (Rodríguez *et al.*, 2017). De igual forma, el tipo y la concentración en que se encuentran en los diferentes tejidos, puede presentar variaciones cómo fue el caso de la *Vanilla planifolia* (Andrade *et al.*, 2018), o la extracción de compuestos fenólicos de distintas fracciones de la cáscara de *Helianthus annuus* (Fanesi *et al.*, 2022), por otro lado Jiménez *et al.*, (2022), determinaron compuestos polifenólicos totales, capacidad antioxidante y flavonoides totales en extractos etanólicos de liofilizado de plantas de girasol por medio de métodos colorimétricos aumentando los compuestos fenólicos libres tanto en brote como en raíz cuando las plántulas son expuestas a 25 mg L⁻¹ de Cr (VI) con respecto al control, aumentando también los compuestos fenólicos libres en brote como en raíz cuando las plántulas son expuestas a 25 mg L⁻¹ de Cr (VI) con respecto al control, sin embargo, la presencia de *T. harzianium* contribuye a su disminución.

Para la parte aérea, un aumento en la concentración de flavonoides totales cuando las plántulas de girasol son expuestas a 25 mg L⁻¹ de Cr (VI) y *T. harzianium*, con respecto

al control o solo con Cr (VI) o *T. harzianum*. Mientras que para raíz se presenta una disminución cuando las plántulas son expuestas a 25 mg L⁻¹ de Cr (VI) con respecto al control. Sin embargo, la presencia de *T. harzianum* contribuye a aumentar la cantidad de flavonoides comparado con el control o en presencia de Cr (VI).

4.5. 2 Ensayo del Contenido de taninos condensados

Al realizar el ensayo de los taninos condensados en las muestras seleccionadas tomaron un color transparente, cuando debían de haber tomado un color rosa, al leerlas en el espectrofotómetro no hubo detección de este grupo de compuestos fenólicos.

4. 5. 3 Ensayo de la Capacidad antioxidante DPPH (2,2 difenil -1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 3-etil-benzociazolina-6-sulfónico).

Los resultados de ensayo de la actividad antioxidante en las semillas de los seis genotipos de girasol en los dos ciclos del cultivo (tardío 2018, (Cuadro - 39A) y temprano 2019, (Cuadro - 40A), se muestran en el Cuadro 8. No se encontraron diferencias significativas para DPPH y ABTS (tardío 2018, (Cuadro - 41A) y temprano 2019, (Cuadro - 42A). Los resultados para DPPH estuvieron en niveles de 1985160 a 2053560 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, en el periodo tardío mientras que en el período temprano los niveles fueron de 92748 a 101718 ET Kg⁻¹, para el caso del ABTS los niveles obtenidos en el ciclo tardío fueron de 22105 a 43430.19 ET Kg⁻¹ y para el ciclo temprano fueron de 22330 a 24355 ET Kg⁻¹ respectivamente, Salwa (2021), realizó estudios en las semillas de girasol donde determinaron que la actividad antioxidante del extracto etanólico de flores, corteza y hoja, realizando la prueba de la actividad antioxidante por el método DPPH obtuvieron una mayor actividad en el extracto de hoja con un valor IC50 de 48.841 ppm y el mayor contenido fenólico en muestras de hojas con un valor

de 35,149 mg equivalente de ácido gálico/gramo de extracto, donde la determinación más alta de niveles de flavonoides se encontraron en muestras de hojas con un valor de 10,917 mg de quercetina extracto equivalente/gramo. Se determinó la eficacia antioxidante del extracto etanólico de cáscara de semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.) irradiada (variedad Sakha153) a niveles de dosis de 0, 3, 6 y 9 kGy sobre los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante total otros autores como Abdeldaiem y Hoda, (2014), demostraron que el extracto etanólico de girasol Sakha-153 cáscaras logró obtener un poder de inhibición de la oxidación de lípidos comparable a TBHQ mostrando una actividad antioxidante superior a TBHQ en el sistema modelo de carne picada de res, para el caso del extracto etanólico de las muestras de cáscara de semillas de girasol irradiadas a un nivel de dosis de 6 kGy fueron eficaces para inhibir la oxidación de lípidos de aceite de girasol siendo resultados muy beneficiosos para el uso del extracto etanólico de semillas de girasol irradiadas; En este estudio, se aislaron polisacáridos alcalinos de harinas de girasol después de diferentes procesos de extracción de aceite, se compararon sus propiedades estructurales y actividades antioxidantes donde se evidencia variabilidad significativa en la composición y el peso molecular de los monosacáridos, estas diferencias en las propiedades estructurales traen consigo diferencias en las propiedades antioxidantes funcionales . El polisacárido (SPHE-1) que se obtuvo posteriormente a la extracción tradicional con hexano de las harinas alcanzo mejores actividades antioxidantes sumando la erradicación de radicales libres DPPH, eliminando radicales de hidroxilo entre todas las fracciones de polisacáridos logrando uso eficiente de las semillas de girasol en la industria alimentaria.

4. 5. 4 Ensayo FRAP (poder reductor de antioxidantes férrico)

Los resultados en la actividad antioxidante FRAP, mostraron diferencias significativas entre las muestras de los seis genotipos en estudio, mostrando un nivel más alto el híbrido Cobalto II seguido por Hornet que obtuvieron 23407.50 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ y 15895.00 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, respectivamente, mientras que el valor más bajo fue para la variedad Rhino con 8407.50 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ aunque no tuvo diferencias significativas con Jaguar, Criollo y Daytona obteniendo menores valores de 10132.50 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, 11020.00 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ y 12045.00 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ respectivamente, para el ciclo tardío 2018, (Cuadro – 43A). En el ciclo temprano 2019 (Cuadro - 44A), se obtuvieron mayores valores en la variedad Jaguar con 831900 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ y un menor valor en el genotipo Daytona con 504650 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, donde no tuvo diferencias significativas con otros genotipos como Cobalto II, Criollo, Hornet y Rhino con valores de 585650 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, 598150 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$, 614150 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ y 625900 $\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$ respectivamente, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Actividad antioxidante en las semillas de los seis genotipos de girasol en dos ciclos del cultivo (tardío 2018 y temprano 2019).

GENOTIPOS	Actividad antioxidante					
	DPPH ($\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$)		ABTS ($\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$)		FRAP ($\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$)	
	Tardío	Temprano	Tardío	Temprano	Tardío	Temprano
Rhino	2053560 a ± 36889.02	92748 a ± 4311.66	43430.19 a ± 35043.64	22705 a ± 2747.57	8407.50 b ± 1359.76	625900 b ± 20174.24
Jaguar	2028360 a ± 29483.55	95748 a ± 1547.64	23730.00 a ± 6060.53	22330 a ± 4261.85	10132.50 b ± 1341.87	831900 a ± 27196.81
Criollo	2034360 a ± 34689.48	95778 a ± 2676.79	42180.18 a ± 35825.78	22705 a ± 2747.57	11020.00 b ± 4668.33	598150 b ± 43407.95
Daytona	2037960 a ± 41862.63	99348 a ± 4191.99	24280.00 a ± 6658.83	23780 a ± 5492.42	12045.00 b ± 4846.39	504650 b ± 58857.88
Hornet	2051160 a ± 10976.34	98838 a ± 1083.88	22105.00 a ± 602.08	24355 a ± 953.50	15895.00 ab ± 6924.65	614150 b ± 47933.11
Cobalto II	1985160 a ± 30758.41	101718 a ± 5651.80	28630.00 a ± 2463.74	23155 a ± 2439.09	23407.50 a ± 4202.45	585650 b ± 134085.48

Genotipos, Actividad antioxidante DPPH, Actividad antioxidante ABTS, Actividad antioxidante FRAP, expresados en ($\mu\text{mol ET Kg}^{-1}$), (ciclo tardío y temprano). Valores con la misma letra dentro de las columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Giada y Mancini-Filho (2009), evaluaron la capacidad antioxidante de los extractos de cotiledones de semilla de girasol rayados, obtenidos por extracción secuencial con diferentes polaridades de solventes, mediante tres métodos in vitro donde el poder antioxidante FRAP, mostró un mayor valor de 45.27 μmol que el extracto etanólico FRAP con 32.17 μmol , la alta capacidad antioxidante observada para el extracto acuoso de la semilla de girasol estudiada sugiere que la ingesta de esta semilla puede prevenir reacciones oxidativas in vivo responsables del desarrollo de varias enfermedades como el cáncer.

5. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo específico 1, al comparar los dos ciclos agrícolas evaluados en este trabajo de investigación se concluye que para el rendimiento de grano el ciclo tardío (agosto - diciembre del 2018) fue el mejor, dado que presentó los valores de rendimiento más altos, la variedad Jaguar presentó un valor de 4.63 t ha^{-1} , comparado con el ciclo temprano (marzo - junio 2019) en el cual el rendimiento de grano fue de 3.72 t ha^{-1} con la misma variedad.

Con relación a las variables agronómicas, para el caso de:

1. Altura de planta

Dado que no hubo diferencias significativas en ninguno de los dos ciclos agrícolas, el promedio más alto para esta variable se presentó en el ciclo temprano 2019 con un valor de 1.48 m, donde en el ciclo tardío 2018 se obtuvo un menor valor, siendo de 1.38 m.

2. Número de hojas

El mayor valor promedio obtenido fue para el ciclo temprano 2019 con 31 hojas mientras que los menores valores lo obtuvo el ciclo tardío 2018 con 24, 22, 19 hojas.

3. Largo de hoja

El mayor valor promedio obtenido fue para el ciclo tardío 2018 con 27.47cm, mientras que el menor valor promedio se obtuvo en el ciclo temprano 2019 con un valor de 23.56cm.

4. Ancho de hoja

El valor más alto promedio fue para el ciclo tardío 2018 con un valor de 22.9 cm, mientras que para el ciclo temprano 2019 el valor promedio fue menor con 18.37 cm.

5. Días a floración y madurez fisiológica

Los menores valores promedio para los días a floración fueron para el ciclo tardío 2018 con las variedades Cobalto II y Jaguar requiriendo 57 días y la madurez fisiológica promedio para estos genotipos fue de 87 y 88 días respectivamente; para el caso del ciclo temprano 2019 los días a floración fueron mayores en comparación al ciclo anterior, con un valor promedio de 59 días para el caso de las variedades Cobalto II y Rhino, para el caso de la madurez fisiológica los valores promedio obtenidos fueron de 89 y 90 días respectivamente.

6. Diámetro del capítulo

El valor más alto fue para el ciclo tardío 2018 con un valor de 17.14 cm (promedio de los cinco genotipos que resultaron estadísticamente iguales, Rhino, Jaguar, Daytona, Hornet, Cobalto II) comparado con el ciclo temprano 2019 que presentó un valor de 12.85 cm (Jaguar).

7. Peso del capítulo

Los mayores valores promedio fueron para el ciclo tardío 2018 para el híbrido Hornet con 402.63 g y con valores menores valores promedio en el ciclo temprano 2019 para la genotipo Jaguar con 128.20 g.

8. Número de semillas por capítulo

El mayor valor fue para el ciclo temprano 2019 con el híbrido Hornet con un valor de 109.42 y los menores valores fueron para el ciclo tardío 2018 para los genotipos Daytona y Hornet con valores de 1.362 y 1.315 respectivamente.

9. Peso de 100 semillas

El mayor peso lo obtuvo la variedad Jaguar con 13.42 g en el ciclo tardío 2018 y el menor valor en el ciclo temprano 2019 fue de 12.33 g para la misma variedad.

10. Longitud de las semillas

El mayor valor lo obtuvo el ciclo tardío 2018 para la variedad Criollo con un valor de 1.96 cm y el ciclo temprano 2019 las variedades Rhino y Jaguar con menores valores de 1.48 cm y 1.43 cm respectivamente.

11. Ancho de las semillas

Los mayores valores se obtuvieron en el ciclo tardío 2018 por la variedad Rhino con 0.93cm y un menor valor en el ciclo temprano 2019 de 0.48 cm respectivamente.

12. Peso total de las semillas por capítulo

Los mayores valores fueron obtenidos en el ciclo temprano 2019 por la variedad Jaguar con 1020.25g y un menor valor en el ciclo tardío 2018 la misma variedad con un valor de 74.04g respectivamente.

13. Rendimiento de grano

El mayor valor lo obtuvo la variedad Jaguar para el ciclo tardío 2018 con 4.63 t ha⁻¹, para el caso del ciclo temprano 2019 se obtuvo un menor valor con la misma variedad, siendo de 3.72 t ha⁻¹.

Con respecto al segundo objetivo los valores nutracéuticos obtenidos fueron:

1. Fenoles totales

En el caso de los fenoles totales, existió diferencia significativa entre las muestras comparadas al obtener los mayores valores en las muestras de los genotipos Cobalto II, Rhino y Criollo con 11337.50 mg EAG Kg⁻¹, 10828.57 mg EAG Kg⁻¹ y 10752.68 mg EAG Kg⁻¹ para el caso del menor valor lo obtuvieron Hornet, Jaguar y Daytona con valores de 8498.21 mg EAG Kg⁻¹, 8109.82 EAG Kg⁻¹ y 7806.25 mg EAG Kg⁻¹ respectivamente.

2. Actividad antioxidante FRAP

Los resultados en la actividad antioxidante FRAP, mostraron diferencias significativas entre las muestras de los seis genotipos en estudio, mostrando un nivel más alto el híbrido Cobalto II, seguido por Hornet, con valores de 23407.50 μmol ET Kg⁻¹ y 15895.00 μmol ET Kg⁻¹, respectivamente, mientras que el valor más bajo fue para la variedad Rhino con 8407.50 μmol ET Kg⁻¹ aunque no tuvo diferencias significativas con Jaguar, Criollo y Daytona obteniendo menores valores de 10132.50 μmol ET Kg⁻¹, 11020.00 μmol ET Kg⁻¹ y 12045.00 μmol ET Kg⁻¹ respectivamente, para el ciclo tardío 2018, en el ciclo temprano 2019, se obtuvieron mayores valores en la variedad Jaguar con 831900 μmol ET Kg⁻¹ y un menor valor en el genotipo Daytona con 504650 μmol

ET Kg⁻¹ , donde no tuvo diferencias significativas con otros genotipos como Cobalto II, Criollo, Hornet y Rhino con valores de 585650 μmol ET Kg⁻¹, 598150 ET Kg⁻¹, 614150 ET Kg⁻¹, 625900 ET Kg⁻¹ respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

Trabajar con nuevas variedades de girasol con resistencia a sequía, a plagas y enfermedades y factores limitantes como altas temperaturas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abdeldaiem, M. H. and Hoda, G. M. Ali. (2014). Evaluation of Antioxidant Activity of Ethanolic Extract from. Irradiated Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds Hull Atomic Energy Authority, Nuclear Research Center, P.No. 13759, Egypt. Journal of Natural Sciences Research www.iiste.org , ISSN 2224-3186 (Paper) ISSN 2225-0921.Vol.4, No.1.
- Aguirrezábal, L. A. y Andrade, F. H. (1998). Calidad de productos agrícolas: Bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico (No. F30 INTA 16984). Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias INTA EEA Balcarce, Buenos Aires (Argentina).
- Aguirrezabal, L.A.N. y Lavaud; G.Dosio; N. Izquierdo; F.H. Andrade and L .M. Gonzáles. (2003). Intercepted solar radiation during seed filing determines sunflower weight per seed and oil concentration. *Crop.Sci.*43:152-161.
- Aguirrezábal, L.A. N, Oriol, G.A. Hernández L, Pereyra, V. R; Miravé JP, (2001).Girasol: aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Editorial Unidad Integrada Balcarce (ISBN N0950-9853-71-2) ,127 pp.
- Aguirrezabal, L.; Orioli. G.; Hernández, L.; Pereira. V.R.; Miravé, J.P. (2001).Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. La actividad del aparato fotosintético. 38 p.
- Andreani, P. (2004). Historia del cultivo en la Argentina. En: Díaz Zorita, M, G. Duarte (Eds). El cultivo del girasol en siembra directa.17-26.

- Andrade–Andrade, G., Delgado–Alvarado, A., Herrera–Cabrera, B.E., Arévalo–Galarza, L., y Caso–Barrera, L. (2018). Variación de compuestos fenólicos totales, flavonoides y taninos en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews de la Huasteca Hidalguense, México. *Agrociencia*, 52: 55–66
- Bashir, T, Mashwani ZR, Zahara K, Haider S, Mudrikah TS. (2015). Chemistry, pharmacology and ethnomedicinal uses of *Helianthus annuus* (sunflower): a Review. *Pure Appl Biol* 4(2):226–235 4.
- Benzie, I. F. and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76. DOI: 10.1006/abio.1996.0292.
- Birt DF, Hendrich S, Wang W. (2001). Dietary agents in cancer prevention. Flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacol Ther*; 90: 157-77.
- Blois, M.S. (1958) Determinaciones de antioxidantes mediante el uso de un radical libre estable. *Naturaleza*, 181, 1199-1200.
- Bonamone A, Pagnan A, Caruso D, Toia A, Xamin A, Fedeli E, Berra B. (2000). Evidence of postprandial absorption of olive oil phenols in humans. *Nutr Metab Cardiovasc*. 10:11-20.
- Bye R, Linares E, Lentz D. (2009). Centro de origen de la domesticación del girasol. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, México. 12(1):5-12.
- Bragachini, M, Perreletti, J, Damen, O. (2005). Girasol. Eficiencia de cosecha y pos cosecha. (INTA).

- Cantagallo, J. E., Chimenti, C. A. and Hall, A. J. (1997). Number of sedes per unit área in sunflower correlates well with a photopermal quotient. *Crop Sci.*, 37:1780-1786.
- Cantagallo, J.E., C.A. Chimeneti and A.J. Hall. (2000). Reduction in the number of filled seed in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) by light strees. *Proceedings*.p.d35-d40.
- Cantagallo, J. E. and A. J. Hall. (2002). Seed number in sunflower as affected by light strees during the floret differentiations interval. *Field Crops Res.* 74:173-181.
- Cantagallo, J.E; D. Medan and A.J.Hall. (2004). Grain number in sunflower as affected by shanding during floret growth, antesis and grain setting. *Field Crops Res.*85: 74:173-181.
- Cao, Guohua y Prior, R. L. (1998). Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clinical chemistry*, vol. 44, no 6, p. 1309-1315.
- Carrillo A. N. (2010). Actividad antioxidante de Satureja macrostema [Internet] [Thesis]. [Citado 21 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5823>.
- Carrillo Criollo, J. F., Yumbra-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. *Siembra*, 9(1): e3323. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>
- Cicco, N., Lanorte, M. T., Paraggio, M., Viggiano, M., & Lattanzio, V. (2010). A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, 91(1), 107-110.

- Connor, D.J.V.O. Sadras and A.J. Hall. (1995). Canopy nitrogen distribution and the photosynthetic performance of sunflowers crops during grain filling-a quantitative analysis. *Oecology* 101(3). 274-281.
- Connor, D.J. and A.J. Hall. (1997). *Sunflower Physiology. Sunflower Tecnology and Production*, 35, 113-182.
- Chicaiza, R, E. (2017). Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniera Agrónoma. Guallos, Ecuador. 13-15 p.
- Chimenti, C.A. and A.J. Hall, (2001). Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. *Field Crops Res.*69 .81-88.
- Chimenti, C.A; A.J.Hall and M.S.López. (2001). Embryo-growth rate and duration in sunflower as affected by temperatura. *Field Crops Res.*69:81-88.
- Chimenti, C., Hall, A., y Lopez, M. (2000). Respuestas a la temperatura del peso final, duracion y tasa de llenado del embrion en girasol. Tome I, D-1. In Proc. Int. Sunflower Conf., 15th. Toulouse, France (pp. 12-15).
- Chitindingu, K., Ndhala, A. R., Chapano, C., Benhura, M. A., and Muchuweti, M. (2007). Phenolic compound content, profiles and antioxidant activities of *Amaranthus hybridus* (pigweed), *Brachiaria brizantha* (upright brachiaria) and *Panicum maximum* (guinea grass). *Journal of Food Biochemistry*, 31(2), 206-216.
- Chowdhury, S. I., and Wardlaw, I. F. (1978). The effect of temperature on kernel development in cereals. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(2), 205-223.

- Chun, O. K., and Kim, D. O. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Research International*, 37(4), 337-342.
- Carmigniani Guerra, C. A. (2017). Evaluación agronómica de cinco distanciamientos de siembra en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.)” en la zona de Pangua (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Centro de Investigación Regional del Noreste. INIFAP. (2004). Campo Experimental Rio Bravo. 3 p.
- Connor, D.J.V.O. Sadras and A.J. Hall. (1995). Canopy nitrogen distribution and the photosynthetic performance of sunflowers crops during grain filling-a quantitative analysis. *Oecology* 101. 274-281.
- Connor, D. J., and Hall, A. J. (1997). Sunflower physiology. *Sunflower technology and production*, 35, 113-182.
- Creus, E.G. (2004). Compuestos fenólicos: Un análisis de sus beneficios para la salud. *OFFARM*, 23 (6): 80–84
- Dardanielli, J., Collino; D., Otegui, M.E y Sadras, V.O. (2003). Bases funcionales para el manejo de agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires. 204 -241.
- Davey, M.R., and Jan, M. (2010). Sunflower (*Helianthus annuus*. L): Genetic improvement Using Conventional and in vitro Tecnologics. *J. Crop.Improv.*24: 349-391.doi:10.1080/15427528.2010.500874.

- Dosio, G. A., Aguirrezabal, L. A., Andrade, F. H., y Pereyra, V. R. (2000). Solar radiation intercepted during seed filling and oil production in two sunflower hybrids. *Crop Science*, 40(6), 1637-1644.
- El-Kader, A.A.A., Mohamedin, A.A.M., y Ahmed, M.K.A. (2006). Growth and Yield of Sunflower as Affected by Different Salt Affected Soils. *Int. J. Agri. Biol.*, 8 (5): 583–587
- Escalante Estrada, J.A. (1999). Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 17(2):149-157
- Escalante Estrada, J. A. (2001). Biomasa, Rendimiento, eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual. *Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. *Terra Latinoamericana*, 19(1), 19-27.
- Espinoza, Zapata. C. (1990). Guía para cultivar girasol de temporal en la zona media de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de San Luis Potosí. Folleto para productores No. 1. San Luis Potosí. México. p.17
- Esterbauer, H., Puhl, H., Dieber-rotheneder, M., Waeg, G., and Rabl, H. (1991). Effect of antioxidants on oxidative modification of LDL. *Annals of Medicine*, 23(5), 573-581.
- Fanesi, D., Nolasco, S., y Rodríguez, M. (2022). Valorization of oil industry wastes: Extraction of phenolic compounds from different sunflower hull fractions (*Helianthus annuus* L.). *Tecnociencia Chihuahua*, XVI (3): e 1023, <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia>

- Garófalo León, I. D. (2017). Respuesta del cultivo de girasol (*Helianthus annuus L.*) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos en la zona de Pangua. Tesis de Pregrado en Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. p. 37-39.
- Ghosh, S., Chisti, Y., & Banerjee, U. C. (2012). Production of shikimic acid. *Biotechnology advances*, 30(6), 1425-1431.
- Giada, M. D., and Mancini-Filho, J. (2009). Antioxidant capacity of the striped sunflower (*Helianthus annuus L.*) seed extracts evaluated by three in vitro methods. *International journal of food sciences and nutrition*, 60(5), 395-401.
- Gómez-Arnau, J. (1988). El cultivo de girasol. Características morfológicas y fisiológicas. Centro de Investigación Agrícola .Torre de la Reina, Sevilla. 6 p.
- Gómez, M. R.; Hernández, M. M.; Gómez, M. R.; Martínez, C. E.; Zarazúa, D. M. A.; Ramos, P. F. (2013). Tecnología para la producción del girasol en el Estado de Hidalgo. Folleto para productores No. 5. INIFAP. Campo experimental Pachuca. Hidalgo, México. 1-2 p.
- Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M. Á., Ponce-Pardo, J., y Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2, 2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57-60.
- Gutiérrez, N. (2014). Manejo técnico para el cultivo del girasol. *Agricultura y desarrollo rural*. Jalisco. Disponible, en: <https://sader.jalisco.gob.mx>
- Gutiérrez, V. M. O., Estrada, J. A. E., García, P. S., Chávez, L. T., Lagunas, A. A. M., y Román, E. C. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en

- función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana*, 18(4), 313-323.
- Haidi, F. y Naczk, M. (1995). *Food. Phenolics Sources, Chemistry, Effects, Applications*. Technomic Publishing Co. EE.UU. p.106.
- Hall, A.J.; C.A. Chimenti; F. Vilella and G. Freirer (1985). Trimming of water stress effects on yield. Components in sunflowers. 131-136.
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. INTAGRI. (2021). Cultivo de Girasol en México. Serie Cereales, Núm. 49. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Citado en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/cultivo-de-girasol-en-mexico>.
- International Seed Testing Association. ISTA. (2007). Análisis de semillas obtenidos de métodos de germinación de semillas: Información disponible en: http://: analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&tas.
- Ion, V., Dicub, G., Basa, A.G., Dumbrava, M., Temocico, G., Epure, L.I., State, D. (2015). Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6: 44 – 51
- Ivanova V, Stefova M, Vojnosky B, Dörnyei Á, Márk L, Dimovska V, Stafilov T, Kilár F (2011). Identificación de compuestos polifenólicos en variedades de uva roja y blanca cultivadas en R. Macedonia y cambios de su contenido durante la maduración. *Food Research International* 44 (9): 2851-2860.

- Ivanova, V; M.Slefora y F.Chinnici. J.S. Chem. Soc. (2011). Compuestos fenólicos actividad antioxidante, contenido de resveratrol y componentes del aroma de 8 vinos peruanos.75, 45.
- Jiménez A.D, Marín,CH. Cesar A. Alfaro,R. Salazar.V, N. F, Wrobel, K Alma R. Corrales, E. (2022) Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en plántulas de girasol expuestas a Cr (VI) y/o *Trichoderma harzianum*. Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuatoalma_rce@ugto.mx. VOLUMEN 16 XXVII Verano De la Ciencia ISSN 2395-9797 www.jóvenesenciencia.ugto.mx
- Justice, (1972). Métodos para determinar la humedad de la semilla. Citado en <http://www.fao.org>.
- Knowless P. F. (1978). Morphology and Anatomy. Ed. American Society of Agronomy, Sunflower Science and Technology. Chapter 3, 81. Madison, Wisconsin, USA. Crop Science Society of America, Inc., Publishers.
- Lamuela-Raventós, R. M., Covas, M. I., Fito, M., Marrugat, J., y de la Torre-Boronat, M. C. (1999). Detection of dietary antioxidant phenolic compounds in human LDL. *Clinical chemistry*, 45(10), 1870-1872.
- Lattanzio, V. (2013). Phenolic Compounds: Introduction 50. *Nat. Prod*, 1543-1580.
- López, M. N. and V. O. Sadras. (1999). Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. II. Phenological development, growth and source-sink relationship. *Field Crops Res*.63:247-254.

- Luévanos - Escareño, M. P., Reyes-Valdés, M. H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., y Rodríguez-Herrera, R. (2010). Obtención de híbridos intergenéricos *Helianthus annuus* x *Tithonia rotundifolia* y su análisis morfológico y molecular. *Acta botánica Mexicana*, (90), 105-118.
- Maeda, H., and Dudareva, N. (2012). The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annual review of plant biology*, 63, 73-105.
- Mantese, A. (2001). Base estructural y dinámica de la acumulación de lípidos en cultivares de girasol (*Helianthus annuus* L.) con granos de diferente contenido de aceite (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Morris, P., and Robbins, M. P. (1997). Manipulating condensed tannins in forage legumes. *Biotechnology and the improvement of forage legumes*. 147-173.
- Olalde G. V. M., J. A. Escalante E., P. Sánchez G., L. Tijerina C., A. A. Mastache L. & E. Carreño R. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Tierra Latinoamericana*. 18: 313-323.
- Otegui, M.E. y M. López Pereira. (2003). Fecha de siembra, En: E. Satorre, R. Benech, G. Slater, E. de la fuente, D. Miralles, M. Otegui, R. Savin. Producción de cultivos de granos: bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.260-272.

- Olsen S., Cole C., Watanabe F. y Dean L. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USA. United States Department of Agriculture. Circular N° 939, Washington D.C. 19 pp.
- Poverene, M. M., Cantamutto, M. A., Carrera, A. D., Ureta, M. S., Salaberry, M. T., Echevarria, M. M., and Rodríguez, R. H. (2002). El girasol silvestre (*Helianthus* spp.) en la Argentina: Caracterización para la liberación de cultivares transgénicos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 31(2), 97-116.
- Prior, R. L., and Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods¹. *Free radical biology and medicine*, 27(11-12), 1173-1181.
- Rawson, H., and Hindmarsh, J. H. (1982). Effects of temperature on leaf expansion in sunflower. *Functional Plant Biology*, 9(2), 209-219.
- Rawson, H. M., Dunstone, R. L., Long, M. J., and Begg, J. E. (1984). Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation. *Functional Plant Biology*, 11(4), 255-265.
- Rebolini, J.M. (2002). Importancia, mercado y comercialización del girasol. En: M. Días Zorita, Duarte G. Ministerio Sur Buenos Aires. 10-20.
- Robles, R. (1980). Capítulo 9. Cultivo de girasol. En: Producción de oleaginosas y textiles (pp. 431- 498). Ed. Limusa, Cd. de México. 675 p.
- Rodríguez, F.H., y Rodríguez, A. J. (2011). Métodos de análisis de suelo y plantas. México: Editorial Trillas SA de CV.

- Rodríguez Pérez, B., Canales Martínez, M., Cruz Sánchez, T.A., y Penieres Carrillo, J.G. (2017). Compuestos fenólicos y flavonoides en la actividad antimicrobiana de propóleos mexicanos. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 3(3): 687–691.
- Ruiz, B. M. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante. Guía de laboratorio. Programa académico: Química y Farmacia. Universidad Simón Bolívar.
- Ruiz, S. G. (2018). Compuestos Fenólicos I. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Farmacognosia II. p.1. Disponible en <https://es.scribd.com/presentation/394302278/Compuestos-Fenolicos-i>.
- Sadras, V.O. and Villalobos, F.J. (1994). Physiological characteristics related yield improvement of fields in oil+seed sunflower (*Helianthus annuus*. L). En: G.A.Slafer(ed), Genetic Improvement of Fields crops: Current Status and Developmet. Marcel Dekker Inc. New York. 287-320.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). (2017). Planificación agrícola nacional 2017-2030. Oleaginosas, Canola, Cártamo, Girasol, Soya, Mexicanas. Cd. de México: SAGARPA. 42 p.
- SAGyP. (1994). Normas de calidad, muestreo y metodología para los granos y subproductos N°1075/94, 195 p.
- Salwa, M. (2021). Antioxidant Activity of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Ethanolic Extract with DPPH Method and Determination of Total Phenolic and Flavonoid Levels *Jornal of Nutraceuticals and Herbal Medicine* .Faculty of Pharmacy,

University of Muhammadiyah Surakarta, Muhtadi@ums.ac.id | Volume 4, Number 1, March 2021: 31-42

Satorre, E., Benech, A. R., Slafer, G., de la Fuente, F., Miralles, D., Otegui, M., Savin, R. (2015). Producción de granos, Bases funcionales para su manejo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

Seiler, G. J. (1986). Analysis of the relationships of environmental factors with seed oil and fatty acid concentrations of wild annual sunflower. *Field Crops Research*, 15(1), 57-72.

Seigler, D. S. (1998). Shikimic acid pathway. In *Plant secondary metabolism* (pp. 94-105). Springer, Boston, MA.

Semerci, A., Kaya Y., Peker K., Sahin I. y Citak N. (2011). The Analysis of Sunflowers Yield and Water Productivity in Trakya Region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17 (2): 207-217

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. SIAP, MEX. Información disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (consultado el 10 de diciembre del 2018).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. SIAP, MEX. Información disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (consultado el 6 de septiembre del 2018)

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). (2018) Girasol. Disponible, en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Fecha de consulta: 31 Agosto 2019.
- Shahidi, F., and Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 18, 757-781.
- Sistema Nacional de Investigación y transferencia Tecnológica. (SNITT). (2018) Amexagro. Disponible, en: <http://www.amexagro.mx/> Fecha de consulta: 21 julio 2019.
- Steer, B.T.; P.J.Hoking; A.A. Kortt and C.M. Roxburg. (1984). Nitrogen Nutrition of sunflower (*Helianthus annuus*. L): Yield components, the timing of their establishment and seed characteristic in response to nitrogen supply. *Field Crops Res.* 9. 219-236.
- Sun. (1988). The enzymatic assay of superoxide dismutase (SOD) activity (EC1.115.1.1) was adapted from (and method for modified Assay of Superoxide Dismutase. Información disponible en: <https://www.researchgate.net/Publication>.
- Taiz, Lincoln y Eduardo Zeiger. (2006). "Secondary Metabolites and Plant Defense". En: *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Capítulo 13.
- Talens, J. A. (2009). Manual de cultivos localizados Riego y Fertilización. Clasificación y Agrodinámica de Papadaski. Clasificación de suelos salinos.
- Tenesaca, C. (2015). Fenología y profundidad radical del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) var. Sunbright en el sector Querochaca, cantón Ceballo, Provincia de

- Tungurahua. Tesis de Pregrado en Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 109 p.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros -Zevallos, L., and Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7) ,669–675.
- Tiessen, F.A. (2012). Fundamentos de mejoramiento genético vegetal Conceptos básicos de genética, biología molecular, bioquímica y fisiología vegetal. pp. 17-18.
- Torres, D., Álvarez. J., Contreras Jorge, Henriques, Manuel Wilmer. (2009). Previos se construyeron calidad de suelos, para la clasificación de suelos, en condición de descanso. Información disponible en: <http://www,Readlyc.org/Pdf/857/85726236002>.
- Trápani, N.; López Pereira; V.O. Sadras y A.J.Hall. (2003). Girasol: Influencia del ambiente físico, el genotipo y el manejo en la generación del rendimiento y la calidad. En: E. Satorre, R. Benech, G.Slafer, E. de la fuente D.Miralles, M. Otegui, R. Savin. Producción de cultivos de granos: bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía Buenos Aires. 205-241.
- Trapani, N, A, J. Hall and F.Villalobos. (1994). Pre-anthesis partitioning in sunflowers (*Helianthus annuus*. L) CROPS. *Field Crops Res.* 37. 235-246.
- United States Departament of Agricultura. (USDA). (2006). Magnagmente. Subparte. P-Civil. Rihts Impact Analysis.751

United States Department of Agricultura. (USDA). (2017). Production Supply y distribution electronic database. <https://www.fas.usda.gov/data-base/Production-Supply-and-distribution-gov/database/Production-supply-and-distribution-online-pad> (accesed 4 junio 2017).

United States Department of Agricultura. (USDA). (2019). Producción Supply y distribution electronic database. <https://www.fas.usda.gov/data-base/Production-Supply-and-distribution-gov/database/Production-supply-and-distribution-online-pad> (accesed 6 Abril 2019).

Vermerris, W. y Nicholson, R. (2007). Bioquímica de compuestos fenólicos. Springer Science y Business Media.

Villalobos, F, DJ; V.O. Sadras, A., and Fereres, E. (1994). Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower genotypes. *Field Crops res.* 36 (1), 1-11.

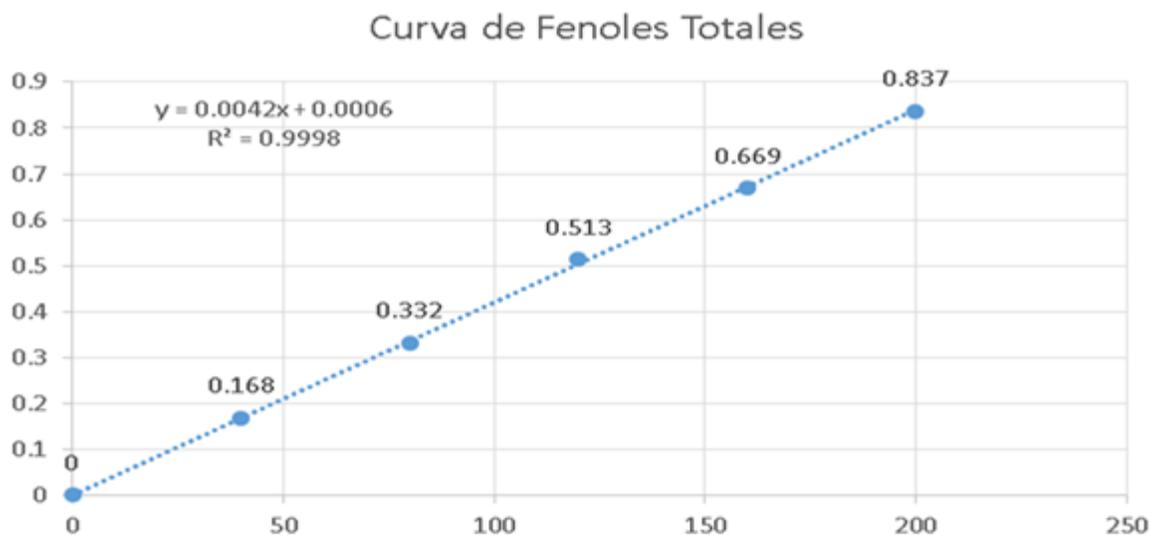
Villar, J., y Cencig, G. (2004). Evaluación de cultivares de girasol, Campaña 2003/2004. Publicación miscelánea. EEA Rafaela, (102).

Weaver, LM y Herrmann, KM (1997). Dinámica de la vía del shikimato en las plantas. *Tendencias en la ciencia de las plantas*, 2 (9), 346-351.

8. APENDICE

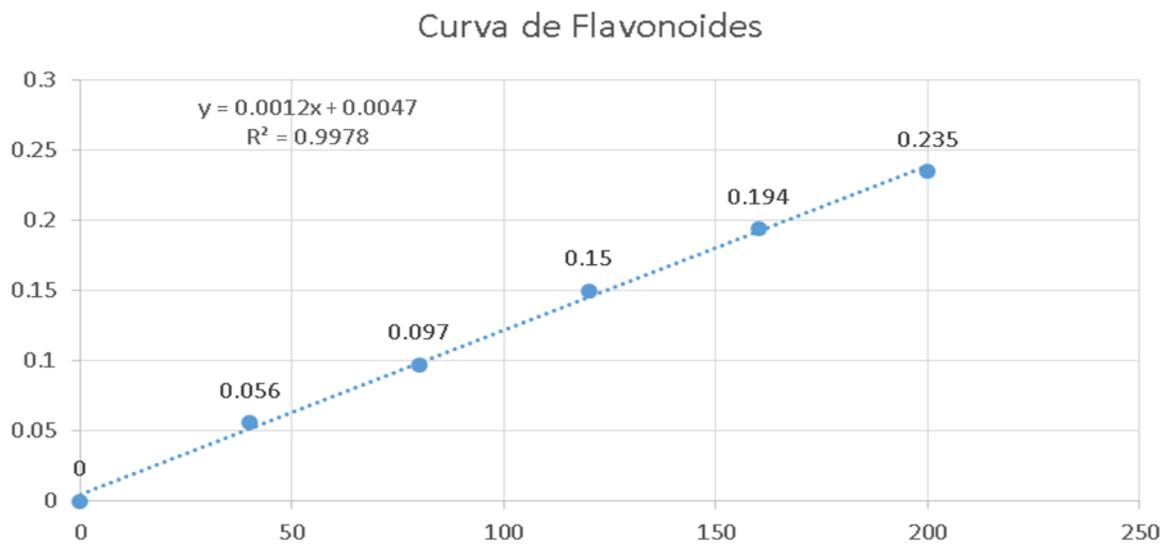
Cuadro 1A. Curva de fenoles totales.

0	0
200	0.837
160	0.669
120	0.513
80	0.332
40	0.168



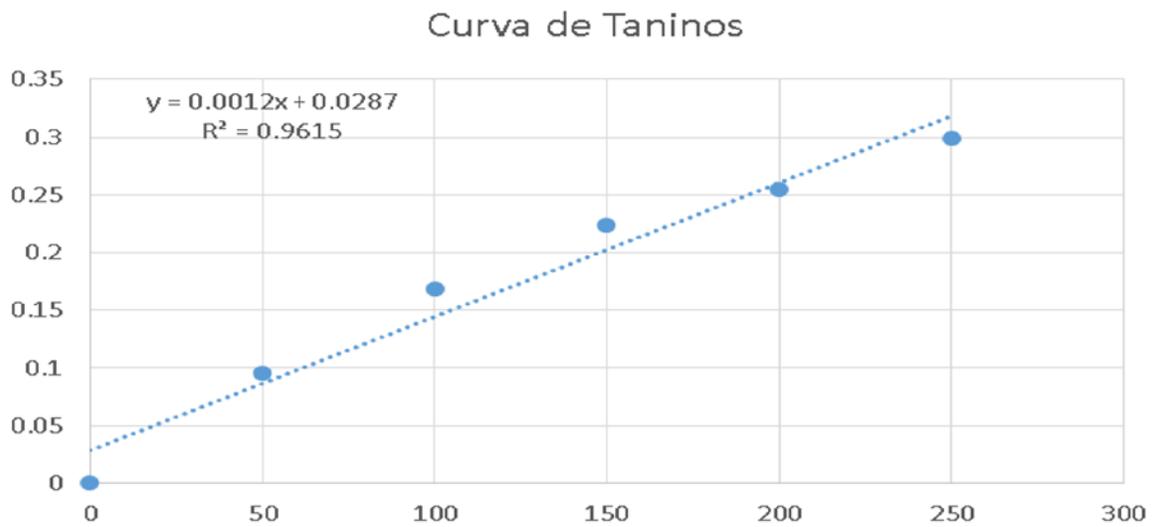
Cuadro 2A. Curva de flavonoides.

0	0
40	0.056
80	0.097
120	0.15
160	0.194
200	0.235



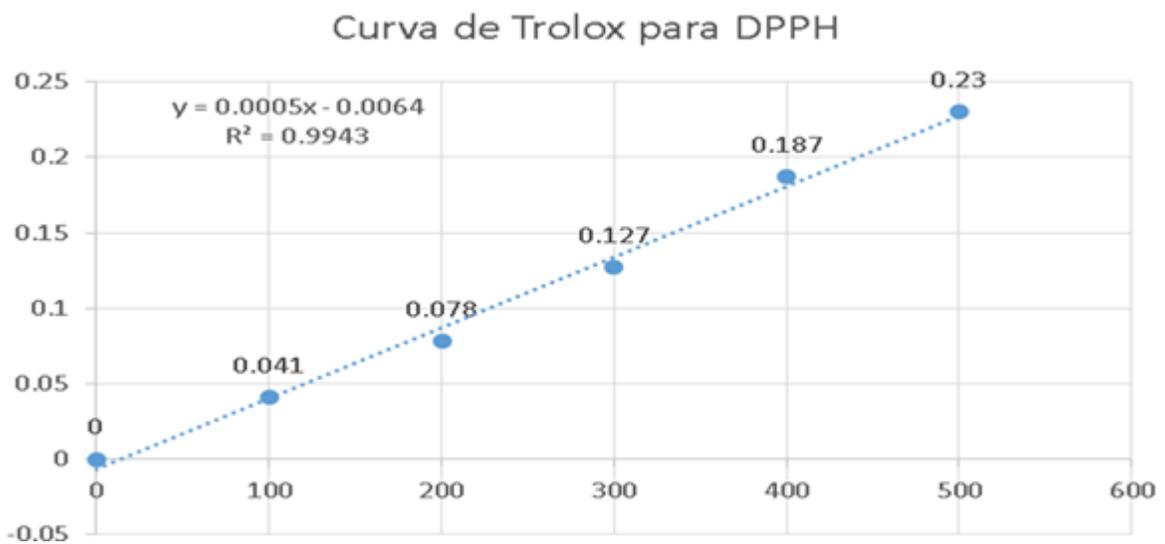
Cuadro 3A. Curva de Taninos Condensados.

0	0
50	0.095
100	0.169
150	0.224
200	0.255
250	0.299



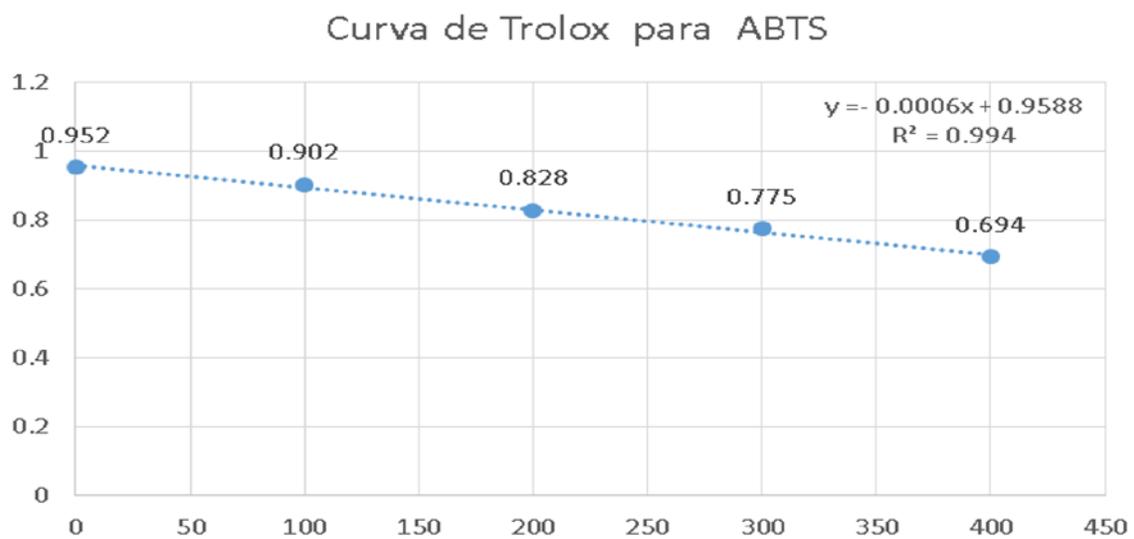
Cuadro 4A. Curva de Trolox para DPPH.

0	0
100	0.041
200	0.078
300	0.127
400	0.187
500	0.23



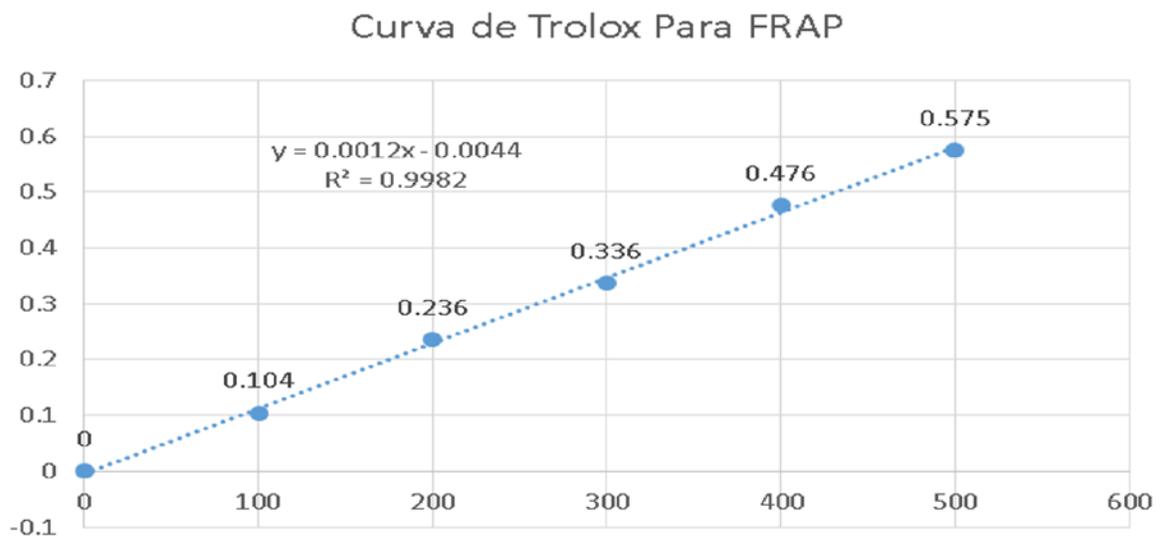
Cuadro 5A. Curva de Trolox para ABTS.

0	0.952
100	0.902
200	0.828
300	0.775
400	0.694
500	0.614



Cuadro 6A. Curva de Trolox para FRAP.

0	0
100	0.104
200	0.236
300	0.336
400	0.476
500	0.575



Análisis de varianza y comparación de medias de las variables agronómicas de los seis genotipos de girasol (*Helianthus annuus*. L). Ciclo tardío (Agosto-Diciembre 2018)

Cuadro 7A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable altura de planta (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	0.087	0.017	0.409	0.835
Bloques	3	0.005	0.002	0.037	0.990
Error	15	0.637	0.042		
Total	23	0.728			

Tratamiento	Media
1	1.298
2	1.475
3	1.373
4	1.398
5	1.460
6	1.363

Cuadro 8A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de hojas por planta (ciclo tardío 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	70.004	14.001	5.343	0.005
Bloques		3	3.700	1.233	0.471	0.707
Error		15	39.304	2.620		
Total		23	113.008			

Tratamiento	Media
1	23.473
2	21.598
3	24.728
4	23.503
5	22.345
6	19.378

Tratamiento	Media	0.05
3	24.728	a
4	23.503	a
1	23.473	a
5	22.345	ab
2	21.598	ab
6	19.378	b
Tukey=	3.715	

Cuadro 9A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable largo de hoja (ciclo tardío 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	127.380	25.476	2.682	0.063
Bloques		3	10.034	3.345	0.352	0.788
Error		15	142.507	9.500		
Total		23	279.921			

Tratamiento	Media
1	31.438
2	26.050
3	26.048
4	25.750
5	29.898
6	25.678

Cuadro 10A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de hoja (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	43.127	8.625	1.921	0.150
Bloques	3	23.919	7.973	1.776	0.195
Error	15	67.352	4.490		
Total	23	134.398			

Tratamiento	Media
1	23.043
2	23.140
3	21.188
4	22.923
5	25.478
6	21.835

Cuadro 11A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a floración (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	294.000	58.800	40.091	0.000
Bloques	3	14.000	4.667	3.182	0.055
Error	15	22.000	1.467		
Total	23	330.000			

Tratamiento	Media
1	61.000
2	57.000
3	64.000
4	57.000
5	58.000
6	66.000

Tratamiento	Media	0.05
6	66.000	a
3	64.000	a
1	61.000	b
5	58.000	c
2	57.000	c
4	57.000	c
Tukey=	2.779	

Cuadro 12A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a madurez fisiológica ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		381.333	76.267	78.000	0.000
Bloques	3		9.333	3.111	3.182	0.055
Error	15		14.667	0.978		
Total	23		405.333			

Tratamiento	Media
1	93.000
2	87.000
3	95.000
4	88.000
5	89.000
6	98.000

Tratamiento	Media	0.05
6	98.000	a
3	95.000	b
1	93.000	b
5	89.000	c
4	88.000	c
2	87.000	c
Tukey=	2.269	

Cuadro 13A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable diámetro del capítulo (ciclo tardío 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		63.068	12.614	16.522	0.000
Bloques	3		11.218	3.739	4.898	0.014
Error	15		11.452	0.763		
Total	23		85.738			

Tratamiento	Media
1	16.450
2	17.575
3	13.225
4	18.125
5	17.550
6	16.125

Tratamiento	Media	0.05
4	18.125	a
2	17.575	a
5	17.550	a
1	16.450	a
6	16.125	a
3	13.225	b
Tukey=	2.005	

Cuadro 14A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso del capítulo (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		3906.463	781.293	6.769	0.002
Bloques	3		704.899	234.966	2.036	0.152
Error	15		1731.329	115.422		
Total	23		6342.691			

Tratamiento	Media
1	48.468
2	66.301
3	34.704
4	58.837
5	74.035
6	50.670

Tratamiento	Media	0.05
5	74.035	a
2	66.301	ab
4	58.837	abc
6	50.670	abc
1	48.468	bc
3	34.704	c
Tukey=	24.656	

Cuadro 15A. Análisis de varianza y comparación de medias: número de semillas por capítulo (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		3471887.8	694377.57	53.487	0.000
Bloques	3		80972.510	26990.837	2.079	0.146
Error	15		194732.80	12982.187		
Total	23		3747593.2			

Tratamiento	Media
1	498.675
2	1315.350
3	363.900
4	1362.150
5	678.400
6	830.125

Tratamiento	Media	0.05
4	1362.150	a
2	1315.350	a
6	830.125	b
5	678.400	bc
1	498.675	cd
3	363.900	d
Tukey=	261.491	

Cuadro 16A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable Peso de 100 semillas (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		275.323	55.065	44.921	0.000
Bloques	3		5.315	1.772	1.445	0.269
Error		15	18.387	1.226		
Total		23	299.025			

Tratamiento	Media
1	11.720
2	5.698
3	11.110
4	4.498
5	13.415
6	6.448

Tratamiento	Media	0.05
5	13.415	a
1	11.720	a
3	11.110	a
6	6.448	b
2	5.698	b
4	4.498	b
Tukey=	2.541	

Cuadro 17A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable longitud de semilla (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		3.543	0.709	203.166	0.000
Bloques	3		0.040	0.013	3.807	0.033
Error		15	0.052	0.003		
Total		23	3.635			

Tratamiento	Media
1	1.625
2	1.030
3	1.958
4	0.950
5	1.745
6	1.143

Tratamiento	Media	0.05
3	1.958	a
5	1.745	b
1	1.625	b
6	1.143	c
2	1.030	cd
4	0.950	d
Tukey=	0.136	

Cuadro 18A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de la semilla (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	0.609	0.122	64.084	0.000
Bloques		3	0.011	0.004	1.982	0.160
Error		15	0.028	0.002		
Total		23	0.649			

Tratamiento	Media
1	0.933
2	0.560
3	0.815
4	0.578
5	0.908
6	0.588

Tratamiento	Media	0.05
1	0.933	a
5	0.908	ab
3	0.815	b
6	0.588	c
4	0.578	c
2	0.560	c
Tukey=	0.100	

Cuadro 19A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable Peso total de semillas por capítulo (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	3906.463	781.293	6.769	0.002
Bloques		3	704.899	234.966	2.036	0.152
Error		15	1731.329	115.422		
Total		23	6342.691			

Tratamiento	Media
1	48.468
2	66.301
3	34.704
4	58.837
5	74.035
6	50.670

Tratamiento	Media	0.05
5	74.035	a
2	66.301	ab
4	58.837	abc
6	50.670	abc
1	48.468	bc
3	34.704	c
Tukey=	24.656	

Cuadro 20A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable rendimiento de grano (ciclo tardío del 2018).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5		15.267	3.053	6.771	0.00
Bloques		3	2.753	0.918	2.035	0.15
Error		15	6.764	0.451		
Total		23	24.783			

Tratamiento	Media
1	3.029
2	4.144
3	2.169
4	3.677
5	4.627
6	3.167

Tratamiento	Media	0.05
5	4.627	a
2	4.144	ab
4	3.677	abc
6	3.167	abc
1	3.029	bc
3	2.169	c
Tukey=	1.541	

Resultados de las variables medidas para evaluar las variables agronómicas de los seis genotipos de girasol (*Helianthus annuus*. L). Ciclo temprano (Marzo-Julio 2019)

Cuadro 21A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable altura de planta (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	0.148	0.030	1.958	0.14
Bloques	3	0.041	0.014	0.901	0.46
Error	15	0.227	0.015		
Total	23	0.417			

Tratamiento	Media
1	1.382
2	1.593
3	1.423
4	1.575
5	1.489
6	1.432

Cuadro 22A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de hoja (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	86.947	17.389	3.087	0.041
Bloques	3	24.738	8.246	1.464	0.264
Error	15	84.495	5.633		
Total	23	196.180			

Tratamiento	Media
1	31.725
2	33.625
3	29.600
4	32.600
5	29.475
6	28.250

Tratamiento	Media	0.05
2	33.625	a
4	32.600	a
1	31.725	a
3	29.600	a
5	29.475	a
6	28.250	a
Tukey=	5.447	

Cuadro 23A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable largo de hoja (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	33.443	6.689	2.041	0.131
Bloques	3	27.088	9.029	2.756	0.079
Error	15	49.148	3.277		
Total	23	109.678			

Tratamiento	Media
1	17.035
2	20.585
3	17.383
4	18.850
5	18.640
6	17.743

Cuadro 24A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de hoja (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	33.443	6.689	2.041	0.131
Bloques	3	27.088	9.029	2.756	0.079
Error	15	49.148	3.277		
Total	23	109.678			

Tratamiento	Media
1	17.035
2	20.585
3	17.383
4	18.850
5	18.640
6	17.743

Cuadro 25A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a floración (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	166.000	33.200	93.375	0.000
Bloques	3	2.667	0.889	2.500	0.099
Error	15	5.333	0.356		
Total	23	174.000			

Tratamiento	Media
1	59.000
2	60.000
3	66.000
4	61.000
5	64.000
6	59.000

Tratamiento	Media	0.05
3	66.000	a
5	64.000	b
4	61.000	c
2	60.000	cd
1	59.000	d
6	59.000	d
Tukey=	1.368	

Cuadro 26A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable días a madurez fisiológica (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	307.333	61.467	172.875	0.000
Bloques	3	2.667	0.889	2.500	0.099
Error	15	5.333	0.356		
Total	23	315.333			

Tratamiento	Media
1	90.000
2	92.000
3	100.000
4	94.000
5	94.000
6	89.000

Tratamiento	Media	0.05
3	100.000	a
4	94.000	b
5	94.000	b
2	92.000	c
1	90.000	d
6	89.000	d
Tukey=	1.368	

Cuadro 27A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable diámetro del capítulo (ciclo temprano del 2019).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	62054.643	12410.929	3.548	0.026
Bloques		3	16294.229	5431.410	1.553	0.242
Error		15	52465.770	3497.718		
Total		23	130814.64			

Tratamiento	Media
1	57.625
2	188.200
3	46.200
4	144.000
5	113.143
6	151.100

Tratamiento	Media	0.05
2	188.200	a
6	151.100	ab
4	144.000	ab
5	113.143	ab
1	57.625	ab
3	46.200	b
Tukey=	135.730	

Cuadro 28A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso total de semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	1931933.0	386386.61	12.607	0.000
Bloques		3	232751.28	77583.759	2.531	0.096
Error		15	459721.39	30648.093		
Total		23	2624405.7			

Tratamiento	Media
1	274.325
2	542.850
3	235.075
4	596.675
5	1090.425
6	675.350

Tratamiento	Media	0.05
5	1090.425	a
6	675.350	b
4	596.675	bc
2	542.850	bc
1	274.325	bc
3	235.075	c
Tukey=	401.776	

Cuadro 29A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable número de semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	41.586	8.317	4.361	0.012
Bloques		3	11.746	3.915	2.053	0.150
Error		15	28.608	1.907		
Total		23	81.940			

Tratamiento	Media
1	9.825
2	12.950
3	9.738
4	12.125
5	12.900
6	11.313

Tratamiento	Media	0.05
2	12.950	a
5	12.900	ab
4	12.125	ab
6	11.313	ab
1	9.825	ab
3	9.738	b
Tukey=	3.169	

Cuadro 30A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable peso de 100 semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos		5	150.136	30.027	12.304	0.000
Bloques		3	17.773	5.924	2.427	0.106
Error		15	36.608	2.441		
Total		15	204.517			

Tratamiento	Media
1	5.728
2	12.328
3	7.123
4	5.923
5	4.910
6	5.580

Tratamiento	Media	0.05
2	12.328	a
3	7.123	b
4	5.923	b
1	5.728	b
6	5.580	b
5	4.910	b
Tukey=	3.585	

Cuadro 31A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable longitud de la semilla (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	1.228	0.246	11.465	0.000
Bloques	3	0.076	0.025	1.187	0.348
Error	15	0.321	0.021		
Total	23	1.625			

Tratamiento	Media
1	1.428
2	1.478
3	1.323
4	1.040
5	0.950
6	0.925

Tratamiento	Media	0.05
2	1.478	a
1	1.428	a
3	1.323	ab
4	1.040	bc
5	0.950	c
6	0.925	c
Tukey=	0.336	

Cuadro 32A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable ancho de semilla (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	0.018	0.004	5.972	0.003
Bloques	3	0.000	0.000	0.092	0.963
Error	15	0.009	0.001		
Total	23	0.027			

Tratamiento	Media
1	0.450
2	0.475
3	0.433
4	0.413
5	0.400
6	0.400

Tratamiento	Media	0.05
2	0.475	a
1	0.450	ab
3	0.433	ab
4	0.413	b
5	0.400	b
6	0.400	b
Tukey=	0.056	

Cuadro 33A. Análisis de varianza y comparación de medias: peso total de semillas por capítulo (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	1936506.9	387301.38	3.413	0.029
Bloques	3	634556.13	211518.71	1.864	0.179
Error	15	1702148.6	113476.58		
Total	23	4273211.6			

Tratamiento	Media
1	202.000
2	1020.250
3	173.500
4	390.000
5	545.500
6	359.000

Tratamiento	Media	0.05
2	1020.250	a
5	545.500	ab
4	390.000	ab
6	359.000	ab
1	202.000	b
3	173.500	b
Tukey=	773.100	

Cuadro 34A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable rendimiento de grano (ciclo temprano del 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	23.229	4.646	9.363	0.000
Bloques	3	1.987	0.662	1.335	0.300
Error	15	7.443	0.496		
Total	23	32.659			

Tratamiento	Media
1	1.263
2	3.722
3	1.084
4	2.438
5	3.409
6	2.244

Tratamiento	Media	0.05
2	3.722	a
5	3.409	a
4	2.438	ab
6	2.244	ab
1	1.263	b
3	1.084	b
Tukey=	1.617	

Resultados de las variables medidas para evaluar la calidad del grano del girasol (*Helianthus annuus*. L), en los dos ciclos del cultivo.

Cuadro 35A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable Fenoles totales (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	48316592	9663318.4	29.549	0.000
Bloques	3	1448820.0	482940.02	1.477	0.261
Error	15	4905452.8	327030.18		
Total	23	54670865			

Tratamiento	Media
1	10752.679
2	10654.464
3	11337.500
4	7806.250
5	8109.821
6	8498.214

Tratamiento	Media	0.05
3	11337.500	a
1	10752.679	a
2	10654.464	a
6	8498.214	b
5	8109.821	b
4	7806.250	b
Tukey=	1312.431	

Cuadro 36A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable Fenoles totales (ciclo temprano 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	5787853.5	1157570.7	2.153	0.115
Bloques	3	1861221.8	620407.28	1.154	0.360
Error	15	8063921.7	537594.78		
Total	23	15712997			

Tratamiento	Media
1	9614.286
2	10565.179
3	10757.143
4	9725.893
5	9850.893
6	9444.643

Cuadro 37A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable flavonoides totales (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	6442708.3	1288541.7	1.792	0.175
Bloques	3	1771484.4	590494.79	0.821	0.502
Error	15	10785156	719010.42		
Total	23	18999349			

Tratamiento	Media
1	8878.125
2	9721.875
3	9675.000
4	8737.500
5	8268.750
6	8862.500

Cuadro 38A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable flavonoides totales (ciclo temprano 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	1254182943	250836589	0.700	0.632
Bloques	3	1522705078	507568359	1.416	0.277
Error	15	5376220703	358414714		
Total	23	8153108724			

Tratamiento	Media
1	84718.750
2	96437.500
3	82375.000
4	90812.500
5	80968.750
6	73781.250

Cuadro 39A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable del ensayo DPPH (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	12319680...	2463936000	2.562	0.072
Bloques	3	4333440000	1444480000	1.502	0.254
Error	15	14424000...	961600000		
Total	23	31077120...			

Tratamiento	Media
1	2034360.0
2	2053560.0
3	1985160.0
4	2037960.0
5	2028360.0
6	2051160.0

Cuadro 40A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable del ensayo DPPH (ciclo temprano 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	206002200	41200440	2.701	0.062
Bloques	3	7677000.0	2559000.0	0.168	0.916
Error	15	228846600	15256440		
Total	23	442525800			

Tratamiento	Media
1	95778.000
2	92748.000
3	101718.00
4	99348.000
5	95748.000
6	98838.000

Cuadro 41A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable del ensayo ABTS (ciclo tardío2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	1847218165	369443633	0.972	0.466
Bloques	3	2098622837	699540946	1.841	0.183
Error	15	5698513002	379900867		
Total	23	9644354004			

Tratamiento	Media
1	42180.183
2	43430.190
3	28630.000
4	24280.000
5	23730.000
6	22105.000

Cuadro 42A. Análisis de varianza y comparación de medias: variable del ensayo ABTS (ciclo temprano 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	11658333	2331666.7	0.168	0.971
Bloques	3	2608333.3	869444.44	0.063	0.979
Error	15	208251667	13883444		
Total	23	222518333			

Tratamiento	Media
1	22705.000
2	22705.000
3	23155.000
4	23780.000
5	22330.000
6	24355.000

Cuadro 43A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable del ensayo FRAP (ciclo tardío 2018).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	597736771	119547354	6.066	0.003
Bloques	3	47998646	15999549	0.812	0.507
Error	15	295626979	19708465		
Total	23	941362396			

Tratamiento	Media
1	11020.000
2	8407.500
3	23407.500
4	12045.000
5	10132.500
6	15895.000

Tratamiento	Media	0.05
3	23407.500	a
6	15895.000	ab
4	12045.000	b
1	11020.000	b
5	10132.500	b
2	8407.500	b
Tukey=	10188.473	

Cuadro 44A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable del ensayo FRAP (ciclo temprano 2019).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	23864633...	47729266...	11.115	0.000
Bloques	3	15905000...	5301666667	1.235	0.332
Error	15	64410000...	4294000000		
Total	23	31896133...			

Tratamiento	Media
1	598150.00
2	625900.00
3	585650.00
4	504650.00
5	831900.00
6	614150.00

Tratamiento	Media	0.05
5	831900.00	a
2	625900.00	b
6	614150.00	b
1	598150.00	b
3	585650.00	b
4	504650.00	b
Tukey=	150388.18	