



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**EVALUACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL PASTO HORQUETA (*Paspalum notatum* Fl. cv  
Boyero) BAJO CONDICIONES DE SECANO EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE  
SANTA FE (ARGENTINA)**

**ING. AGR. VERÓNICA A. ANIBALINI**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN MANEJO Y CONSERVACIÓN  
DE RECURSOS NATURALES**

**DIRECTOR:**

**Dr. JUAN PABLO A. ORTIZ**

**CO-DIRECTORA:**

**Dra. ADRIANA CONFALONE**

2021

**EVALUACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL PASTO HORQUETA (*Paspalum notatum* Fl. cv Boyero) BAJO CONDICIONES DE SECANO EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA)**

Nombre y apellido del autor: Verónica Andrea Anibalini

Título de grado del autor: Ingeniera Agrónoma.

Universidad que lo expidió: Universidad Nacional de Rosario.

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Manejo y Conservación de Recursos Naturales, de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en esta u otra Universidad. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR durante el período comprendido entre 2014 y 2018, bajo la dirección del Dr. Juan Pablo Ortiz y la Dra. Adriana Confalone.

Nombre y firma del Maestrando

Ing. Agr. Verónica A. Anibalini

Nombre y firma del Director

Dr. Juan Pablo A. Ortiz

Nombre y firma del Co - Director

Ing. Agr. Dra. Adriana Confalone

Defendida:

## **AGRADECIMIENTOS**

Como todo en esta vida este trabajo tuvo un inicio, un desenlace y un fin, en donde para cada momento existieron múltiples compañeros de viaje, colaboradores, ayudantes, sostenes, facilitadores. A todos ellos, mis infinitos agradecimientos, porque el viaje siempre es más ameno en compañía.

Gracias a mis directores al Dr. Juan Pablo Ortiz por confiar en mi para la realización de este trabajo, por compartirme sus conocimientos sobre *Paspalum* y la apomixis y por darme libertad para trabajar. A la Dra. Adriana Confalone por siempre alentarme y acompañare en este trayecto, por compartir conmigo sus conocimientos sobre la agrometeorología, por su paciencia y ser una guía en este recorrido.

A la Dra. Beatriz Martin quien fue un puente para que llegue a este proyecto, una maestra, amiga, incasable compañera de campo, por su generosidad y por introducirme en el apasionante mundo de los forrajes.

Agradezco a mis otras maestras y amigas, la Ing. Agr. Marta Costanzo y la Dra. Alejandra Coronel quienes siempre me alentaron en este camino, me compartieron sus conocimientos y acompañaron dándome independencia para trabajar.

A mis compañeros de cátedra Ing. Agr. MSc. María José Dickie, Ing. Agr. Emiliano Jozami y Lic. Julia Gastaudo por alentarme en este viaje y apoyarme cubriéndome cada vez que fue necesario. A los observadores meteorológicos: Sacha Barbero, Daniel Pistarelli, Leandro Fisher y Valentín Yurun por alivianar mi trabajo lo que me permitió dedicar más tiempo a la etapa final de esta tesis. A los ayudantes alumnos, hoy colegas, Macarena Calderón, Emanuel García, Manuel Cortés y Matías Biolatto quienes fueron fundamentales para la realización de todo el trabajo de campo que implicó esta tesis y por su compromiso con él.

También quiero agradecer a quienes son y fueron compañeros del grupo DREP y del laboratorio de Biología Molecular: Silvina Pessino, Juliana Stein, Luciana Delgado, Lorena Siena, Marisel Podio, Hugo Permingeat, Daniel Souza, Celeste Azzaro, Carolina Colono, Nicolás Spoto, Mariano Soliman, Lucas De Marchi, Valeria Palmieri, Valeria Perotti, Luisina Monasterolo, Alvaró Larran,

Albertina Gauna y Andrea Martinatto. Gracias por hacerme parte, por ayudarme con temas del laboratorio, a muchos por su colaboración en las cosechas (toda una jornada festiva) y por tantas experiencias compartidas.

Gracias al exdirector, Pablo Palazzesi y al actual subdirector, Emanuel Ceaglio del Campo Experimental “J. F. Villarino” de la facultad de Ciencias Agrarias quienes junto a todo el personal de campo contribuyeron a que este proyecto se concretara. También quiero agradecerles a Nidia Montechiarini, Carlos Gosparini, Rodolfo Grasso, Gustavo Rodríguez, y Marta Bianchi quienes me brindaron espacios, materiales y en algunos casos tiempo de trabajo que fueron necesarios para este proyecto.

A la empresa *PGG Wrightson seeds* que a través de un servicio no estandarizado financió parte de este estudio.

Gracias a la directora de la Maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales Ing Agr MSc Beatriz Bonel y a toda la Comisión de la Carrera por apoyarme en este último tramo para poder finalizar la maestría. También agradezco a Micaela y Brenda porque desde los inicios de este proyecto siempre estuvieron a disposición para aclarar mis dudas.

Infinitas gracias a mis padres, Yolanda y Mariano y a mis hermanas, Marina, Jérica y Ayelén y a sus familias quienes siempre fueron un sostén incondicional en todo mi recorrido.

Gracias por su apoyo infinito a mi compañero de viaje Ezequiel y a Astor quien se sumó a la travesía en este último tramo para hacer aún más vibrante este viaje.

**DEDICATORIA**

*A mi madre, Yolanda por enseñarme con su ejemplo a ser una luchadora incansable.*

*A mi padre, Mariano por transmitirme su alegría por la vida y el disfrute de los caminos a  
recorrer.*

*Y a ambos, por tantos sacrificios para que pueda alcanzar mis objetivos.*

**PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES A CONGRESOS**

- "Tiempo Térmico de los subperiodos de *Paspalum notatum* según distintos modelos". Anibalini, V.; Confalone, A. XVIII Reunión Argentina de Agrometeorología. IX Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. ISBN 978-987-26317-1-0. 25 al 27 de noviembre de 2020. Paraná, Entre Ríos, Argentina (modalidad virtual).
- "Producción y calidad forrajera de *Paspalum notatum* Fl. a dos intensidades de corte" Anibalini, V. y Martín, B. (ex aequo). Jornada de Ciencia y Técnica 2019. UNR
- "Estudio de la distribución de la forrajera *Paspalum notatum* Flügge en América". Mossotti, G., Anibalini, V., Galetti, L.; Grierson, C.; Prado, D.E. XX Congreso y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. 27 y 28 de noviembre del 2018. Rosario.
- "Efecto de la altura de corte en el rendimiento de *Paspalum notatum* Fl. en la región sur de Santa Fe". Martín, Beatriz; Anibalini, Verónica (ex aequo). XX Congreso y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. 27 y 28 de noviembre del 2018.
- "Estudio del rendimiento de *P. notatum* cv Boyero en el sur de la provincia de Santa Fe (Argentina)". Anibalini, V.; Confalone, A; Martín, B.; Ortiz, J.P.A. RADA 2018. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. ISBN 978-987-42-9620-7. Pág. 28. 19 al 21 de septiembre 2018. Merlo (San Luis).
- "Phenological characterization and evaluation of forage and seed production of the cv. Boyero-UNNE (*Paspalum notatum*) in the temperate region of Argentina". Anibalini, V.; Martín, B.; Trejo, F.; Ortiz, J.P.A. 9TH International Herbage Seed Group Conference. 31 de octubre al 02 de noviembre del 2017. Pergamino, Argentina.
- "Intensidad de defoliación sobre la producción y estructura de una pastura de *Paspalum notatum* cv Boyero" Anibalini, Verónica y Martín, Beatriz (ex aequo). XI Jornada de Ciencia y Tecnología. ISBN 978-987-702-304-6. Pág. 330. 18 de octubre de 2017. Rosario.

- “Especies nativas del género *Paspalum* en la provincia de Santa Fe (Argentina)”. Anibalini, V., Maturo, H.; Palou, D.; Oakley, L.J.; Prado, D.E. XVIII Congreso y XXXVI Reunión Anual Sociedad de Biología de Rosario. ISSN 2314-1484. Pág. 19. 5 y 6 de diciembre de 2016, Rosario.
- “Correlación entre ET0 y ETc de *Paspalum notatum* cv Boyero para el primer año de implantación”. Anibalini, V.; Calderon, M.; García, E.; Cortes, M.; Costanzo, M.; Martín, B. y Ortiz, J.P.A. XVIII Congreso y XXXVI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. ISSN 2314-1484. Pág. 82. 5 y 6 de diciembre de 2016, Rosario.
- "Efecto de la intensidad de corte en el crecimiento de *Paspalum notatum*, en la región sur de Santa Fe". Anibalini, V., Martín, B. y Ortiz, J. P. VII Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales X Encuentro de Ganaderos del Pastizal del Cono Sur. ISSN 2451-7747. Pág. 73. 4 al 6 de noviembre de 2016. Virasoro, Corrientes.
- "*Paspalum notatum* Fl.: Evolución de la germinación bajo distintas condiciones de madurez en el tiempo". Anibalini, V.; Martín, B.; Ortiz, J.P. X Jornada de Ciencia y Tecnología. 978-ISBN 987-702-238-4. Pág. 303. 26 de octubre de 2016. Rosario.
- "Producción de forraje de *Paspalum notatum* cv Boyero sometido a diferentes regímenes de corte". Anibalini, Verónica y Martín, Beatriz (ex aequo). XVII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas 2016. Facultad de Ciencias Veterinarias. IV Jornada Latinoamericana II Jornadas de Ciencia y Tecnología 2016. Facultad de Ciencias Agrarias. I Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias 2016, Universidad Nacional de Rosario. Pág. 539. 22 y 23 de septiembre de 2016, Casilda y Zavalla.
- “Comparación en el Ritmo de Germinación entre un Cultivar y una Población Apomíctica de *Paspalum notatum* Flügge”. Cortes, M.; Calderón, M.; García, E.; Biolatto, M.; Anibalini, V.; Martín, B. y Ortiz, J. P. XVII Congreso y XXXV Reunión Anual Sociedad de Biología de Rosario. ISSN 2314-1484. Pág. 55. 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2015. Rosario
- “Efecto de la Temperatura y la Luz en la Germinación de Semillas de *Paspalum notatum* cv Boyero”. Anibalini, V.; Martín (ex aequo), Biolatto, M.; Calderón, M; Ortiz, J.P. IX Jornada de Ciencia y Tecnología. U.N.R. ISBN 978-987-702-187-5. Pág. 392. Noviembre 2015. Rosario.

- “Tasa de aparición de macollos en *Paspalum notatum*: Primer Ciclo de Crecimiento”. Anibalini, V.; Martín, B. Cortes, M.; García, E.; Ortiz, J.P. IX Jornada de Ciencia y Tecnología. U.N.R. ISBN 978-987-702-187-5. Pág. 546. Noviembre 2015. Rosario. •

- “*Paspalum notatum* Flüggé: UNA ALTERNATIVA FORRAJERA PARA MEJORAR LOS BAJOS INUNDABLES EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE”. Anibalini, V.; Galleano, A.; Siena, L; Ortiz, J.P.A. y Martín, B. Publicado en la revista Agromensajes N° 42 de la Fac. Cs. Agrarias U.N.R. Agosto 2015.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>CAPÍTULO I: Introducción general</b>	<b>1</b>
1.1 Características Generales de <i>Paspalum notatum</i>	1
1.2 Situación Actual en la Argentina	7
1.3 Objetivo General	8
1.4 Objetivos Específicos e Hipótesis de Trabajo	8
1.5 Esquema General de la Tesis	9
1.6 Materiales y Métodos	10
1.6.1 Área geográfica del estudio	10
1.6.2 Material Vegetal	11
1.6.3 Sitio experimental	11
<b>CAPÍTULO II: Observaciones fenológicas</b>	<b>13</b>
2.1 Introducción	13
2.2 Materiales y Métodos	15
2.3 Resultados	17
2.3.1 Duración en días de las fases fenológicas	17
2.3.2 Duración en días de los subperíodos fenológicos	19
2.3.3 Análisis del efecto climático y de la variabilidad climática interanual sobre las fases y subperíodos	20
2.3.3.1 Análisis de la variabilidad climática interanual	20
2.3.3.2 Relación estadística entre la duración de las fases y los subperíodos con las variables atmosféricas	32
2.5 Discusión	47
2.6 Conclusiones	51
<b>CAPÍTULO III: Cuantificación del desarrollo del cultivo</b>	<b>53</b>
3.1 Introducción	53
3.2 Materiales y Métodos	56
3.2a Uso de cámara de germinación	56
3.2b Modelo RodMod	57
3.2c Ecuaciones o Modelos de Sumas Térmicas	60
3.3 Resultados	61
3.3.1 Determinación de la Temperatura Base los Subperíodos Fenológicos	61
3.3.1a Determinación de la temperatura base del subperíodo siembra-emergencia en cámara	61

3.3.1b Determinación de la temperatura base de los subperíodos macollaje-floración y floración- madurez fisiológica	62
3.3.2 Determinación de la Duración en Tiempo Térmico y Fototérmico de los Subperíodos	64
3.3.3 Determinación del Fotoperiodo crítico de la Floración	67
3.4 Discusión	69
3.5 Conclusiones	71
<b>CAPÍTULO IV: Análisis del Desarrollo del Llenado de Grano y de la Producción de Biomasa Aérea y de Cariopses</b>	<b>72</b>
4.1 Introducción	72
4.2 Materiales y Métodos	74
4.2.1 Evaluación del desarrollo del llenado de grano	74
4.2.2 Análisis del rendimiento de biomasa aérea y producción de cariopses del cultivar Boyero- UNNE	76
4.3 Resultados	78
4. 3.1 Evaluación del desarrollo del llenado de grano	78
4. 3.1a Fase de llenado de grano	78
4. 3.1b Evaluación de la formación de cariopses del híbrido	80
4. 3.1c Análisis del efecto de las condiciones atmosféricas sobre el desarrollo del llenado de grano	82
4. 3.2 Análisis del rendimiento de la biomasa aérea y grano	85
4. 3.2a Análisis del efecto de las condiciones atmosféricas sobre el rendimiento de biomasa aérea y grano	85
4. 3.2b Producción de biomasa aérea	86
4. 3.2c Determinación del rendimiento en grano del cultivo	90
4.4 Discusión	90
4.5 Conclusiones	95
<b>CAPÍTULO V: Conclusiones Finales</b>	<b>96</b>
Bibliografía Citada	99
ANEXO I	112
ANEXO II	121

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 2.1-</b> Duración en días calendarios de las fases fenológicas del cv Boyero-UNNE en el año de siembra e implantación (años 2014-2015).	17
<b>Tabla 2.2-</b> Duración en días calendarios de las fases fenológicas del cv Boyero-UNNE en el período segundo a cuarto año del cultivo (años 2015-2018).	17
<b>Tabla 2.3-</b> Fecha de inicio y fin de cada fase fenológica para la primera campaña.	18
<b>Tabla 2.4-</b> Fecha de inicio y fin de cada fase fenológica de las tres campañas evaluadas.	18
<b>Tabla 2.5-</b> Duración en días calendarios de los subperíodos fenológicos del cv Boyero-UNNE en la primera campaña.	19
<b>Tabla 2.6-</b> Duración en días calendarios de los subperíodos fenológicos del cv Boyero-UNNE en la segunda, tercera y cuarta campaña.	19
<b>Tabla 2.7-</b> Fecha de inicio y fin de cada subperíodo fenológico para la primera campaña.	19
<b>Tabla 2.8-</b> Fecha de inicio y fin por campaña y promedio y desvío estándar de cada subperíodo fenológico.	20
<b>Tabla 3.1-</b> Datos de germinación de <i>P. notatum</i> cv Boyero-UNNE obtenidos para cada temperatura ensayada.	62
<b>Tabla 3.2.</b> Comparación en el desempeño de 4 modelos de °Ds y en días (D) con 3 TB para distintos subperíodos de <i>P. notatum</i> cv Boyero-UNNE. Los valores sombreados indican los métodos con mejor desempeño.	65
<b>Tabla 3.3.</b> Tiempo Térmico (°Ds) de los subperíodos del cv Boyero-UNNE utilizando dos modelos del programa RodMod con sus respectivos coeficientes de determinación (R <sup>2</sup> ).	66
<b>Tabla 3.4.</b> Duración en días (f), temperatura (T) y fotoperíodo (P) medio de los subperíodos fenológicos estudiados y los valores máximos (máx) y mínimos (mín) del conjunto de datos analizados en los cuatro años de evaluación.	67
<b>Tabla 4.1</b> Categorías que conforman la fase de llenado de grano.	75
<b>Tabla 4.2</b> Longitud media (Long. Media, cm) y número medio de espiguillas por rama de la inflorescencia (Esp./rama), duración (días), temperatura media (°C), tasa de desarrollo (100/días), grados días acumulados (°Ds) y peso de 1.000 cariopses (g) de cada una de las campañas analizadas para la fase de llenado.	78
<b>Tabla 4.3</b> Porcentajes e intervalo de confianza (IC) para el momento de inicio y fin del análisis del llenado de grano.	82
<b>Tabla 4.4</b> Parámetros del rendimiento y rendimiento estimado por campaña.	90

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2.1.</b> Precipitaciones acumuladas mensuales para cada campaña de estudio (barras) y promedio histórico (1981-2010) (línea punteada).	21
<b>Figura 2.2.</b> Precipitaciones acumuladas y promedio histórico (1981-2010) con sus errores típicos para el período que abarcó cada campaña de estudio.	22
<b>Figura 2.3.</b> Temperatura media mensual de cada campaña de estudio (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).	23
<b>Figura 2.4.</b> Temperatura máxima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).	24
<b>Figura 2.5.</b> Temperatura mínima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).	25
<b>Figura 2.6.</b> Precipitaciones acumuladas mensuales para cada campaña (barras) y mensuales históricas (línea punteada).	26
<b>Figura 2.7.</b> Precipitaciones acumuladas e histórica con sus respectivas barras de error para el período que abarcó cada campaña de estudio.	27
<b>Figura 2.8.</b> Temperatura media mensual de cada campaña de estudio (símbolos) e histórica (línea punteada).	28
<b>Figura 2.9.</b> Temperatura máxima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (línea punteada).	28
<b>Figura 2.10.</b> Temperatura mínima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (línea punteada).	29
<b>Figura 2.11.</b> Fotoperíodo y radiación global del Subp. Mac-Fl en tres campañas.	30
<b>Figura 2.12.</b> Fotoperíodo y radiación global del Subp. Fl-MF en tres campañas.	31
<b>Figura 2.13.</b> Análisis de conglomerados de las filas.	32
<b>Figura 2.14.</b> Análisis de conglomerados de las columnas.	33
<b>Figura 2.15.</b> Diagrama de dispersión de las observaciones (puntos azules) a partir del ACP sobre la matriz de correlación de las variables (puntos amarillos).	34
<b>Figura 2.16.</b> Relación lineal entre los días y el fotoperíodo.	36
<b>Figura 2.17.</b> Relación lineal entre los días y la temperatura media.	36

<b>Figura 2.18.</b> Relación lineal entre los días y la radiación global.	36
<b>Figura 2.19.</b> Relación lineal entre los días y las precipitaciones.	36
<b>Figura 2.20.</b> Relación entre los días y las precipitaciones.	37
<b>Figura 2.21.</b> Relación entre los días y la radiación global.	37
<b>Figura 2.22.</b> Relación entre los días y la radiación global.	38
<b>Figura 2.23.</b> Relación entre los días y la temperatura media.	38
<b>Figura 2.24.</b> Relación entre los días y las precipitaciones.	39
<b>Figura 2.25.</b> Relación entre los días y la radiación global.	39
<b>Figura 2.26.</b> Relación entre los días y las precipitaciones.	40
<b>Figura 2.27.</b> Relación entre los días y la temperatura media.	40
<b>Figura 2.28.</b> Relación entre los días y la temperatura media.	42
<b>Figura 2.29.</b> Relación entre los días y el fotoperíodo.	42
<b>Figura 2.30.</b> Relación entre los días y las precipitaciones.	42
<b>Figura 2.31.</b> Relación entre los días y las precipitaciones.	44
<b>Figura 2.32.</b> Relación entre los días y la radiación global.	44
<b>Figura 2.33.</b> Relación entre los días y la temperatura media.	44
<b>Figura 2.34.</b> Ajuste de los días con el fotoperíodo para el subperíodo Floración-Madurez Fisiológica.	46
<b>Figura 2.35.</b> Ajuste de los días con la temperatura media para el subperíodo Floración-Madurez Fisiológica.	46
<b>Figura 3.1.</b> Tasa de desarrollo del Subp Mac-Fl (●) en función de la temperatura del aire y la recta de ajuste (-----).	62
<b>Figura 3.2.</b> Tasa de desarrollo del Subp FL-MF (●) en función de la temperatura del aire y la recta de ajuste (-----).	63
<b>Figura 4.1</b> Fenología del llenado de grano (categorías cuantificadas).	76
<b>Figura 4.2</b> Evolución media del peso de cariopses (PS 1.000c (g)), del porcentaje de humedad (H %), con sus respectivos desvíos estándar (+/-) y la recta de ajuste del peso de los cariopses (-----) del cv Boyero-UNNE.	79

<b>Figura 4.3</b> Determinación de la temperatura base de <i>P. notatum</i> cv. Boyero-UNNE utilizando el método de intercepción de la equis (● velocidad de desarrollo; ..... recta de ajuste).	80
<b>Figura 4.4.</b> Evaluación de la formación de cariopses por campaña (a) y promedio de las tres campañas expresados en porcentaje (b) por categoría observada (celeste-ovarios, anaranjado-ov fec pequeño, amarillo-ovarios completamente formados, gris-cariopses en formación, azul-ov necrosados, verde-vacías).	81
<b>Figura 4.5.</b> Valores medios observados de las variables atmosféricas durante el período de llenado en cada campaña.	83
<b>Figura 4.6.</b> Precipitaciones acumuladas mensuales desde el inicio al fin de llenado de grano de cada campaña (barras) y comparación con el histórico (línea).	83
<b>Figura 4.7.</b> Precipitaciones acumuladas por campaña y promedio histórico para igual período, con sus respectivas barras de error.	84
<b>Figura 4.8.</b> Nro. de macollos por unidad de superficie en las campañas analizadas.	86
<b>Figura 4.9.</b> Nro. de macollos por unidad de superficie según tratamientos de corte.	87
<b>Figura 4.10.</b> Peso seco de la biomasa aérea total por unidad de superficie en las campañas analizadas.	88
<b>Figura 4.11.</b> Peso seco biomasa aérea total por unidad de superficie por tratamiento de corte.	88
<b>Figura 4.12.</b> Peso seco biomasa aérea total por unidad de superficie para la interacción campaña por tratamiento de corte.	89

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

$\alpha$	alfa
°Ds	Grados Días o Tiempo Térmico
1000c	1000 cariopses
ACP	análisis de componentes principales
AI	alta intensidad
Aj	ajustado
BI	baja intensidad
C1	cuadrante superior derecho
C2	cuadrante inferior derecho
C3	cuadrante superior izquierdo
C4	cuadrante inferior izquierdo
CEF	Cariopses en formación
CF	Cariopses formados
CP	componentes principales
cv	cultivar
CV	variabilidad-coeficiente de variación (%)
D	días
DV	desvío estándar ( $\pm$ )
Ec.	ecuación
EMA	estación meteorológica automática
E-Mac	Emergencia-Macollaje
EMC	estación meteorológica convencional
EV	Espiguillas vacías
f <sup>-1</sup>	Tasa de desarrollo
F0	emergencia
F1	macollaje
F2	encañazón
F3	emergencia de panojas o panojazón
F4	floración
F5	granazón (grano lechoso)
F6	madurez (grano córneo)
FCA	Facultad de Ciencias Agrarias
Fig.	figura
Fl-MF	Floración-Madurez Fisiológica
FOTO	Fotoperíodo (h)
h	horas
h de luz/día	duración del día

Hastr.	Heliofanía astronómica (h)
Hefec.	Heliofanía efectiva (h)
IAF	índice de área foliar
IC	Intervalo de confianza
Kg MS/ha	Kilogramos de materia seca por hectárea
Mac-Fl	Macollaje-Floración
máx	máximos
mín	mínimos
Mj/m <sup>2</sup> día	Megajoule por metro cuadrado por día
N.º/n.º	número
NEA	Noreste Argentino
OFP	Ovarios fecundados pequeños
ON	Ovarios necrosados
OV	Ovarios
P	fotoperíodo medio de un determinado subperíodo
Pb	fotoperíodo base
Pc	fotoperíodo crítico
Ph	peso húmedo
PP	Precipitaciones (mm)
Ps	peso seco
R	correlación de Pearson
R <sup>2</sup>	regresión
RG	Radiación global (Mj m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )
S-E	Siembra-Emergencia
Subp.	subperíodo
T	temperatura media de un determinado subperíodo
T0	tiempo cero
T7	tiempo siete
TB	temperatura base
TCD	tasa de crecimiento diario (kg MS/ha*d)
TM	Temperatura media (°C)
TMáx.	Temperatura máxima (°C)
TMín.	Temperatura mínima (°C)
To	temperatura óptima
TT	Método residual
TTm	Método residual modificado
UF	Método fototérmico
UFT	Método de unidades fototérmico

UNR

Universidad Nacional de Zavalla

## RESUMEN

### **“EVALUACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL PASTO HORQUETA (*Paspalum notatum* Fl. cv Boyero) BAJO CONDICIONES DE SECANO EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA)”**

*Paspalum notatum* es uno de los principales componentes de las praderas naturales y bajos dulces de la región templada y subtropical de Argentina; donde se desarrolla la cría y engorde de ganado en mezclas con otras especies nativas. *P. notatum* es una especie con potencial para insertarse en la matriz agrícola-ganadera, siendo incorporada hace unos años a los programas de mejoramiento genético de plantas forrajeras. En este contexto la reciente creación de un cultivar híbrido apomítico (cv. Boyero-UNNE) de la especie abre la posibilidad de difundir su utilización en la región templada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento, la fenología, la generación de biomasa aérea y la producción de granos de *P. notatum* cv. Boyero-UNNE en la región sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. Se condujo un lote experimental de 1.000 m<sup>2</sup> en el Campo Villarino de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNR bajo condiciones de secano, durante cuatro campañas (2014-2018). Se evaluó la fenología, el desarrollo de la etapa de llenado de granos, la producción de biomasa aérea y la producción de cariopses. Los distintos parámetros relevados se relacionaron con las variables climáticas: temperatura, fotoperíodo, radiación global y precipitaciones. Como resultado se logró determinar la duración en días de las fases y los subperíodos fenológicos del cv. Boyero-UNNE, las temperaturas base de: siembra-emergencia, macollaje-floración y floración-madurez fisiológica, el tiempo térmico requerido por cada subperíodo y el fotoperíodo crítico del cultivar. Asimismo, se determinaron la tasa de llenado de grano, el peso de 1.000 granos, la proporción de espiguillas llenas y el rendimiento de granos por hectárea. Se estimó la producción de biomasa aérea por hectárea bajo dos intensidades de corte y el número de macollos por metro cuadrado. Finalmente, se estableció el efecto de las variables atmosféricas sobre todas las cuantificaciones realizadas. Los resultados obtenidos indican que Boyero-UNNE muestra un comportamiento agronómico en cuanto a producción de biomasa, rebrote y producción de granos, similar al observado en condiciones agroecológicas más favorables

para la especie. Los resultados presentados en este trabajo pueden emplearse para la incorporación de esta variedad a los sistemas ganaderos de la región sur de Santa Fe.

**Palabras claves:** *Paspalum notatum*, Boyero-UNNE, fenología, tiempo térmico, rendimiento.

### **ABSTRACT**

#### **“BIOCLIMATIC EVALUATION OF BAHÍAGRASS (*Paspalum notatum* Fl.) cv Boyero-UNNE UNDER RAINFED CONDITIONS IN THE SOUTHERN REGION OF THE SANTA FE PROVINCE (ARGENTINA)”**

*Paspalum notatum* Fl, (Bahíagrass), is one of the principal components of the natural and low-land grasslands of the temperate and subtropical regions of Argentina, where breeding and fattening of cattle are carried out under mixtures of native species. Bahíagrass has a high potential to be included in the production of the agricultural-livestock matrix, so it is currently used in breeding programmes. The recent release of the apomictic hybrid cv. Boyero-UNNE opens the possibility of using this species in the temperate zones of Santa Fe. The objective of this work was to evaluate the growth, phenology, aerial biomass and grain production of cv. Boyero-UNNE in the southern region of Santa Fe province, Argentina. An experimental plot was carried out in the field of the Faculty of Agronomy of the National University of Rosario, Zavalla, under rainfed conditions, for four years (2014-2018). The phenology, the development of the grain-filling stage, the production of aerial biomass, and the caryopses set were evaluated. The different parameters surveyed were related to bioclimatic variables temperature, photoperiod, global radiation, and rainfall. As a result, it was possible to determine the duration in days of the phenological phases and sub-periods. Moreover, the base temperature of sowing-emergence, tillering-flowering, and flowering-physiological maturity, the thermal time required for each sub-period, and the critical photoperiod of the cultivar were estimated. The grain filling rate, the weight of 1,000 grain, and the proportion of filled caryopses were determined. The aerial biomass production per hectare under two cutting intensities and the number of tillers per square meter were also determined. The potential grain yield per hectare of the hybrid was also established. Finally, the effect of the atmospheric variables on all traits was established. The results presented here indicated that cv. Boyero-UNNE shows a behavior related to dry matter production, regrowth and grain set similar to those observed in more

favorable agro-ecological conditions for the species. The results presented in this work can be used for the incorporation of this variety to the livestock systems of the southern region of Santa Fe.

**Keywords:** Native grass, phenology, thermal time, yield.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN GENERAL

#### **1.1 Características generales de *Paspalum notatum***

La ganadería argentina ha tenido al pastoreo directo como la base de la alimentación de los rodeos. En las últimas dos décadas en el área ganadera núcleo de la región pampeana se produjo una reducción importante de la superficie destinada a la producción vacuna como consecuencia de la expansión de la agricultura (Rearte, 2007). Esto condujo a numerosas transformaciones en los sistemas de producción ocasionando un desplazamiento de los rodeos a sectores marginales donde el principal recurso forrajero es el pastizal natural (Rearte, 2011).

Una alternativa que permitiría aumentar la productividad forrajera y a su vez mantener el recurso natural es la siembra de especies adaptadas a las diferentes subregiones ganaderas de la región pampeana como el centro y norte de Santa Fe, centro y suroeste de Entre Ríos, sureste y norte de la provincia de Buenos Aires y sureste de Córdoba (Anibalini *et al.*, 2015a). En este marco, la utilización de especies forrajeras nativas mejoradas constituye una importante herramienta de manejo a ser considerada. Este sistema no sólo aporta al mejoramiento del planteo productivo actual sino también ante los posibles cambios de escenarios climáticos propuestos por el IPCC, 2014 (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, Panel Inter Gubernamental de Cambio Climático).

La mejor adaptación de las especies nativas permitiría adecuarse a las modificaciones ambientales, así como contribuir a mitigar la emisión de gases con efecto invernadero y a aumentar la captura de carbono en el suelo (Céspedes Flores *et al.*, 2012). Para alcanzar este fin, es necesario analizar la aptitud agroclimática del área de interés en relación a las diferentes especies/cultivares que se desee introducir, a fin de obtener información sobre el comportamiento esperado en cada caso, especialmente en lo referido a la producción de materia seca y granos. Asimismo, la evaluación agroclimática del material genético destinado a ser utilizado como parental en programas de mejoramiento, permite conocer no sólo sus exigencias

climáticas para el crecimiento y el desarrollo, sino también para estimar las que presentará su descendencia.

El pasto horqueta (*Paspalum notatum* Flüggé.) pertenece al género *Paspalum* L. (*Poaceae*, *Panicoideae*, *Paniceae*), el cual comprende cerca de 350 especies, siendo uno de los más numerosos de las *Poaceae* (Zuloaga y Morrone, 2005). *Paspalum* contiene especies que habitan regiones tropicales y templadas cálidas. En Argentina crecen 77 especies del género de las cuales 30 se encuentran en la provincia de Santa Fe (Anibalini *et al.*, 2016). *Paspalum* ocupa áreas ecológicas diversas en el continente americano, desde sabanas, borde de bosques, selvas o praderas, hasta lugares húmedos y áreas modificadas (Zuloaga *et al.*, 2012). El centro de diversidad se halla en la región tropical de América, presentando su mayor centro de diversidad en el cerrado brasileño (Bonasora, 2011). El género incluye especies valiosas como forrajeras y céspedes (Catanzaro, 2011). Con pocas excepciones, las especies presentan un número básico de cromosomas ( $2n=2x=20$ ). Además, muchas de las especies forman complejos multiploides donde coexisten razas con diferentes niveles de ploidía y modos de reproducción (Ortiz *et al.*, 2013).

*Paspalum notatum* es una gramínea perenne, que se utiliza para pastoreo directo, heno, control de erosión en taludes de vías y campos de recreación (Pizarro, 2000). Es una especie agresiva con sistema radicular profundo, que forma un césped denso con alta tolerancia a la sequía (Jia *et al.*, 2009). Se adapta a suelos livianos y arenosos de baja fertilidad y alta saturación de aluminio (Gates *et al.*, 2004). En Estados Unidos el biotipo diploide *Paspalum notatum* var. saure Parodi (Pensacola bahiagrass) ( $2n=2x=20$ ) se cultiva como forrajera o para turf en cerca de 2,5 millones de hectáreas en los estados del Golfo de Florida (Summer *et al.*, 1994, Blount *et al.*, 2001a). A pesar que se adapta a suelos de baja fertilidad, responde muy bien a las aplicaciones de N y de K (Ball *et al.*, 1996). La forma tetraploide *P. notatum* var. notatum (pasto horqueta común o *common bahiagrass*) ( $2n=4x=40$ ), está ampliamente distribuida en los campos naturales de Uruguay, Paraguay, sureste de Brasil y Argentina. Sin embargo, como de tantas otras especies nativas, poco se conoce de su respuesta en relación a las condiciones ambientales y a la posibilidad de obtener materiales híbridos con buena performance ambiental y productiva (Acuña *et al.*, 2011).

En relación a la respuesta a las condiciones ambientales, se ha determinado que la variedad común (*P. notatum* var. *notatum*) muestra un patrón estacional de acumulación de materia seca, dependiendo de latitud y altitud. La temperatura, humedad y duración del día son los factores que determinan sus ciclos de producción estacional (Gates *et al.*, 2001; Mislevy *et al.*, 2001). Antecedentes en especies relacionadas como *P. dilatatum* mostraron que su mejor desarrollo ocurre en zonas con suelos bien drenados que reciben 900 o más milímetros por año de precipitaciones (Holt y Bashaw, 1963). Flores *et al.* (1993) encontraron que *P. notatum* y *Pennisetum purpureum* cv. Mott tienen características parecidas de consumo por los animales y en la calidad del heno. Rodríguez *et al.* (1976) encontraron que la planta entera de *P. notatum* alcanza valores de 59% de digestibilidad de materia seca (DIVMS). En Australia, esta especie es utilizada con buenos resultados con ovinos en pastoreo (O'Reagain, 1993). Asimismo, Arnold (1962), Theron y Booysen (1966) y Murray (1984) coinciden en afirmar que las características del follaje, la resistencia al corte y el contenido de materia seca (MS) y proteína son los factores directamente relacionados con la aceptabilidad de *P. notatum* por animales en pastoreo. Acuña (2006) señala que su marcada persistencia bajo la defoliación intensa y el pastoreo continuo son las razones principales del predominio de esta especie en las pasturas nativas y en los sistemas de producción de carne vacuna en el sur de los Estados Unidos. Indica además que la persistencia (incluso en condiciones de baja fertilidad, sequía, inundaciones y, en particular, pastoreo continuo intenso) hace del pasto horqueta una fuente de alimento muy confiable para la producción de ganado vacuno con bajos recursos (Acuña, 2006). A pesar de los antecedentes citados en los párrafos anteriores no se conoce aún el efecto de los factores ambientales en el crecimiento y desarrollo del biotipo común (tetraploide) de la especie. Este conocimiento es fundamental para introducir la especie en un área determinada.

De todos los factores climáticos, la temperatura del aire es uno de los elementos del ambiente de mayor importancia en el crecimiento y desarrollo de los cultivos dado que determina, en gran medida, la distribución geográfica de las comunidades vegetales, tanto nativas como cultivadas (Lamelas *et al.*, 1993). El desarrollo fenológico de los vegetales tiene una respuesta universal a la temperatura (Sadras *et al.*, 2000). Esta respuesta es la responsable de la

aceleración del crecimiento y desarrollo de las plantas cuando son expuestas a temperaturas más elevadas.

La temperatura incide sobre la tasa de desarrollo (velocidad con que transcurren eventos determinados por unidad de tiempo calendario) y, como consecuencia, modifica la duración de cada etapa fenológica (Miralles *et al.*, 2004). La dinámica del desarrollo vegetal muestra en gran medida un determinismo climático, el cual se ha tratado de cuantificar desde Réaumur en 1735, a quien se le adjudica el concepto de tiempo térmico (grados-día o sumas térmicas) (Wang, 1960; Durand, 1969; Bauer *et al.*, 1984) y la respuesta de los cultivos a la temperatura (Confalone *et al.*, 2010).

En 1855, Boussignault, Quételet y De Candolle ponen de relieve la importancia de la temperatura sobre el desarrollo de las plantas. Muestran que, al sumar las temperaturas medias diarias durante la estación de crecimiento, se obtiene la llamada “suma de calor” que expresa la cantidad total de calor al que la planta estuvo sometida durante su periodo de crecimiento y que se requiere para la maduración de los frutos. Así es como la acción positiva de la temperatura se mide a través de la acumulación de temperaturas a partir de un umbral térmico o temperatura base (propia de cada cultivo) y se considera que cuando la temperatura es inferior o igual a la temperatura base, la tasa de desarrollo es nula. Este procedimiento se denomina suma de temperaturas efectivas, suma de unidades térmicas, suma de unidades calóricas o suma de grados-día (Agüero *et al.*, 2011). Es de destacar que las plantas responden en forma diferente al mismo factor ambiental en los distintos subperíodos de desarrollo, y la exigencia de suma térmica es constante únicamente para aquel rango térmico en el cual existe linealidad entre el desarrollo relativo y la temperatura. A pesar de la amplia cantidad de modelos existentes y de las limitaciones que el concepto de sumas térmicas tiene para explicar todas las variables determinantes de la fenología de los cultivos, aún se trata del índice bioclimático más utilizado para caracterizar los materiales vegetales en cuanto a la duración de los subperíodos y del ciclo completo (Confalone *et al.*, 2011a).

En trabajos realizados en el estado de Florida, EE. UU., con el biotipo Pensacola bahiagrass, Rymph (2004) documentó que la fase vegetativa presenta una temperatura base (TB) de 9°C,

con un rango de temperatura óptimas ( $T_o$ ) variando de 32°C a 40°C y una temperatura máxima ( $T_{Máx.}$ ) de 45°C. En las fases reproductivas estas temperaturas son:  $T_B$ : 10°C,  $T_o$ : 28°C - 32°C y  $T_{Máx.}$  45°C. Estas temperaturas permiten comprender la dinámica del crecimiento y desarrollo de la especie y son importantes para establecer como cada fase fenológica alcanza con mayor o menor celeridad el tiempo térmico requerido en un ambiente determinado. Burton *et al.* (1988) encontraron para un cultivar de bermudagrass (*Cynodon dactylon*), una especie C4 como *P. notatum*, una fuerte correlación entre la producción de biomasa (Kg MS/ha) con la duración del día (h de luz/día) y la radiación solar ( $Mj/m^2$  día), observando valores de  $r$  (coeficiente de correlación) de 0,95 y 0,93 respectivamente. Asimismo, Agreda (1961) citó a Knight y Bennett (1953) quienes en Mississippi observaron que plantas de *Paspalum dilatatum* (Poir.) creciendo bajo 14 horas de luz fueron más precoces y produjeron más panículas, en comparación con las que crecieron bajo fotoperiodos constantes de 8, 12 y 16 horas de luz. Del mismo modo, Nada (1980) determinó que el cultivar Pensacola florece cuando crece bajo longitudes del día de 14 horas de luz. Blount *et al.* (2001) en experimentos conducidos a campo en Florida (EE.UU) determinaron, bajo fotoperiodo natural y extendido de 15 horas de luz, que la especie muestra una alta sensibilidad a la duración del día, mostrando un aumento en el peso por planta y una disminución en la extensión de los estolones como respuesta al alargamiento del día.

En cuanto a las características reproductivas, se ha determinado que el biotipo diploide *P. notatum* var. *saurae*, Parodi, (Pensacola bahiagrass) es autoincompatible y de reproducción sexual mientras que los poliploides (en su mayoría 4x) son apomícticos y autofértiles (Quarin, 1992). La apomixis en la especie es de tipo apospórica seudógama y está caracterizada por la formación de sacos embrionarios a partir de células somáticas de la nucela denominadas “*iniciales de la aposporia*” por mitosis, por lo cual, todos sus núcleos del gametofito femenino son no-reducidos (2n). Este tipo de sacos están formados por el aparato oosférico (la célula huevo y dos células sinérgidas) y una célula central con dos núcleos polares. El saco embrionario apospórico de tipo *Paspalum* carece de células antípodales por lo cual es relativamente fácil distinguirlo de los sacos embrionarios meióticos de la especie que son de tipo *Polygonum* (Martínez *et al.*, 2001, Ortiz *et al.*, 2013). Las semillas apomícticas se forman

a partir del desarrollo por partenogénesis de la célula huevo (sin fecundación) y la fusión de los núcleos polares con uno de los núcleos espermáticos del polen para formar el endospermo (seudogamia). En este caso, el balance genómico materno (m): paterno (p) del endospermo resulta 4m:1p que se desvía de la relación canónica de las semillas de origen sexual de las gramíneas 2m:1p (Quarin, 1999). En particular las razas tetraploides presentan una gran distribución geográfica mostrando una gran diversidad morfológica y de adaptabilidad, lo cual se cree deriva de sus mecanismos reproductivos que incluyen propagación vegetativa por rizomas, reproducción sexual y apomixis (Ortiz *et al.*, 2013).

Debido a que las razas tetraploides se reproducen por apomixis, el mejoramiento por cruzamientos y selección de estos biotipos fue por muchos años impracticable. El desarrollo de cultivares de importancia agronómica se ha realizado tradicionalmente por selección de ecotipos con caracteres deseables (Vogel y Burson, 2004). En EE.UU. existen varios cultivares apomícticos del citotipo tetraploide obtenidos por este método: ‘Common’, ‘Argentine’, ‘Paraguay’, ‘Paraguay 22’ y ‘Wilmington’ (Gates *et al.*, 2004). El cultivar Argentine, introducido en 1944, está ampliamente difundido en el norte del estado de Florida debido a sus características productivas (alta producción de forraje, muy buena implantación y alta tasa de disseminación). Este cultivar concentra el pico de producción en los meses de verano, debido a que es menos tolerante al frío que Pensacola (cv. diploide) y es susceptible al cornezuelo (*Claviceps* spp.) (Gates *et al.*, 2004). Se estima que Argentine representa el 25% de la superficie total de pasto horqueta en el estado de Florida (Wallau *et al.*, 2019).

Sin embargo, a pesar de la gran difusión de estos cultivares, el mejoramiento por hibridación y selección no ha tenido aún un avance comparable al de otras especies forrajeras de reproducción sexual. Esto es debido a que esta metodología depende de la disponibilidad de genotipos completamente sexuales del mismo nivel de ploidía que los ecotipos apomícticos naturales para realizar los cruzamientos y la selección de los híbridos por caracteres de interés.

La disponibilidad de materiales tetraploides completamente sexuales fue iniciada con los trabajos pioneros del Dr. Glen Burton y sus colegas en la Estación Experimental del USDA (*United States Department of Agriculture*, Departamento de Estado de Agricultura de los EE.

UU.), de Tifton, Georgia, EE.UU., quienes obtuvieron las primeras plantas sexuales mediante la duplicación de cromosomas de individuos diploides por tratamientos con colchicina a partir de callos (Burton y Forbes, 1960). Estos individuos fueron cruzados con ecotipos apomícticos naturales para obtener numerosos híbridos con diferentes grados de apomixis que fueron analizados en ensayos comparativos pero que nunca llegaron a usarse como cultivares (Burton, 1992). Uno de los materiales de esta colección, resultó altamente sexual y con estigmas blancos. Esta planta, denominada SWSB (por *Sexual White Stigma Bahiagrass*, Estigma blanco sexual Bahiagrass), fue introducida en Argentina en la década del '70 por el Ing. Agr. Camilo L. Quarin y utilizada como parental sexual para cruzamientos con materiales apomícticos naturales (Ortiz *et al.*, 1997). Posteriormente, fue posible obtener genotipos completamente sexuales (sin capacidad de apomixis) mediante tratamientos con colchicina a partir callos embriogénicos de genotipos diploides y/o cruzamientos controlados (Quarin *et al.*, 2001, Quarin *et al.*, 2003). La disponibilidad de estos materiales permitió la realización de estudios de herencia del carácter apomixis, así como la obtención de híbridos para evaluaciones agronómicas (Ortiz *et al.*, 2013). En particular, a partir de una serie de cruzamientos entre el genotipo SWSB (= Q3664) y la accesión Q4117 (un ecotipo natural del sur de Brasil) (Ortiz *et al.*, 1997), se obtuvieron varios híbridos que fueron evaluados por sus características agronómicas y el modo de reproducción. A partir de uno de los híbridos altamente apomíctico se obtuvo el cv. Boyero – UNNE (Urbani *et al.*, 2017), que constituye el material vegetal con el cual se realizó este trabajo de tesis.

## 1.2 Situación Actual en Argentina

*P. notatum* es una de las especies comunes en los campos naturales donde se desarrolla la cría y engorde de ganado, normalmente en mezclas con otras especies nativas como: flechilla brava (*Nassella neesiana*), flechilla mansa (*Nassella hialina*), cola de liebre (*Botriochloa laguroides*), pasto alambre (*Sporobolus indicus*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*) y otros, en sistemas de manejo de pastoreos continuos o con descansos más o menos cortos (Lewis *et al.*, 1985; Feldman y Refi, 2006). Según Valls *et al.* (2009), debido a sus destacadas características como

forrajera *P. notatum* es una especie con potencial de inserción en la matriz agrícola-ganadera con fines de cría e invernada, convirtiéndola en una fuerte candidata a ser introducida en los programas de mejoramiento genético de plantas forrajeras.

Es de destacar que en general el mercado de granos de especies subtropicales nativas en nuestro país es reducido y el mantenimiento de las pasturas se realiza principalmente por resiembra natural. Esto lleva frecuentemente a la degradación y pérdida de las especies de mayor calidad. Gran parte de esta situación es debida a la falta de cultivares comerciales con buen poder germinativo de estas especies y a la poca información en cuanto a la ecofisiología de la mayoría de las especies. No se dispone además de información básica, como por ejemplo de la duración de los distintos estados fenológicos, los requerimientos climáticos, momento y duración del período de madurez fisiológica (MF), producción de materia seca y granos (Ruiz *et al.*, 2003).

### **1.3 Objetivo General**

El objetivo general de este trabajo de tesis fue evaluar el crecimiento, la fenología y la producción de biomasa aérea y granos de *Paspalum notatum* cv. Boyero-UNNE en la región sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina.

### **1.4 Objetivos Específicos e Hipótesis de trabajo**

- Determinar la duración (en días calendarios, tiempo térmico y fototérmico) de los distintos subperíodos fenológicos del cv. Boyero-UNNE.
- H<sub>1</sub>- La duración de los distintos subperíodos fenológicos está definida por la temperatura.
- Determinar la temperatura base del cultivar
- H<sub>2</sub>- La temperatura base del subperíodo fenológico Siembra-Emergencia (S-E) del cv. Boyero-UNNE se encuentra en el rango de 10-15 °C.
- Establecer el fotoperíodo crítico para *P. notatum* cv. Boyero.

H<sub>3</sub>- El fotoperiodo crítico es superior a las 12 horas de luz.

- Determinar la tasa de llenado de grano y época de ocurrencia del cv. Boyero-UNNE.

H<sub>4</sub>- La mayor tasa de acumulación de fotoasimilados en el grano se extiende entre los meses de febrero, marzo y abril.

- Evaluar el efecto de la variabilidad climática interanual sobre los distintos parámetros de crecimiento y desarrollo.

H<sub>5</sub>- La variabilidad climática interanual afecta la producción de biomasa aérea, la tasa de llenado de grano, y el rendimiento en grano del cv. Boyero-UNNE.

## **1.5 Esquema general de la tesis.**

En la presente tesis se aborda la evaluación y caracterización de diferentes parámetros de desarrollo y crecimiento para el primer cultivar híbrido apomíctico de un pasto nativo, *Paspalum notatum* en el sur de la provincia de Santa Fe (Argentina), en condiciones de campo. Para ello, en noviembre de 2014 se sembró el material vegetal objeto de estudio en una superficie de 0,1 ha en el Campo Experimental Villarino bajo condiciones de secano y con una fertilización de reposición en la fase de macollaje; el experimento fue conducido durante 4 años agrícolas (**Capítulo 1, Materiales y Métodos**).

En el **Capítulo 2** (OBSERVACIONES FENOLÓGICAS) se determinó la duración en días calendarios y los momentos de inicio y fin tanto de las fases como los subperíodos que se distinguen en el cv Boyero-UNNE. Se estableció la influencia de los distintos parámetros meteorológicos sobre la duración y sobre los momentos de inicio y fin para las fases y los subperíodos del cultivar.

En el **Capítulo 3** (CUANTIFICACIÓN DEL DESARROLLO DEL CULTIVO) se estableció la temperatura base (TB) de los subperíodos siembra-emergencia (S-E), macollaje-floración (Mac-Fl) y floración-madurez fisiológica (Fl-MF). También se determinó por medio de ecuaciones lineales y el programa RodMod los requerimientos

térmicos de los distintos subperíodos, además de precisar el fotoperíodo crítico y base de Mac-Fl.

En el **Capítulo 4** (ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL LLENADO DE GRANO Y DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y GRANO) se caracterizó la duración tanto en días calendarios como tiempo térmico y los parámetros morfológicos relacionados con las estructuras reproductivas de la fase de llenado de grano. Se evaluó la tasa de llenado y la proporción de espiguillas llenas al final de la fase. Asimismo, se caracterizó la producción de biomasa aérea (número de macollos por metro cuadrado y kilogramos de materia seca por hectárea) bajo dos intensidades de corte. Además, se estimó el rendimiento a través de las cuantificaciones del número de panojas por metro cuadrado, número de espiguillas por panoja y peso de los 1.000 granos. Por último, en el capítulo cuatro se analizó el efecto de la variabilidad climática interanual sobre el desarrollo del llenado de grano y la producción de biomasa aérea y grano.

En el **Capítulo 5** (CONCLUSIONES FINALES) se resume la evidencia obtenida para responder las hipótesis planteadas a fin de esclarecer los aportes realizados por esta tesis a distintas áreas del conocimiento.

## **1.6 Materiales y métodos**

### **1.6.1 Área geográfica del estudio**

El presente trabajo se llevó a cabo en el lote N° 5 del Campo Experimental “José F. Villarino” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR ubicado próximo a la localidad de Zavalla, provincia de Santa Fe (33° 01' de Latitud Sur y 60° 53' de Longitud Oeste, en dirección sur-suroeste de la localidad de Rosario, a 50 metros sobre el nivel del mar). El sitio presenta un suelo con un relieve normal a subnormal, ocupa la posición de media loma alta, con pendiente de escaso gradiente, escurrimiento lento y permeabilidad moderadamente lenta a moderada. Corresponde a la Unidad Cartográfica N°2 (UC2) serie Roldán, fase ligeramente inclinada según el mapa de suelos del campo experimental.

Taxonómicamente se clasifica como Argiudol vértico, familia fina, illítica, térmica. Presenta la siguiente composición y espesor de los horizontes: A1: 18-22 cm; B1: 15 cm; B21t: 45-50 cm; B22t: 20-32 cm; B3: 35-48 cm; C1: 20-40 cm; C2ca (Busso y Ausilio, 1989).

La localidad presenta un régimen de precipitaciones semi-monzónico, con un total anual que varía entre 678-1338 mm, siendo la media de 990 mm. La temperatura media anual es de 17°C. El período medio de heladas abarca desde principios de junio hasta principios de septiembre con un desvío de 20 días, resultando el período libre de heladas de 275 días (Sacchi *et al.*, 2002; Coronel *et al.*, 2012).

### **1.6.2 Material vegetal**

Como material vegetal se utilizó el cultivar apomíctico de *Paspalum notatum* var. *notatum* (2n=4x=40) cv. Boyero-UNNE, el cual fue registrado por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Noreste en el Registro de Plantas Cultivadas y en el Registro Nacional de Propiedad de Cultivares INASE (Registro Nacional de Semillas Reg. N° 3213) y liberado en agosto del 2012 (Urbani *et al.*, 2017). Dado el modo de reproducción del cultivar se considera que la totalidad de las plantas son genéticamente idénticas.

### **1.6.3 Sitio experimental**

El lote experimental de una superficie de 1.000 m<sup>2</sup>, fue sembrado con cariopses original *Paspalum notatum* cv. “Boyero UNNE” en noviembre del año 2014. Desde el momento de su implantación y hasta el fin de esta investigación (marzo de 2018) se recopiló información de manera sistemática sobre parámetros de crecimiento (por ejemplo: tasa de llenado de grano (gramos/día, g/d), producción de biomasa aérea a dos intensidades de corte (kilogramo de materia seca por hectárea, kg MS/ha) y estimación de rendimiento esperado (kilogramos de granos por hectárea, kg grano/ha)) y desarrollo del cultivar (por ejemplo: momento de floración, relación entre número de ovarios y número de granos al final del llenado). También se registró la fenología del cultivar. Además, se reunió información de las variables climáticas del área bajo estudio: temperatura media (°C), precipitaciones

(mm), heliofanía efectiva (h) y fotoperíodo (h). En función de la pluviometría de la zona y teniendo en cuenta lo documentado por Holt y Bashaw (1963), se consideró que las precipitaciones del área cubren los requerimientos hídricos de la especie bajo estudio. El trabajo experimental de tesis abarcó 4 campañas (2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018).

## CAPÍTULO II

### OBSERVACIONES FENOLÓGICAS

#### 2.1 Introducción

Los organismos vivos superiores, dentro de su ciclo ontogénico, experimentan una serie de transformaciones anatómicas y morfológicas que se corresponden internamente con cambios en sus procesos fisiológicos vitales regidos por sus características genéticas y reguladas por los factores externos del ambiente físico en que crecen y se desarrollan (Pascale y Damario, 2004). Todos los fenómenos biológicos observables presentan un ritmo estacional de ocurrencia variable, de lugar en lugar y de un año a otro de acuerdo a las variaciones meteorológicas o climáticas acompañantes (Pascale y Damario, 2004). Por ejemplo, Fitter *et al.* (1995) encontró que el momento de la floración en el 90% de las 243 especies de plantas estudiadas en Inglaterra estaba significativamente relacionado con las temperaturas, es decir, la gran mayoría de las plantas pudieron ajustar sus fechas de floración de acuerdo con las condiciones de temperatura particulares de cada año. La brotación y floración de las plantas, la llegada o partida de aves migratorias, la gestación y nacimiento de las crías de animales y la migración de cardúmenes son algunos de los miles de fenómenos que suceden en la naturaleza durante el año con una periodicidad o ritmo que reconoce la influencia de los factores astronómicos y/o meteorológicos. Cuando ese ritmo es alterado temporalmente, la causa es siempre una variación en alguno o varios de los elementos meteorológicos condicionantes (Pascale y Damario, 2004). Menzel y Fabian (1999), en un trabajo realizado con más de 20 años de datos fenológicos en bosques de zonas frías y templadas de Europa, encontraron incrementos en el largo de la estación de crecimiento con el incremento de la temperatura. Chichahuala (2013) determinó que la disponibilidad de agua y el incremento de la temperatura afectaron la producción y fenología de cuatro gramíneas forrajeras nativas del pastizal pampeano semiárido.

La fenología estudia estos eventos biológicos estacionales observados en plantas, animales e insectos. En término fenología, deriva del griego *phaenomenon* (fenómenos) y *logos*

(conocimiento), hace referencia al estudio de los eventos periódicos naturales que ocurren en los seres vivos y en los sistemas biológicos, e incluye sus relaciones con los fenómenos meteorológicos (Pascale y Damario, 2004). El objetivo de la fenología es contribuir a la interpretación de las reacciones de los seres vivos frente al complejo climático del lugar de observación y determinar los requerimientos de las especies. Actualmente la fenología vegetal ha sido revalorizada como herramienta para evaluar el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas. Comprender el efecto del clima en la fenología de las plantas es un paso esencial para establecer un vínculo plausible entre el cambio climático reciente y las respuestas fenológicas de las plantas, y para hacer predicciones confiables sobre las respuestas futuras de las plantas (Gordo y Sanz, 2010). Esto es debido a que las plantas como elementos centrales del paisaje natural, a través de su distribución geográfica y de su comportamiento fenológico temporal y espacial, son capaces de manifestar las características climáticas diferenciales de mejor manera que los instrumentos meteorológicos. Además de poseer mayor sensibilidad, son integradoras de los diversos elementos del complejo climático, actuando a modo de “climatómetro” o “ambientómetro”, es decir como bioindicadores (Pascale y Damario, 2004). Un ejemplo de esto es un estudio realizado por Gordo y Sanz (2010) sobre 118 fenofases de especies distribuidas por toda España. Donde determinaron que los años cálidos y secos redujeron la variabilidad espacial en la fenología de las plantas, mientras que los años fríos y húmedos la aumentaron. Las observaciones fenológicas prestan auxilio a muchas ramas de las ciencias y de las actividades humanas en general. Como por ejemplo en actividades agrícolas, forestales, apicultura, paisajismo, en problemas de alergia, y otros. Las observaciones fenológicas consisten en el reconocimiento sistemático (individual o global) de los fenómenos periódicos de los vegetales y el registro de las fechas en que se producen a lo largo del año. Por lo tanto, estos estudios permiten conocer como el complejo ambiental afecta la duración e intensidad de las distintas fases fenológicas (o subperíodos fenológicos) a lo largo de los años.

Es objetivo general de este capítulo determinar la duración en días calendarios de las fases y los subperíodos del cv Boyero-UNNE bajo condiciones de secano en el sur de la provincia de Santa Fe.

Son objetivos específicos:

- ~ Determinar la duración en días de las fases del cultivar.
- ~ Determinar la duración en días de los subperíodos de *Paspalum notatum*.
- ~ Analizar y establecer la influencia del complejo climático sobre la duración de las fases y los subperíodos del cultivar en cada campaña.

## 2.2 Materiales y Métodos

Las observaciones fenológicas se realizaron utilizando la metodología clásica para cultivos densos (Pascale, 1953; 1970; citado por Murphy y Hurtado, 2013). Las observaciones se realizaron mediante visitas semanales a las parcelas y se registró cada uno de los estados del cultivo. Al tratarse de un cultivo denso las fases fenológicas fueron consideradas a partir del porcentaje de la parcela, donde el 20% correspondió a inicio, 50% a plenitud y 80% a fin de fase. Las fases fenológicas estudiadas fueron: emergencia (F0); macollaje (F1); encañazón (F2); emergencia de panojas o panojazón (F3); floración (F4); granazón (grano lechoso-F5); madurez (grano córneo-F6) (Anibalini *et al.*, 2015b). Dichos estados fenológicos, tanto de crecimiento como de desarrollo, fueron tomados como una modificación de la escala de Zadoks *et al.* (1974) utilizada para trigo. Asimismo, se determinó la duración de los subperíodos (Subp) fenológicos: siembra-emergencia (S-E), emergencia-macollaje (E-Mac), macollaje-floración (Mac-FI) y floración-madurez fisiológica (FI-MF). Paralelamente se recopilaron datos diarios de: temperatura media (TM; °C), precipitaciones (PP; mm), heliofanía efectiva (Hefec; h) y fotoperíodo (FOTO; h). Dicha información fue obtenida de la estación agrometeorológica convencional de la Facultad de Ciencias Agrarias. Con el dato de Hefec se calculó la radiación global (RG;  $Mj\ m^{-2}\ d^{-1}$ ) para cada día mediante la ecuación de Ångström-Prescott (Righini y Grossi Gallegos, 2003; Grossi Gallegos y Righini, 2007) (Ec. 2.1). Se determinaron los coeficientes a y b de la ecuación a través de interpolación lineal y prorrateo, de enero a junio y de julio a diciembre, utilizando los mapas de irradiación solar para la República Argentina confeccionados por Righini y Grossi Gallegos (2003).

$$R_g = R_a * \left( a + b * \left( \frac{H_{efec}}{H_{astr}} \right) \right) \quad (Ec. 2.1)$$

Siendo:

Rg: radiación global ( $Mj\ m^{-2}\ d^{-1}$ )

Ra: radiación astronómica ( $\text{Mj m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )

a y b: coeficientes

Hefec: heliofanía efectiva (h)

Hastr: heliofanía astronómica (h)

En los casos que no se disponía del dato de Hefec el dato de RG diaria se obtuvo de la estación meteorológica automática (EMA) ubicada en el mismo predio de la estación meteorológica convencional (EMC) de la Facultad de Ciencias Agrarias de Zavalla. El valor del FOTO diario fue calculado por el Instituto de Clima y Agua utilizando el programa HORAPASO.exe. (Instituto de Clima y Agua-CNIA-INTA).

Además, se evaluó el efecto de la variabilidad climática interanual para las fases y los Subp. a través de la comparación y análisis de las PP, la TM, la temperatura máxima media (TM <sub>MÁX.</sub>; ° C) y la temperatura mínima media (TM <sub>MÍN.</sub>; ° C) de cada campaña de estudio con el promedio histórico (1981-2010) para la localidad de Zavalla. Para construir los históricos de cada variable se consideró el período que abarcó el ciclo del cv Boyero-UNNE en cada campaña de estudio. En el análisis de los Subp se incluyeron los valores medios de RG y FOTO ocurridos por campaña.

Los datos obtenidos se organizaron para su análisis en una matriz donde, las filas representaron los días y las columnas las variables meteorológicas. Los datos fueron analizados utilizando el programa InfoStat/Profesional (Di Rienzo *et al.*, 2014). Como primer paso se realizó un análisis de conglomerados de las filas (caracterización de los días que comprendieron a cada fase) de manera de agrupar las fases que ocurrieron bajo condiciones atmosféricas similares. Luego se realizó un clúster de las columnas (agrupamiento de las variables) para determinar el grado de asociación entre éstas, así como también evidenciar el grado de variabilidad que presentó cada una de ellas a lo largo de los años de experimentación. El análisis de conglomerados de las filas se realizó utilizando la distancia Euclídea, previa estandarización de los datos y utilizando los valores medios para la construcción del clúster. En cuanto a la exploración de las columnas, previo al análisis los datos fueron estandarizados, se utilizó una distancia Euclídea y el conglomerado se construyó a través de los promedios.

El segundo análisis exploratorio utilizado fue el de análisis de componentes principales (ACP), lo que permitió caracterizar las condiciones atmosféricas reinantes en cada fase y a su vez determinar

las condiciones que más se relacionan con la ocurrencia de la fase. Posteriormente, se evaluó la relación entre la duración en días de las fases y los subperíodos (Subp) con las distintas variables meteorológicas (TM, RG, FOTO y PP) mediante regresión múltiple ( $R^2$ ), regresión lineal ( $R^2$ ) y correlación de Pearson (R). Vale aclarar que el primer año de observación se evaluó de manera separada del resto de los años estudiados dado que *Paspalum notatum* cv Boyero-UNNE es un cultivo perenne en donde el efecto de la interacción planta-atmósfera, para el año de implantación, está fuertemente condicionado por la fecha de siembra. En razón de ello y a los fines de no contribuir a una mayor variabilidad, con una situación que sólo afectará el primer año del cultivo es que este período de observación se analizó de manera independiente del resto de los años de estudio.

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 Duración en días de las fases fenológicas

En las tablas 2.1 y 2.2 se muestran las duraciones en días calendarios de las diferentes fases fenológicas del cultivar en las campañas estudiadas. La tabla 2.1 corresponde a la primera campaña de estudio donde la fecha de siembra fue 14 de noviembre del 2014. En la tabla 2.2 se muestra la duración media de cada fase de los tres años posteriores, así como el desvío estándar (DV;  $\pm$ ) y el coeficiente de variación (CV; %) de cada una de ellas.

**Tabla 2.1-** Duración en días calendarios de las fases fenológicas del cv Boyero-UNNE en el año de siembra e implantación (2014-2015).

<b>Campaña</b>	<b>E</b>	<b>Macollaje</b>	<b>Encañazón</b>	<b>Panojazón</b>	<b>Floración</b>	<b>Granazón</b>	<b>Madurez</b>
	<b>(F0)</b>	<b>(F1)</b>	<b>(F2)</b>	<b>(F3)</b>	<b>(F4)</b>	<b>(F5)</b>	<b>(F6)</b>
<b>2014-15</b>	19	91	69	36	36	31	31

**Tabla 2.2-** Duración en días calendarios de las fases fenológicas del cv Boyero-UNNE en el período del segundo a cuarto año del cultivo (2015-2018).

<b>Campañas</b>	<b>Macollaje</b>	<b>Encañazón</b>	<b>Panojazón</b>	<b>Floración</b>	<b>Granazón</b>	<b>Madurez</b>
	<b>(F1)</b>	<b>(F2)</b>	<b>(F3)</b>	<b>(F4)</b>	<b>(F5)</b>	<b>(F6)</b>
<b>2015-16</b>	124	28	25	32	30	34

<b>2016-17</b>	94	30	26	38	32	33
<b>2017-18</b>	91	24	26	22	20	26
<b>Promedio</b>	<b>103</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>31</b>
<b>DV (±)</b>	<b>18,2</b>	<b>3,1</b>	<b>0,6</b>	<b>8,1</b>	<b>6,4</b>	<b>4,4</b>
<b>CV (%)</b>	<b>17,7</b>	<b>11,2</b>	<b>2,2</b>	<b>26,4</b>	<b>23,5</b>	<b>14,1</b>

En las tablas 2.3 y 2.4 se indican las fechas de inicio y fin de cada etapa fenológica. La tabla 2.3 corresponde al primer año de estudio y la tabla 2.4 el resto de las campañas estudiadas.

**Tabla 2.3-** Fecha de inicio y fin de cada fase fenológica para la primera campaña.

<b>Campaña</b>	<b>2014-15</b>	
	<b>inicio</b>	<b>fin</b>
<b>Emergencia (F0)</b>	10-dic	29-dic
<b>Macollaje (F1)</b>	10-dic	10-mar
<b>Encañazón (F2)</b>	22-ene	31-mar
<b>Panojazón (F3)</b>	24-feb	31-mar
<b>Floración (F4)</b>	10-mar	14-abr
<b>Granazón (F5)</b>	31-mar	30-abr
<b>Madurez (F6)</b>	8-abr	7-may

**Tabla 2.4-** Fecha de inicio y fin de cada fase fenológica de las tres campañas evaluadas.

<b>Campañas</b>	<b>2015-16</b>		<b>2016-17</b>		<b>2017-18</b>		<b>Promedio</b>	
	<b>inicio</b>	<b>fin</b>	<b>inicio</b>	<b>fin</b>	<b>inicio</b>	<b>fin</b>	<b>inicio</b>	<b>fin</b>
<b>Macollaje (F1)</b>	28-ago	29-dic	1-oct	2-ene	5-oct	3-ene	<b>21-sep ±21</b>	<b>1-ene ± 2</b>
<b>Encañazón (F2)</b>	7-dic	3-ene	30-dic	28-ene	3-ene	26-ene	<b>21-dic ±8</b>	<b>19-ene ±14</b>
<b>Panojazón (F3)</b>	14-dic	7-ene	9-ene	2-feb	6-ene	31-ene	<b>27-dic ±8</b>	<b>24-ene ±15</b>
<b>Floración (F4)</b>	18-dic	18-ene	9-ene	15-feb	10-ene	31-ene	<b>30-dic ±7</b>	<b>1-feb ± 14</b>
<b>Granazón (F5)</b>	29-dic	27-ene	30-ene	2-mar	2-feb	21-feb	<b>16-ene ±11</b>	<b>16-feb ±18</b>
<b>Madurez (F6)</b>	3-ene	5-feb	30-ene	2-mar	5-feb	3-mar	<b>23-ene ±18</b>	<b>22-feb ±34</b>

### 2.3.2 Duración en días de los subperíodos fenológicos

A partir de los datos obtenidos previamente se realizó la cuantificación de los subperíodos fenológicos. En la tabla 2.5 y 2.6 se muestra la duración en días calendarios de los distintos subperíodos fenológicos del cv Boyero-UNNE. La tabla 2.5 corresponde a la primera campaña y la tabla 2.6 indica la duración en días calendarios de los distintos subperíodos para los restantes años.

**Tabla 2.5-** Duración en días calendarios de los subperíodos fenológicos del cv Boyero-UNNE en la primera campaña.

<b>Campaña</b>	<b>S-E</b>	<b>E-Mac.</b>	<b>Mac- Fl</b>	<b>Fl-MF</b>
<b>2014-15</b>	<b>35</b>	<b>21</b>	<b>71</b>	<b>35</b>

**Tabla 2.6-** Duración en días calendarios de los subperíodos fenológicos del cv Boyero-UNNE en la segunda, tercera y cuarta campaña.

<b>Campañas</b>	<b>Mac-Fl</b>	<b>Fl-MF</b>
<b>2015-16</b>	42	19
<b>2016-17</b>	63	21
<b>2017-18</b>	39	30
<b>Promedio</b>	<b>48</b>	<b>23</b>
<b>DV (±)</b>	<b>13</b>	<b>6</b>
<b>CV (%)</b>	<b>27</b>	<b>25</b>

En las tablas 2.7 y 2.8 se muestran las fechas de inicio y fin de cada subperíodo fenológico.

**Tabla 2.7-** Fecha de inicio y fin de cada subperíodo fenológico para la primera campaña.

<b>Campaña</b>	<b>2014-15</b>	
<b>Subperíodos</b>	<b>inicio</b>	<b>fin</b>
<b>S-E</b>	<b>14-nov</b>	<b>17-dic</b>
<b>E-Mac.</b>	<b>17-dic</b>	<b>06-ene</b>
<b>Mac- Fl</b>	<b>06-ene</b>	<b>17-mar</b>
<b>Fl-MF</b>	<b>17-mar</b>	<b>20-abr</b>

**Tabla 2.8-**Fecha de inicio y fin por campaña y promedio y desvío estándar de cada subperíodo fenológico.

Campañas	2015-16		2016-17		2017-18		Promedio	
	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin
<b>Mac-F1</b>	23-nov	3-ene	22-nov	23-ene	16-dic	23-ene	<b>30-nov ± 14</b>	<b>16-ene ± 12</b>
<b>Fl-MF</b>	3-ene	21-ene	23-ene	15-feb	23-ene	22-feb	<b>16-ene ± 12</b>	<b>9-feb ± 17</b>

Como puede observarse, tanto la fase de macollaje (F1) como el subperíodo Mac-F1 son los que presentaron la mayor extensión con valores medios de 103 días (mínimo 91 y máxima 124) y 48 días (mínimo 39 y máximo 71) respectivamente (incluido el primer año de observación). F1 se inició en promedio a mediados de septiembre y finalizó a principios de enero y Mac-F1 se inició en promedio a fines de noviembre y finalizó a mediados de enero, en ambos casos fue el inicio el que presentó el mayor desvío. La fase de floración (F4) y el Subp Fl-MF presentaron una duración media de 31 días (mínimo 22 y máximo 36) y 23 días (mínimo 19 y máximo 35) respectivamente, extensión significativamente menor que la etapa vegetativa. La fase (F4) se extendió en promedio desde fines de diciembre hasta inicios de febrero y el Subp (Fl-MF) se desarrolló en promedio desde mediados de enero a principios de febrero, mostrando tanto para F4 como para Fl-MF el fin el mayor desvío. Finalmente, los momentos medios de ocurrencia de las fases y de los Subp en las campañas relevadas mostraron un adelantamiento tanto del inicio como del fin con respecto al año de implantación.

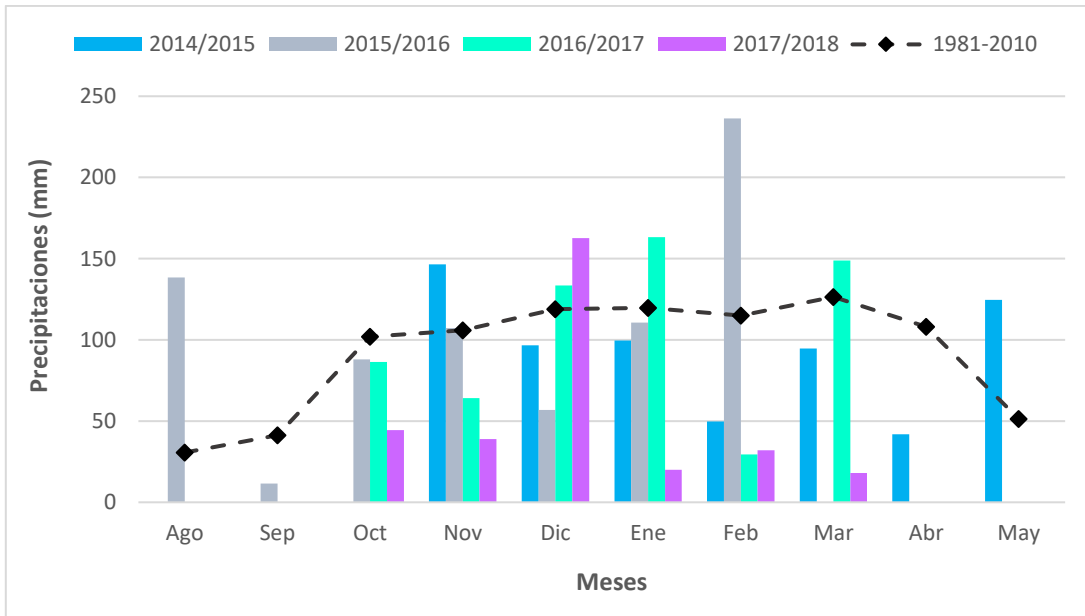
### **2.3.3 Análisis del efecto climático y de la variabilidad climática interanual sobre las fases y subperíodos**

#### **2.3.3.1 Análisis de la variabilidad climática interanual**

##### **Análisis de las fases**

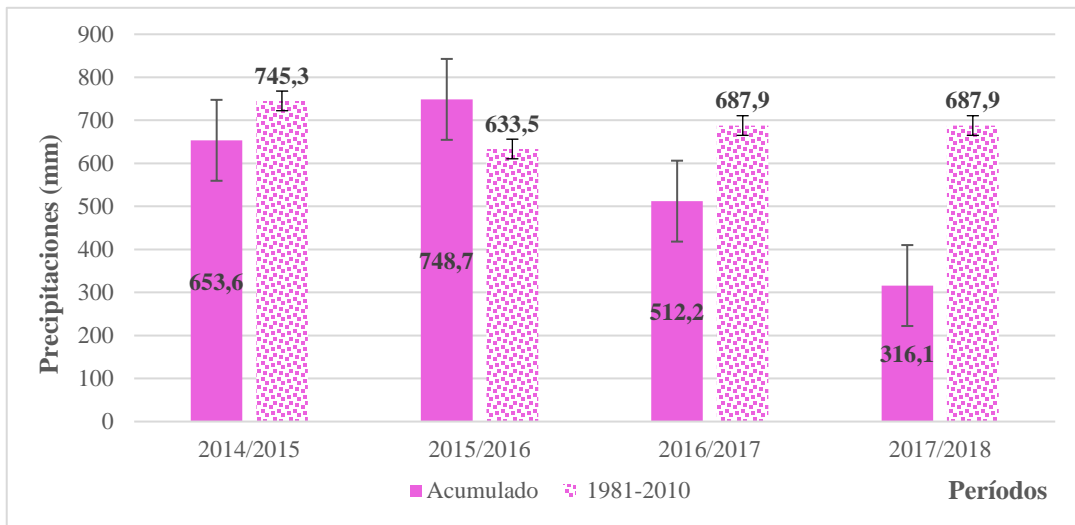
En la figura 2.1 se muestran las PP mensuales acumuladas para cada mes que abarcó la campaña de estudio en función de la duración de las fases y el acumulado mensual del promedio histórico de la localidad donde se ubicó el experimento. Se observó que, prácticamente, en todas las campañas las PP se encontraron dentro de los rangos esperados en comparación con el promedio histórico e incluso algunos meses mostraron un valor acumulado de las PP significativamente superior al acumulado histórico mensual correspondiente. Sin embargo, la campaña 2017-2018

mostró una reducción significativa de las PP en todos los meses que abarcaron las fases, excepto para el mes de diciembre, el cual acumuló un volumen significativamente superior al histórico para ese mes.



**Figura 2.1.** Precipitaciones acumuladas mensuales para cada campaña de estudio (barras) y promedio histórico (1981-2010) (línea punteada).

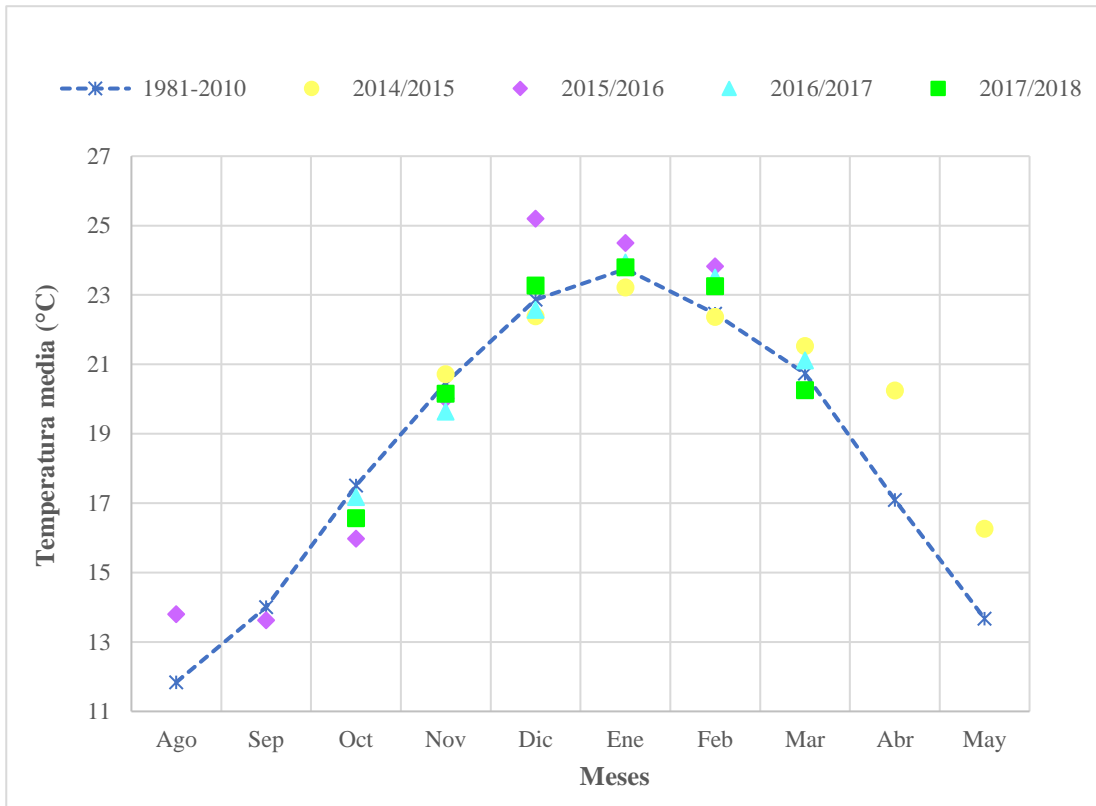
En la figura 2.2 se observa el acumulado de PP de cada campaña analizada y las PP acumuladas para igual período del promedio histórico de Zavalla. Se distinguió que, excepto la campaña 2015-2016, el resto de las campañas analizadas acumularon menor monto de PP con respecto al promedio histórico para igual período. La campaña 2017-2018 presentó la mayor reducción en los milímetros acumulados (-371,8 mm; 46 % menos con respecto al histórico).



**Figura 2.2.** Precipitaciones acumuladas y promedio histórico (1981-2010) con sus errores típicos para el período que abarcó cada campaña de estudio.

Del análisis de la variabilidad de las PP determinamos que, excepto la campaña 2017-2018 donde ocurrió la mayor reducción de las mismas, en el resto de las campañas las PP acumuladas mensuales y por campaña se encontraron cercanas o superiores al promedio histórico. Esta situación indicaría que el cultivo se encontró bajo condiciones hídricas dentro del rango de sus requerimientos.

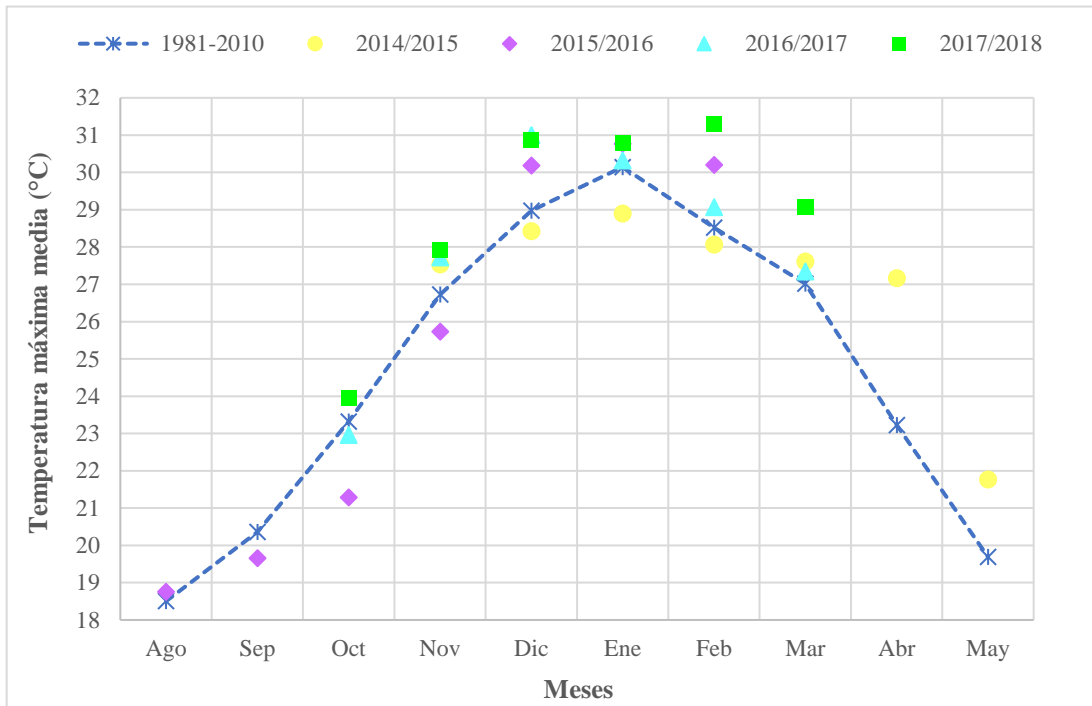
En la figura 2.3 se observan las TM de las campañas bajo estudio en relación a la TM histórica. El gráfico evidenció que las TM de las distintas campañas fueron similares o superiores al promedio histórico, encontrándose la mayor diferencia dentro de las tres últimas campañas analizadas, donde el mes de diciembre de la campaña 2015-2016 presentó la mayor diferencia con respecto al promedio histórico para dicho mes (+ 2,3 °C). En tanto, al considerar el año de implantación de la pastura, se observó que la mayor anomalía ocurrió en el mes de abril con un valor de 3,2 °C.



**Figura 2.3.** Temperatura media mensual de cada campaña de estudio (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).

Estas comparaciones indicaron que las temperaturas medias de las 4 campañas analizadas fueron en general similares o superiores a los valores históricos en todos los meses analizados excepto en octubre donde la TM siempre fue menor al promedio histórico, observándose las mayores desviaciones en los meses de abril y mayo en la campaña 2014-2015 y en agosto y diciembre de la campaña 2015-2016.

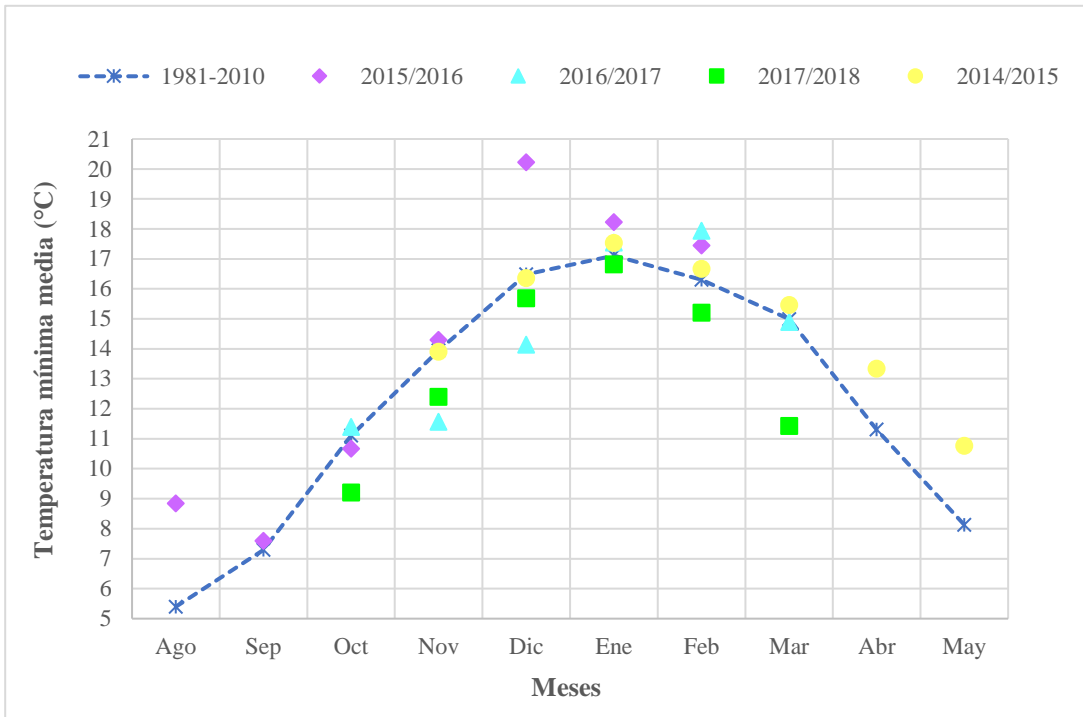
En la figura 2.4 se muestran las temperaturas máximas (TM<sub>máx.</sub>) medias de las campañas analizadas en relación al valor histórico para la localidad.



**Figura 2.4.** Temperatura máxima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).

Se observó que los valores de la TM<sub>áx.</sub> media en la campaña 2017-2018 se ubicaron por encima de los valores de la TM<sub>áx.</sub> media histórica, siendo estas diferencias significativas principalmente para los meses de diciembre, febrero y marzo (1,9, 2,8 y 2,1 °C respectivamente). El resto de las campañas mostraron valores de TM<sub>áx.</sub> media dentro de los rangos normales, excepto en la campaña 2014-2015 donde la TM<sub>áx.</sub> media del mes de abril fue significativamente superior al promedio histórico (3,9 °C) y mayo fue superior en 1 °C con respecto al histórico.

La figura 2.5 muestra las temperaturas mínimas (TM<sub>ín.</sub>) medias de cada campaña estudiada en relación a las TM<sub>ín.</sub> medias históricas de la localidad donde se ubicó el sitio experimental.



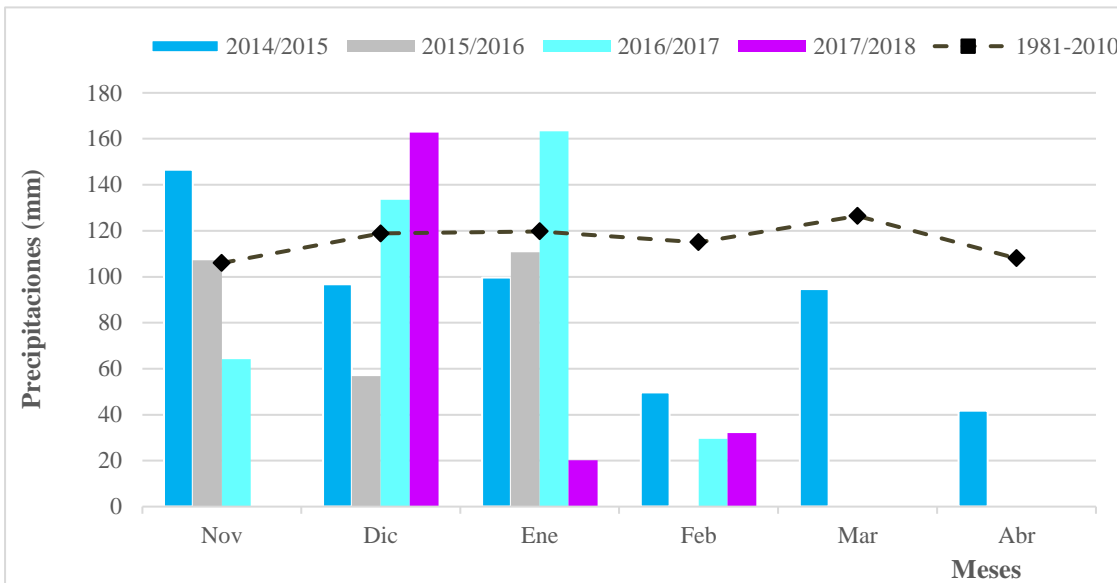
**Figura 2.5.** Temperatura mínima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (1981-2010) (línea punteada).

Del análisis de la figura 2.5 se evidenció que la campaña 2017-2018 fue la que mostró, durante toda su duración, valores menores a los valores históricos de TMín. media. En tanto, el resto de las campañas mostraron valores similares o superiores a los valores de dicha variable para el promedio histórico del sitio experimental. La excepción a esta afirmación fueron los meses de noviembre y diciembre de la campaña 2016-2017, en donde se observaron los valores más bajos de TMín. media de todos los años de estudio, en relación al valor histórico para esos meses.

Resumiendo, podemos decir que las campañas 2014-2015 y 2015-2016 se caracterizaron por ser cálidas y húmedas, la campaña 2016-2017 fría y húmeda y la campaña 2017-2018 cálida y seca.

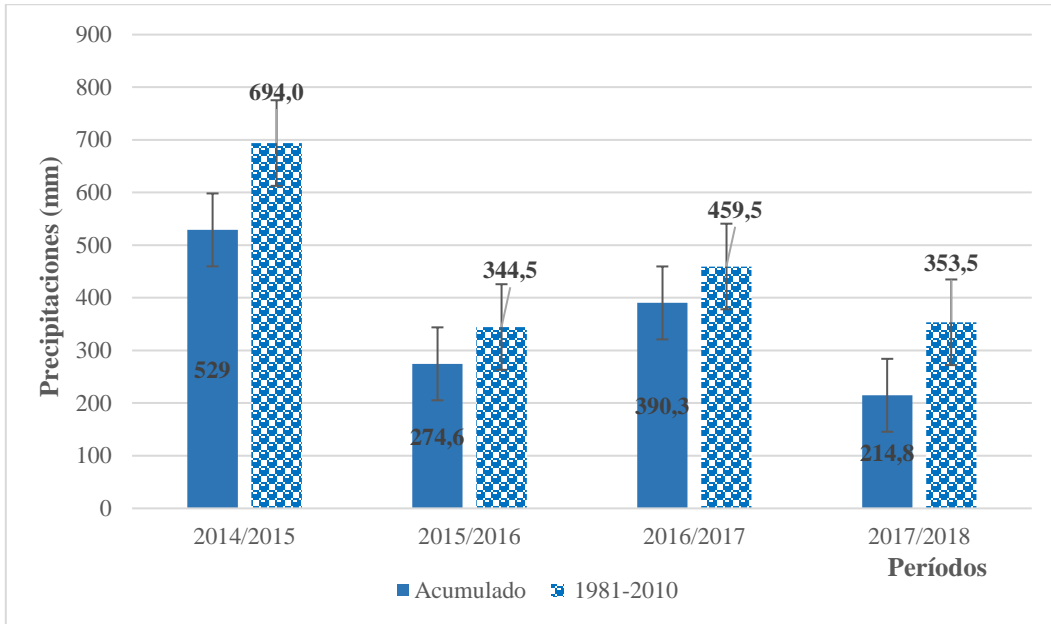
### Análisis de los subperíodos

Los Subp abarcaron un rango de noviembre a abril el cual varió según las diferentes campañas, siendo la campaña 2014-2015 la más extensa. Dentro de este rango y específicamente para el mes de noviembre, las PP acumuladas mensuales en la primera y segunda campaña, 2014-2015 y 2015-2016 respectivamente, fueron iguales o superiores al promedio histórico (1981-2010). Observándose en la tercera campaña (2016-2017) una reducción significativa de las mismas (y del orden del 40% en el mes de noviembre) (Fig. 2.6). El mes de diciembre presentó valores de PP dentro del rango esperado para el mes, así como también superiores, excepto en la campaña 2015-2016 donde se evidenció una disminución del 50% del monto acumulado mensual. En las tres primeras campañas el mes de enero mostró valores superiores o cercanos a la normal histórica del mes. En tanto, en la cuarta campaña (2017-2018) se observó una reducción altamente significativa del monto acumulado del mes, representando dicha disminución alrededor del 80% del acumulado mensual. El resto de los meses, para todos los años de análisis, mostraron montos acumulados mensuales menores con respecto al monto mensual histórico (1981-2010), siendo dichas reducciones significativas y altamente significativas según la campaña bajo análisis (Fig. 2.6).



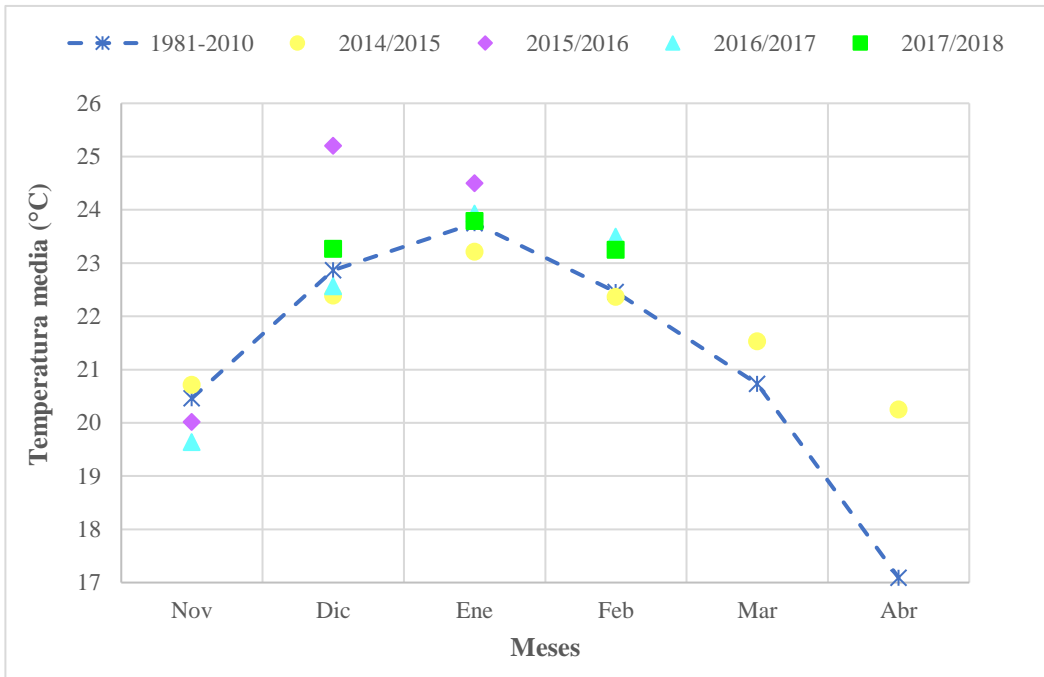
**Figura 2.6.** Precipitaciones acumuladas mensuales para cada campaña (barras) y mensuales históricas (línea punteada).

En la figura 2.7 se muestran las PP acumuladas durante todo el período que duró cada campaña y las PP acumuladas para igual período del promedio histórico. Se observó que en todas las campañas las PP acumuladas fueron menores que los valores históricos; presentándose las mayores diferencias en la primera y última campaña (165 y 138,7 mm, respectivamente).



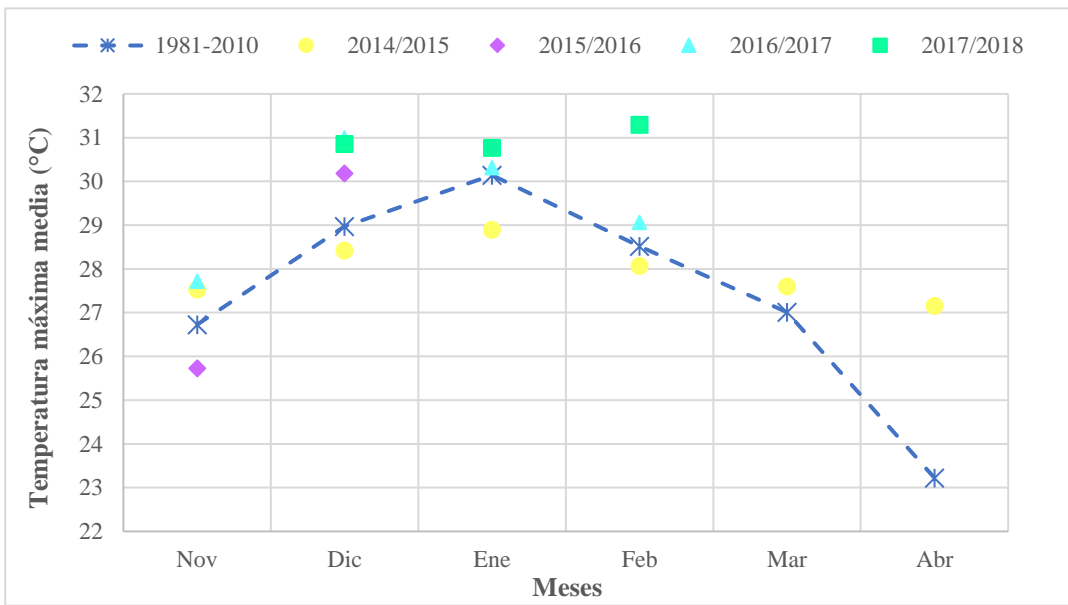
**Figura 2.7.** Precipitaciones acumuladas e histórica con sus respectivas barras de error para el período que abarcó cada campaña de estudio.

La figura 2.8 muestra que a lo largo de todos los años del experimento las TM se ubicaron dentro de los rangos normales, destacándose abril y diciembre de la campaña 2014-2015 y 2015-2016, respectivamente, como los meses con mayores TM durante toda la duración del estudio.



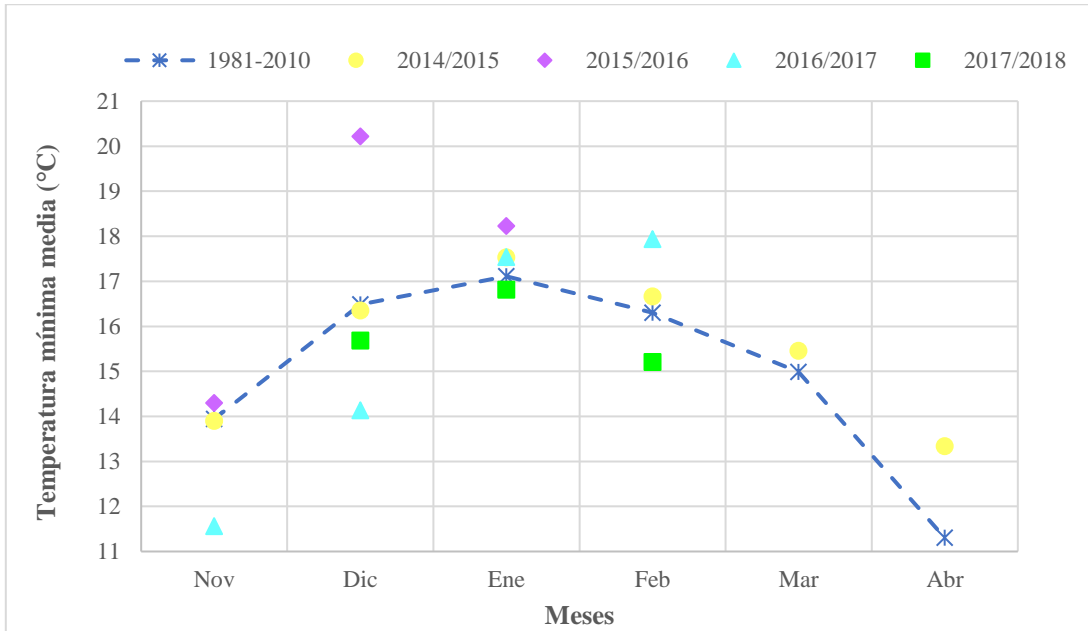
**Figura 2.8.** Temperatura media mensual de cada campaña de estudio (símbolos) e histórica (línea punteada).

En cuanto a la TMáx. media se observó (Fig. 2.9) que, excepto la última campaña (2017-2018) que presento valores de TMáx. medias superiores a los históricos durante toda su duración, el resto de las campañas analizadas fluctuaron dentro de los rangos normales.



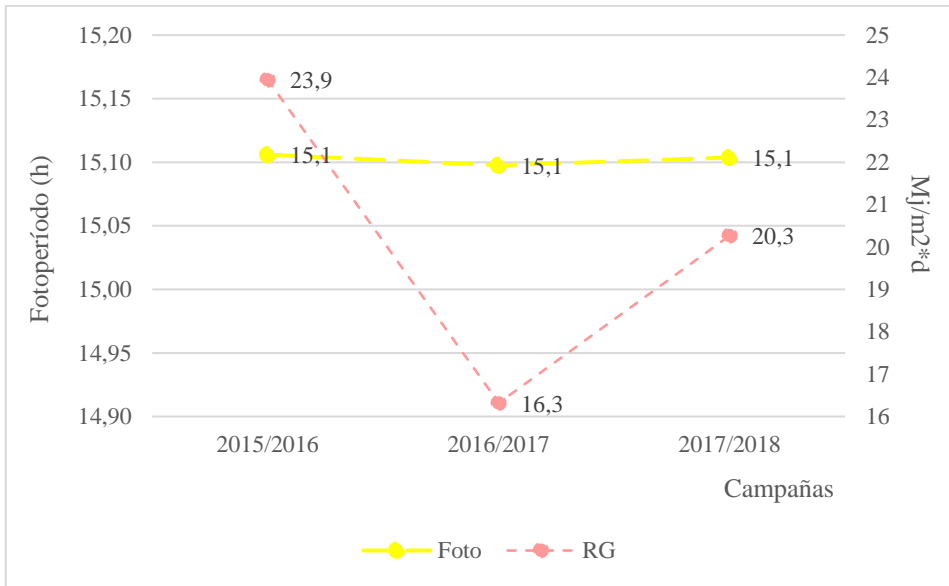
**Figura 2.9.** Temperatura máxima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (línea punteada).

El gráfico de TMín. media (Fig. 2.10) muestra que los valores de dicha variable para la campaña 2017-2018 siempre se ubicaron por debajo de los valores históricos, asimismo muestra que el diciembre de la campaña 2015-2016 fue el que presentó el mayor valor de TMín. media. En tanto, el resto de las campañas mostraron fluctuaciones dentro de los valores esperados.



**Figura 2.10.** Temperatura mínima media mensual de cada campaña (símbolos) e histórica (línea punteada).

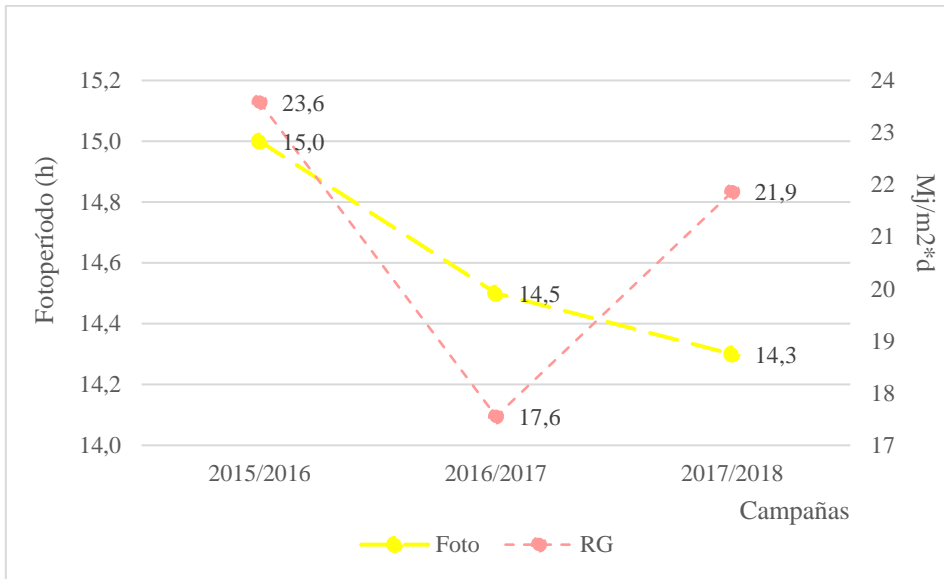
En la figura 2.11 se observa la variación del FOTO y la RG en las tres últimas campañas que abarcaron el estudio para el Subp Mac-Fl.



**Figura 2.11.** Fotoperíodo y radiación global del Subp. Mac-FI en tres campañas.

Se pudo observar que no hubo variación de la variable FOTO, esto se debió a que el período de ocurrencia de dicho Subp (Tabla 2.6) no varió sustancialmente a lo largo de estos años de análisis. En cambio, la RG mostro una variación marcada a lo largo de los años, dado que dicha variable es afectada tanto por la nubosidad como por la ocurrencia de PP. El mayor efecto de atenuación de esta última variable sobre la RG se observó en la campaña 2016-2017, donde se distinguió que durante el período de ocurrencia del Subp (diciembre-enero) para ese año ocurrieron las mayores PP (Figura 2.6).

En la figura 2.12 se muestra los valores promedios que tomaron los elementos atmosféricos (FOTO y RG) durante el lapso en que se desarrolló el Subp FI-MF para las distintas campañas que abarcó la investigación.



**Figura 2.12.** Fotoperíodo y radiación global del Subp. Fl-MF en tres campañas.

Se evidenció que los valores del FOTO fueron disminuyendo a lo largo del análisis lo que fue explicado por el corrimiento que fue sufriendo el Subp en los sucesivos años. Esto se debió, en la campaña 2016-2017, a las menores TM ocurridas en dicho período lo que ocasionó una menor tasa de desarrollo del cultivo. Y en la campaña 2017-2018 a la combinación de una reducción significativa de las PP con altas TM<sub>max</sub> medias, lo que ocasionó un retraso en el inicio de las fases. También se observó un menor valor de la RG en los dos últimos años de experimentación. Dichos valores fueron explicados por la época en la que se desarrolló el Subp para las mencionadas campañas en comparación con la época de la segunda campaña (Tabla 2.6). Particularmente en la campaña 2016-2017 donde la diferencia de RG con la campaña 2015-2016 fue aún mayor, hecho explicado por la presencia de mayor nubosidad principalmente en los meses de mayor RG, como son los meses de diciembre y enero (Fig. 2.6).

En resumen, el comportamiento de las variables TM y PP mostraron igual patrón para los subperíodos que el observado en las fases (2014-2015 y 2015-2016 campañas cálidas y húmedas, 2016-2017 campaña fría y húmeda y 2017-2018 campaña cálida y seca). En tanto, la variable FOTO para el Subp. Mac-Fl no presentó variación, lo cual se observó principalmente en los momentos de fin del Subp en las distintas campañas (tabla 2.8) evidenciando la influencia de dicha variable sobre la determinación del fin del mismo. En Fl-MF, en contraposición, fue el fin el que

presentó la mayor variación determinando así mayor variación en los valores de FOTO al que estuvo expuesto el Subp. La variable RG mostró el mismo patrón para ambos Subp. lo que fue explicado por la presencia de nubosidad en relación a las PP ocurridas y a los momentos durante los cuales se desarrollaron ambos Subp.

### 2.3.3.2 Relación estadística entre la duración de las fases y los subperíodos con las variables atmosféricas

#### Análisis de las Fases

Como resultado del análisis de las filas (días bajo los cuales ocurrieron las fases fenológicas por campaña) se obtuvo un conglomerado (Fig. 2.13) con una correlación cofenética de 0,85 (Anexo I). En un primer corte se obtuvieron dos grupos: primer grupo F1, F5 y F6 y segundo grupo F2, F3 y F4. En un segundo corte se diferenciaron tres grupos: por un lado, F1, otro grupo conformado por F5 y F6 y un tercer grupo conformado por F2, F3 y F4.

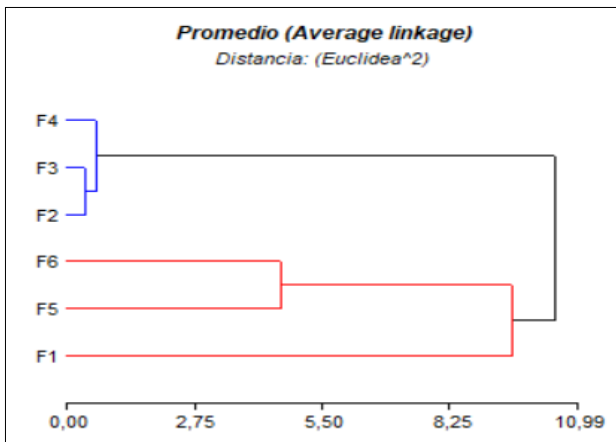
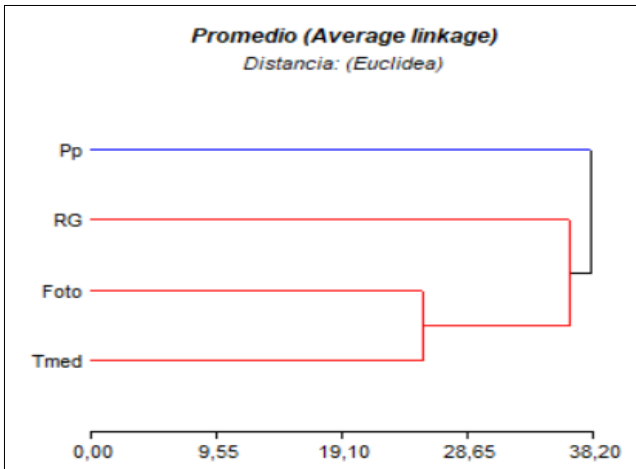


Figura 2.13. Análisis de conglomerados de las filas.

En cuanto a la exploración de las columnas (Anexo I) se logró un clúster con una correlación cofenética de 0,97 (Anexo I), el cual evidenció dos grupos, uno conformado por TM, FOTO y RG y por otro grupo univariable representado por PP (Fig. 2.14).



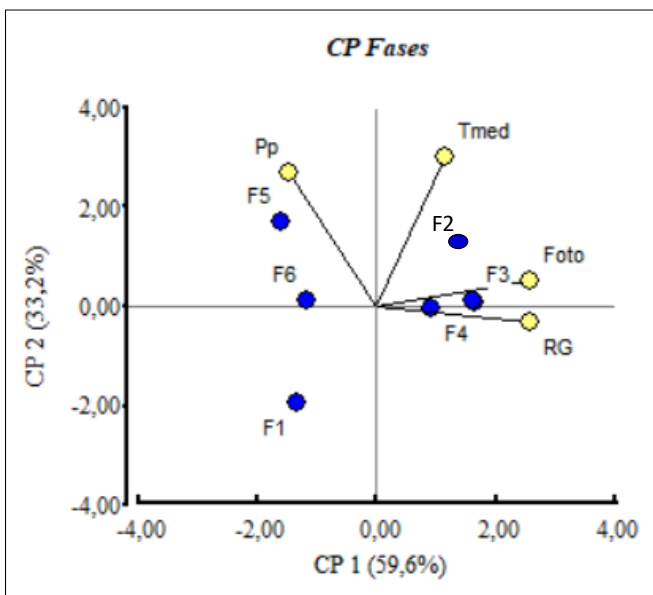
**Figura 2.14.** Análisis de conglomerados de las columnas.

Como resultado del análisis de conglomerados de las filas (caracterización de los días bajo los cuales ocurrieron las fases), el primer agrupamiento (F2, F3 y F4 y F1, F5 y F6) indicó que los días bajo los cuales ocurrieron las fases de cada grupo presentaron características similares. El segundo agrupamiento (F1 se separó de F5 y F6) se debió a que al ser la fase F1 (macollaje) más extensa presentó mayor variabilidad en las condiciones que caracterizaron los días (Fig. 2.13).

Asimismo, el análisis de las columnas (TM, FOTO, RG y PP) (Fig. 2.14) mostró que tanto la TM como el FOTO presentaron poca variación para cada fase a lo largo de los años de estudio. Esto fue explicado por la marcada estacionalidad que mostraron las fases luego del primer año. El agrupamiento de RG (Fig. 2.14), a pesar de estar a una mayor distancia, con la TM y el FOTO fue motivado por la correlación que existe entre dichas variables. En tanto, la RG y PP se encontraron a una mayor distancia de los anteriores parámetros, pero más cercanas entre ellas mostrando así la mayor desviación de dichos elementos atmosféricos a lo largo de los años.

En segundo lugar, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) (Anexo I) con las variables días (días que abarcaron la duración de las fases) como dependiente y TM, FOTO, RG y PP como independientes. Como resultado se determinó, en base a la proporción acumulada, que dos componentes principales (CP) explican el 93% de la variabilidad de los datos: la CP1 y la CP2 explicaron el 59,6%  $\approx$  60% y el 33,2% de la variabilidad total que presentaba la muestra, respectivamente (Fig. 2.15). En la CP1 la RG y el FOTO tomaron valores altos e iguales (0,63) y con signo positivo. En esta componente también encontramos a las PP, aunque se presentaron con

un valor menor y negativo ( $-0.36 \approx -0.40$ ), este es considerado estadísticamente significativo para dicha variable. En la CP2 fue la TM la que tomó el mayor valor (0,74) seguida por la PP con un valor de 0,66. En tanto, como resultado de la correlación con las variables originales se obtuvo un valor de 0,99. En este análisis, las fases (caracterización de los días bajo los cuales ocurrieron las fases) mostraron un patrón de agrupamiento similar al observado en el análisis por conglomerados de las filas, donde F1, F5 y F6 se agruparon, en este caso a la izquierda de la CP1 y F2, F3 y F4 a la derecha de CP1 (Anexo I).



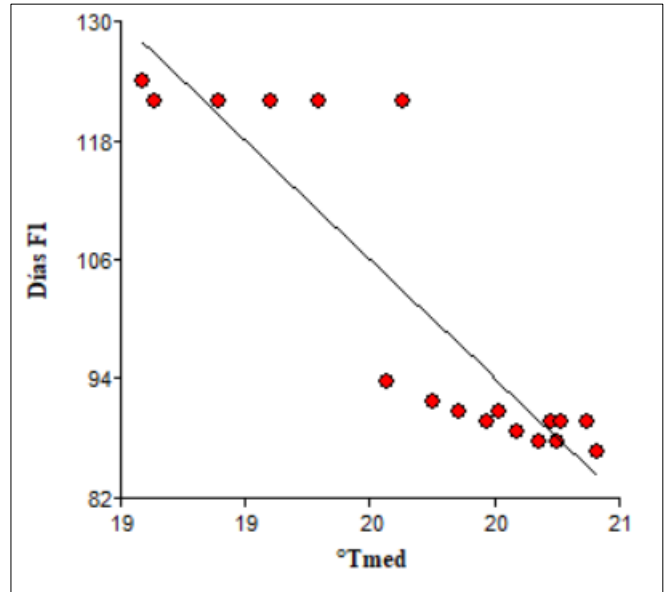
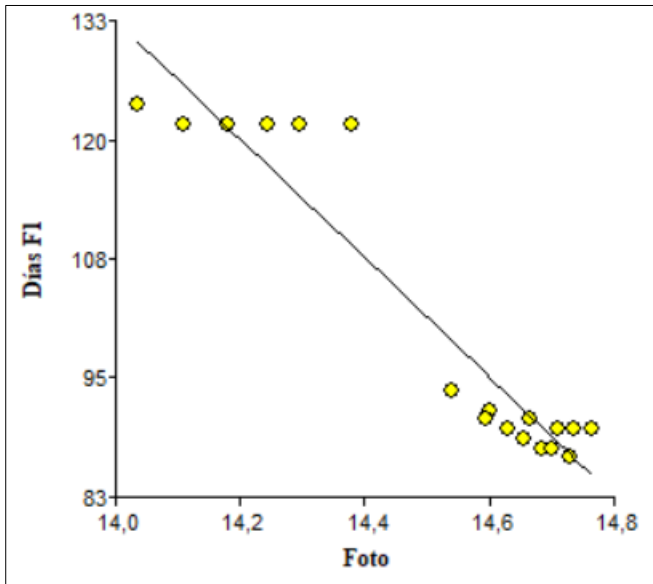
**Figura 2.15.** Diagrama de dispersión de las observaciones (puntos azules) a partir del ACP sobre la matriz de correlación de las variables (puntos amarillos).

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que las CP1 fue explicada por las variables RG y FOTO, presentándose ambas con signo positivo, así como también por las PP, pero encontrándose ésta con signo negativo. Los valores altos de esta componente correspondieron a días con alta RG y alto FOTO y secos, en tanto valores bajos a días con baja RG y bajo FOTO y húmedos. En tanto, la TM y las PP explicaron la CP2, mostrando ambas variables signo positivo; lo cual indicó que valores altos de la variable corresponden a días calurosos y húmedos y valores bajos a días más fríos y secos. Desglosando la variable PP por cuadrante y considerando que presentó un aporte a la explicación de la variabilidad de cada CP, pero con signo opuesto,

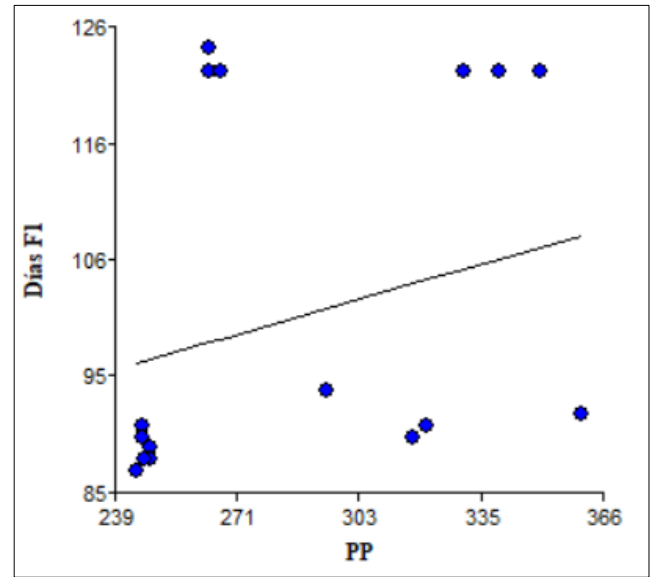
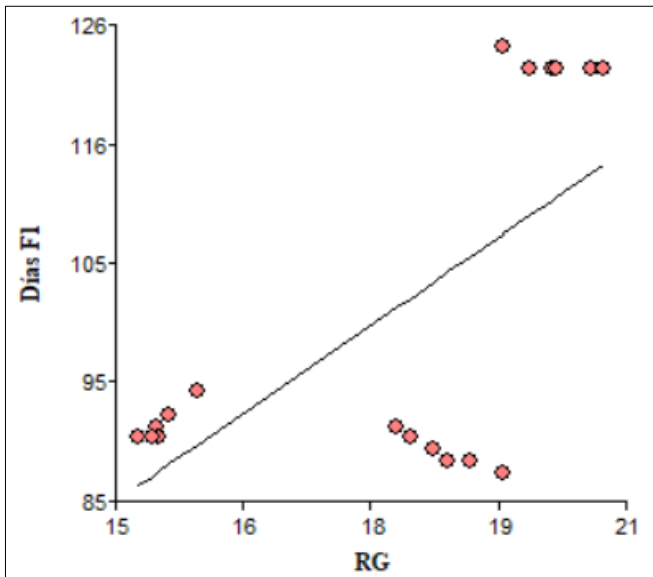
obtuvimos: en el cuadrante superior derecho (C1) igual proporción de días secos y húmedos, el cuadrante inferior derecho (C2) se caracterizó por días secos, el superior izquierdo (C3) por días húmedos y el inferior izquierdo (C4) por igual número de días húmedos y secos. Y considerando el valor de correlación de la CP1 con la variable original de -0,56 (Anexo I) determinamos que C1 se caracterizó por presentar más días secos que húmedos y C4 por más días húmedos que secos.

En cuanto a la ubicación de las distintas fases en los cuadrantes se observó que la F1 se ubicó en el C4, indicando que la misma estuvo caracterizada por días con menores TM, menor RG, menor FOTO y principalmente húmedos. Las F2, F3 y F4 se ubicaron en el C1, por lo cual se caracterizaron por días con mayor TM, mayor RG, mayor FOTO y principalmente secos. En tanto, la F5 y F6 se situaron en el C3 mostrando que las mismas ocurrieron en momentos donde la TM y la humedad fueron mayores y la RG y el FOTO, menores. Por último, en la figura 2.15 se observó que F2, F3, F4 y F6 se ubicó cercanas al eje 0 de la CP2 lo que indicaría que las variables que más se relacionan con dichas fases son el FOTO y la RG, mientras que la ubicación de F5 mostraría que esta fase está más relacionada con la TM y las PP.

El análisis de regresión múltiple (Anexo I) de la Fase 1 (macollaje), considerando las cuatro variables climáticas, mostró un  $R^2$  Aj de 0,98 con un  $p < 0,0001$  en donde, la TM, el FOTO y las PP explicaron la duración de la fase con  $p < 0,05$ , no así la RG dado que su significancia en el modelo fue mayor al  $\alpha$  ( $p = 0,32$ ) (Anexo I). El R de los días con la TM y el FOTO expuso una relación inversa (-0,89 y -0,95 respectivamente) y altamente significativa ( $p < 0,0001$ ), lo que indica que ante condiciones de alta TM y FOTO largos la fase se acorta. En tanto, la correlación con la RG fue significativa y con un valor de 0,66, mientras que con la PP fue no significativa (Anexo I). Las regresiones lineales simples mostraron que tanto el FOTO como la TM son las variables que mejor explican la duración de la fase exhibiendo un  $R^2$  Aj de 0,89 y 0,78 respectivamente con un  $p$  altamente significativo (Fig. 2.16 y 2.17). El  $R^2$  de la RG fue bajo ( $R^2$  Aj = 0,40), aunque presentó un valor de significancia de  $p = 0,0030$  (Fig. 2.18) y las PP no demostraron tener relación lineal con la duración de la fase (Anexo I).



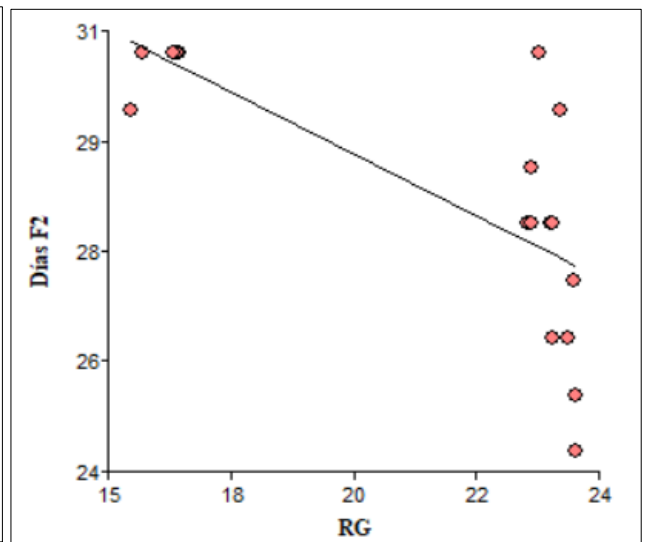
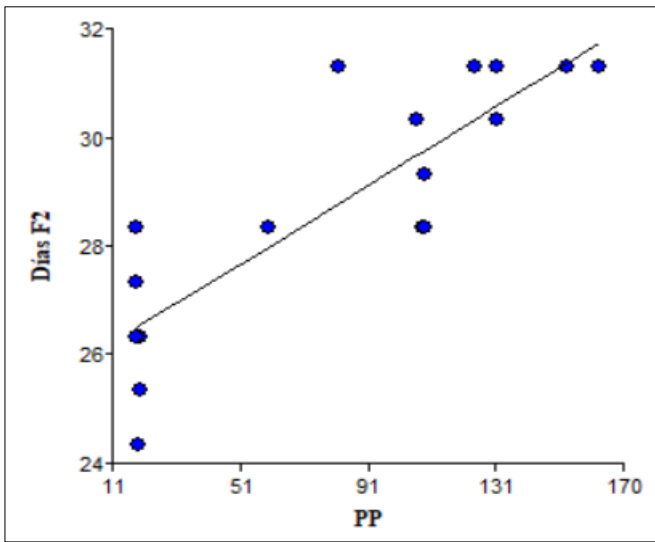
1 **Figura 2.16.** Relación lineal entre los días y el fotoperíodo. **Figura 2.17.** Relación lineal entre los días y la  
2 temperatura media.



3 **Figura 2.18.** Relación lineal entre los días y la radiación global. **Figura 2.19.** Relación lineal entre los días  
4 y  
5 las precipitaciones.

6  
7 Al examinar la variabilidad interanual (Fig. 2.1) de los meses que abarcó la F1 en las distintas  
8 campañas, se advirtió que las PP presentaron una alta variabilidad. Destacándose que en casi todos  
9 los años el mes de diciembre se encontró con montos mensuales acumulados igual o por encima de

10 la normal atenuando así los posibles déficits que se podrían presentar contribuyendo a una mayor  
11 duración de la fase. Acompañado por TM dentro de los rangos normales y TM<sub>mín.</sub> superiores o  
12 iguales a la normal histórica lo que contribuyó a que F1 se inicie posiblemente antes de lo esperado  
13 extendiendo así la duración de la fase, principalmente en la campaña 2015-2016.  
14 El modelo de R<sup>2</sup> múltiple en F2 (encañazón) presentó un R<sup>2</sup> Aj igual a 0,71 con un p=0,0004 donde,  
15 las PP fue la única variable que presentó un p menor a 0,05. El R de los días con las cuatro variables  
16 atmosféricas evidenció una alta correlación con las PP y la RG, directa e inversa y significativa  
17 respectivamente (Anexo I). La regresión simple de las variables meteorológicas con los días reflejó  
18 que son las PP principalmente las que explican la duración de la fase dado que mostraron un R<sup>2</sup> Aj  
19 de 0,72 con un p<0,0001 (Fig. 2.20). En tanto, la RG acreditó un R<sup>2</sup> Aj de 0,50, p=0,0006 (Fig.  
20 2.21); si bien el valor no es alto el aporte que hace a la explicación de la variabilidad total es  
21 significativo lo que hizo importante su consideración (Anexo I).



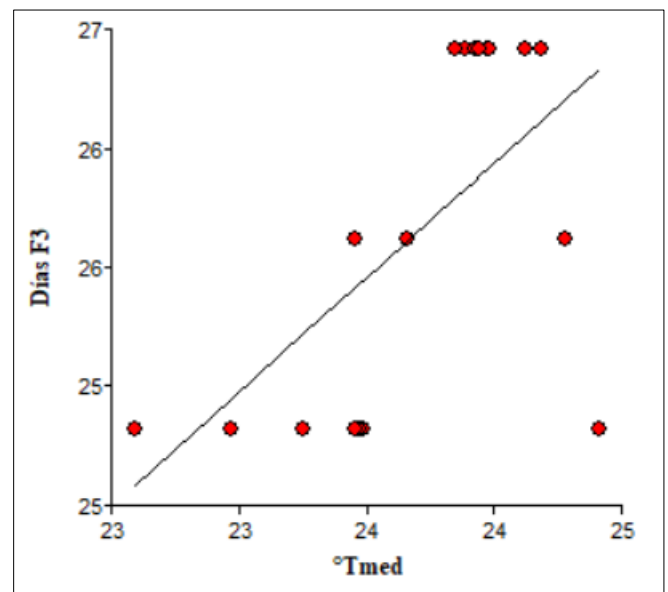
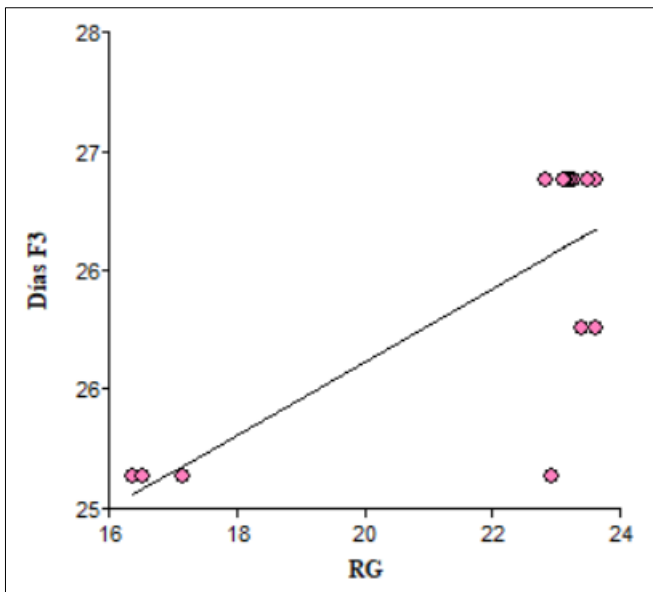
22 **Figura 2.20.** Relación entre los días y las precipitaciones.

23 **Figura 2.21.** Relación entre los días y la  
24 radiación global.

25 En F3 (panojazón) la regresión múltiple reflejó un R<sup>2</sup> Aj igual a 0,70 con un p=0,0004, en donde  
26 el modelo completo evidenció que el FOTO y la RG explicaron dicha duración mostrando valores  
27 de significancia menores a  $\alpha=0,05$ . La correlación afirmó la relación lineal y significativa entre la  
28 duración de la fase y la RG, presentando esta relación un R de 0,82, p<0,0001. Sin embargo, no  
29 mostro correlación con el FOTO, pero sí con la TM con un R=0,60, p=0,0082 (Anexo I).

30 Como resultado de las regresiones simples de las variables mencionadas con los días solo fue  
31 altamente significativas y con un  $R^2$  Aj de importancia ( $R^2$  Aj=0,65) con la RG (Fig. 2.22). La TM  
32 mostró una relación significativa, pero con un  $R^2$  Aj de solo 0,32 (Fig. 2.23). Las variables FOTO  
33 y PP no se relacionaron de manera significativa con los días (Anexo I).

34



35

36 **Figura 2.22.** Relación entre los días y la radiación global. **Figura 2.23.** Relación entre los días y la

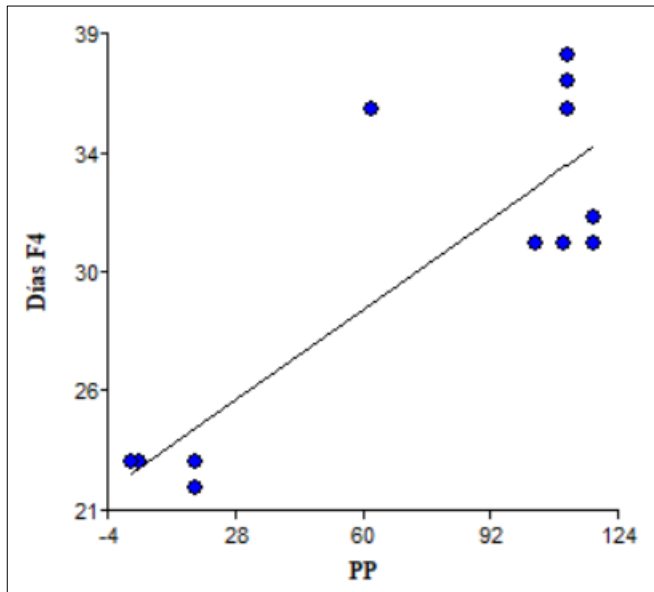
37

temperatura media.

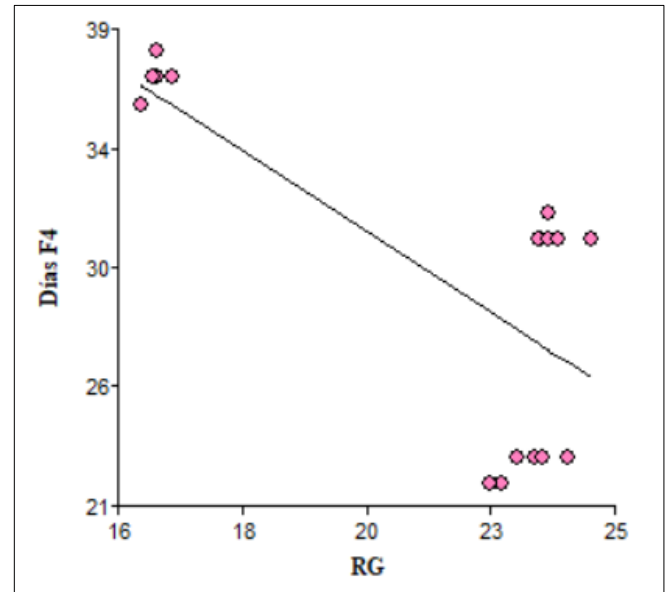
38

39 El modelo completo de regresión en la fase de floración (F4) expresó una relación altamente  
40 significativa y con un ajuste de 0,96 entre los días y el conjunto de las variables. En

tanto, del total de las variables ambientales consideradas solo las PP mostraron una relación significativa ( $p= 0,0022$ ). R mostró una relación positiva ( $R=0,85$ ) y altamente significativa con las PP, seguida por la RG en orden de significancia, que en cambio evidenció una relación negativa con los días ( $R= -0,75$ ). El resto de las variables si bien acreditaron una relación negativa, esta no fue significativa ( $\alpha>0,05$ ) (Anexo I). Las  $R^2$  simples reflejaron lo exhibido por los análisis anteriores, una relación lineal y altamente significativa con las PP ( $R^2$  Aj= 0,71,  $p<0,0001$ ; Fig. 2.24) y significativa con RG ( $R^2$  Aj= 0,54,  $p=0,0003$ ; Fig. 2.25) (Anexo I).



**Figura 2.24.** Relación entre los días y las precipitaciones.



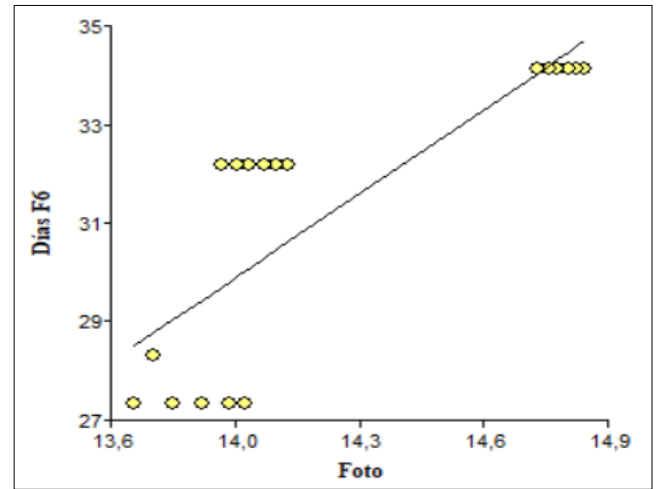
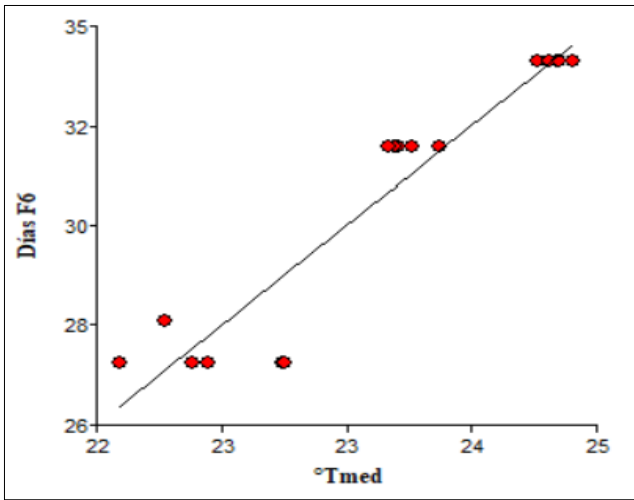
**Figura 2.25.** Relación entre los días y la radiación global.

En resumen, podemos decir que la duración de las fases de encañazón (F2) y de floración (F4) aumenta al aumentar las PP y se reduce al incrementarse la RG y la duración de la fase de panojazón (F3) se alarga bajo condiciones alta RG y alta TM; siendo el efecto de esta última variable menor sobre la duración ya que presentó un valor de ajuste relativamente bajo. Esta discrepancia entre los factores que afectan F3 con respecto a los que afectan F2 y F4 podría estar explicada en principio por la escasa y casi nula variabilidad de la duración de la fase de panojazón (F3) a lo largo de los distintos años de experimentación, donde dicha fase presentó un promedio de duración de 26 días con un DV de  $\pm 0,6 \sim 1$  día y con un CV de 2,2% (Tabla 2.2). Es de destacar que en las tres fases la RG fue una variable de peso, aunque en una de las fases (F3) se presentó con signo contrario.

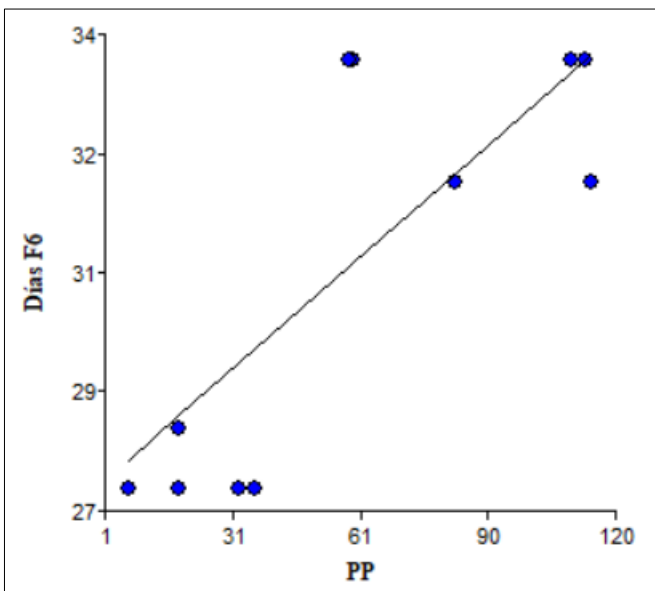


Es decir, la fase de granazón (F5) según los distintos modelos estadísticos se extendió cuando las variables PP y TM aumentaron (Tabla 2.2). De igual modo, en el análisis de CP se destacó el mayor peso de dichas variables sobre F5 (Figura 2.15), también se evidenció que son las PP las que condicionaron principalmente a dicha fase. Esto último coincidió con los mayores ajustes encontrados entre la duración de F5 y las PP para los distintos estadísticos. Esto también se puso en evidencia por las diferencias encontradas en la duración de F5 en las distintas campañas (Tabla 2.2), donde se observó una marcada reducción de la duración de la fase en el cuarto año (2017-2018) del experimento. Esta campaña estuvo afectada por una reducción importante de las PP tanto a nivel anual (Figura 2.2) como en el mes (febrero) en que ocurrió dicha fase (Figura 2.1) para la mencionada campaña. En este caso, el efecto de la disminución significativa de las PP sobre la duración de F5 en la campaña 2017-2018 se vio amplificado por las temperaturas, principalmente por la TM<sub>máx.</sub> media, dado que se registró el valor más alto de ésta (31,3 °C) para el mes de febrero en dicha campaña en comparación al resto de los años de análisis. Por lo tanto, la combinación de una marcada reducción de las PP con TM y TM<sub>máx.</sub> medias altas en la campaña 2017-2018 ocasionaron un acortamiento marcado de la fase de granazón.

La regresión lineal múltiple de F6 (madurez) (Anexo I) acreditó un  $R^2$  Aj= 0,91 y un  $p < 0,0001$ , sin embargo, las variables no manifestaron una relación significativa con los días. La correlación en cambio fue alta y significativa con la TM, el FOTO y las PP ( $R = 0,95, 0,81$  y  $0,73$  respectivamente) (Anexo I). Las regresiones lineales simples (Anexo I) exhibieron un valor de  $R^2$  Aj de 0,90 para la TM, 0,64 para el FOTO y 0,50 para las PP (Fig. 2.28, 2.29 y 2.30) y en todos los casos significativos. Si bien,  $R^2$  Aj= 0,50 es un valor estadístico considerado no relevante, debido a la alta variabilidad de las PP es un valor a tener en cuenta.



**Figura 2.28.** Relación entre los días y la temperatura media. **Figura 2.29.** Relación entre los días y el fotoperíodo.



**Figura 2.30.** Relación entre los días y las precipitaciones.

Por lo tanto, determinamos que en F6 (madurez) al aumentar la TM, el FOTO y las PP la duración de la fase aumentó; donde la TM y el FOTO presentaron los mayores ajustes indicando la importancia de estos elementos en la determinación de la duración de la fase. En cuanto a la variación en la duración de la fase en los distintos años, se observó que fue en la última campaña la que presentó la menor duración (Tabla 2.2). Además, fue la que ocurrió en una época más tardía (Tabla 2.4), por lo cual no sólo sucedió con menores PP, sino también con menor TM, FOTO y

RG, con respecto a años anteriores. Es decir, bajo condiciones atmosféricas que favorecieron el acortamiento de la fase.

De esta manera, los análisis descriptos muestran que en F1 las variables TM y FOTO son las determinantes de la duración de la fase, con una relación inversa con la duración. En F2 y F4 son las PP y la RG, aunque en sentidos opuestos (más PP mayor duración y más RG menor duración), en tanto en F3 son la RG y en menor medida la TM fueron las que determinaron la duración de la fase, ambas con signo positivo del sentido de la relación. Es de destacar que, si bien el FOTO tiene un efecto importante sobre las fases reproductivas, esta variable está fuertemente correlacionada con la RG y la TM. Sumado esto a la alta estabilidad de los momentos de ocurrencia de las tres fases es que estadísticamente no se ve reflejado el verdadero peso de la variable. En tanto, en F5 son las PP y la TM las que condicionaron la duración, donde valores altos de dichas variables implicaron mayor duración de la fase; siendo las PP las que principalmente condicionaron la extensión de la misma. Por último, la duración de F6 fue explicada por la TM, el FOTO y las PP, con sentido positivo de la relación.

### **Análisis de los Subperíodos**

A fin de determinar las variables atmosféricas que afectan cada subperíodo se realizó un análisis de regresión múltiple, simple y de correlación entre la duración de los Subp. y la TM, la RG, el FOTO y las PP.

El modelo de regresión múltiple del Subp Mac-FI (Anexo I) exhibió un  $R^2$  Aj= 0,89 y un  $p < 0,0001$ , siendo la TM la única variable que se relacionó de manera significativa con la duración del subperíodo. Como resultado del análisis de correlación las PP y la RG mostraron una relación altamente significativa con la duración del Subp Mac-FI, siendo R igual a 0,90 y -0,81 respectivamente. La TM expresó un  $R = -0,76$  y significativo ( $p = 0,0002$ ), mientras el FOTO no manifestó una relación con la duración del Subp (Anexo I). Las regresiones lineales simples (Anexo I) mostraron el mismo patrón que R en cuanto a significancia y nivel de ajuste entre las variables, presentando las PP un  $R^2$  Aj= 0,79 y un  $p < 0,0001$ , la RG  $R^2$  Aj= 0,64 y un  $p < 0,0001$  y la TM un  $R^2$  Aj= 0,56 y un  $p < 0,0002$  (Fig. 2.31, 2.32 y 2.33 respectivamente).

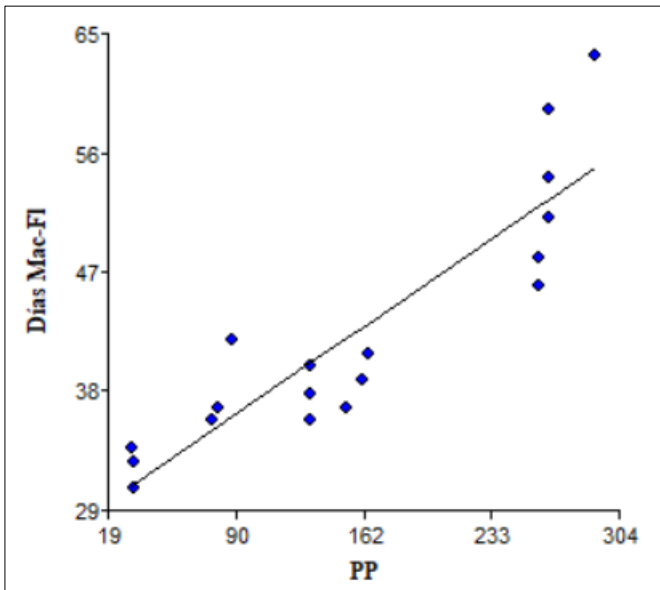


Figura 2.31. Relación entre los días y las precipitaciones.

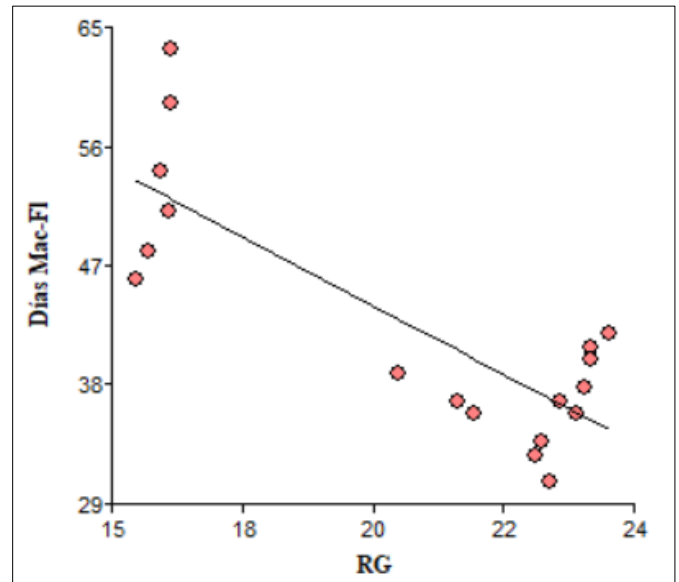


Figura 2.32. Relación entre los días y la radiación global.

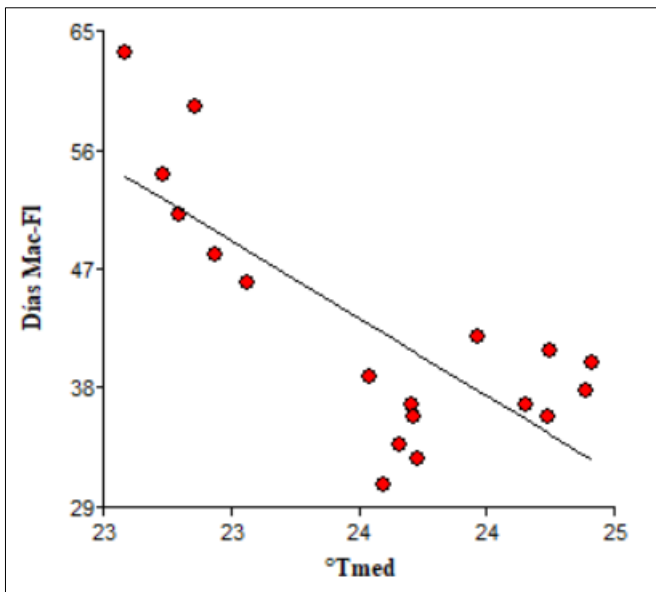


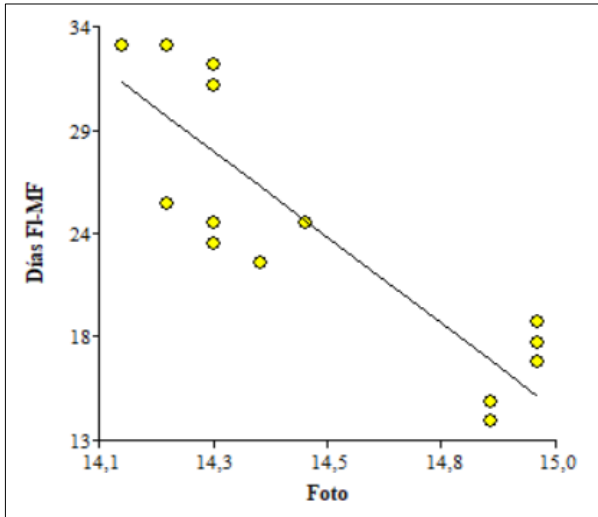
Figura 2.33. Relación entre los días y la temperatura media.

Estos análisis reflejaron que la duración del Subp Mac-FI se extendió al aumentar las PP y se redujo al aumentar TM y RG. Es de importancia señalar que, si bien el FOTO no presentó una relación lineal con la duración del Subp, denotó una correlación significativa y alta con la TM. El efecto de dichas variables se evidenció en la campaña 2017-2018, en la cual dicho Subp se extendió desde

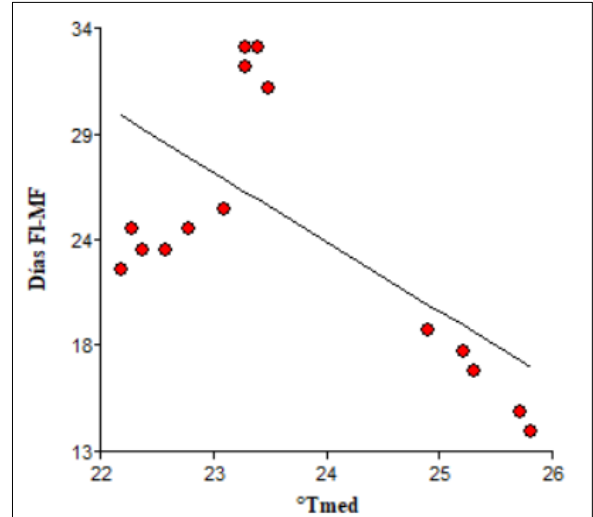
mediados de diciembre a casi fines de enero (Tabla 2.8), momento en donde se observó una reducción del Subp en comparación con las dos campañas anteriores (Tabla 2.6), ya que en la misma se produjo una reducción de las PP del 39% en relación al promedio histórico a nivel anual. De la misma manera, a nivel mensual se registró en el mes de enero una anomalía de las PP de -99,7 mm representando una reducción del 83% con respecto al promedio histórico. Este escenario fue acompañado por un valor de la  $TM_{\text{máx. media}}$  (Figura 2.9) superior al histórico y un valor de RG (Figura 2.11) de  $4 \text{ Mj m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  superior a la campaña anterior, condiciones que contribuyeron al acortamiento del Subp. Del mismo modo, la campaña 2016-2017 presentó la mayor extensión (Tabla 2.6), lo cual fue explicado por un período en donde las PP acumuladas totales (Fig. 2.7) presentaron el menor valor de anomalía de las tres campañas estudiadas (-69,2 mm). En tanto, a nivel mensual y considerando los meses que abarcó dicho Subp observamos que en noviembre las PP se ubicaron en -41,9 mm menos que el valor histórico, en diciembre y enero los acumulados mensuales superaron en ambos casos al promedio histórico (Fig. 2.6) en 14,7 mm y 43,5 mm respectivamente. Además, y considerando la  $TM$  y la  $TM_{\text{mín. media}}$  (Fig. 2.8 y 2.10) de esta tercera campaña, fue la más fría de las tres campañas analizadas. Mostrando ambas variables valores medios inferiores o iguales al promedio histórico e inferiores o iguales con respecto a los otros años de estudio. Y finalmente, en la campaña 2016-2017 se observó el valor de RG más bajo de los tres años analizados siendo de  $16,3 \text{ Mj m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Fig. 2.11). En resumen, el comportamiento de estas tres variables (PP,  $TM$  y RG) atmosféricas son las que determinaron una duración mayor de dicho Subp.

El análisis de regresión múltiple del Subp FI-MF mostró  $R^2_{\text{Aj}} = 0,90$  y altamente significativo ( $p = 0,0001$ ). Dentro de este modelo la variable FOTO presentó una relación altamente significativa ( $p < 0,0001$ ) y la RG exhibió una relación significativa ( $p < 0,0003$ ) con la duración del Subp. En cambio, la  $TM$  y las PP no mostraron relaciones significancia con la duración (Anexo I). El análisis de correlación (Anexo I) evidenció que la relación entre la duración del Subp FI-MF con el FOTO es inversa ( $R = -0,87$ ) y altamente significativa ( $p < 0,0001$ ), mientras que del resto de las variables sólo la  $TM$  expresó una relación significativa y negativa ( $R = -0,63$ ;  $p = 0,0047$ ). Con respecto a la relación entre las variables, es de destacar la fuerte y significativa correlación que existe entre el FOTO, la RG y la  $TM$ . Las regresiones simples (Anexo I) de los días, como variable dependiente, con las variables atmosféricas como regresoras presentaron patrones similares a los descritos en

R, donde el FOTO reflejó el mayor ajuste y significancia ( $R^2$  Aj= 0,73;  $p < 0,0001$ ) (Fig. 2.34), seguido por la TM, la cual si bien evidenció significancia ( $p = 0,0047$ ) su ajuste fue bajo ( $R^2$  Aj= 0,37) (Fig. 2.35).



**Figura 2.34.** Ajuste de los días con el fotoperíodo



**Figura 2.35.** Ajuste de los días con la temperatura media para el subperíodo Floración-Madurez Fisiológica.

Del análisis del Subp FI-MF se evidenció que el mismo presentó menor duración con días largos y altas temperaturas, siendo el FOTO la variable que bajo todos los análisis presentó siempre el mayor ajuste y significancia. Este comportamiento del Subp frente a la variación de los elementos atmosféricos mencionados se observó en la duración del mismo en las tres últimas campañas (Tabla 2.6) y paralelamente cotejando estas con las fechas de inicio y fin de cada campaña (Tabla 2.8). Asimismo, al observar los valores que tomó la TM (Figura 2.8) así como el FOTO en cada año de estudio (Figura 2.12) se clarificó el efecto de dichas variables sobre la duración del Subp, donde fue posible notar que la menor duración del Subp (campaña 2015-2016) coincidió con un ambiente que presentó un alto valor de FOTO y RG concordando esto también con la mayor TM registrada dentro de los meses que abarcó el mencionado Subp. Igualmente fue posible observar como en la campaña 2017-2018 se presentó la mayor duración del Subp. FI-MF, la cual se caracterizó por ocurrir durante un período (Tabla 2.8) donde el FOTO fue menos inductivo (14,3 h) en

comparación a los años anteriores (Fig. 2.12). Las TM y TMín. media (Fig. 2.8 y 2.10) fueron menores a la histórica, e incluso a campañas anteriores, para el mes de enero y febrero.

## 2.5 Discusión

La fenología reproductiva de *Paspalum notatum* cv Boyero-UNNE en relación al inicio y el fin, inicio de encañazón (F2) y fin de la madurez (F6), respectivamente, coincidió con lo observado por Chicahuala (2013), quien determinó para dos especies de metabolismo fotosintético carbono cuatro (C<sub>4</sub>), *Eustachys retusa* (Lag.) Kunth y *Schizachyrium condensatum* (Kunth) Nees de un pastizal natural de San Luis (Argentina), que su ciclo reproductivo se iniciaba a fines de la primavera (mediados de diciembre). Dentro del ciclo reproductivo del cultivar estudiado, hallamos que la floración (F4) se extendió en promedio desde fines de diciembre a principios de febrero, período que coincidió, aunque más acotado, con lo documentado en la inscripción de Boyero-UNNE en el registro nacional de cultivares. En ese documento, se indicó que la floración de dicho cultivar se inicia en el mes de diciembre y concluye a mediados de febrero, en la situación geográfica de Corrientes (27° 30' de latitud sur, 58 m altitud).

Chicahuala (2013) determinó que el inicio del ciclo reproductivo fue menos variable que el fin, coincidiendo con lo observado en Boyero-UNNE al considerar los desvíos del inicio ( $\pm 8$  días) y el fin ( $\pm 34$  días) de esta etapa. Además, observó que el largo del ciclo reproductivo de varias especies estuvo explicado más por el fin que por el momento de inicio, excepto para *E. retusa* donde el largo estuvo determinado por ambos. En tanto, en *Paspalum* el largo del ciclo total, atendiendo los desvíos de los valores medios de inicio y fin, estuvo en acuerdo con lo señalado por Chicahuala (2013) para todas las especies que estudió. Pero, al observar los momentos de inicio y fin de cada fase que abarcaron el ciclo reproductivo en cada año de estudio (Tabla 2.4), coincidió más con lo hallado en *E. retusa*. En dicha especie, se obtuvo que cuando las temperaturas mínimas fueron superiores a los valores medios, el inicio de la fase reproductiva se adelantó y la duración se extendió. Además, en *S. condensatum* determinó que el aumento de las PP extendió el ciclo reproductivo. Esto coincidió con lo registrado en el cv Boyero en la campaña 2015-2016 donde las TM y las TMín. medias (Fig. 2.3 y 2.5) fueron superiores a la normal y con PP acumuladas (Fig. 2.2) en todo el ciclo que también superaron a la normal histórica, lo que provocó no sólo un

adelanto del ciclo reproductivo con respecto a los años anteriores, sino también un adelanto de la etapa vegetativa (Tabla 2.4). En tanto, en la campaña 2016-2017 con las TM, TM<sub>máx.</sub> y TM<sub>mín.</sub> medias (Fig. 2.3, 2.4 y 2.5) normales o por debajo de la normal ocasionaron un retraso en el inicio de todo el ciclo de la especie (Tabla 2.4). Este efecto también fue observado por Chicahuala (2013) para *S. condensatum* en donde corroboró un atraso del inicio de la floración con respecto a la media en el año 1982 al ocurrir temperaturas mínimas de octubre y noviembre 2° C inferiores a la media histórica. Del mismo modo, comprobó para la misma especie, que el ciclo reproductivo se extendió al registrarse PP por encima de la normal. Coincidiendo esto con lo observado también en *Paspalum* para la tercera campaña de estudio. En la última y cuarta campaña (2017-2018) se produjo una marcada reducción de las PP (Fig. 2.1 y 2.2) acompañadas por TM normales o superiores a la normal, lo que ocasionó no sólo un retraso de todo el ciclo de *Paspalum* si no también un acortamiento. Esto concuerda con lo hallado por Chicahuala (2013) en tratamientos con distintos niveles de riego, donde determinó que la disponibilidad de agua tiene un efecto marcado sobre la fenología reproductiva. Se encontró, que en los años húmedos las especies estudiadas adelantaron el inicio del ciclo reproductivo con respecto al tratamiento año seco y también que el ciclo se extendió, pero no de manera significativa en las especies C<sub>4</sub>.

Finalmente, al observar el fin de la etapa de macollaje en los distintos años de estudio se evidenció una alta estabilidad (Tabla 2.4), lo cual se podría explicar por lo que ya fuera enunciado por Gates *et al.* (2004) al citar a Marousky *et al.* (1991); Blount *et al.* (2001b) quienes encontraron que el rendimiento de materia seca y la fenología de bahiagrass responden fundamentalmente a la longitud del día. Asimismo, al observar el inicio de la encañazón (F2) se detectó un mayor grado de solapamiento entre fases al presentarse años cálidos y húmedos como fue la campaña 2015-2016 con respecto a años más fríos y húmedos (2016-2017) o cálidos y secos (2017-2018), siendo estos últimos los años donde prácticamente no hay solapamiento de dichas fases. Esto está también en concordancia con Gates *et al.* (2004) al citar a Loch (1980) quien incluyó a Pensacola (diploide) y Argentine (tetraploide), en el grupo de especies de día largo, e indicó que la sensibilidad de las especies a la duración del día puede ser modificada por la temperatura.

Del análisis individual de cada fase determinamos que, como resultado de los distintos modelos de regresión la duración de F1 (macollaje) fue explicada principalmente por la TM y el FOTO, donde

mayores valores de dichas variables implicarían menor duración de la fase de macollaje. Estas observaciones concuerdan con lo enunciado por Marausky *et al.* (1991), citado por Gates *et al.* (2004), quienes postularon que los rendimientos de materia seca y la fenología de bahiagrass responden a la longitud del día. Así mismo, Gates *et al.* (2004) también mencionaron que Loch (1980), quien incluyó a Pensacola y Argentine en el grupo de especies de día largo, destacando que la sensibilidad de la especie a la longitud del día puede ser modificada por la temperatura.

La mayor duración promedio registrada de la fase de macollaje (F1) durante los años de experimentación ( $103 \pm 18$  días) fue explicada por días con menor FOTO, menor TM y, principalmente, húmedos con respecto al resto de los años de estudio. En este sentido, Rymph (2004) cita a Burton *et al.* (1988) quienes determinaron a través de análisis de correlación, una relación moderada entre el rendimiento de materia seca de bermudagrass y la temperatura. Además, luego de descontar el efecto de la temperatura, las precipitaciones y la fertilización, hallaron una fuerte correlación entre el rendimiento con las variables fotoperíodo y radiación global, sin poder separar el efecto de ambas variables en este análisis. En posteriores análisis de regresión observaron que el fotoperíodo fue la variable que presentó los mejores ajustes con el rendimiento de materia seca. En tanto, los modelos con solo PP, PP más RG, reducción de PP más FOTO y PP más FOTO presentaron ajustes crecientes respectivamente, siendo siempre el modelo con la variable FOTO quien presentó los mayores ajustes.

De la misma manera, como resultado de los análisis estadísticos de las fases reproductivas, determinamos que F2 y F4 al aumentar las PP, extendieron su duración y al aumentar la RG la acortaron. En tanto, la duración de F3 se extendió ante condiciones de días con alta RG y alta TM. En cuanto a las PP, en el último año de estudio se observó la mayor reducción de las mismas (Figura 2.2), acompañadas por las mayores TM<sub>máx.</sub> media (Figura 2.4) registradas durante los distintos años de observación. Este efecto, combinado de las PP y las TM, TM<sub>mín.</sub> y TM<sub>máx.</sub> medias, acordó con lo enunciado por Chicahuala (2013) para *E. retusa* y *S. condensatum*, lo cual ya fue comentado al explicar la variación encontrada entre años de la duración de la fase reproductiva. De igual modo, estos resultados coincidieron parcialmente con Marousky *et al.* (1991) citado por Gates *et al.* (2004) quienes determinaron que la floración del pasto bahía respondió tanto a la temperatura como a la duración del día, ocurrió durante al menos un período de 4 semanas y fue genéticamente controlada. Esta coincidencia parcial podría estar explicada por el efecto de la marcada reducción

de las PP observado en la tercera campaña de análisis (Figura 2.2), evidenciado por un acortamiento significativo principalmente sobre la duración de F2 y F4 (Tabla 2.2). Asimismo, podríamos decir que el control genético de la duración de las fases es mayor en F3 que en F2 y F4, esto fue reflejado en los CV de las fases reproductivas (Tabla 2.2).

La duración de la fase de granazón (F5) fue explicada por las PP y la TM, en donde valores altos de ambas variables implicaron mayor duración de la fase (Tabla 2.2). Esto está en concordancia con lo determinado por Chicahuala (2013), quien al realizar tratamientos con dos niveles de riego observó que en los años húmedos las especies estudiadas adelantaron el inicio del ciclo reproductivo con respecto al tratamiento año seco y también que el ciclo se extendió, pero no de manera significativa, en las especies C<sub>4</sub>. Asimismo, una disminución significativa de las PP fue amplificada por las temperaturas ocasionando una menor duración de F5 (situación dada en la campaña 2017-2018 en este estudio). Estos resultados concordaron con lo observado por Totis (2012) en maíz, quien mencionó que cuando se acumulan días con temperaturas máximas superiores a 28 °C, el período de llenado de granos se acorta y por consiguiente el rendimiento disminuye. Asimismo, Totis (2012) enunció que temperaturas medias entre 23 a 24 °C han sido consideradas como límite máximo (Wallace y Bressman, 1937; Kiesselbach; 1950; citados por Shaw, 1988), a partir del cual los rendimientos comienzan a disminuir por cada grado de incremento (cuando el mismo no está acompañado por aumento de las lluvias).

Finalmente, de los análisis de la duración de la fase con los diferentes elementos atmosféricos en F6 (madurez) se determinó que la TM, el FOTO y las PP explicaron la extensión de la misma, siendo la TM y el FOTO los que tuvieron mayor relevancia en la determinación de la duración del ciclo. Este efecto, principalmente de años cálidos y húmedos sobre la extensión del ciclo reproductivo ya fue observado por Chicahuala (2013).

En tanto, el análisis de los subperíodos mostró que un aumento de las PP explicó una mayor duración del Subp y un acortamiento del mismo estuvo relacionado con valores altos de la TM y la RG. Estas determinaciones acordaron con la ya expresado anteriormente por Chicahuala (2013) para *E. retusa* y *S. condensatum* y coincidió con lo enunciado por Chicahuala (2013) al expresar que en *S. condensatum* el aumento de las PP extendió el ciclo reproductivo.

El Subp Fl-MF presentó menor duración con días largos y altas temperaturas; por lo tanto, son el FOTO y la TM las que determinaron la duración de este Subp. Estas apreciaciones concuerdan con lo señalado por Gates *et al*, 2004 donde cita a Marousky *et al*, 1991 y Blount *et al*, 2001b, los cuales encontraron que el rendimiento de materia seca y la fenología de bahiagrass responden a la longitud del día. Asimismo, este autor menciona a Loch (1980) el cual incluyó a Pensacola y Argentine, genotipos de *P. notatum* diploides y tetraploides respectivamente, en el grupo de especies de día largo, e indicó que la sensibilidad de las especies a la duración del día puede ser modificada por la temperatura.

## **2.6 Conclusiones**

De acuerdo a lo expuesto y considerando que el experimento se realizó bajo condiciones de secano podemos decir que aceptamos parcialmente nuestra primera hipótesis que enuncia que: La duración de los distintos subperíodos fenológicos está definida por la temperatura. Si bien las temperaturas (TM, TM<sub>max</sub> y TM<sub>min</sub> medias) tienen un rol preponderante en la duración, tanto de los Subp como de las fases, su efecto se ve amplificado ante una reducción significativa de las precipitaciones. En tanto, el inicio de los distintos momentos fenológicos se adelantó bajo condiciones de humedad y TM<sub>min</sub> medias o TM por encima de la normal, o se atrasó, con días húmedos y TM<sub>min</sub> medias o TM menores a la normal, así como ante días secos con TM<sub>max</sub> medias y TM superiores a la normal. A su vez, tanto el fin de la etapa de vegetativa como el inicio de la fase reproductiva, fueron condicionados no sólo por el fotoperíodo sino también por la interacción de este con las temperaturas, donde, como hemos visto, fotoperíodos entre las 14,5 y 15 horas de luz sumado a temperaturas superiores a la normal adelantaron la etapa reproductiva. Asimismo, el fin de los distintos momentos de la etapa reproductiva se encontró condicionado principalmente por las temperaturas, la RG y las PP.

En cuanto a la variabilidad en la duración de los distintos momentos fenológicos, son las fechas de inicio y fin de una etapa las que aumentaron o disminuyeron dicha variación. Asimismo, se determinó que en la etapa vegetativa fue el inicio el que presentó mayor variabilidad y por lo tanto el que estaría modificando en más o en menos la duración de dicha etapa. En las distintas etapas

del desarrollo reproductivo fue el fin el que presenta la mayor variabilidad y por lo tanto quien estaría modificando la extensión de éstos.

## CAPÍTULO III

### CUANTIFICACIÓN DEL DESARROLLO DEL CULTIVO

#### 3.1 Introducción

La temperatura es uno de los factores físicos de mayor importancia del ambiente que influye en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas (Machado *et al.*, 2006 citado por Barrios-Gómez y López-Castañeda, 2009) y determina en gran medida la distribución geográfica de las comunidades vegetales nativas y cultivadas (Lamelas *et al.*, 1993). La dinámica del desarrollo vegetal muestra en su mayor parte un determinismo climático (Bauer *et al.*, 1984). En condiciones controladas de humedad y de no sensibilidad al fotoperíodo, el desarrollo de los cultivos depende básicamente de la temperatura (Soren y Bo, citado por Duran Puga *et al.*, 2011). En función de esto, conocer sus temperaturas cardinales nos permite determinar cómo esta variable afecta la tasa de desarrollo de una especie en una zona o localidad, al igual que establecer cuál es el área más óptima para el cumplimiento de su ciclo de vida.

Dentro de las distintas temperaturas cardinales, conocer la temperatura base (TB) de un organismo es de suma importancia, ya que la TB es una temperatura propia de cada cultivar a partir de la cual ésta comienza a acumular energía, es diferente a la temperatura vital mínima de crecimiento y podrá ser distinta para cada variedad o cultivar de una misma especie (Pascale y Damario, 2004). La TB puede ser calculada para una fase, un subperíodo determinado o para todo el ciclo del cultivo. Esta información nos permite determinar a partir de qué momento, en una determinada localidad o región, comenzarán las diferentes etapas de su ciclo biológico y es imprescindible para determinar los requerimientos térmicos de éste. Reaumur (1735) introdujo el concepto de sumas térmicas o de grados-día (°Ds) constituyendo el supuesto más importante en el modelado fenológico y propuso que el desarrollo de la planta es proporcional a la suma de la temperatura a lo largo del tiempo. Este supuesto implica que la tasa de desarrollo del cultivo, expresada como la inversa de la duración en días para una fase determinada, es una función lineal de la temperatura

(Confalone *et al.*, 2011a). Así es como la acción positiva de este elemento bioclimático se mide a través de la acumulación de temperaturas a partir de un umbral térmico o temperatura base (Agüero *et al.*, 2011). Además, se considera que cuando la temperatura es inferior o igual a la temperatura base, la tasa de desarrollo es nula (Confalone *et al.*, 2011a). Desde que Garner y Allard (1920) informaron de la influencia del fotoperíodo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, también se ha prestado mucha atención al efecto del fotoperíodo en los modelos de fenología (Confalone *et al.*, 2011b). Dentro de las diferentes fases del ciclo de vida del cultivo, la fase de floración representa un punto de inflexión en el ciclo de vida de una especie, siendo normalmente la temperatura y el fotoperíodo los principales factores climáticos que regulan los días a antesis en los cultivos (González *et al.*, 2004). En el ciclo ontogénico del desarrollo de una planta hay marcadas diferencias entre la fase de crecimiento vegetativo y la fase reproductiva que se inicia con la floración. El fotoperíodo es un concepto de mucha importancia en el campo de la bioclimatología, ya que el desarrollo de los vegetales puede estar afectado por la duración del período diario de iluminación, aún a intensidades lumínicas muy bajas (efecto fotoestimulante) (Garabatos, 1990). Asimismo, los fotoperíodos necesarios para la inducción de la floración presentan una gran variabilidad en los distintos ecotipos y especies vegetales, siendo en realidad una expresión adaptativa a los factores del medio externo que han condicionado su evolución. Esta variabilidad se expresa a través de la respuesta que presentan las distintas especies a distintos fotoperíodos, algunas son insensibles a este factor, en tanto otras varían su nivel de sensibilidad. Además, las plantas sensibles al fotoperíodo pueden presentar un requerimiento lumínico inductivo de tipo cualitativo o absoluto o cuantitativo (Barceló Coll *et al.*, 1987).

El interés en el modelado fenológico de distintas especies se reavivó a finales del siglo XX debido al avance de las ciencias de la computación, sumado a la creciente preocupación por el cambio climático global (Chuine & Regniere, 2017). Para predecir la productividad de un cultivo, modelizar la fenología es tan importante como modelizar la tasa de crecimiento del mismo. Los submodelos de fenología forman parte de los modelos de crecimiento de cultivos tan utilizados en la actualidad (Porter *et al.*, 2019). Aunque es ampliamente sabido

que la capacidad de predecir el desarrollo de los cultivos es imprescindible para las decisiones de gestión relacionadas a la planificación agrícola, la predicción de la fenología de los cultivos sigue siendo un problema para los modelizadores (Boote, 2019).

Los modelos que describen eventos fenológicos en el desarrollo del cultivo pueden clasificarse en tres grupos, dependiendo de las suposiciones de que el efecto de la temperatura y el fotoperíodo en el progreso de determinado subperíodo (Liu, 2007): aditivo (Marcellos y Single, 1972; Hodgson, 1978; McDonald *et al.*, 1983, 1994; Roberts *et al.*, 1985; Loss *et al.*, 1990; Mayers *et al.*, 1991; Summerfield *et al.*, 1991, 1993; Evans *et al.*, 1992; Keating *et al.*, 1996; Craufurd y Qi, 2001; Confalone *et al.*, 2011b); multiplicativo (Angus *et al.*, 1981; Sinclair *et al.*, 1991; Streck *et al.*, 2003; Rymph 2004; Confalone *et al.*, 2011a, ); o una combinación de enfoques, tanto aditivos como multiplicativos (Yan y Wallace, 1996, 1998).

Los modelos aditivos, como los empleados en esta tesis, son los más utilizados y generalmente se ajustan bien a los datos experimentales (Liu, 2007). Entre los modelos aplicados en el presente capítulo podemos mencionar el modelo RodMod, que tiene en cuenta el efecto de la temperatura (dentro de un rango de temperaturas óptimas para el crecimiento del cultivo) y del fotoperíodo en el largo del ciclo, considerándolo como un todo y estimando parámetros con significado biológico (Lawn, *et al.*, 1995; Summerfield *et al.*, 1997a; Summerfield *et al.*, 1997b; Roberts, *et al.*, 1997). Los parámetros del modelo, que son específicos para cada cultivar, pueden ser utilizados como indicadores cuantitativos de su respuesta a fotoperíodo y temperatura (Berger *et al.*, 2009). Los modelos lineales relativamente simples, como el utilizado en esta tesis, han demostrado ser útiles y eficaces para relacionar la tasa de desarrollo, especialmente hacia la floración, con la temperatura y el fotoperíodo en una amplia gama de especies de días cortos y de días largos (Gaynor *et al.*, 2011).

En las pasturas y en particular en los pastos tropicales, el conocimiento de sus requerimientos bioclimáticos está escasamente documentado (Formoso, 2003; Rymph, 2004). Por lo tanto, es importante conocer la temperatura a partir de la cual se desencadenan los procesos de germinación y emergencia, así como los distintos momentos del cultivo en

donde la tasa de desarrollo comienza a acelerarse y saber las necesidades fotoperiódicas para que se dé inicio a la fase de floración. Además, en los cultivos perennes las primeras etapas del desarrollo son decisivas para su establecimiento inicial, porque determinan en gran medida su potencial productivo (Cornaglia, 2003). Y, en particular el momento de floración es importante para la producción de semilla, que asegura no sólo la continuidad de la especie sino también porque determina un cambio en la calidad del forraje producido (Acosta, 2003). Finalmente, determinar las exigencias bioclimáticas de una pastura es fundamental para un correcto establecimiento del recurso forrajero, que asegure un período de vida útil aceptable, así como también para determinar distintas estrategias de manejo de la pradera que permitan su adecuada conservación y aprovechamiento (Cian *et al.*, 2003).

La cuantificación del desarrollo de especies tropicales perennes, como lo es *Paspalum notatum*, ha sido escasamente elaborada (Cian, 2003; Rymph, 2004) por lo cual es objetivo general de este capítulo aportar a este vacío de información en condiciones reales de campo (sin riego).

Habiendo ya determinado en el capítulo II la duración en días de los Subp S-E, Mac-Fl y Fl-MF los objetivos específicos del presente capítulo son:

- ~ Determinar la TB de los Subp S-E, Mac-Fl y Fl-MF
- ~ Calcular los requerimientos de Tiempo Térmico de los Subp Mac-Fl y Fl-MF
- ~ Establecer el fotoperíodo crítico y base de la fase de floración.

### **3.2. Materiales y Métodos**

**3.2a) Uso de cámara de germinación:** La determinación de la TB para el Subp siembra-emergencia (S-E) se realizó en cámara de crecimiento (INGELAB: modelo I-501 PF). El experimento consistió en colocar 100 semillas de *P. notatum* cv Boyero-UNNE en cajas de Petri de vidrio (15 x 2,5 cm), sobre algodón cubierto con papel de filtro y regadas con agua destilada toda vez que fue necesario. Previo a la siembra se realizó la desinfección del lote de semillas. Para ello, se colocaron las 500 semillas en alcohol al 70% durante 30'' y luego se procedió a realizar un triple enjuague con agua destilada. Las condiciones de experimentación consistieron en utilizar temperaturas constantes crecientes con un

fotoperiodo de 12 h (Duran Puga *et al.*, 2011). El diseño estadístico utilizado fue un diseño completamente aleatorizado con 5 repeticiones. Las temperaturas ensayadas fueron: 7°, 9°, 12°, 13,5°, 15°, 18°, 22° y 28° C. Se consideró que existía germinación cuando se observó la emergencia de la radícula.

Para decidir el momento de la finalización del experimento se consideraron dos criterios:

1<sup>ro.</sup> cuando entre todas las placas, el número de cariopses germinados representaban el 50% de una repetición, es decir el 10% de germinación del total de semillas puestas bajo las condiciones de experimentación (Steinmaus *et al.* 2000; Duran Puga *et al.*, 2011).

2<sup>do.</sup> a los 30 días de comenzado el experimento.

**3.2b) Modelo RodMod:** la TB de los Subp Mac-Fl y Fl-MF se calculó por el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959) y por medio del programa RodMod (Rate of Development Model) (Watkinson *et al.*, 1994). Además, a través del programa RodMod, se calcularon los °Ds de los dos Subp evaluados y se determinaron los requerimientos fotoperiódicos del Subp Mac-Fl del cv Boyero-UNNE.

El modelo de simulación RodMod requiere como datos de entrada, los datos fenológicos (días comprendidos entre inicio y fin de cada Subp) y ambientales (temperatura y fotoperíodo medio del subperíodo analizado). Los parámetros fenológicos fueron derivados de las observaciones fenológicas realizadas durante las cuatro campañas (2014-15; 2015-16; 2016-17 y 2017-18) que comprendieron el experimento en la localidad de Zavalla, campo experimental Villarino-FCA, UNR. Los datos de temperatura media diaria se construyeron a partir de los datos de temperatura máxima y mínima diaria provenientes de la estación agrometeorológica de la FCA-UNR la cual se ubica a escasos 20 metros del sitio experimental. Los datos de fotoperíodo diarios fueron generados por el Instituto de Clima y Agua utilizando el programa HORAPASO.exe (Instituto de Clima y Agua-CNIA-INTA).

El modelo RodMod integra una serie de ecuaciones sencillas, las que relacionan la tasa de desarrollo ( $f^{-1}$ ), calculada como la inversa del tiempo que se extendió el Subp evaluado (Mac-Fl o Fl-MF), con la temperatura (T) y fotoperíodo (P) medios en ese período.

El programa se ejecutó considerando a *P. notatum* cv Boyero-UNNE como una especie de día largo, dado que Pensacola y Argentine, genotipos de *P. notatum* diploides y tetraploides, respectivamente, se incluyen en el grupo de especies de día largo (Loch, 1980; Gates et al., 2004). Además, Loch (1980) indicó que la sensibilidad de las especies a la duración del día puede ser modificada por la temperatura.

El modelo 1, representado por la ecuación 1 (Ec. 3.1), explora el plano termal para un determinado Subp fenológico del cultivar, considerando que el mismo no presenta sensibilidad al fotoperíodo.

$$f^1 = a_1 + b_1 * T \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Siendo:  $f$  la duración de la fase en días,  $T$  la temperatura media (°C), y  $a_1$  y  $b_1$  constantes específicas del cultivar.

El plano termal está limitado en su sector inferior por la temperatura base ( $T_B$ , donde por definición la tasa de desarrollo es cero y por lo tanto  $T_B = -a_1/b_1$ ) y en el sector superior por la temperatura óptima de la fase ( $T_o$ ), donde la tasa de desarrollo es máxima (Confalone et al., 2010).

El modelo 2, descrito por la ecuación 2 (Ec. 3.2), relaciona la tasa de desarrollo con la  $T$  y el  $P$ , y considerando que en cultivares o subperíodos fenológicos sensibles al fotoperíodo, la tasa de progreso hacia una determinada fase se describe por el modelo fototermal (Confalone et al., 2010; Gaynor et al., 2011):

$$f^1 = a_2 + b_2 * T + c_2 * P \quad \text{para } T_B < T < T_o \text{ y } P_b < P < P_c \text{ en plantas de día largo (Ec. 3.2)}$$

Siendo:  $a_2$ ,  $b_2$  y  $c_2$  parámetros específicos para cada cultivar,  $T$  es temperatura,  $P$  es fotoperíodo.

$T_B$  y  $T_o$  son temperatura base y óptima, respectivamente.

Pb y Pc son fotoperíodo base y crítico, respectivamente.

Por definición, la línea de intersección entre el plano termal y el fotothermal es el fotoperíodo crítico, que es el fotoperíodo por debajo del cual se expresa la respuesta fotoperiódica de las plantas de día largo. En condiciones de fotoperíodos muy cortos, por debajo del fotoperíodo base, la tasa de desarrollo del cultivar será mínima e igual a (Confalone *et al.*, 2010):

$$f^1 = a_3 \quad (\text{Ec. 3.3})$$

siendo  $a_3$  una constante específica del cultivar.

El modelo también permite determinar el Pb y el Pc mediante las siguientes ecuaciones:

$$P_b = [(a_3 - a_2) - b_2 * T] / c_2 \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$P_c = [a_1 - a_2 + T * (b_1 - b_2)] / c_2 \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Asimismo, el programa incorpora tres modelos más (3, 4 y 5) los cuales agregan interacciones.

Modelo 3- Submodelo 1: para  $P > P_c$ ,  $f^1 = a_1 + b_1 * T$

Submodelo 2: para  $P < P_c$ ,  $f^1 = a_2 + b_2 * T + c_2 * P$

Modelo 4- Submodelo 1: para  $P > P_b$ ,  $f^1 = a_2 + b_2 * T + c_2 * P$

Submodelo 2: para  $P < P_b$ ,  $f^1 = a_3$

Modelo 5- Submodelo 1: para  $P > P_c$ ,  $f^1 = a_1 + b_1 * T$

Submodelo 2: para  $P < P_c$  y  $P > P_b$ ,  $f^1 = a_2 + b_2 * T + c_2 * P$

Submodelo 3: para  $P < P_b$ ,  $f^1 = a_3$

En un primer paso el modelo ajusta la ecuación 1, y en los siguientes ajusta la ecuación 2, la ecuación 1+2, la ecuación 2+3, y la ecuación 1+2+3 respectivamente, seleccionando entre estos el paso de mejor ajuste (Berger *et al.*, 2009).

Estas ecuaciones utilizadas por el modelo permitieron obtener los valores de TB, los valores medios, máximos y mínimos de T, P y f de cada Subp y el Pc y Pb del Subp Mac-Fl.

**3.2c) Ecuaciones o modelos de sumas térmicas:** El cálculo de los °Ds de los Subp se realizó según distintos modelos para lo cual se utilizaron las tres TB obtenidas por los métodos ya mencionados en párrafos anteriores. Se denominó TB1 a la TB del Subp S-E del forraje determinada en cámara climática, TB2 a la temperatura base calculada mediante el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959) y TB3 a la derivada de los modelos del programa RodMod (Rate of Development Model; Watkinson *et al.*, 1994). Los modelos evaluados fueron: días calendario (D) (calculado como la suma en días para cada subperíodo), método residual (1), residual modificado (2), método fototérmico (3) y método de unidades fototérmicas (4), cuyas ecuaciones se muestran a continuación:

I.- Método residual (TT):

$$TT = \sum_{i=1}^n \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} - T_b \quad (1)$$

donde: T<sub>máx</sub>: Temperatura máxima diaria, T<sub>mín</sub>: temperatura mínima diaria, T<sub>b</sub>: temperatura por debajo de la cual no se observa desarrollo.

II.- Método residual modificado (TTm):

$$TTm = \sum_{i=1}^n \frac{T_{\text{máx C}} + T_{\text{mín}}}{2} - T_b \quad (2)$$

donde: T<sub>máx C</sub>: temperatura máxima corregida, utilizando la ecuación:

$$T_{\text{máx C}} = 30 - (T_{\text{máx}} - 30)$$

III.- Método fototérmico (UF):

$$UF = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\text{med}} - T_b) * P_d}{24} \quad (3)$$

donde: Tmed: temperatura media del aire; Tb: temperatura base; Pd: Fotoperíodo diario.

IV.- Método de unidades fototérmico (UFT):

$$UFT = \sum_{i=1}^n (T_{med} - T_b) * P \quad (4)$$

donde: Tmed: temperatura media del aire; Tb: temperatura base; P: fotoperíodo medio.

Para evaluar la performance de los modelos, se utilizó el coeficiente de variación (CV= (Desvío estándar/promedio)) y también el desvío en días (Desvío en Días= (Desvío estándar / (promedio/ días))). Para la determinación de los °Ds con los distintos modelos se utilizó el mismo set de datos meteorológicos empleados para ejecutar el programa RodMod.

Finalmente, vale aclarar que se incluyeron para el análisis del desarrollo de la pastura los datos correspondientes al primer año de ésta dado que, al contar con una única fecha de siembra, un único sitio y considerando la fuerte estacionalidad del cultivo a partir del segundo año de implantación, se limitaba la exploración del plano fototermal del modelo.

### **3.3 Resultados**

#### **3.3.1 Determinación de la temperatura base de los subperíodos fenológicos**

##### **3.3.1a Determinación de la TB del Subp S-E en cámara**

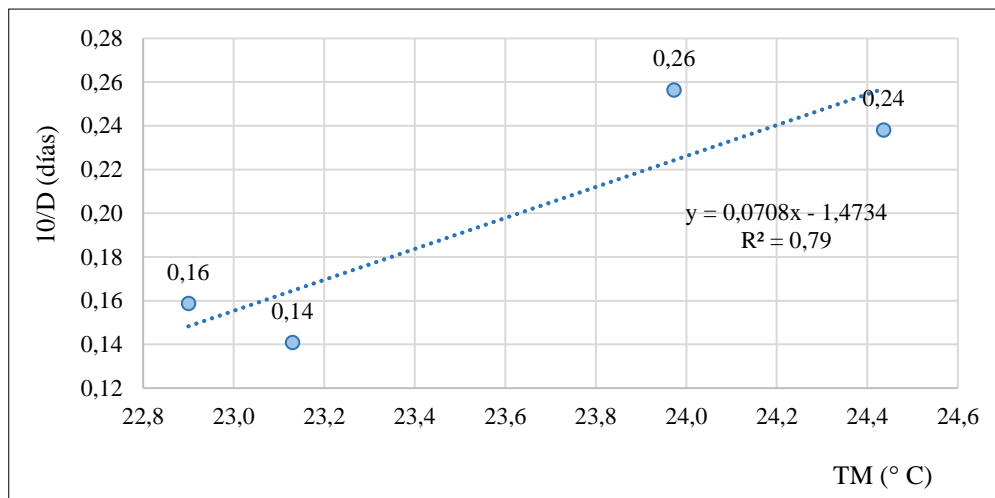
Como resultado del ensayo de temperaturas crecientes, se determinó que *P. notatum* cv Boyero posee una TB de 13,5° C para el Subp S-E. En la tabla 3.1 se observa: número (N.º) de semillas germinadas, porcentajes (%) de germinación y los días transcurridos desde la siembra hasta alcanzar dicho porcentaje, para cada temperatura ensayada.

**Tabla 3.1-** Datos de germinación de *P. notatum* cv Boyero-UNNE obtenidos para cada temperatura ensayada.

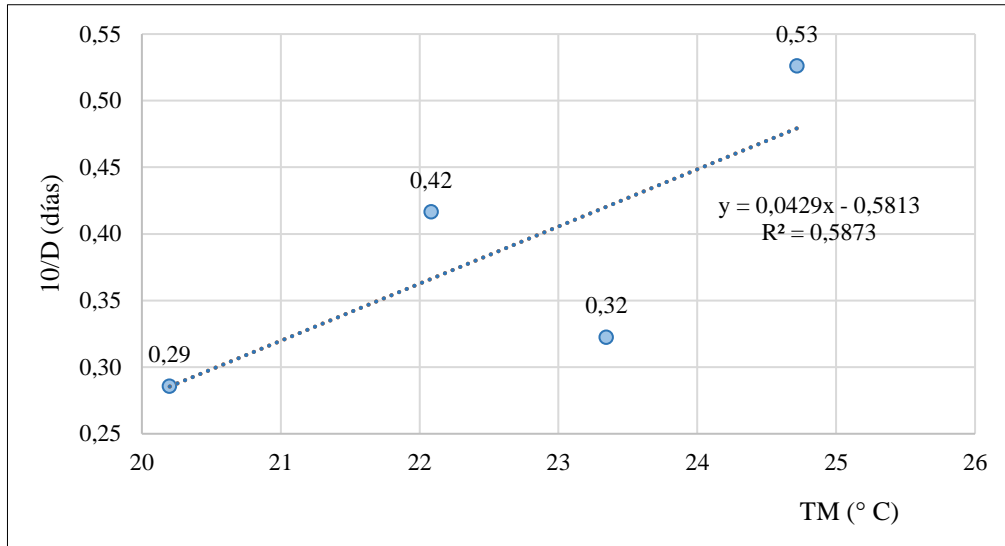
Temperatura ensayada (° C)	N.º de semillas germinadas	Germinación (%)	Días
7	0	0	30
9	0	0	30
12	0	0	30
<b>13,5</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>30</b>
15	11	2,2	30
18	66	13,2	28
22	70	14	20
28	80	16	12

### 3.3.1b Determinación de la TB de los Subp Mac-FI y FI-MF

La TB obtenida para cada Subp según el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959) fue de: 20,81° C para Mac-FI (Fig. 3.1) y de 13,55° C para FI-MF (Fig. 3.2).



**Figura 3.1.** Tasa de desarrollo del Subp Mac-FI (●) en función de la temperatura del aire y la recta de ajuste (-----).



**Figura 3.2.** Tasa de desarrollo del Subp FL-MF (●) en función de la temperatura del aire y la recta de ajuste (-----).

La exploración de los datos utilizando el programa RodMod mostró que para el Subp Mac-Fl el modelo termal (Ec. 3.1.1) explicó más del 50 % de la variabilidad encontrada. Exhibió un  $R^2$  igual a 0,70 para el Subp Mac-Fl, mostrando el análisis de la varianza una relación altamente significativa ( $p < 0,001$ ) entre la tasa de desarrollo y la temperatura. Asimismo, el parámetro  $b$  (0,00571309) del modelo fue positivo, indicando que la tasa de desarrollo aumenta a medida que aumenta la temperatura.

$$f^1 = -0,11323466 + 0,00571309 * T \quad (\text{Ec. 3.1.1})$$

Sin embargo, el programa reconoce al modelo fototermal (Ec. 3.2.2) como el modelo de mejor ajuste para el Subp estudiado, puesto que presentó un  $R^2$  de 0,81 con respuesta altamente significativa ( $p < 0,001$ ) al P y significativa ( $p < 0,05$ ) a la T y a la T+P. Se puede observar que el parámetro  $c_2$  es positivo (0,01382902), lo cual significa que  $f^1$  aumentó a medida que se alargaba el fotoperíodo, que es la respuesta esperada de una planta de día largo. Además, el parámetro  $c_2$  fue mayor que el parámetro  $b_2$  (-0,00602297), lo cual indicó que el Subp Mac-FL del cultivar Boyero-UNNE es más sensible al fotoperíodo que a la temperatura.

$$f^1 = -0,03457790 + (-0,00602297 * T) + 0,01382902 * P \quad (\text{Ec. 3.2.2})$$

En tanto, para el cálculo de la TB se utilizaron los coeficientes  $a_1$  y  $b_1$  resultante del plano termal de este modelo siendo la TB=  $(-(-0,17012094/0,00818398))$  y, por lo tanto, obteniendo una TB de 20,79° C.

La TB del Sub Fl-MF exhibió un valor, según el modelo 1 (termal) del programa RodMod de 15,12° C. El programa determinó que el modelo fototermal (modelo 2) fue el que presento un mejor ajuste ( $R^2= 0,86$ ), seguido por el modelo termal (modelo 1;  $R^2= 0,61$ ). En tanto, se tomaron de referencia los valores  $a_1$  y  $b_1$  del modelo termal para determinar la TB del Subp Fl-MF. Dado que, del análisis de regresión, los parámetros  $a_1$  y  $b_1$  del modelo 1 resultaron altamente significativos ( $p < 0,001$ ) en cambio, en el modelo 2 estos parámetros no mostraron significancia. Asimismo, al observar los parámetros  $b_2$  y  $c_2$  del modelo fototermal se advirtió que  $b_2$  era mayor que  $c_2$  lo que indicaría mayor sensibilidad de este Subp a la temperatura.

### **3.3.2 Determinación de la Duración en Tiempo Térmico y Fototérmico de los Subperíodos**

El valor obtenido de la TB1 determinada en cámara climática y de la TB2 y TB3 calculadas se muestran en la tabla 3.2, en la que también se indican los requerimientos térmicos promedios calculados con los distintos modelos propuestos para cada Subp estudiado y con las 3 TB consideradas. Así mismo, se analizó la variabilidad de cada uno de ellos a través del coeficiente de variación (CV %), el desvío ( $\pm$ ) y el desvío en días (d).

**Tabla 3.2.** Comparación en el desempeño de 4 modelos de °Ds y en días (D) con 3 TB (I, II y III) para distintos subperíodos de *P. notatum* cv Boyero-UNNE. Los valores sombreados indican los métodos con mejor desempeño.

Subp Mac-Fl	TB1 (I) - TB2 (II) - TB3 (III)*												
	D	TT I	TT II	TT III	TTm I	TTm II	TTm III	UF I	UF II	UF III	UFT I	UFT II	UFT III
Promedio (D/°Ds)	53,8	486,7	148,4	149,2	473,8	100,9	101,7	306,2	93,3	93,9	7936,5	2337,0	2350,3
Desvío (±)	15,7	125,2	21,5	21,7	130,4	38,9	39,1	69,3	11,0	11,1	1656,6	256,3	258,9
CV (%)	29,2	25,7	14,5	14,5	27,5	38,6	38,4	22,6	11,8	11,8	20,9	11,0	11,0
Desv en días	15,7	13,8	7,8	7,8	14,8	20,7	20,7	12,2	6,3	6,3	11,2	5,9	5,9
*I=13,5° C/II=20,81° C/III=20,79° C													
Subp Fl-MF	D	TT I	TT II	TT III	TTm I	TTm II	TTm III	UF I	UF II	UF III	UFT I	UFT II	UFT III
Promedio (D/°Ds)	24,7	241,5	240,2	201,5	205,0	203,8	165,1	146,6	145,9	122,4	3517,2	3499,3	2935,9
Desvío (±)	6,0	55,3	55,1	46,9	32,4	32,1	23,0	31,4	31,3	26,9	749,9	746,5	642,4
CV (%)	24,4	22,9	22,9	23,3	15,8	15,8	13,9	21,4	21,4	22,0	21,3	21,3	21,9
Desv en días	6,0	5,7	5,7	5,7	3,9	3,9	3,4	5,3	5,3	5,4	5,3	5,3	5,4
*I=13,5° C/II=13,55° C/III=15,12° C													

D: días que duro el Subp.; TT: método residual; TTm: método residual modificado; UF: método fototérmico; UFT: método de unidades fototérmico.

Como resultado de la comparación del cálculo de °Ds con las distintas TB y los distintos modelos (Tabla 3.2), se observó que la TB calculada (TB 2 y 3) mostró mejor performance en la mayoría de los casos que la TB1. Para el Subp Mac-Fl los modelos fototermiales representaron mejor los requerimientos de °Ds del cultivo. El modelo fototérmico (UF) y el modelo de unidades fototérmicas (UFT) tuvieron los menores desvíos en días, 6,3 y 5,9 y los °Ds acumulados por estos modelos utilizando la TB2 y TB3 fueron 93,3-93,9 y 2337-2350,3 respectivamente; seguido por el modelo residual (TT) el que exhibió un desvío en días de 7,8 y un acumulado de 148,8-149,2 °Ds. En tanto, en el Subp Fl-MF el modelo residual modificado fue el que exhibió el mejor comportamiento con un desvío en días entre 3,4 y 3,9 según la TB probada y acumuló entre 205 y 165,1 °Ds. Asimismo, se comprobó para ambos Subp que el método de días (D) se encuentra entre los menos recomendados para la determinación de la duración de los Subp.

En definitiva y considerando que el principal Subp es Mac-Fl, concluimos que los requerimientos térmicos de los Subp del cv Boyero-UNNE logrados con las TB calculadas y los modelos fototérmicos son de: 2350 – 2337 °Ds (modelo UFT) y de 93,9 – 93,3 °Ds

(UF) para Mac-Fl y de 2935,9 – 3499,3 °Ds (modelo UFT) y de 122,4 – 145,9 °Ds (UF) para Fl-MF. También es de destacar, tomando como base el principal Subp de la pastura y en caso de no contar con los datos de P, el método residual (TT) es una alternativa aceptable para el cálculo de °Ds.

En la tabla 3.3 se muestran los valores obtenidos de °Ds (1/b) utilizando el parámetro  $b_1$  de los modelos señalados por el programa RodMod (Rate of Development Model-Watkinson *et al.*, 1994) como los mejores para representar los requerimientos de los Subp analizados del cv Boyero-UNNE (modelo 1 y modelo 3). También se muestran los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de los mismos.

**Tabla 3.3.** Tiempo Térmico (°Ds) de los subperíodos del cv Boyero-UNNE utilizando dos modelos del programa RodMod con sus respectivos coeficientes de determinación ( $R^2$ ).

Subp Mac-Fl	Modelo RodMod	
	Térmico	Fototérmico
TT (°Ds)	175,0	122,2
R <sup>2</sup> (%)	70	81
<b>Subp Fl-MF</b>		
TT (°Ds)	183	696,5
R <sup>2</sup> (%)	61	86

En la Tabla 3.3 se puede observar que si bien el modelo fototérmico (modelo 3) mostró un mejor desempeño para los Subp Mac-Fl y Fl-MF ( $R^2= 0,81$  y  $0,86$  respectivamente), el modelo térmico (modelo 1), y para ambos Subp, explicó más del 50 % ( $R^2= 0,70$  y  $0,61$  respectivamente) de la variabilidad observada. También se puede observar que para Fl-MF, el valor de °Ds obtenido se aleja bastante de los calculados por los otros modelos. Por lo cual, se decidió considerar los °Ds calculados con el modelo 1 para los Subp del cultivo; concluyendo que el cv Boyero-UNNE requiere acumular para cumplir su ciclo 175 °Ds en Mac-Fl y 183 °Ds en Fl-MF, representando por lo tanto un acumulado 358 °Ds de Mac-MF.

### 3.3.3 Determinación del Fotoperíodo crítico de la Floración

Como primer producto del programa RodMod obtuvimos los valores medios, mínimos (mín) y máximos (máx) de: la duración en días del Subp (f; d), la tasa de desarrollo ( $f^{-1}$ ;  $d^{-1}$ ), la temperatura (T; °C) y el fotoperíodo (P;  $h \cdot d^{-1}$ ) del cultivar Boyero-UNNE del set de datos utilizados para el análisis (Tabla 3.4).

**Tabla 3.4.** Duración en días (f), temperatura (T) y fotoperíodo (P) medio de los subperíodos fenológicos estudiados y los valores máximos (máx) y mínimos (mín) del conjunto de datos analizados en los cuatros años de evaluación.

Subperíodo	F (d)	Fmín	$f^{-1}$ ( $d^{-1}$ )	$f^{-1}$ mín	T (°C)	Tmín	P ( $h \cdot d^{-1}$ )	Pmín
		Fmáx		$f^{-1}$ máx		Tmáx		Pmáx
Mac-Fl	49,5	31	0,022	0,014	23,65	21,98	14,81	13,68
		71		0,032		24,94		15,19
Fl-MF	26,5	14	0,041	0,028	22,67	19,50	13,93	12
		36		0,071		25,60		15

\*Mac-Fl: Macollaje-Floración; Fl-MF: Floración-Madurez Fisiológica

En cuanto al análisis de los modelos para Mac-Fl, el modelo 1 (modelo termal, Ec. 3.1) presentó un  $R^2 = 0,70$ , donde los parámetros  $a_1$  y  $b_1$ , como producto del análisis de regresión resultaron altamente significativos ( $p < 0,001$ ) y conjuntamente con el análisis de la varianza de este modelo se determinó que la temperatura explica de manera altamente significativa a la duración del Subp. Simultáneamente el programa, al inspeccionar el resto de las combinaciones, determinó que el modelo 3 (modelo termal + modelo fototermal, Ec. 3.1 y Ec. 3.2) es el que mejor explicó la extensión del Subp. El análisis de regresión de este modelo evidenció un  $R^2 = 0,81$ , donde sólo las constantes  $a_1$  y  $b_1$  fueron altamente significativas ( $p < 0,001$ ), no mostrando significancia el resto de las constantes ( $a_2$ ,  $b_2$  y  $c_2$ ), y derivando del análisis de la variancia de dicho modelo un p altamente significativo ( $p < 0,001$ ) para el paso tres, en donde se exploraron de manera conjunta el plano termal y el plano fototermal de la muestra. Resultaron sólo significativos ( $p < 0,05$ ) los sondeos del plano termal y fototermal por separado (paso uno y dos respectivamente).

El parámetro  $c_2$  representa el coeficiente de respuesta al fotoperíodo del cultivar, fue positivo indicando que  $f^{-1}$  aumentó a medida que se alarga el P, que es una respuesta esperada de una planta de día largo. Al mismo tiempo, se observó que el parámetro  $c_2$  fue mayor que el parámetro  $b_2$ , lo que indicó que el Subp Mac-FI es más sensible al P que a la T. Finalmente, el modelo 3 señala que cuando el  $P > P_c$ ,  $f^{-1}$  depende sólo de la temperatura (modelo termal-Ec. 3.1.1) y cuando el  $P < P_c$ ,  $f^{-1}$  depende de la temperatura y el fotoperíodo (modelo fototermal-Ec. 3.2.2).

A partir de dicho modelo obtuvimos el  $P_c$  de la floración de Boyer-UNNE bajo las condiciones en las que se realizó el experimento (secano), alcanzando un valor de 14,85 h dependiente de la temperatura y observándose un aumento de 31 minutos por cada grado de aumento de la temperatura.

El parámetro  $a_3$  (Ec. 3.3) fue posible determinarlo a partir del modelo 5 dado que si bien en el análisis de la regresión en el modelo 4 el valor de dicha constante mostró una alta significancia ( $p < 0,001$ ) el ajuste fue bajo ( $R^2 = 0,42$ ). En tanto, el análisis de regresión del modelo 5 exhibió un valor de ajuste de  $R^2 = 0,81$  motivo por el cual se decidió utilizar el parámetro  $a_3$  informado por éste, en donde, según dicho modelo, el valor de  $a_3$  fue alto ( $0,025512 \text{ h}^{-1}$ ) lo que implicaría alta dependencia de la floración al fotoperíodo, indicando que el referido momento se vería inhibido a fotoperíodos muy cortos. Simultáneamente del análisis de la varianza pudimos determinar que el modelo 5 y 4, en donde se considera que la variación de la tasa de desarrollo dependerá de una u otra variable ( $T - P$ ) según el largo del día al que este expuesto el cultivar, fue altamente significativa ( $p < 0,001$ ) apoyando así el valor calculado de  $a_3$ . Por último, reemplazando en la Ec. 3.4 los parámetros estimados por el modelo 5 establecimos que el  $P_b$  es de 13,75 h.

Si bien no era el fin de este análisis determinar el  $P_b$  y  $P_c$  de FI-MF se pudo observar como resultado de la ejecución del programa que el parámetro  $c_2$  informado por el modelo 3, que fue el de mejor ajuste, tuvo un valor negativo ( $-0,00975110$ ).

### 3.4 Discusión

La TB obtenida del Subp S-E de *P. notatum* cv Boyero-UNNE (13,5 °C) se encontró dentro de los rangos determinados por Duran Puga *et al.* (2011) para otras especies tropicales como, por ejemplo: *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (TB= 13 °C), *Chloris gayana* Kunth (TB= 13 °C), *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf (TB= 14 °C), *Andropogon gayanum* Kunth (TB= 12 °C), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (TB= 14 °C) y *Pennisetum ciliare* (L.) Link (TB= 13 °C).

Rymph (2004) indicó que la influencia de la temperatura en la tasa de desarrollo fenológico del pasto bahía no estaba bien documentada en la literatura. Por lo tanto, estableció las temperaturas cardinales en base a su experiencia para los puntos base (TB; sin hojas o semillas nuevas), óptimo (tasa máxima de adición de hojas o semillas) y máximo (temperatura máxima donde la tasa de desarrollo es afectada negativamente) en el cultivo de bahiagrass, determinando que la TB para la etapa de crecimiento era de 12 °C, rango óptimo de 25 °C a 38 °C, y temperatura máxima de 50 °C. Sin embargo, al ejecutar el modelo de desarrollo CROPGRO, fue necesario corregirlas debido a que estas temperaturas cardinales iniciales mostraron un menor ajuste en relación a las provistas por el modelo, tomando éstas últimas los valores de: TB 20 °C, rango óptimo 25 °C a 30 °C y la temperatura máxima de 50 °C. Este valor ajustado de TB para la etapa de desarrollo vegetativo coincidió con los valores hallados a través del método de intersección de la equis y del modelo RodMod para el Sub Mac-Fl.

Asimismo, Rymph (2004) para la etapa de desarrollo reproductivo utilizó valores de TB de 10 °C que se mantuvieron luego de ejecutar el modelo, siendo dicho valor semejante a los obtenidos por las distintas metodologías utilizadas en esta tesis para la determinación de la TB del Sub Fl-MF.

Se observó que para los subperíodos estudiados y prácticamente en todos los modelos analizados, las TB calculadas (TB2 y TB3) resultaron más apropiadas para determinar los requerimientos térmicos que la TB1. Estos resultados son coincidentes con lo encontrado por Rymph (2004) para el cultivar Pensacola en Florida. En cuanto a la performance de los modelos, encontramos que en el Subp Mac-Fl los modelos sobresalientes fueron UFT, UF

y TT, en ese orden respectivamente. Por lo tanto, el uso de modelos fototérmicos para el Subp Mac-Fl parecieran ser los más apropiados para el cálculo de los °Ds, siendo esto coincidente con lo hallado por Rymph (2004) para el cv Pensacola. Asimismo, se observó que el modelo residual (TT) mostró un desempeño similar a los modelos fototérmicos poniendo en evidencia el rol fundamental que juega la temperatura en la tasa de desarrollo del pasto. El Subp Fl-MF acreditó mejores resultados con el modelo de TTm con todas las TB evaluadas, mostrando la TB3 un ajuste levemente superior a la TB 1 y 2, exhibiendo estos un CV de 13,9-15,8 % y un desvío en días de 3,4-3,9. La mejor performance de los modelos destacados para este Subp mostró que es la temperatura el elemento que mejor cuantifica el mismo.

Los valores hallados de Pc (14,85 h) y Pb (13,75 h) se encontraron dentro del rango de respuesta informado por Nada (1980), quien estudió la respuesta al fotoperíodo de 29 pastos tropicales en Japón y determinó que *P. notatum* cv Pensacola requiere para su floración entre 14 y 16 horas de luz, encontrando que floreció sólo bajo un tratamiento de 15 h de luz y no se presentó la floración en los tratamientos de 9 y 12 h de luz.

Así mismo, Blount *et al.* (2001), quienes evaluaron la respuesta del crecimiento a la extensión del fotoperíodo a 15 h durante el otoño e inicios del invierno boreal en Pensacola bahiagrass y materiales correspondientes a tres ciclos de selección obtenidos por G. Burton dentro del programa de mejoramiento en Tifton, Georgia (EEUU), observaron que aumentaba el rendimiento en materia seca principalmente en Pensacola y uno de los ciclos de selección. A su vez también observaron que se producía un acortamiento en la extensión de los estolones al prolongar el fotoperíodo, lo que indica que bajo estas condiciones se favorece la traslocación de carbohidratos a otros destinos, más específicamente las hojas en lugar del estolón.

Demostraron así la sensibilidad de los Subp de algunos materiales al fotoperíodo, lo que coincidió con lo hallado en esta tesis principalmente para Mac-Fl, y que también se advirtió indirectamente para Fl-MF con el valor negativo de  $c_2$  obtenido por el programa RodMod. Esto estaría indicando que la tasa de desarrollo se acelera al acortarse el P, no siendo lo esperado para una planta de día largo. Pero, considerando que la clasificación de día largo

o corto de las plantas responde a los requerimientos de emergencia a floración, es factible este cambio de respuesta al P, dado que el acortamiento de los días en un cultivo perenne como es Boyero-UNNE estaría indicando la necesidad de acumular carbohidratos en los rizomas para asegurar su supervivencia para la próxima temporada. Este hecho ya fue documentado por Rymph (2004) en Florida (EEUU). A su vez, esto último evidencia la respuesta diferencial a la longitud del día según el momento de madurez evaluado para los pastos tropicales (Rymph, 2004).

### **3.5 Conclusiones**

La TB del Subp S-E se encontró dentro de los rangos esperados para especies tropicales, aceptando así la segunda hipótesis planteada en esta tesis. También comprobamos que la TB calculada fue más apropiada que la obtenida en cámara al momento de calcular los grados días requeridos por cada subperíodo. Además, considerando que el Subp principal es Mac-Fl, determinamos que el mejor método para el cálculo de °Ds del cv Boyero-UNNE fue el método fototérmico calculado con la TB3 (UFIII), dado que fue el método que presentó el menor desvío en días para dicho Subp. También determinamos que si bien la temperatura es una variable importante que influye en la tasa de desarrollo del cultivo no es la principal, ya que presentó una fuerte interacción con el fotoperíodo variando su importancia según el valor que este tome. Por lo tanto, se acepta parcialmente la hipótesis uno.

Comprobamos que el Pc del cv Boyero-UNNE, bajo las condiciones en las que se condujo el experimento, fue cercano a lo ya expresado por otros autores, avalando esto la hipótesis tres enunciada. Además, se determinó el Pb del cultivar; dicho valor calculado es condicional, ya que la ventana fotoperiódica analizada es muy limitada por lo que la exploración de respuesta a este factor atmosférico resulta escasa para poder afirmarlo.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL LLENADO DE GRANO Y DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y SEMILLA

#### 4.1 Introducción

El uso por parte de la agricultura de los mejores ambientes edafoclimáticos de la región templada de Argentina, generó una consideración distinta de aquellos suelos y climas de menor aptitud para la producción de forraje y la actividad pecuaria. Así, ambientes con suelos con escasa o excesiva capacidad de retención de humedad, salinos y / o alcalinos, con fuertes variaciones de lluvias intra e interanuales, son valorados actualmente con otra perspectiva para la producción animal. Esto es válido en las regiones pampeana húmeda, subhúmeda y semiárida (Bandera *et al.*, 2013).

En este contexto, las gramíneas forrajeras megatérmicas perennes han sido revalorizadas recientemente en la región templada de Argentina, aunque eran conocidas, evaluadas y en algunos casos como el pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad) Nees) y la grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), cultivadas desde hace medio siglo (Bandera *et al.*, 2013).

Las gramíneas megatérmicas perennes (tropicales o con metabolismo fotosintético carbono 4) y los cultivos anuales de invierno y de verano, conforman recursos forrajeros valiosos porque son los que aportan forraje de calidad y en cantidad y complementan la vegetación natural (Avila *et al.*, 2014). A su vez, pueden ser consideradas como un recurso forrajero estratégico para cubrir el bache de producción estivo-otoñal en suelos bajos, arcillosos y con estructura deficiente. Sin embargo, el conocimiento de las ventajas y limitaciones de las gramíneas megatérmicas y su adaptación a los ambientes de la región templada es más restringido en comparación con las gramíneas y leguminosas perennes mesotérmicas (Bandera *et al.*, 2013).

La producción de cariopses de los pastos tropicales es un producto extra que los ganaderos pueden aprovechar para su propio uso, o como otra fuente de ingresos dentro de la misma empresa agropecuaria (Quero *et al.*, 1986 citado por Vázquez y Sotelo, 1995). En general,

las especies forrajeras producen granos en abundancia, pero su recolección es lenta y complicada por lo cual presentan costos de producción elevados, sumado a un período de maduración largo, que suele ser de más de seis meses en algunas especies (González, 1986 citado por Vázquez y Sotelo, 1995). Humphreys y Riveros (1986 citado por Vázquez y Sotelo, 1995) señalan que entre los factores que más influyen sobre la producción y calidad de los cariopses en los pastos tropicales son la cantidad de tallos o espigas florales, el número de cariopses formados por espiga, el peso del grano, el porcentaje de cariopses cosechados y la cantidad de cariopses viables; los cuales pueden ser modificados por la acción de los diferentes factores ambientales, físicos, biológicos o por la acción de las prácticas culturales aplicadas (Ferguson, 1979, citado por Vázquez y Sotelo, 1995).

Es por esto que la incorporación de especies nativas como el cv Boyero-UNNE en los sistemas mixtos hace necesario el estudio de los distintos parámetros que determinan la producción de granos (Kg/ha), el rendimiento de biomasa aérea total (kg MS/ha) y los factores ambientales que la afectan

El objetivo general de este capítulo es evaluar la fase de llenado de grano cv. Boyero-UNNE y determinar el rendimiento de la biomasa total aérea en kg MS/ha y el rendimiento de cariopses en Kg/ha del cultivar.

Los objetivos específicos son:

- ~ Determinar la tasa de llenado de grano y época de ocurrencia en *Paspalum notatum*.
- ~ Determinar la producción media de biomasa aérea y de cariopses del cultivar en el sur de Santa Fe.
- ~ Evaluar el efecto de la variabilidad climática interanual sobre la tasa de llenado de grano, la producción de materia seca y el rendimiento en grano en el cultivar.

## 4.2 Materiales y Métodos

**4.2.1) Evaluación del desarrollo del llenado de grano:** Se marcaron 200 panojas al azar, con su tercio medio en anthesis en el momento de plenitud de esta fase. A partir de ese momento y en promedio cada tres días, con un desvío de más menos ( $\pm$ ) un día, se seleccionaron 20 panojas tomadas al azar entre las marcadas, denominándose tiempo cero (T0) al día de inicio de toma de las muestras y así de manera sucesiva hasta la finalización de la toma de muestras, designándose tiempo siete (T7) a la última muestra recolectada (Ruiz *et al.*, 2003). Se consideró al T7 el fin de madurez fisiológica (MF). El criterio usado para definir este momento fue la ausencia de variación del peso entre dos pesadas sucesivas, y al mismo tiempo, apreciar el desprendimiento de los cariopses de las ramas de la horqueta.

De cada muestra se escogieron 5 panojas a las que se le midió la longitud de cada una de las ramas de la inflorescencia (cm) y se determinó el número de espiguillas por rama (espiguillas/rama, n.º). Posteriormente, a todas las muestras se le extrajo el tercio medio de cada rama, y se disectaron los cariopses manualmente. Se apartaron cuatro repeticiones de 100 cariopses cada una que fueron pesadas inmediatamente luego de la disección (peso húmedo; Ph) y llevadas a estufa a 67 °C hasta peso constante (peso seco; Ps). El Ps de cada repetición se escaló a 1.000 cariopses (1000c) y se determinó el valor promedio del momento analizado. A continuación, se determinó el porcentaje de humedad en base húmeda (Ec. 4.1) de cada repetición (Ruiz *et al.*, 2003).

$$H \% = (Ph - Ps) / Ph \times 100 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Siendo:

H%= porcentaje de humedad.

Ph: peso húmedo (g).

Ps: peso seco (g).

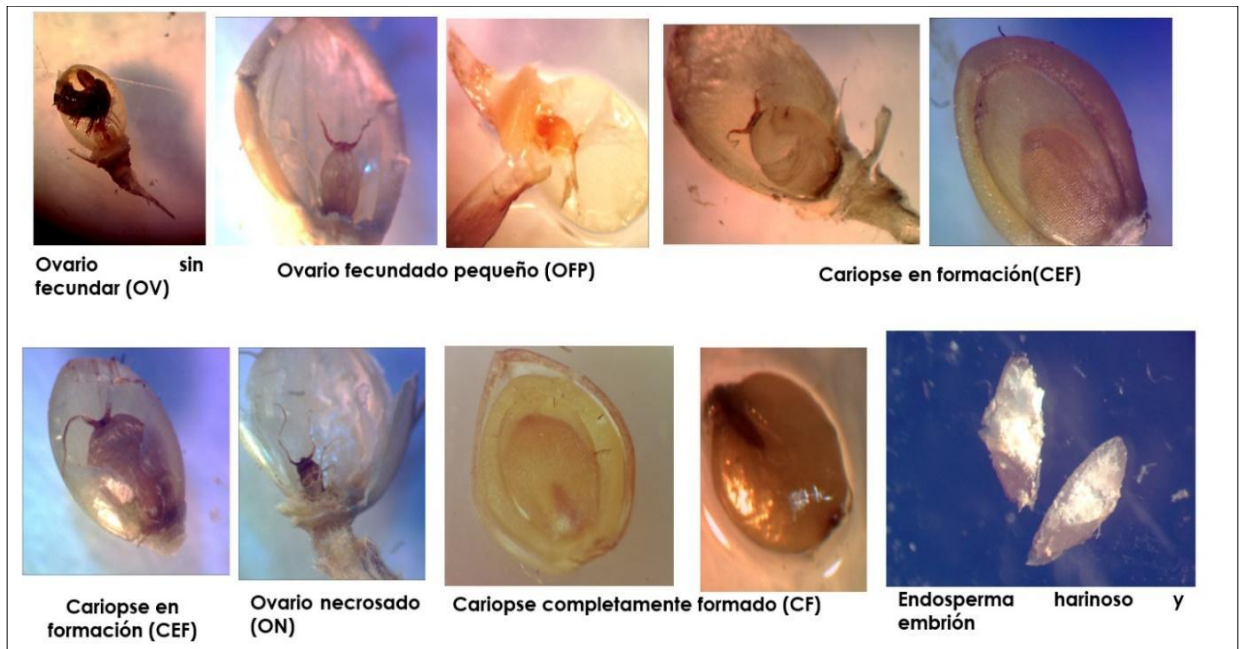
El resto de los cariopses colectados se conservaron en alcohol 70% a fin de determinar el porcentaje de formación de granos. Para esto se observaron con lupa 50 espiguillas de cada muestra (momento de recolección). Previamente se determinaron seis estados posibles de

desarrollo al momento de recolección, las que constituyeron las categorías a observar (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1** Categorías que conforman la fase de llenado de grano.

<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
Ovarios (OV)	Ovarios sin fecundar mostrando la presencia de los estigmas plumosos.
Ovarios fecundados pequeños (OFP)	Ovarios en crecimiento que ocupan menos del 50% de la cavidad de las glumelas. El endospermo presenta una consistencia acuosa.
Cariopses en formación (CEF)	Ovarios desarrollados que ocupan el 50% o más de la cavidad de las glumelas. El endospermo presenta una consistencia lechosa-pastosa.
Cariopses formados (CF)	Fruto completamente formado ocupando por completo la cavidad de las glumelas. Se distingue claramente el embrión y se observa el endospermo con consistencia harinosa-duro.
Ovarios necrosados (ON)	Tejidos de la cavidad ovárica senescentes de coloración marrón oscura.
Espiguillas vacías (EV)	No se distinguen las estructuras reproductivas de la flor.

Con estas categorías se construyó un calendario fenológico del llenado de grano (Fig. 4.1).



**Figura 4.1** Fenología del llenado de grano (categorías cuantificadas).

El método estadístico utilizado para analizar los datos del porcentaje de formación de cariopses fue el cálculo de los límites inferiores y superiores del intervalo de 95% de confianza para una proporción, empleando uno de los dos métodos descritos por Robert Newcombe, que deriva del procedimiento diseñado por Wilson e incluye una corrección de continuidad. Además, y siguiendo con el objetivo de caracterizar la etapa de llenado de grano, se determinó la duración de la etapa en días (d), se calculó la TB mediante el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959), se establecieron los requerimientos térmicos ( $^{\circ}\text{Ds}$ ) del período y se determinó la tasa diaria de llenado de grano (g/d). El análisis del llenado de grano y la determinación del porcentaje de formación de cariopses abarcó tres campañas: 2015-16; 2016-17 y 2017-18.

**4.2.2) Análisis del rendimiento de biomasa aérea y producción de cariopses del cv Boyero-UNNE:** Se evaluó la productividad forrajera del cv. Boyero a través de la producción de macollos por unidad de superficie ( $\text{N.}^{\circ} \text{Mac}/\text{m}^2$ ) y la producción de biomasa aérea por hectárea ( $\text{Kg MS}/\text{ha}$ ). Las campañas analizadas fueron: 2014-15; 2015-16; 2016-17 y 2017-18. Se consideró al ciclo productivo anual de abril a abril. En el primer año

(campaña 2014-2015) se realizó un único corte en abril de 2015, dado que la pastura se encontraba en la etapa de establecimiento, ya que fue sembrada en noviembre del 2014.

Paralelamente a la productividad, se decidió evaluar la resistencia y capacidad de recuperación del pasto a pastoreos de distinta intensidad. Para ello se simularon dos situaciones de corte: alta intensidad (AI: altura de corte 5 cm) y baja intensidad (BI: altura de corte 15 cm). El criterio utilizado para decidir el momento de corte consistió en el amarillamiento de las hojas basales y un bajo número (<10 %) de inflorescencias. El diseño estadístico utilizado fue un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Los datos se analizaron mediante un análisis de la variancia por campaña, por tratamiento y la interacción campaña\*tratamiento. Las medias se compararon mediante el test LSD de Fisher con un alfa de 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat/Profesional (Di Rienzo, J.A. *et al.*, 2014).

El rendimiento promedio en granos se determinó multiplicando el número medio de panojas por metro<sup>2</sup> ( $P_j/m^2$ ) \* el número medio de espiguillas por panoja ( $Esp/P_j$ ) \* el peso medio de los mil cariopses (1.000c; g). Para determinar los dos primeros componentes del rendimiento se efectuó en cada campaña, entre el final de la floración e inicio de MF, un muestreo al azar del lote. El muestreo consistió en realizar cinco estaciones al azar y en cada una de ellas contar en un metro lineal el número de panojas y el número de espiguillas de cada panoja. El dato medio se obtuvo como el promedio de todas las estaciones de muestreo para cada variable. El número de panojas promedio por metro lineal se llevó a metro cuadrado ( $P_j/m^2$ ) multiplicando el valor de panojas por metro lineal por 2,22 m: valor que surge de dividir un metro por la distancia entre hileras (0,45 m). Entre el final de MF y la primera cosecha se estableció el tercer componente del rendimiento. El proceso de determinación consistió en realizar un muestreo al azar de las espiguillas del lote, constituyendo una muestra compuesta. Posteriormente, se seleccionaron y pesaron (peso húmedo) tres repeticiones de 300 cariopses cada una, luego se llevaron a estufa a 60 °C hasta peso constante. El siguiente paso consistió en promediar el peso seco de las repeticiones y extrapolar de 300 a 1.000 cariopses el valor medio obtenido.

Para realizar el análisis del efecto de las variables atmosféricas sobre los distintos parámetros estudiados en este capítulo se recopilaron datos diarios de: temperatura media (TM; °C), precipitaciones (PP; mm), heliofanía efectiva (Hefec; h) y fotoperíodo (FOTO; h). Dicha información fue obtenida de la estación agrometeorológica convencional de la Facultad de Ciencias Agrarias. Con el dato de Hefec se calculó la radiación global (RG; Mj m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) para cada día, en los casos que no se disponía del dato de Hefec, el dato de RG diaria se obtuvo de la estación meteorológica automática (EMA) ubicada en el mismo predio de la estación meteorológica convencional (EMC) de la Facultad de Ciencias Agrarias de Zavalla. El valor del FOTO diario fue calculado por el Instituto de Clima y Agua utilizando el programa HORAPASO.exe. (Instituto de Clima y Agua-CNIA-INTA)

### 4.3 Resultados

#### 4.3.1) Evaluación del desarrollo del llenado de grano

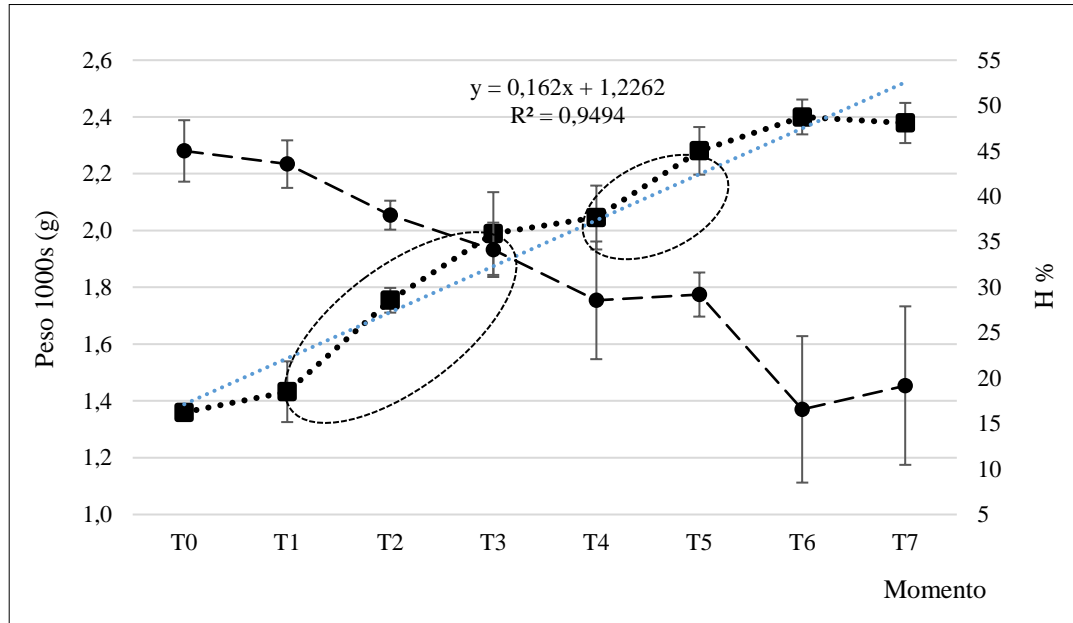
##### 4.3.1a Fase de llenado de grano

Se determinó que la fase de llenado se extendió en promedio desde mediados de enero (16-enero ± 13 d, CV 81 %) a principios de febrero (10-febreo ± 8 d, CV 19 %). La tasa de llenado diaria fue de 0,16 g/d (Fig. 4.1) y que la TB para la fase de llenado fue de 8 °C (Fig. 4.2). En la tabla 4.2 se muestran los valores de los parámetros analizados en la fase de llenado por campaña y promedios con sus respectivos desvíos estándar y CV.

**Tabla 4.2** Longitud media (Long. Media, cm) y número medio de espiguillas por rama de la inflorescencia (Esp./rama), duración (días), temperatura media (°C), tasa de desarrollo (100/días), grados días acumulados (°Ds) y peso de 1.000 cariopses (g) de cada una de las campañas analizadas para la fase de llenado.

Campaña	Duración etapa (días)	Long. Media (cm)	N.º medio espiguillas/rama (Esp/rama)	Temperatura media (°C)	100/días	°Ds	Peso 1.000 cariopses (g)
2015-2016	24	13,9	84	24,4	4,2	410	2,6
2016-2017	24	12,7	85	22,2	4,2	355	2,64
2017-2018	18	12,9	90	24,3	5,6	309	1,9
<b>Promedio</b>	22	13,2	86	23,6	4,7	358	2,38
<b>Desvío (±)</b>	4	0,63	3	1,2	0,8	50	0,42
<b>CV (%)</b>	18,2	4,8	3,5	5,1	0,2	14	17,6

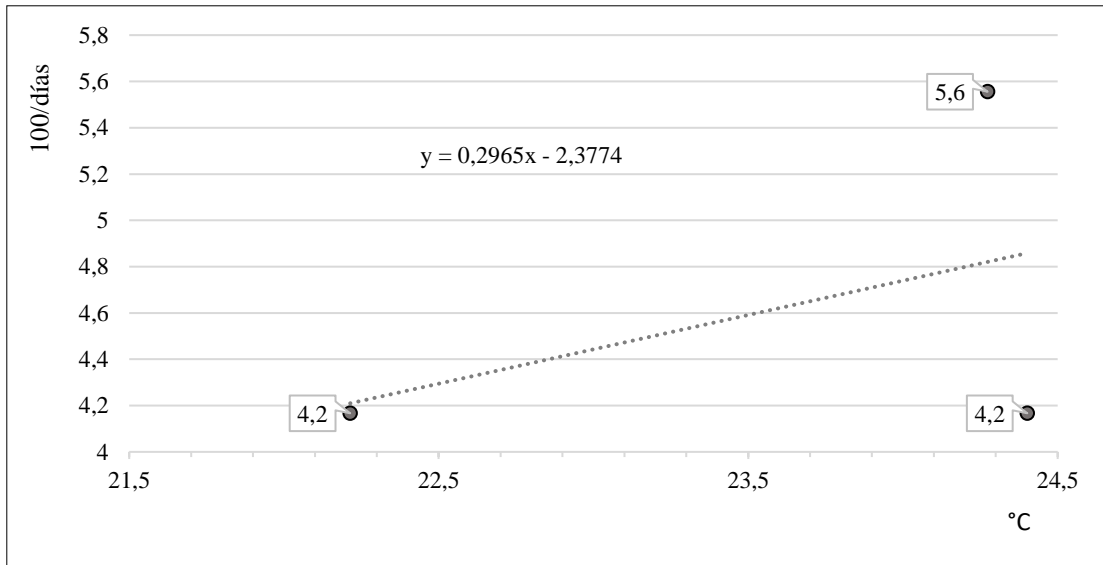
En la figura 4.2 se muestra la evolución media del peso de 1.000 cariopses en gramos (1.000c, g) y de la humedad en porcentaje (H, %) de los cariopses desde el inicio de la toma de muestras (T0) hasta peso constante (T7), sus desvíos ( $\pm$ ), la ecuación de la recta y el grado de ajuste de la misma.



**Figura 4.2** Evolución media del peso de cariopses ( $\dots\blacksquare\dots$  PS 1.000c (g)), del porcentaje de humedad ( $- \bullet -$  H %), con sus respectivos desvíos estándar ( $\pm$ ) y la recta de ajuste del peso de los cariopses ( $\dots\dots\dots$ ) del cv Boyero-UNNE.

Se advirtió como a T0 el Ps de las 1.000c es mínimo (1,4 g  $\pm$  0,02 g) y el porcentaje de humedad es máximo (45 %  $\pm$  3 %) y conforme avanzó la fase de madurez se invirtió las tendencias. Al momento T7 se alcanzó un Ps promedio de 2,4 g  $\pm$  0,07 g con una humedad media de 19,2 %  $\pm$  9 %, en promedio a los 22 días  $\pm$  4 días de plenitud de antesis se produjo el máximo Ps de los cariopses.

En la figura 4.3 se observó la relación entre la tasa de desarrollo y la temperatura media del aire, se incluyó, además, la ecuación de la recta a partir de la cual se determinó la TB del cultivar (8 °C).

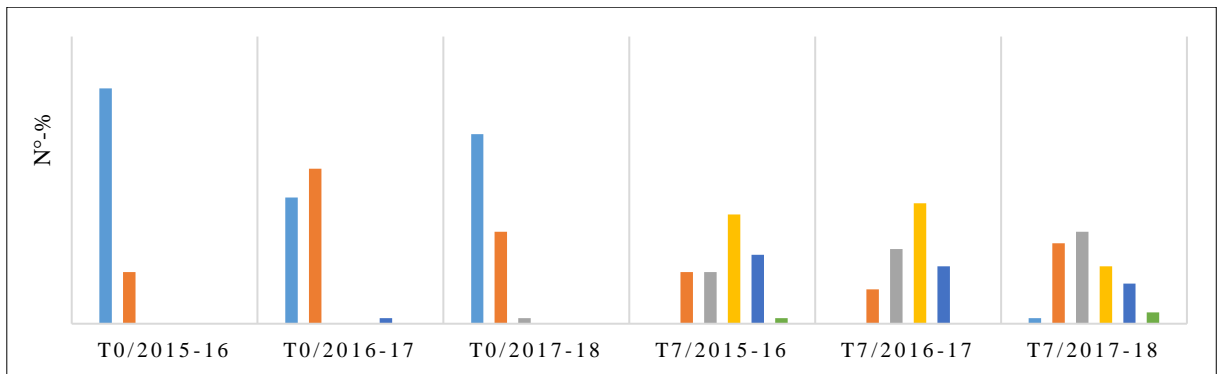


**Figura 4.3** Determinación de la temperatura base de *P. notatum* cv. Boyero-UNNE utilizando el método de intercepción de la equis (●) velocidad de desarrollo; ..... recta de ajuste).

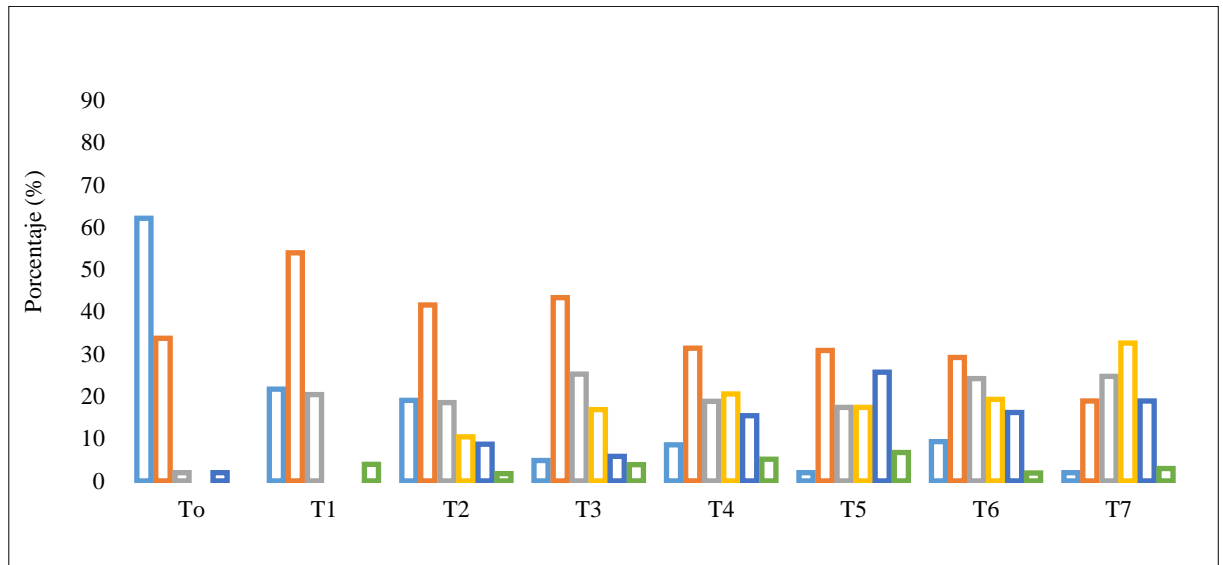
#### 4.3.1b Evaluación de la formación de cariopses del híbrido

En la figura 4.4a se observan los porcentajes obtenidos para cada categoría en T0 (inicio de toma de muestras) y T7 (fin de MF) para cada campaña en las que se realizó el estudio de formación de cariopses. En la figura 4.4b se muestran los porcentajes obtenidos para cada categoría y momento.

a)



b)



**Figura 4.4.** Evaluación de la formación de cariopses por campaña (a) y promedio de las tres campañas expresados en porcentaje (b) por categoría observada (celeste-ovarios, anaranjado-ov fec pequeño, gris-cariopses en formación, amarillo-ovarios completamente formados, azul-ov necrosados, verde-vacías).

A partir de la figura 4.4b se determinó que al final de MF en promedio encontramos 33% de cariopses maduros con un desvío de  $\pm 12$  y un CV de 35%. Al considerar el potencial de producción de cariopses, el cual surge de sumar a los cariopses formados y los cariopses en formación en T7, se logró  $58\% \pm 8$  y un CV de 14% de producción potencial de granos. La figura 4.4a mostró el rango de variación de la producción de cariopses, donde el porcentaje de cariopses formados osciló, en función del número inicial de ovarios y ovarios fecundados pequeños, entre un 20% y un 42%. Dicho rango se elevó a 52% como mínimo y 68% como máximo al incluir en la formación de cariopses a la categoría cariopses en formación.

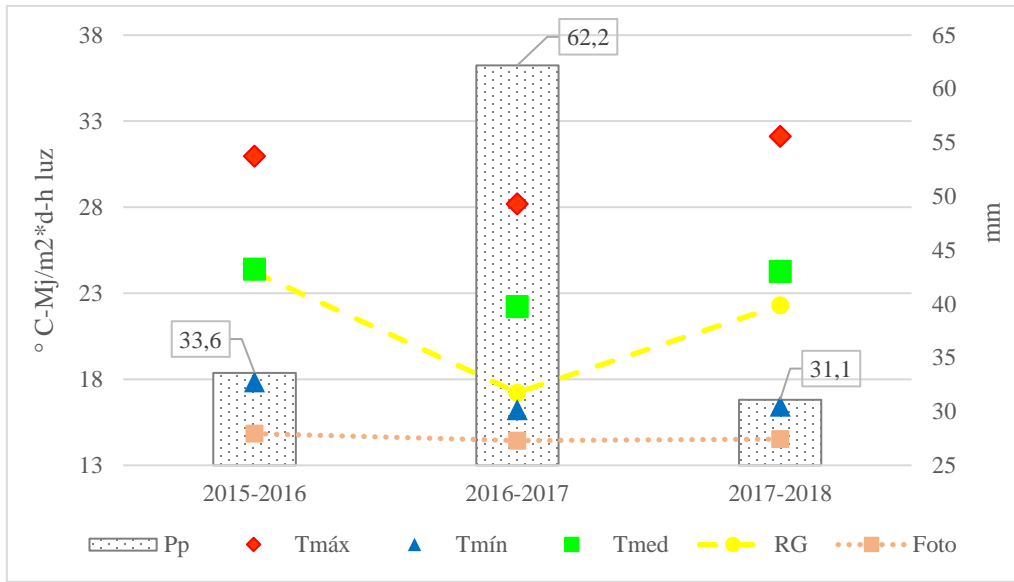
En la Tabla 4.3 se muestran los resultados del análisis estadístico del promedio de los tres años de observación de la evolución del llenado de grano para el momento de inicio (T0) y fin (T7) de la evaluación.

**Tabla 4.3** Porcentajes e intervalo de confianza (IC) para el momento de inicio y fin del análisis del llenado de grano.

<b>T0</b>	<b>OV</b>	<b>OFP</b>	<b>CEF</b>	<b>CF</b>	<b>ON</b>	<b>EV</b>
Porcentajes (%)	62	34	2	-	2	-
IC (95%)	51,71<P>71, 36	25,01<P>44, 23	0,35<P>7,74		0,35<P>7,74	
<b>T7</b>						
Porcentajes (%)	2	19	25	<b>33</b>	19	3
IC (95%)	0,35<P>7,74	12,11<P>28, 33	17,12<P>34, 84	24,12<P>43, 21	12,11<P>28, 33	0,78<P>9, 15

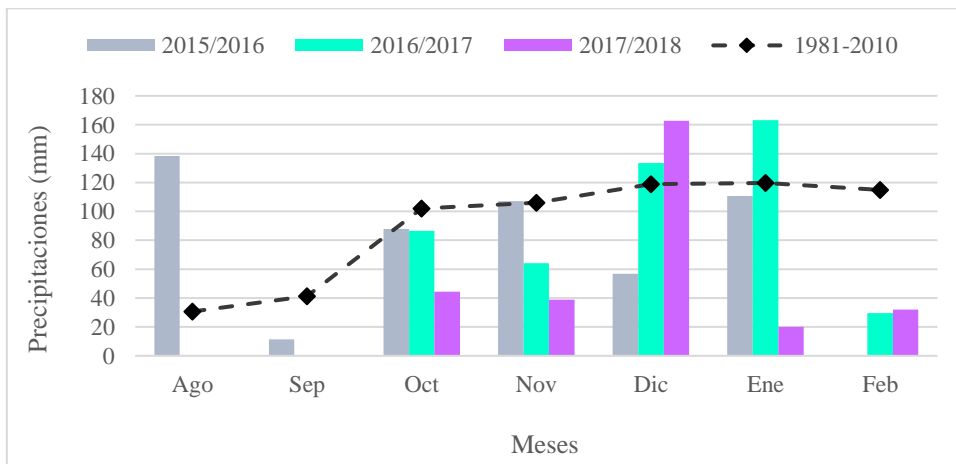
#### 4.3.1c Análisis del efecto de las condiciones atmosféricas sobre el desarrollo del llenado de grano

De la comparación entre las campañas evaluadas, se estableció que la tasa de llenado de grano (100/días) en los primeros 2 períodos no mostró variaciones aún frente a diferentes temperaturas medias (TM). En tanto, en el tercer período y a similar TM que el primero, la tasa fue mayor (Tabla 4.2 y Fig. 4.5). También se observó que la variabilidad de las TM entre campañas fue baja mostrando un CV del 5,1% (Tabla 4.2). Los tres tiempos estuvieron expuestos a igual FOTO (Fig. 4.5), dado que la fase ocurrió siempre en la misma época, desde principios o mediados de enero hasta principios de febrero. Al observar la RG se distinguió que la campaña 2016-17 presentó el menor valor de dicha variable (Fig. 4.5), con una diferencia que osciló entre los 7 a 5,1 MJ/m<sup>2</sup>\*d en relación a las campañas 2015-16 y 2017-18, respectivamente. Esto se explicó por la mayor acumulación de PP (62,2 mm) ocurridos durante la fase de llenado en la segunda campaña con respecto a los acaecidos en la primera y tercera campaña (33,6 y 33,1 mm respectivamente) (Fig. 4.5).



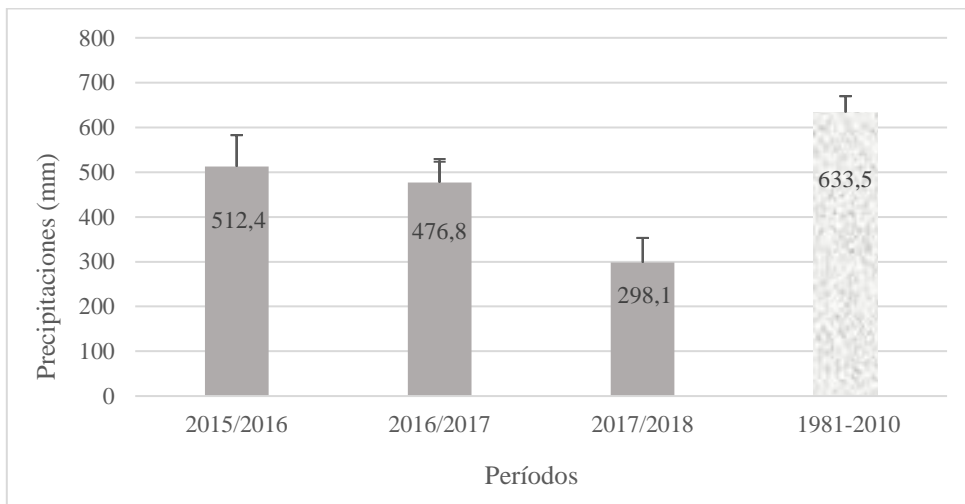
**Figura 4.5.** Valores medios observados de las variables atmosféricas durante el período de llenado en cada campaña.

En lo que respecta al llenado de grano, las diferencias de los momentos de inicio y fin entre 2015-16 y 2016-17 fueron explicados por mayor RG y TM en el primer período. Pero al presentarse en ambas campañas buena humedad antecedente (PP anteriores al momento de ocurrencia de la fase) y buena disponibilidad hídrica durante la fase (principalmente en 2016-17), no se encontraron diferencias entre la duración de la fase, la tasa de llenado y el peso de los 1.000 cariopses entre la primera y la segunda campaña (Tabla 4.2).



**Figura 4.6.** Precipitaciones acumuladas mensuales desde el inicio al fin de llenado de grano de cada campaña (barras) y comparación con el histórico (línea).

En la campaña 2017-18 a pesar de que la fase de llenado mostró similitud en los valores de TM, RG y PP con los del período 2016-17 exhibió una menor duración y una mayor tasa de llenado, lo que se tradujo en un menor peso de los 1.000 cariopses (27% menos cariopses con respecto a campañas anteriores) (Tabla 4.2). Esto fue explicado principalmente por la marcada reducción de las precipitaciones que se experimentaron durante dicha campaña, 58,2% y 62,5% menos con respecto a la campaña 2015-16 y 2016-17, respectivamente (Fig. 4.6 y 4.7). Estas condiciones se sumaron a valores altos de TM y RG (Fig. 4.5), lo que amplificó el efecto de la reducción de las precipitaciones. Ocasionando menor duración de la fase, peso final de los cariopses (Tabla 4.2) y número final de cariopses formados (Fig. 4.4a).



**Figura 4.7.** Precipitaciones acumuladas durante el período de llenado de granos por campaña y promedio histórico para igual período, con sus respectivas barras de error.

#### **4.3.2) Análisis del rendimiento de biomasa aérea y grano**

##### **4.3.2a Análisis del efecto de las condiciones atmosféricas sobre el rendimiento de biomasa aérea y grano**

La cuantificación de la producción de macollos por metro cuadrado fue afectada por las campañas y por los tratamientos. Se observó una disminución significativa en el N.º de macollos por m<sup>2</sup> en la campaña dos (2015-16) con respecto a las restantes. Este efecto fue explicado por el hecho de que la pastura se encuentra en su año de estabilización. Las diferencias encontradas entre tratamientos (más macollos/m<sup>2</sup> cuando se corta a 5 cm) pudo haberse debido al ingreso de luz de mejor calidad a los puntos más bajos de la pastura, lo cual favorece un mayor rebrote. Este comportamiento si bien ocurrió en casi todos los años, al observar el desglose estadístico de la interacción (Anexo II) se observó que no se cumple en la cuarta campaña (2017-18), dado que el tratamiento a los 15 cm de remanente presentó mayor número de macollos/m<sup>2</sup>.

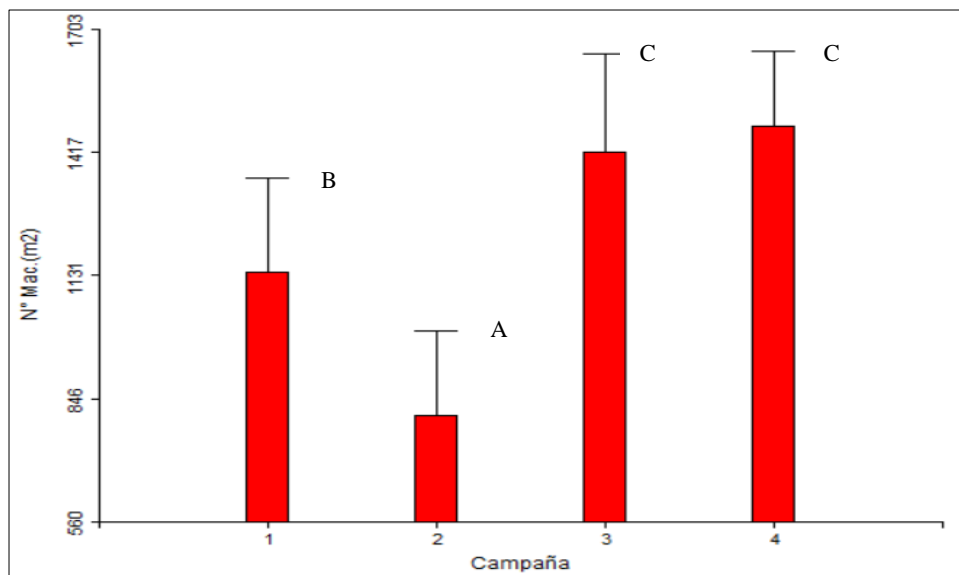
En cuanto a la producción de biomasa aérea (Kg MS/ha) sólo se encontraron diferencias entre campañas, no así entre tratamientos. La campaña 2015-16 mostró una mayor producción de biomasa aérea, por lo que se diferenció de manera significativa del resto de las campañas (Anexo II). Esto fue explicado por el hecho de que la pastura se encontraba en su año de estabilización mostrando un pico de producción explicado por el máximo número de plantas establecidas. A partir de este momento el número de plantas comenzó a decaer afectando la producción de biomasa aérea. Paralelamente, durante la campaña dos (2015-16) tanto las temperaturas medias (Capítulo II, Fig. 2.3) como las temperaturas mínimas (Capítulo II, Fig. 2.5) se encontraron dentro de valores óptimos para el crecimiento de las especies tropicales. Lo cual fue acompañado por PP que estuvieron en un 18,2% por encima del promedio histórico (Capítulo II, Fig. 2.2).

Por último, del análisis del rendimiento en grano se determinó que la campaña 2017-18 (Tabla 4.4) fue la que presentó el menor rendimiento estimado (144 kg de cariopses/ha). Esto fue explicado por la reducción significativa de las PP en dicha campaña (Capítulo 2.2, Fig. 2.2). Sumado a que en 2017-18 ocurrieron las más altas temperaturas máximas medias de todos los años de estudio (Capítulo II, Fig. 2.4), lo cual contribuyó a una amplificación

del efecto de las menores PP. Lo que afectó de manera significativa el N.º de panojas/m<sup>2</sup> y el peso de las 1.000c y por ende el rendimiento final.

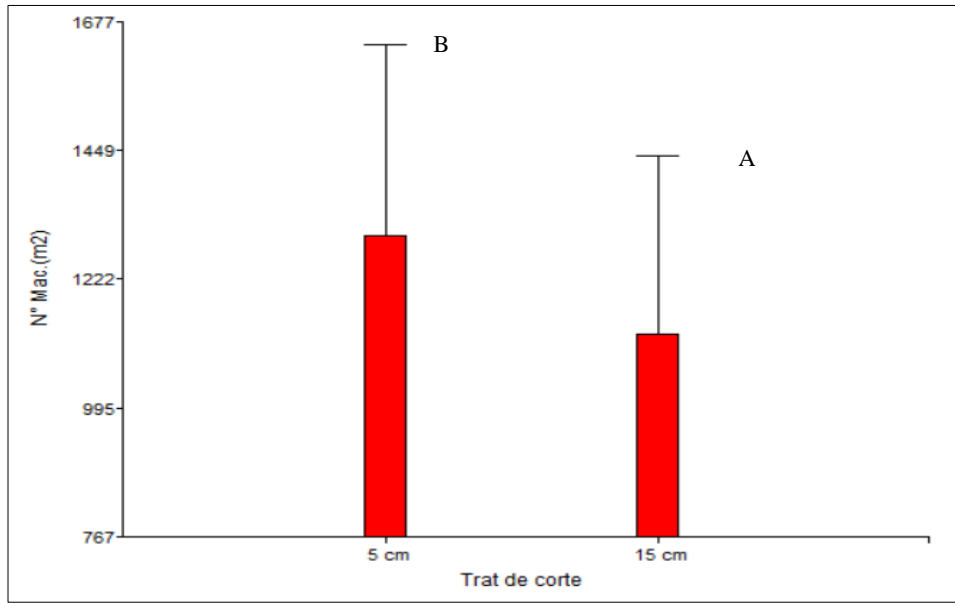
#### 4.3.2b Producción de biomasa aérea

La producción de macollos/m<sup>2</sup> de cv Boyero –UNNE fue explicada en un 83% por el efecto campaña y el tratamiento (altura de corte) (p-valor < 0,0001 y 0,0192, respectivamente). Además, se evidenció que no existió interacción entre campaña y tratamiento para la producción de macollos/m<sup>2</sup> (p-valor = 0,0698, Anexo II). Del análisis de comparación de medias, se determinaron diferencias significativas entre el 1º (2014-15) y 2º período (2015-16) y entre el 1º y 2º con respecto al 3º (2016-17) y 4º (2017-18) período (Fig. 4.8). Se encontró un valor máximo de 1.479 macollos/m<sup>2</sup> en la cuarta campaña (2017-18) y un mínimo de 808 macollos/m<sup>2</sup> en la segunda campaña (2015-16) (Anexo II).



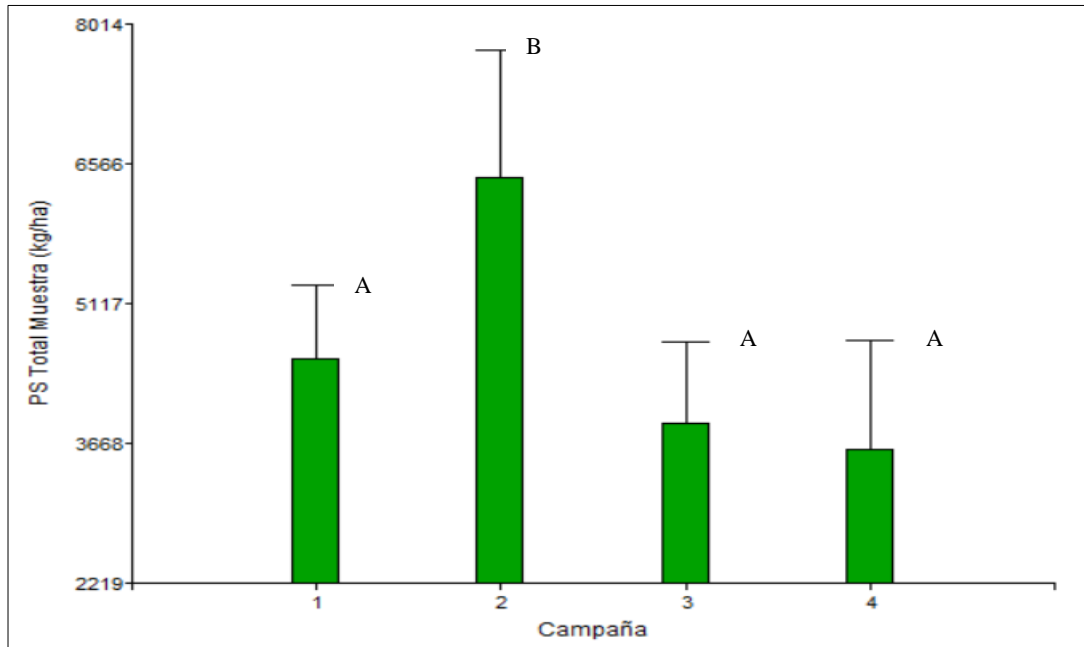
**Figura 4.8.** Nro. de macollos por unidad de superficie en las campañas analizadas.

También se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Fig. 4.9); exhibiendo el tratamiento a 5 cm una media de 1.298 macollos/m<sup>2</sup> y el de 15 cm un valor medio de 1.124 macollos/m<sup>2</sup> (Anexo II).



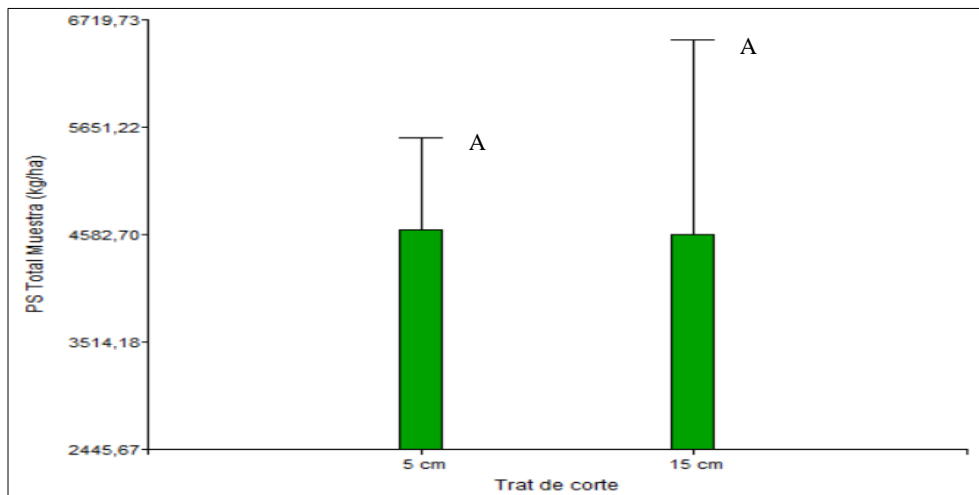
**Figura 4.9.** Nro. de macollos por unidad de superficie según tratamientos de corte.

La producción de biomasa aérea total (Kg MS/ha) fue explicada en un 77% por el efecto campaña con un p-valor de 0,0001, no se observó un efecto tratamiento ( $p=0,9$ ) y si se evidenció interacción significativa entre campaña y tratamiento ( $p=0,02$ ; Anexo II). Comparando las campañas, se observó diferencias significativas entre la campaña 2 (2015-16) con las restantes; presentando dicho período el máximo valor de producción de materia seca por hectárea (6.418 Kg MS/ha) (Fig. 4.10) (Anexo II).



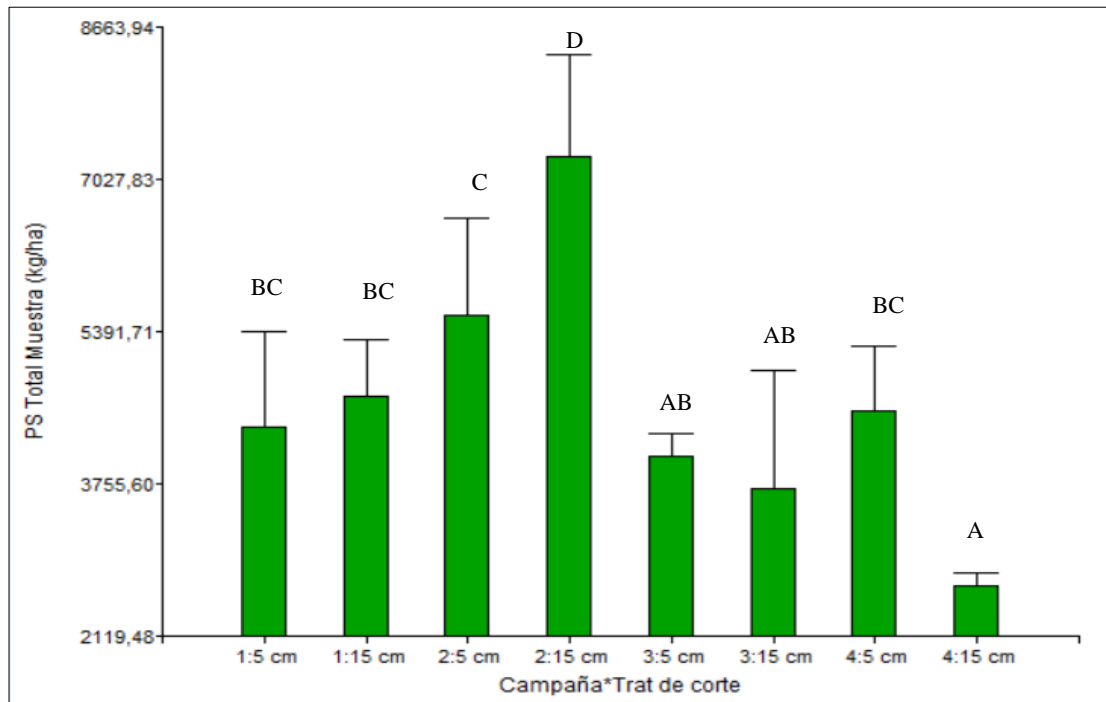
**Figura 4.10.** Peso seco de la biomasa aérea total por unidad de superficie en las campañas analizadas.

Los tratamientos altura de corte no evidenciaron diferencias significativas en la producción de materia seca (Fig. 4.11), mostrando el tratamiento a 5 cm un valor medio de 4.633 Kg MS/ha y el tratamiento a los 15 cm un promedio de 4.583 kg MS/ha.



**Figura 4.11.** Peso seco biomasa aérea total por unidad de superficie por tratamiento de corte.

Del análisis de la interacción surge que existió un efecto significativo de la campaña (año) y del tratamiento de corte, sobre la producción final de forraje (Fig. 4.12). Esto se evidenció en la comparación de medias de la interacción (Fig. 4.12) en donde se observó como en el período 2 (2015-16), el corte a 15 cm registró una mayor acumulación media de MS (7.267 kg MS/ha) que el corte a los 5 cm (5.569 kg Ms/ha), siendo esta diferencia significativa ( $p < 0,0174$ ). En la campaña 4 (2017-18), el corte a los 15 cm fue el que produjo los menores montos medios acumulados de forraje (2.663 kg MS/ha), y a los 5 cm, para igual período, los Kg MS/ha fueron en promedio mayores (4.548 kg MS/ha) con una diferencia significativa ( $p < 0,0174$ ) entre los tratamientos.



**Figura 4.12.** Peso seco biomasa aérea total por unidad de superficie para la interacción campaña por tratamiento de corte.

### 4.3.2.c Determinación del Rendimiento en Grano del cultivo:

Los resultados del análisis del rendimiento en grano del cv Boyero-UNNE, durante las cuatro campañas que duró el experimento se muestran en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4** Parámetros del rendimiento y rendimiento estimado por campaña.

Campanña	N.º panoja/m	N.º panojas/m <sup>2</sup>	N.º esp./panoja	1.000c (g)	Rendimiento Estimado (kg/ha)
2014-15	17	38	189	3,54 ± 0,025	254
2015-16	50	111	160	2,41 ± 0,09	428
2016-17	31	69	176	2,9 ± 0,04	352
2017-18	19	42	180	1,9 ± 0,13	144
<b>Promedio</b>	29	65	176	2,7	295
<b>Desvío (±)</b>	15	34	12	0,7	123
<b>CV (%)</b>	52	52	7	26	42

Del anterior análisis se determinó que los parámetros reproductivos N ° de panojas /m<sup>2</sup> y el peso de las 1.000c, están fuertemente definidos por las condiciones atmosféricas de la campaña y, en el caso del primero, se sumó el efecto de la edad de la pastura. El N.º de esp./panoja es un parámetro reproductivo que durante las distintas campañas analizadas y con condiciones atmosféricas muy disímiles mostró alta estabilidad (CV 7%), evidenciando el determinismo genético de dicha variable. Es decir, el rendimiento probable de cariopses fue definido por las condiciones atmosféricas de la campaña, que condicionaron el N.º de panojas/m<sup>2</sup> y el peso de las 1.000c explicando en un 78% la variación del rendimiento potencial.

### 4.4 Discusión

El período en que ocurrió la fase de llenado de grano del cv Boyero-UNNE (mediados de enero a principios de febrero) se encontró dentro del rango observado para *P. notatum* cv Pensacola por Rosengurtt *et al.* (1970); los cuales determinaron que los cariopses maduran desde enero hasta marzo o abril. La duración media de la fase de llenado (22 ± 4 d) obtenida para *P. notatum* cv Boyero-UNNE fue similar a lo documentado por Ruiz *et al.* (2003) para *Bromus auleticus* Trin. (cebadilla chaqueña) cv. Pampera INTA, que alcanza la MF entre

los 24 y 33 días posteriores a la plenitud de antesis. Asimismo, Quiroz *et al.* (2005) determinaron para 27 ecotipos de *Brachiaria* que la madurez es alcanzada entre los 28 y 35 días posteriores al inicio de la floración.

El peso medio de los 1.000c y el contenido medio de H del cv Boyero-UNNE al inicio (1,4 g, 45%) y fin (2,4 g, 19,2%) del muestreo fue inferior a lo determinado por Ruiz *et al.* (2003) para *Bromus auleticus* (inicio= 2 g, 60%; fin=3,4 g, 40%) a iguales tiempos. La proporción media de cariopses formados (33%) fue cercano a la reportada por Sánchez y Ferguson (1986) para *Andropogon gayanus* Kunth. Estos últimos encontraron para *Andropogon* un valor medio de espiguillas llenas de 39% con un rango de 24 a 50%. Dichos valores fueron levemente superiores a los hallados en este estudio para Boyero-UNNE, donde el valor medio de espiguillas llenas fue de 33% con un rango de 20 a 42%.

En tanto, Quiroz *et al.* (2005), para 27 ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*, determinaron que el rendimiento de cariopses crudo clasificado, concepto equiparable al de granos llenos, presentaba una amplia variabilidad intra e interespecífica. En *Brachiaria brizantha* el porcentaje de cariopses llenos con respecto al total de espiguillas cosechadas osciló entre un 10-50%, en *B. decumbens* el rango estuvo entre 14-46% y, finalmente en *B. humidicola* éste fue de 38 al 65%. Estos valores son similares a los encontrados para Boyero-UNNE y al considerar en el cultivar bajo estudio el potencial de llenas (cariopses en formación + formados) determinamos que el rango de cariopses llenos es mayor (52-68%) que los reportados para *Brachiaria*. Además, los valores observados en Boyero-UNNE de proporción de espiguillas llenas estuvieron en concordancia con el valor medio (61,3%) de cariopses viables determinado en un lote del primer año de cosecha del cv a través de una prueba de tetrazolio (comunicación personal Florencia Trejo-PGG *Wrightson Seeds*).

Las variaciones observadas en la formación de cariopses, como ya enunciaran Quiroz *et al.* (2005) para *Brachiaria*, fue explicado principalmente por una mayor abundancia de ovarios estériles o embriones inmaduros.

El N.º de macollos/m<sup>2</sup> medio observado en Boyero-UNNE en las cuatro campañas presentó un rango entre 808 y 1.479 macollos/m<sup>2</sup>. Estos valores fueron superiores a los encontrados

por Beck (2012) para *P. notatum* ecotipo André Rocha (617 macollos/m<sup>2</sup>) y para el ecotipo Bagual (754 macollos/m<sup>2</sup>).

Asimismo, Hirata y Pakiding (2004) determinaron para *P. notatum* 1.442 macollos/m<sup>2</sup> sin suplementación de nitrógeno, número similar al hallado para Boyero-UNNE.

Las diferencias encontradas en el N ° de macollos/m<sup>2</sup> (entre el 1° y 2° período y entre estos y el 3° y 4° período) para la variable campaña se debió a lo ya enunciado por Simon y Lemaire (1987) y Deregibus y Sánchez (1981), quienes determinaron que una vez que las cubiertas desarrollan una elevada densidad, situación que se da en la segunda campaña, el sombreado aumenta en la base de las plantas y la calidad de la luz se convierte en el factor limitante de mayor importancia para el desarrollo de nuevos macollos. Por otro lado, enunciaron que, en condiciones de alta densidad de individuos, la competencia por asimilados determina el desarrollo de meristemas situados en posiciones preferenciales.

Ong *et al.* (1978) también determinaron que cuando los macollos son pequeños o se sitúan en niveles jerárquicos desventajosos, se produce su muerte. Asimismo, la producción de macollos es fuertemente controlada por los factores asociados a la cubierta vegetal (densidad de macollos, genotipo, índice de área foliar, etc.) y del ambiente (temperatura, agua, radiación, etc.). En relación a la altura de corte Saldanha *et al.* (2017) encontraron que *P. notatum* cv. Pensacola al ser sometido a una IA de defoliación, produjo 1.763 macollos/m<sup>2</sup>. Éste fue un valor superior al promedio de Boyero-UNNE a igual intensidad de defoliación (1.298 macollos/m<sup>2</sup>), pero similar al N.º macollos/m<sup>2</sup> obtenidos en la tercera campaña en este estudio (1.612 macollos/m<sup>2</sup>). Interrante *et al.* (2010), al evaluar distintas alturas (4 y 8 cm) y frecuencias de corte, encontraron que el cv. Tifton 7, material tetraploide y de crecimiento vertical, similar a Boyero-UNNE, produjo entre 1.650 a 1.660 macollos/m<sup>2</sup> a alta intensidad de corte y 1.620 a 1.790 macollos/m<sup>2</sup> a baja intensidad. Estos fueron valores cercanos a los observados para Boyero-UNNE en la 1°, 3° y 4° campaña para una IA de corte (5 cm).

La producción de biomasa aérea únicamente mostró diferencias significativas entre campañas, no así entre tratamientos. Esto nos indicó que *P. notatum* cv. Boyero es una pastura que resiste muy bien altas intensidades de corte sin resentir de manera significativa

su producción de biomasa aérea. Esto concuerda con lo señalado por Acuña (2006) al indicar que la marcada persistencia bajo la defoliación intensa y el pastoreo continuo de *P. notatum* son las razones principales del predominio de esta especie en las pasturas nativas y en los sistemas de producción de carne vacuna en el sur de los Estados Unidos. Indicó, además que la persistencia (incluso en condiciones de baja fertilidad, sequía, inundaciones y, en particular, pastoreo continuo intenso) hace de bahiagrass una fuente de alimento muy confiable para la producción de ganado vacuno con bajos recursos.

La producción media en kg de MS/ha para ambas intensidades de corte (IA: 4.633 kg MS/ha; IB: 4.583 Kg MS/ha) fue menor a la registrada por Pizzio y Fernández (2003) quienes determinaron una producción media en un período de 20 años de 5.906 Kg MS/ha para un pastizal natural de *P. notatum* en Mercedes (San Luis, Argentina) cortando al ras del suelo. Asimismo, Pakiding y Hirata (2002), para el cv Pensacola y cortando mensualmente a 3 cm de altura durante 2 años, encontraron un rango de variación de la producción de 230 kg MS/ha a 5.600 Kg MS/ha. En ambos sitios las condiciones atmosféricas favorecen el crecimiento del pasto en invierno, aunque a tasas muy bajas, que aportan a la producción anual y que colaboran a que el período de aprovechamiento del recurso sea mayor. Esta situación no ocurre en el sitio en donde se desarrolló este estudio, dado esto por las temperaturas bajo cero que se registran en Zavalla en el período invernal y condicionando un menor período de cosecha del recurso forrajero. Este período abarcó de octubre a marzo cuando la pastura está estabilizada (3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> campaña) y puede ser más extenso en años donde las condiciones atmosféricas benefician el crecimiento de la biomasa aérea (2<sup>da</sup> campaña). Esto último estuvo en concordancia con lo observado por Bandera *et al.* (2013), quienes determinaron para dos cv de *Panicum coloratum* en la localidad de Pergamino y en cinco cv de *Chloris gayana*, tres en 9 de Julio y dos en General Villegas, que las acumulaciones pueden variar entre 4.000 y 6.000 kg de MS/ha, distribuidos entre diciembre y abril, dependiendo del tipo de suelo, condiciones climáticas (temperatura y principalmente precipitaciones) y fertilización nitrogenada.

Esta dependencia de las condiciones meteorológicas se observó en las diferencias encontradas entre campañas y en la interacción que se dio entre campañas y tratamientos

de corte, donde observamos que la mayor producción se dio en la segunda campaña con una producción media de 6.418 kg MS/ha, correspondiendo a una tasa de crecimiento diario (TCD) de 30,6 kg MS/ha\*d, y una producción a IB de 7.267 kg MS/ha. Por otra parte, la menor producción se dio en la cuarta campaña con una producción media de 3.605 kg MS/ha, representando una TCD de 20,03 kg MS/ha\*d, y una producción a IB de 2.663 kg MS/ha. A su vez, lo ocurrido en la segunda campaña se relacionó con lo observado para la producción de macollo/m<sup>2</sup> y que ya fuera indicado por Deregibus *et al.* (1985) y Gautier *et al.* (1999), quienes manifestaron que cuando se mantiene un alto índice de área foliar (IAF) las plantas perciben los cambios en la calidad de luz y responden limitando la emergencia de macollos. Finalmente, las TCD calculadas para Boyero-UNNE en Zavalla fueron superiores a las encontradas por Pizzio *et al.* (2001), ya que halló para *P. notatum* un valor medio de agosto a febrero de 18 kg MS/ha\*d, en una pastura de 20 años en el NEA. También superaron a los valores determinados por Saldanha *et al.* (2017) para *P. dilatatum* cv. Chirú, el que mostró una TCD en el primer año de 21 kg MS/ha\*d.

En relación al rendimiento de grano, el valor medio encontrado para Boyero-UNNE (295 kg/ha) se encontró dentro de los hallados por Quiroz *et al.* (2005) para los materiales más rendidores de diferentes cultivares y biotipos de *Brachiaria*. Este mismo autor determinó una variación en un rango de 107 a 1022 tallos florales/m<sup>2</sup> para las mencionadas accesiones, valores bastante superiores a los hallados para el cv bajo estudio (65 panojas/ m<sup>2</sup> con un rango de 111 a 38).

Vázquez y Sotelo (1995) obtuvieron para cinco cv del género *Andropogon*, tres de *Panicum* y dos de *Cenchrus*, un rendimiento de cariopse puro medio de 45, 72 y 35 kg/ha respectivamente, valores inferiores a los calculados para Boyero-UNNE. En tanto, estos autores para estos mismos cultivares registraron un valor medio de espigas/m<sup>2</sup> de 91, 104 y 120 espigas/m<sup>2</sup> respectivamente, que resultaron superiores al valor medio de Boyero (65 panojas/ m<sup>2</sup>) y sólo en el segundo período de este estudio se obtuvo un valor cercano a los obtenidos por Vázquez y Sotelo (111 panojas/m<sup>2</sup>).

Saldanha *et al.* (2017) encontró para *P. notatum* en su segundo año de producción 125 panojas/m<sup>2</sup>, valor superior al promedio de Boyero-UNNE, pero levemente superior al

registrado para la segunda campaña en este estudio (111 panojas/m<sup>2</sup>). Finalmente, podemos decir que la densidad de tallos florales (DTF) estuvo relacionada directamente con el rendimiento, relación que ya había sido observada por Quiroz *et al.* (2005) en *Brachiaria*.

#### **4.5 Conclusiones**

*P. notatum* cv. Boyero-UNNE bajo condiciones de secano, mostró rendimientos de forraje y cariopses equiparables a zonas agroecológicas con características climáticas más favorables para especies megatérmicas. La mayor tasa de acumulación de fotoasimilados ocurrió desde mediados de enero y se extendió hasta inicios de febrero, por lo cual se rechaza la hipótesis 4 de esta tesis.

Boyero-UNNE demostró ser un cultivar que responde satisfactoriamente a altas intensidades de defoliación y que condiciones de marcada reducción de las PP combinadas con altas temperaturas limitan la producción tanto de materia seca como de cariopses. En este último caso, afectando principalmente a dos de los componentes importantes del rendimiento de grano como son el N.º de panojas/m<sup>2</sup> y el peso de los 1.000 cariopses. Dicha evidencia nos permite aceptar la hipótesis 5.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES FINALES

A partir del trabajo experimental realizado en esta tesis fue posible arribar a las siguientes conclusiones:

- la duración media de las fases fenológicas del cv Boyero-UNNE en la región sur de la provincia de Santa Fe fueron: macollaje  $103 \pm 18$ ; encañazón  $27 \pm 3$ ; panojazón  $26 \pm 1$ ; floración  $31 \pm 8$ ; granazón  $27 \pm 6$ ; madurez  $31 \pm 4$  días.
- la duración media de los subperíodos del cultivar macollaje-floración y floración madurez fisiológica fueron  $48 \pm 13$  y  $23 \pm 6$  días, respectivamente.
- las temperaturas mínimas y medias altas y los días húmedos produjeron mayor duración de la fase de macollaje.
- las temperaturas medias altas y los fotoperíodos largos acortaron la fase de macollaje.
- la duración de todas las fases de la etapa reproductiva fueron condicionadas principalmente por las precipitaciones, donde condiciones de reducción significativa de las precipitaciones y altas temperaturas redujeron la extensión de estas.
- condiciones de reducción de las precipitaciones más altas temperaturas acortaron la duración de los subperíodos.
- los fotoperíodos entre 14,3 y 15 h más altas temperaturas acortaron la duración del subperíodo floración-madurez fisiológica.
- según el modelo utilizado la temperatura base de germinación del cultivar fue de  $13,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y las temperaturas bases de los subperíodos macollaje-floración y floración-madurez fueron:  $20,81 - 20,79 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $13,55 \text{ }^{\circ}\text{C} - 15,12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.
- el cv Boyero-UNNE requirió acumular de macollaje a floración  $175 \text{ }^{\circ}\text{Ds}$  y de floración a madurez fisiológica  $183 \text{ }^{\circ}\text{Ds}$ , por lo tanto, de macollaje a madurez fisiológica tuvo un requerimiento de  $358 \text{ }^{\circ}\text{Ds}$ .

- el fotoperíodo crítico de la floración de Boyero-UNNE, bajo las condiciones en las que se realizó el experimento (secano), fue de 14,85 h dependiente de la temperatura, observándose un aumento de 31 minutos por cada grado de aumento de la temperatura.
- la tasa promedio de llenado de granos diaria fue de 0,16 g/día y la duración media fue de  $22 \pm 4$  días, hasta alcanzar la madurez fisiológica.
- en el fin de la madurez fisiológica las espiguillas presentaron un 19,2% de humedad.
- la proporción de granos llenos sobre el total de flores presentó un rango de 52-68%.
- el peso medio de los 1.000 cariopses osciló entre 2,4 y 2,7 g con un desvío de 0,4 a 0,7 g.
- la producción de macollos por metro cuadrado mostró un valor máximo de 1.479 macollos/m<sup>2</sup> y un mínimo de 808 macollos/m<sup>2</sup> y tanto la campaña como la altura de corte afectaron el número de macollos/m<sup>2</sup>.
- el rendimiento en biomasa aérea por ha promedio máximo del cultivar fue de 6.418 Kg MS/ha en dos alturas de corte.
- no se encontraron diferencias en la producción de biomasa aérea entre los tratamientos.
- se determinó la producción probable media de granos por ha en  $295 \pm 123$  kg/ha, siendo el número de panojas por metro cuadrado y el peso de los 1.000 cariopses los parámetros del rendimiento que condicionaron el rendimiento final.

En base a estos resultados concluimos que el cv. Boyero-UNNE presenta un muy buen comportamiento agronómico bajo condiciones de secano en el sur de la provincia de Santa Fe (Argentina). Los rendimientos de forraje y grano son equiparables a los obtenidos en zonas agroecológicas con características climáticas más favorables para la especie. La mayor tasa de acumulación de fotoasimilados ocurrió desde mediados de enero y se extendió hasta inicios de febrero. Asimismo, el cv Boyero-UNNE respondió satisfactoriamente a intensidades de defoliación potencialmente altas y condiciones de reducción significativas de las precipitaciones combinadas con altas temperaturas limitaron la producción tanto de materia seca como de cariopses. En este último caso, afectando

principalmente a dos de los componentes importantes del rendimiento de grano como son el N ° de panojas/m<sup>2</sup> y el peso de los 1.000 cariopses.

Finalmente, se destacan como aportes significativos de esta tesis la determinación de las duraciones de fases y subperíodos fenológicos, la TB de germinación y de los subperíodos, los requerimientos térmicos de los subperíodos, el fotoperíodo crítico para la floración, el porcentaje de humedad de los cariopses al final de madurez fisiológica y la proporción de cariopses llenos sobre el total de flores de la inflorescencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G. 2003. Efecto del pasto miel sobre la producción y calidad nutritiva de las pasturas. Trabajo presentado. Congreso Argentino de Producción Animal (25°, 2002, Buenos Aires). Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 23 N. ° 3-4: 136-143 (2003).
- Acuña, C. 2006. Bahiagrass germplasm reproductive characterization, and breeding at the tetraploid level. Tesis para obtener el título de MsCs. Florida, EEUU.
- Acuña, C.A., Blount, AR, Quesenberry, KH; Kenworthy, K. E.; Hanna, W. W. 2011. Tetraploid bahiagrass hybrids: breeding technique, genetic variability and proportion of heterotic hybrids. Euphytica 179, 227–235. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0276-y>
- Agreda, O. 1961. Efectos del fotoperiodo y variabilidad en el Pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa* (Nees.) Stapf). Tesis. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica.
- Agüero, S.N.; Ojeda Férrez, E.; Giraldez, A.; Galleguillo, N.; Barbieri, G.; Zeman, E.; Tolosa, G.; Villegas, J.A.; Costa, M.C. y Martín, G.O.(h). 2011. Acumulación de grados-día entre siembra y cosecha y rendimiento granífero obtenido, en cereales invernales. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA (2011). Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. <http://www.faz.unt.edu.ar/index.php/produccion-vegetal-y-animal>
- Angus, J. F.; Cunningham, R. B.; Moncur, M. W.; Mac Kenzie, D. H. 1981. Phasic development in field crops I. Thermal response in the seedling phase. Field Crops Research 3:365–387.
- Anibalini, V.; Galleano, A.; Siena, L; Ortiz, J.P.A. y Martín, B. 2015a. *Paspalum notatum* Flügge: una alternativa forrajera para mejorar los bajos inundables en el sur de la provincia de Santa Fe. Agromensajes 42: 25-30.
- Anibalini, V.; Calderon, M.; Garcia, E.; Cortez M.; Biolatto, M.; Martín, B. y Ortiz, J. P. A. 2015b. Phenological phases of cv. Boyero UNNE (*Paspalum notatum* Flügge) and evaluation of seed production in the temperate region of Argentina. International Symposium of Forage Breeding. Buenos Aires.

- Anibalini, V.; Maturo, H.; Palou, D.; Oakley, L.J.; Prado, D.E. 2016. Especies Nativas del Género *Paspalum* en la provincia de Santa Fe (Argentina). XVIII Congreso y XXXVI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario.
- Arnold, G.W. 1959 The determination and significance of base temperature in a linear heat unit system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 430-445.
- Arnold, G. W. 1962. Effects of pasture maturity on the diet of sheep. Australian Journal Agricultural Research. 13:701-706.
- Avila, R.; Barbera, P.; Blanco, L.; Burghi, V.; De Battista, J.P.; Frasinelli, C.; Frigerio, K.; Gándara, L.; Goldfarb, M. C.; Griffa, S.; Grunberg, K.; Leal, K.; Kunst, C.; Lacorte, S. M.; Lauric, A.; Martínez Calsina, L.; Mc Lean, G.; Nenning, F.; Otondo, J.; Petruzzi, H.; Pizzio, R.; Pueyo, J. D.; Ré, A. E.; Ribotta, A.; Romero, L.; Stritzler, N.; Tomas, M. A.; Torres Carbonell, C.; Ugarte, C.; Veneciano, J. 2014. Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. Institutos de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales e Investigación Animal del Chaco Semiárido. INTA. ISBN-978-987-521-551-1
- Ball, D. M.; Hoveland, C. S. y Lacefield, G. D. 1996. Southern forages. 2a. ed. 256 p.
- Bandera, R.; Bertram, N.; Bolleta, A.; Chiacchiera, S.; Ferri, J.M.; Galíndez, G.; Lauric, A.; Malagrina, G.; Otondo, J.; Petruzzi, H.; Stritzler, N.; Torres Carbonell, C. 2013 Las gramíneas forrajeras megatérmicas perennes en la región templada de Argentina, Bertín, O, (Ed.), INTA, 46 pp.
- Barceló Coll; J.; Rodrigo, G. N.; Sabater García, B.; Sánchez Tamés, R. 1987. Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide S.A. Cuarta edición. ISBN: 84-368-0339-6. 821 pág.
- Barrios Gómez, E. J. y López Castañeda, C. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. Agrocienza 43: 29-35.
- Bauer, A.; Franck, A. B. and Black, A. L. 1984. Estimation of spring leaf growth rates and anthesis from air temperature. Agron. J. 76: 829-835.
- Berger, A.; Castro, M.; Ceretta, S. 2009. Uso de Modelos de Simulación para predecir el momento de espigazón y sensibilidad a fotoperíodo en trigo. Jornada de Cultivos de Invierno INIA La Estanzuela. Serie Actividades de Difusión N°566. 19-24 Abril 2009. Mercedes, Uruguay.

- Blount, A. R.; Quesenberry, K. H.; Mislevy, P.; Gates, R. N. and Sinclair, T. R. 2001a. Bahiagrass and other Paspalum species: An overview of the plant breeding efforts in the southern Coastal Plain. Proc Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference.
- Blount, A. R.; Sinclair, T. R.; Gates, R. N.; Quesenberry, K. H. and R.C. Littell. 2001b. Photoperiod response in 'Pensacola' bahiagrass. p. 487-488. In J.A. Gomide et al. (ed.). Proc. 19th Int. Grasslands Cong., Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. 11-21 Feb. 2001. FEALQ, Piracicaba, SP, Brazil.
- Bonasora, M.G.; Honfi, A.I.; Pozzobon, M.T. y Rua, G.H. 2011. Un nuevo citotipo de *Paspalum malmeanum* y su relación con los citotipos poliploides de *P. stellatum*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 46 (Supl.): 51-52; Córdoba, Argentina.
- Boote, K.J. (Ed.). (2019). Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom, 542pp.
- Burton, G.W., and I. Forbes, Jf. 1960. The genetics and manipulation of obligate apomixis in common Bahia grass (*Paspalum notatum* Flugge). p. 66-71. In e. L. Skidmore et al. (ed.) Proc. Int. Grassl. Congr., 8th, Reading, England. I 1-21 July 1960. Alden Press, Oxford, UK.
- Burton, G. W.; Hook, J. E.; Butler, J. L. and Hellwig, R. E. 1988. Effect of temperature, daylength, and solar radiation on production of Coastal bermudagrass. Agron. J. 80:557-560.
- Burton, G. W. 1992. Manipulating apomixis in Paspalum. In: Elgin JH, Miksche JP. eds. Proceedings of the Apomixis Workshop. ARS Research Bulletin 104. Washington, DC: USDA-ARS, 16-19.
- Busso, A. y Ausilio, A. 1989. Publicación Técnica N°5 Mapa de Suelos del Campo Experimental "José F. Villarino" Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.
- Catanzaro, M.P.; Rua, G.H.; Speranza, P.R. y Souza-Chies, T.T. 2011. Análisis filogenético preliminar de *Paspalum* basado exclusivamente en materiales diploides. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 46 (Supl.): 232; Córdoba, Argentina.
- Céspedes Flores, F. E.; Fernández, J. A.; Gobbi, J. A. y Bernardis, A. C. 2012. Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo. Revista fitotecnia mexicana, 35(1), 79-86.

- Chichahuala, M. S. 2013. Respuestas fenológicas de dos gramíneas C3 y dos C4, del pastizal natural de San Luis (Argentina), a variaciones de agua y temperatura. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. 71 pág.
- Chuine, I., & Régnière, J. 2017. Process-based models of phenology for plants and animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 159-182.
- Cian, M.; Fraguío, M.; Herrera, D.; Mistrorigo, D. 2003. Implantación de *Paspalum dilatatum* en el norte de Entre Ríos; 1991-1994. *Revista Argentina de Producción Animal*. 23 (3-4): 147-153.
- Confalone, A.; Lizaso, J. I.; Ruiz-Nogueira, B.; López-Cedrón, F.-X. and Sau, F. 2010. Growth, PAR uses efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under different temperature and photoperiod regimes. *Field Crops Research* 115: 140–148.
- Confalone, A.; Lizaso, J.; Ruiz, B. y Sau, F. 2011a. *Rev. FCA UNCUYO*. ISSN 0370-4661. Tomo 43. N° 1. Año 2011. 75-84.
- Confalone, A; Boote, J.; Lizaso, J.; Sau, F. 2011b. Temperature and Photoperiod Effects on *Vicia faba* Phenology Simulated by CROPGRO-Fababean. *Agronomy Journal*. Elsevier. (ISSN: 0002-1962) v. 103 p.1036-1050.
- Cornaglia, P. S. 2003. El pasto miel; una alternativa para las pasturas de la región pampeana. Trabajo presentado. Congreso Argentino de Producción Animal (25°, 2002, Buenos Aires). *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol. 23 N.º 3-4: 128 (2003).
- Coronel, A.; Costanzo, M. y Sacchi, O. 2012. Variabilidad climática de los componentes del balance hídrico seriado en el sur de Santa Fe. *Ciencias Agronómicas XIX*: 7-11.
- Craufurd, P.Q., Qi, A. 2001. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. *Agric. For. Meteorol.* 108: 199-211
- Deregibus, A. y Sánchez, R. 1981. Influencia de la densidad del canopeo en el macollaje de las gramíneas forrajeras. *Prod. Anim.*, 8, 254-261
- Deregibus, V.A.; Sanchez, R.A.; Casal, J.J.; Trlica, M.J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22: 199-206.

- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Durand, R. 1969. Signification et portée des sommes de temperaturas. Bulletin Technique d'Information; Ministère de l' Agriculture, France; 238: 185-190.
- Durán Puga, N.; Ruiz Corralb, J. A.; González Eguiarte, D. R.; Núñez Hernández, G.; Padilla Ramírez, F. J.; Contreras Rodríguez, S. H. 2011. Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. Rev. Mex. Cienc. Pecu.; 2(3):347-357.
- Evans, P.M.; Lawn R.J.; Watkinson, A.R. 1992. Use of linear models to predict flowering in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Australian Journal of Agricultural Research 43, 1547-58. Doi: 431 10.1071/AR.
- Feldman, S. R. y Refi, R. O. 2006. Cambios en la composición florística de un pastizal pampeano bajo diferentes prácticas de manejo. Ciencia e Investigación Agraria Vol. 33 N° 2: 109-116.
- Fitter, A.H.; Fitter, R.S.R.; Harris, I.T.B.; Williamson, M.H. 1995. Relationships between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England. Functional Ecology, 9, 55–60.
- Flores, J. A.; Moore, J. E. and Sollenberger, L. E. 1993. Determinants of forage quality in Pensacola bahiagrass and Mott elephantgrass. Journal Animal Science. 71 (6): 1606-1614.
- Formoso, F. A. 2003. Importancia de *Paspalum dilatatum* en Uruguay. Trabajo presentado. Congreso Argentino de Producción Animal (25°, 2002, Buenos Aires). Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 23 N.º 3-4: 134-136 (2003).
- Gates, R.N.; Mislevy, P. and Martin, F. G. 2001. Herbage accumulation of three bahiagrasses during the cool season. Agron. J. 93:112-117.
- Gates, R. N.; Quarín, C. L. and Pedreira, C. G. S. 2004. Bahiagrass. In: Moser L. E., Burson, B. L., Sollenberger, L. E. (eds) Warmseason (C4) grasses. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, pp 651–680.

- Gaynor, L.G.; Lawn, R.J.; James, A.T. 2011. Agronomic studies on irrigated soybean in southern New South Wales I. Phenological adaptation of genotypes to sowing date. *Crop & Pasture Science*, 2011, 62. [www.publish.csiro.au/journals/cp](http://www.publish.csiro.au/journals/cp)
- Garabatos, M. 1990. Temas de Agrometeorología. Tomo uno. Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. EUDEBA. 97 pág.
- Gautier, H.; Varlet Grancher, C. 1999. Regulation of leaf growth of grass by blue light. *Physiology Plant*. 98: 424-430.
- González, M. I.; Del Pozo, A.; Cotroneo, D.; Pertierra, R. 2004. Días a floración de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: Respuesta a la temperatura y al fotoperíodo. *Agricultura Técnica (Chile)* 64(4): 331-337.
- Gordo, O y Sanz, J.J. 2010. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology* 16, 1082–1106, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. 2007. Atlas de energía solar de la República Argentina. Ed. SECYT-UNLu. pp. 45-67.
- Hirata, H.; Pakiding, W. 2004. Tiller dynamics in bahiagrass (*Paspalum notatum*) an analysis of responses to nitrogen fertilizer rate, defoliation intensity and season. *Tropical Grassland*, v 38. 100-111.
- Hodgson, A.S., 1978. Rapeseed adaptation in northern New South Wales. I. Phenological responses to vernalization, temperature and photoperiod by annual and biennial cultivars of *Brassica campestris* L., *Brassica napus* L. and wheat cv. Timgalen. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 693-710.
- Holt, E. C. and Bashaw, E. C. 1963. Factors affecting seed production of dallisgrass. Bull. n° 662. Texas Agricultural Experimental Station, Texas, E. U. p. 1-8.
- INSTITUTO de CLIMA y AGUA-CNIA-INTA. FOTOPERIODO. Lic. Natalia Gattinoni e Ing. Rafael Rodríguez. Programa HORAPAS.exe.
- Interrante, S. M.; Sollenberger, L. E.; Blount, A. R. S.; White-Leech, R.; Liu, K. 2010. Bahiagrass Tiller Dynamics in Response to Defoliation Management. *Crop Sci.* 50:2124–2132 (2010). doi: 10.2135/cropsci2010.01.0002.

- IPCC. Intergovernmental Panel on climate change 2014. Report : Climate Change 2014. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2016).
- Jia X., Dukes M. D. and Jacobs J. M. 2009. Bahiagrass crop coefficients from eddy correlation measurements in central Florida. *Irrigation Science* 28:5-15.
- Keating, J.D.H., Qi, A., Kusmenoglu, I., Ellis, R.H., Summerfield, R.J., Erskine, W., Beniwal, S. 1996. Using genotypic variation in flowering responses to temperature and photoperiod to select lentil for the west Asian highlands. *Agric. For. Meteorol.* 78: 53-65.
- Lamelas, C. M.; Suárez, L.C. y Pascale, A.J. 1993. Disponibilidades calóricas para los cultivos en la Provincia de Tucumán. *Rev. Industrial y Agrícola de Tucumán* 70 (1-2): 29-40.
- Lawn, R.J.; Summerfield, R.J.; Ellis, R.H.; QI, A.; Roberts, E.H.; Chay, P.M.; Brouwer, J.B.; Rose, J.L.; Yeates, S.J. 1995. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. VI. Applications in crop improvement. *Experimental agriculture*, 31: 89-108.
- Lewis, J. P.; Collantes, M.; Pire, E.; Carnevale, N.; Bocanelli, S.; Stofella, S. and Prado, D. 1985. Floristic groups and plant communities of southeastern Santa Fe. Argentina. *Vegetatio*, 60: 67-90.
- Liu D.L. 2007. Incorporating vernalization response functions into an additive phenological model for reanalysis of the flowering data of pasture legume. *Field Crops Research*. 101: 331-342.
- Loss, S.P., Perry, M.W., Anderson, W.K. 1990. Flowering times of wheats in south-western Australia: a modelling approach. *Aust. J. Agric. Res.* 41:213-223.
- Martínez, E. J.; Urbani, M. H.; Quarin, C. L. y Ortiz, J. P. A. 2001. Inheritance of apospory in bahiagrass, *Paspalum notatum*. *Hereditas* 135: 19–25.
- Marcellos, H., Single, W.V. 1972. The influence of cultivar, temperature, and photoperiod on post-flowering development of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 23: 533-540.
- Mayers, J.D.; Lawn, R.J.; Byth, D.E. 1991. Adaptation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to the dry season of the tropics I. Genotypic and environmental effects on

- phenology. Australian Journal of Agricultural Research 42, 497-515. doi: 10.1071/AR9910497.
- McDonald, G.K., Sutton, B.G., Ellison, F.W. 1983. The effect of time of sowing on grain yield of irrigated wheat in the Namoi valley, New South Wales. Aust. J. Agric. Res. 34: 229-240.
  - Mc Donald, G. K.; Adisarwant, O, T.; Knight, R. 1994. Effect of time of sowing on flowering in faba bean (*Vicia faba*). Australian Journal of Experimental Agriculture, CSIRO Publishing, Australia. 34: 395- 400.
  - Menzel, A.; Fabian, P. 1999. Growing season extended in Europe. Nature, 397, 659.
  - Miralles, D. J.; Windauer, L. B. y Gómez, N.V. 2004. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de grano (Cap. 5: 60-71). In: E.H. Satorre *et al.* (eds.). Producción de Granos: bases funcionales para su manejo. Edit FAUBA; Bs. As., Argentina: 783 p.
  - Mislevy, P.; Sinclair, R. and Ray, J. D. 2001. Extended daylength to increase fall/winter yields of warm-season perennial grasses. p. 256-257. In J.A.Gomide et al. (ed.) Proc. 19th Int. Grasslands Cong., Sao Pedro, SP, Brazil. 11-21 Feb. 2001. FEALQ, Piracicaba, SP, Brazil.
  - Murray, R. B. 1984. Yields, nutrient quality, and palatability to sheep of fourteen grass accessions for potential use on sagebrush-grass range in south-eastern Idaho. J. Manage. 37:343-348.
  - Murphy, G. y Hurtado, R. 2013. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. (edición ampliada). 469 p.
  - Nada, Y. 1980. Photoperiodic responses in flowering of main tropical pasture grasses. Japanese Journal of Grassland. Science. 26, 157-164.
  - Ong *et al.* (1978) Ong, C.; Marshall, C.; Saoar, G. 1978. The physiology of tiller death in grasses. 2. causes of tiller death in a grass sward. Grass and Forage Science 33(3):205–11.
  - O'Reagain, P. C. 1993. Plant structure and the acceptability of different grasses to sheep. J. Range Manage. 46 (3): 232-236.
  - Ortiz, J. P. A.; Pessino, S. C.; Leblanc, O.; Hayward, M. D. and Quarin, C. L. 1997. Genetic fingerprinting for determining the mode of reproduction in *Paspalum notatum*, a subtropical apomictic forage grass. Theoretical and Applied Genetics, 95(5-6), 850-856.

- Ortiz, J. P. A.; Quarin, C. L.; Pessino, S. C.; Acuña, C.; Martínez, E. J.; Espinoza, F.; Hojsgaard, D. H.; Sartor, M. E.; Caceres, M.E.and Pupilli, F. 2013. Harnessing apomictic reproduction in grasses: what we have learned from *Paspalum*. *Annals of Botany* 112 (5): 767-787.
- Pakiding, W and Hirata; M. 2002. Canopy Dynamics in a Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) Pasture under Cattle Grazing: Structural components responsible for variations in herbage mass. *Grassland Science*48. 311-316.
- Pascale, A. J.; Damario, E. A. 2004. *Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología*. Ed. Facultad de Agronomía. ISBN 950-29-0822-8. 550 pág.
- Pizarro, E. A. Potencial forrajero del género *Paspalum*. 2000. *Pasturas Tropicales*. Vol 22 N°1
- Pizzio, R.M.; Royo Pallares, O.; Fernández, J.G.; Benitez, C. A. 2001. Tasa de crecimiento y producción anual de tres pastizales del centro de la provincia de Corrientes. 1° Congreso de Pastizales Naturales. 5° Jornada Regional. 9 al 11 de agosto, San Cristobal, Santa Fe.
- Pizzio, R. y Fernández, J. G. 2003 *Herramientas para el manejo del Campo Natural*. INTA N.º 373. ISSN 0327-3059.
- Porter, C., Boote, K., Vakhtang, S., Wilkens, P. Upendra, S. White, J., Asseng, S., Lizaso, J. Moreno, P., Willingthon P., Ogoshi, R., Hunt, L., Gordon T., James, J. 2019. The DSSAT crop modeling ecosystem. In: *Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture* (Ed. Boote K.). Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom, 542pp.
- Quarin, C. L. 1992. The nature of apomixis and its origin in Panicoid grasses. *Apomixis Newsletter* 5: 8–15.
- Quarin, C. L. 1999. Effect of pollen source and pollen ploidy on endosperm formation and seed set in pseudogamous apomictic *Paspalum notatum*. *Sexual Plant Reproduction*, 11(6), 331-335.
- Quarin, C. L.; Espinoza, F.; Martinez, E. J.; Pessino, S. C. and Bovo, O. A. 2001. A rise of ploidy level induces the expression of apomixis in *Paspalum notatum*. *Sexual Plant Reproduction*, 13(5), 243-249.
- Quarin, C. L.; Urbani, M. H.; Blount, A. R.; Martines, E. J.; Hack, C. M.; Burton, G. W. and Quesenberry, K. H. 2003. Registration of Q4188 and Q4205, sexual tetraploid

- germplasm lines of bahiagrass. (Registrations of Germplasms). Crop Science, 43(2), 745-747.
- Quiroz Enríquez, J. F.; Carrillo Quero, A. R. Garay Hernández A. 2005. Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*. Tec. Pecu. Méx 2005;43(2):259-273.
  - Rearte, D. 2007. Situación de la ganadería argentina en el contexto mundial. Dinámica del stock nacional. [www.inta.gov.ar/balcarce/carnes](http://www.inta.gov.ar/balcarce/carnes).
  - Rearte, D. 2011. Situación actual y prospectiva de la ganadería argentina, un enfoque regional. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol 19, número 3-4: 46-49. ISSN 1022-1301.
  - Righini, R.; Grossi Gallegos, H. 2003. Aproximación a un trazado de nuevas cartas de irradiación solar para argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, N.º 2. ISSN 0329-5184.
  - Roberts, E.H., Hadley, P., Summerfield, R.J. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). Ann. Bot. 55:881-892.
  - Roberts, E.H.; Summerfield, R.J.; Ellis, R.H.; Craufurd, P.Q; Wheeler, T.R.1997. The induction of flowering. En: WIEN, H.C. (ed.) The physiology of vegetable crops. pp 69-99. CAB International.
  - Rodriguez, M.; Blue, W. G. y Moore, J. E. 1976. Nutritive value of pensacola bahiagrass stolons. Agronomy Journal. (65): 786-788.
  - Rosengurt, B.; Arrillaga, B.; De Maffei, B.; Izaguirre de Artucio, P. 1970. Gramíneas uruguayas. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. 489 p.
  - Ruiz, M. A.; Pérez, M. A.; Arguello, J. A. y Babinec, F. J. 2003. Madurez fisiológica de la semilla de *Bromus auleticus* Trin. (cebadilla chaqueña) RIA, 32 (2): 3-20 ISSN 0325 – 8718. INTA, Argentina.
  - Rymph, S. J.; Boote, K. J.; Irmak, A.; Mislavy, P. and Evers, G. W. 2004. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: developing physiological parameters. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings, 63, 37–51.

- Sacchi O.; Dalla Marta, N.; Costanzo, M. y Coronel, A. 2002. Caracterización de las precipitaciones en la zona de Zavalla. Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR 2: 91-103.
- Sadras, V. O.; Ferreiro, M.; Gutheim, F. y Kantolic, A. G. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperiodo. In: F.H. Andrade y V.O. Sadras (eds.). Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Edit. Médica Panamericana; Bs. As., Argentina: 29-60.
- Saldanha S., Viega L, Speranza P. 2017. Comparación productiva de tres especies de *Paspalum* en Uruguay. Sección 1. Utilización y domesticación de gramíneas forrajeras del género *Paspalum* en Uruguay. <http://www.inia.uy>. 11-15.
- Sanchez M.; Ferguson J E. 1986. Medición de calidad en semillas de *Andropogon gayanus*. Revisla Brasileira de Sementes.8(1):9
- Shaw, R. H. 1988. Climate requirement. In: Sprague, G.F. and Dudley, J.W. eds. Corn and corn improvement. 3.ed. Madison, Wis., ASA-CSSASSSA. 986 p. (Agronomy N° 18).
- Simon, J.C. y Lemaire, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. Grass For. Sci. 42:373-380.
- Sinclair, T.R., Kitani, S., Hinson, K., Brunuard, J., Horie, T. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. Crop Sci. 31: 786-790.
- Steinmaus, S. J., Prather, T. S.; Holt, J. S. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. Journal of Experimental Botany 51:275–286.
- Streck, N.A., Weiss, A., Xue, Q., Baenziger, P.S. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agric. For. Meteorol. 115: 139-150
- Summer, S; Wade, W.; Selph, J.; Hogue, P.; Jennings, E.; Miller, P.; Seawright, T.; Kistler, M.; Weaver, G.; Kidder, G.; Pate, F.; Campbell, K.L.; Graham, W. D.; y Bottcher, A. B. 1994. Save energy, resources, and money with IFAS bahiagrass pasture fertilization recommendations. Environmentally sound agriculture: Proceedings of the Second Conference, 20-22 April 1994, Orlando, Florida. ASAE Publication 04-94. p. 100-104.

- Summerfield R. J.; Roberts, E. H.; Ellis, R. H.; Lawn, R. J. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple models for fluctuating field environments. *Experimental Agriculture*, Cambridge. 27: 11-31.
- Summerfield R. J.; Lawn, R. J.; Qi, A.; Ellis, R. H.; Roberts, E. H.; Chay, P. M.; Brouwer, J. B.; Rose, J. L.; Shanmugasundaram, S.; Yeates, S. J.; Sandover, S. 1993. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. II. Soyabean (*Glycine max*). *Experimental Agriculture*, Cambridge. 29: 253-289.
- Summerfield, R.J.; Ellis, R.H.; Craufurd, P.Q.; Aiming, Q.; Roberts, E.H.; Wheeler, T.R. 1997a. Environmental and genetic regulation of flowering of tropical annual crops. *Euphytica*, 96:83-91.
- Summerfield, R.J.; Ellis, R.H.; Craufurd, P.Q. 1997b. Phenological adaptation to cropping environment. From evaluation descriptors of times to flowering to the genetic characterization of flowering responses to photoperiod and temperature. En: TIGERSTEDT, P.M.A. (ed.) *Adaptation in plant breeding* pp 303-308. Kluwer academic publishers, The Netherlands.
- Theron, E. P. y Booysen, P. de V. 1966. Palatability in grasses. *Proc. Grassld. Soc. So. Afr.* 1:111-120.
- Totis de Zeljkovich, L. E. 2012. Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de maíz. Bases para el manejo del cultivo del maíz. Eyhérbide, G. H. (Compilador). INTA, 2012. ISBN: 978-987-679-141-0. 7-22.
- Urbani, M. H.; Acuña, C. A.; Doval, D. W.; Sartor, M. E.; Galdeano, F.; Blount, A. R. and Quarín, C. L. 2017. Registration of 'Boyero UNNE' bahiagrass. *Journal of Plant Registrations*, 11(1), 26-32.
- Valls, J. F. M.; Iob Boldrini, I.; Longhi-Wagner, H. M. and Miotto, S. T. S. 2009. Patrimônio Florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos: In: Pillar, V. D. et al. (Org.). *Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. P 139-154.
- Vázquez, Eguiarte J. A. y Sotelo González, A. 1995. Producción de semilla y forraje de pastos tropicales en el sur de Jalisco. *Tec, Pecu. Mex.* Vol. 33 N.º, 2. 105-111.

- Vogel, K. P. and Burson, B. 2004. Breeding and genetics. p. 51–96. In L.E. Moser, L. Sollenberger, and B. Burson (ed.) Warmseason (C4) grasses. ASA Monogr. 45. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI
- Wang, J.Y. 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology* 41: 785-790.
- Wallau, M.; Vendramini, J. M. B.; Dubeux, J. and Blount, A. 2019. Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flueggé): overview and pasture Management. Serie of the Agronomy Departament, UF/IFAS Extension.
- Watkinson, A. R.; Lawn, R. J.; Ellis, R. H.; Qi, A.; Summerfield, R. J. 1994. RoDMod. A computer program for characterizing genotypic variation in flowering responses to photoperiod and temperature. CSIRO, Division of Tropical Crops & Pastures, St. Lucia, Queensland, Australia. 49 p.
- Yan, W., Wallace, D.H. 1996. A model of photoperiod temperature interaction effects on plant development. *Crit. Rev. Plant Sci.* 15: 63-96.
- Yan, W., Wallace, D.H. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod temperature interaction. *Ann. Bot.* 81:705-716.
- Zadoks, J. C.; Chang, T. T. and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, Oxford, v. 14, p. 415-421.
- Zuloaga, F. O. y Morrone, O. 2005. Revisión de las especies de *Paspalum* para América del Sur austral: (Argentina, Bolivia, sur del Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). St. Louis, Mo: Missouri Botanical Garden.
- Zuloaga, F. O.; Rúgolo, A. Z. E.; Anton, A. M. R. 2012. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (Argentina), & Instituto de Botánica Darwinion (San Isidro, Argentina). Instituto nacional de tecnología agropecuaria (Argentina). Flora Argentina: Flora vascular de la República Argentina: Volumen 3, Monocotyledoneae. Tomo I, Poaceae: Aristidoideae a Pharoideae. Córdoba, Argentina. Gráficamente Ediciones.

ANEXO I

**Análisis exploratorios fases**

Nueva tabla : 2/1/2021 - 15:42:25 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de conglomerados**

Promedio (Average linkage)  
 Distancia: (Euclidea)  
 Correlación cofenética= 0,969  
 Variables estandarizadas  
 Casos leídos 734  
 Casos omitidos 0

**Variables**

Tmed  
Pp  
RG  
Foto

**Criterios de clasificación**

Fase

**Análisis de conglomerados**

Promedio (Average linkage)  
 Distancia: (Euclidea^2)  
 Correlación cofenética= 0,848  
 Variables estandarizadas  
 Casos leídos 734  
 Casos omitidos 0

**Variables**

Tmed  
Pp  
RG  
Foto

**Criterios de clasificación**

Fase

Nueva tabla : 5/1/2021 - 07:21:45 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de componentes principales**

Datos estandarizados  
 Casos leídos 734  
 Casos omitidos 0

**Variables de clasificación**

Fase

**Matriz de correlación/Coeficientes**

	Tmed	Pp	RG	Foto
Tmed	1,00			
Pp	0,31	1,00		
RG	0,28	-0,53	1,00	
Foto	0,51	-0,40	0,94	1,00

**Matriz de correlación/Probabilidades**

	Tmed	Pp	RG	Foto
Tmed				
Pp	0,5564			
RG	0,5910	0,2761		
Foto	0,2988	0,4328	0,0051	

**Autovalores**

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	2,39	0,60	0,60
2	1,33	0,33	0,93
3	0,26	0,06	0,99
4	0,03	0,01	1,00

**Autovectores**

Variables	e1	e2
Tmed	0,28	0,74
Pp	-0,36	0,66
RG	0,63	-0,08
Foto	0,63	0,13

**Correlaciones con las variables originales**

Variables	CP 1	CP 2
Tmed	0,43	0,85
Pp	-0,56	0,76
RG	0,97	-0,09
Foto	0,98	0,14

Correlación cofenética= 0,990

F1 (Macollaje)

Nueva tabla : 20/9/2020 - 16:40:58 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,99	0,98	14,78	83,89	89,24

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1215,82	161,05	867,90	1563,74	7,55	<0,0001		
*Tmed	19,61	5,68	7,33	31,89	3,45	0,0043	14,91	69,41
Foto	-106,40	17,96	-145,21	-67,59	-5,92	0,0001	38,08	88,58
RG	0,64	0,62	-0,69	1,98	1,04	0,3158	4,09	5,10
PP	0,09	0,02	0,05	0,12	5,55	0,0001	33,76	1,61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4167,91	4	1041,98	236,80	<0,0001
*Tmed	52,41	1	52,41	11,91	0,0043
Foto	154,38	1	154,38	35,08	0,0001
RG	4,79	1	4,79	1,09	0,3158
PP	135,34	1	135,34	30,76	0,0001
Error	57,20	13	4,40		
Total	4225,11	17			

Nueva tabla : 20/9/2020 - 16:45:34 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

**Correlación de Pearson**

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Días	Días	18	1,00	<0,0001
Días	*Tmed	18	-0,89	<0,0001
Días	Foto	18	-0,95	<0,0001
Días	RG	18	0,66	0,0030
Días	PP	18	0,25	0,3121
*Tmed	Días	18	-0,89	<0,0001
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	Foto	18	0,98	<0,0001
*Tmed	RG	18	-0,52	0,0275
*Tmed	PP	18	-0,06	0,8195
Foto	Días	18	-0,95	<0,0001
Foto	*Tmed	18	0,98	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	-0,63	0,0051
Foto	PP	18	-0,06	0,8220
RG	Días	18	0,66	0,0030
RG	*Tmed	18	-0,52	0,0275
RG	Foto	18	-0,63	0,0051
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,31	0,2038
PP	Días	18	0,25	0,3121
PP	*Tmed	18	-0,06	0,8195
PP	Foto	18	-0,06	0,8220
PP	RG	18	-0,31	0,2038
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla : 20/9/2020 - 16:49:38 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,80	0,78	63,91	126,78	129,45

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	479,84	48,11	377,85	581,84	9,97	<0,0001		
*Tmed	-18,85	2,39	-23,92	-13,78	-7,88	<0,0001	62,16	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3360,16	1	3360,16	62,16	<0,0001
*Tmed	3360,16	1	3360,16	62,16	<0,0001
Error	864,95	16	54,06		
Total	4225,11	17			

Nueva tabla : 20/9/2020 - 17:05:18 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,43	0,40	179,14	145,15	147,82

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	0,45	28,90	-60,82	61,72	0,02	0,9877		
RG	5,57	1,60	2,19	8,96	3,49	0,0030	12,17	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1825,44	1	1825,44	12,17	0,0030
RG	1825,44	1	1825,44	12,17	0,0030
Error	2399,68	16	149,98		
Total	4225,11	17			

Nueva tabla : 20/9/2020 - 16:54:46 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,90	0,89	34,22	113,93	116,60

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	916,04	68,03	771,82	1060,26	13,47	<0,0001		
Foto	-56,10	4,68	-66,03	-46,18	-11,99	<0,0001	143,66	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3801,69	1	3801,69	143,66	<0,0001
Foto	3801,69	1	3801,69	143,66	<0,0001
Error	423,42	16	26,46		
Total	4225,11	17			

Nueva tabla : 20/9/2020 - 17:10:26 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,06	0,01	310,79	154,15	156,82

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	72,84	27,02	15,56	130,12	2,70	0,0189		
PP	0,10	0,09	-0,10	0,29	1,04	0,3121	1,09	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	269,36	1	269,36	1,09	0,3121
PP	269,36	1	269,36	1,09	0,3121
Error	3955,75	16	247,23		
Total	4225,11	17			

F2 (encañazón)

Nueva tabla : 20/9/2020 - 17:16:44 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,78	0,71	3,35	65,13	70,47

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	61,32	56,48	-60,70	183,34	1,09	0,2973		
*Tmed	0,74	1,41	-2,30	3,78	0,53	0,6078	3,28	5,22
Foto	-3,42	5,18	-14,61	7,78	-0,66	0,5209	3,44	6,77
RG	-0,11	0,23	-0,60	0,39	-0,46	0,6526	3,21	7,35
PP	0,03	0,01	3,1E-03	0,06	2,38	0,0333	8,66	6,58

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70,11	4	17,53	11,30	0,0004
*Tmed	0,43	1	0,43	0,28	0,6078
Foto	0,68	1	0,68	0,44	0,5209
RG	0,33	1	0,33	0,21	0,6526
PP	8,78	1	8,78	5,66	0,0333
Error	20,17	13	1,55		
Total	90,28	17			

Nueva tabla : 21/9/2020 - 07:19:13 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,74	0,72	1,83	61,86	64,53

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	25,48	0,54	24,33	26,64	46,77	<0,0001		
PP	0,04	0,01	0,03	0,05	6,75	<0,0001	45,53	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66,80	1	66,80	45,53	<0,0001
PP	66,80	1	66,80	45,53	<0,0001
Error	23,47	16	1,47		
Total	90,28	17			

Nueva tabla : 12/1/2021 - 18:13:29 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias F2	18	0,01	0,00	6,67	85,97	88,65

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	9,05	56,77	-111,31	129,40	0,16	0,8754		
Foto	1,30	3,78	-6,72	9,33	0,34	0,7349	0,12	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,67	1	0,67	0,12	0,7349
Foto	0,67	1	0,67	0,12	0,7349
Error	89,61	16	5,60		
Total	90,28	17			

Nueva tabla : 20/9/2020 - 17:18:55 - [Versión

**Coefficientes de correlación**

**Correlación de Pearson**

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Dias	Dias	18	1,00	<0,0001
Dias	*Tmed	18	-0,08	0,7655
Dias	Foto	18	0,09	0,7349
Dias	RG	18	-0,73	0,0006
Dias	PP	18	0,86	<0,0001
*Tmed	Dias	18	-0,08	0,7655
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	Foto	18	0,87	<0,0001
*Tmed	RG	18	0,53	0,1373
*Tmed	PP	18	0,06	0,8088
Foto	Dias	18	0,09	0,7349
Foto	*Tmed	18	0,87	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,36	0,1373
Foto	PP	18	0,29	0,2401
RG	Dias	18	-0,73	0,0006
RG	*Tmed	18	0,53	0,1373
RG	Foto	18	0,36	0,1373
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,71	0,0010
PP	Dias	18	0,86	<0,0001
PP	*Tmed	18	0,06	0,8088
PP	Foto	18	0,29	0,2401
PP	RG	18	-0,71	0,0010
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla : 21/9/2020 - 07:22:56 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,53	0,50	3,20	72,49	75,16

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	38,50	2,36	33,51	43,50	16,33	<0,0001		
RG	-0,47	0,11	-0,70	-0,23	-4,25	0,0006	18,09	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47,91	1	47,91	18,09	0,0006
RG	47,91	1	47,91	18,09	0,0006
Error	42,37	16	2,65		
Total	90,28	17			

Nueva tabla : 12/1/2021 - 17:46:26 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias F2	18	0,01	0,00	6,64	86,00	88,67

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	37,20	28,32	-22,84	97,24	1,31	0,2075		
*Tmed	-0,36	1,17	-2,84	2,13	-0,30	0,7655	0,09	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,52	1	0,52	0,09	0,7655
*Tmed	0,52	1	0,52	0,09	0,7655
Error	89,76	16	5,61		
Total	90,28	17			

### F3 (Espigazón)

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:27:41 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,77	0,70	0,51	32,98	38,33

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	87,44	27,99	26,97	147,91	3,12	0,0081		
Foto	-6,08	2,49	-11,45	-0,71	-2,45	0,0295	8,98	15,79
*Tmed	0,72	0,53	-0,43	1,88	1,36	0,1983	4,84	4,49
RG	0,49	0,12	0,24	0,74	4,18	0,0011	20,47	7,84
PP	0,02	0,01	2,4E-04	0,04	2,19	0,0476	7,78	9,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,56	4	2,89	11,11	0,0004
Foto	1,56	1	1,56	5,98	0,0295
*Tmed	0,48	1	0,48	1,84	0,1983
RG	4,54	1	4,54	17,47	0,0011
PP	1,24	1	1,24	4,78	0,0476
Error	3,38	13	0,26		
Total	14,94	17			

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:29:25 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Dias	Dias	18	1,00	<0,0001
Dias	Foto	18	0,35	0,1501
Dias	*Tmed	18	0,60	0,0082
Dias	RG	18	0,82	<0,0001
Dias	PP	18	-0,30	0,2296
Foto	Dias	18	0,35	0,1501
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	*Tmed	18	0,73	0,0006
Foto	RG	18	0,58	0,0120
Foto	PP	18	0,53	0,0236
*Tmed	Dias	18	0,60	0,0082
*Tmed	Foto	18	0,73	0,0006
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	RG	18	0,77	0,0002
*Tmed	PP	18	-0,03	0,9028
RG	Dias	18	0,82	<0,0001
RG	Foto	18	0,58	0,0120
RG	*Tmed	18	0,77	0,0002
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,32	0,2028
PP	Dias	18	-0,30	0,2296
PP	Foto	18	0,53	0,0236
PP	*Tmed	18	-0,03	0,9028
PP	RG	18	-0,32	0,2028
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:43:47 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,67	0,65	0,37	33,93	36,61

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	20,53	0,98	18,44	22,62	20,85	<0,0001		
RG	0,26	0,05	0,16	0,35	5,66	<0,0001	32,06	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,97	1	9,97	32,06	<0,0001
RG	9,97	1	9,97	32,06	<0,0001
Error	4,97	16	0,31		
Total	14,94	17			

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:46:44 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,36	0,32	0,79	45,64	48,31

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-1,53	9,15	-20,93	17,87	-0,17	0,8693		
*Tmed	1,15	0,38	0,34	1,96	3,02	0,0082	9,09	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,41	1	5,41	9,09	0,0082
*Tmed	5,41	1	5,41	9,09	0,0082
Error	9,53	16	0,60		
Total	14,94	17			

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:32:05 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,12	0,07	1,05	51,33	54,00

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1,06	16,54	-33,99	36,12	0,06	0,9496		
Foto	1,68	1,11	-0,67	4,03	1,51	0,1501	2,28	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,87	1	1,87	2,28	0,1501
Foto	1,87	1	1,87	2,28	0,1501
Error	13,08	16	0,82		
Total	14,94	17			

Nueva tabla\_1 : 21/9/2020 - 07:36:46 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,09	0,03	1,06	52,06	54,73

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	26,55	0,45	25,59	27,50	58,89	<0,0001		
PP	-0,01	0,01	-0,02	4,7E-03	-1,25	0,2296	1,56	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,33	1	1,33	1,56	0,2296
PP	1,33	1	1,33	1,56	0,2296
Error	13,62	16	0,85		
Total	14,94	17			

**F4 (Floración)**

Nueva tabla : 13/1/2021 - 09:48:42 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias F4	18	0,97	0,96	3,74	65,69	71,03

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	72,65	83,06	-106,80	252,10	0,87	0,3976		
*Tmed	1,27	1,14	-1,19	3,74	1,12	0,2842	4,25	10,92
Foto	-3,93	5,74	-16,34	8,48	-0,68	0,5059	3,47	18,93
RG	-0,99	0,57	-2,23	0,24	-1,74	0,1063	6,01	39,07
PP	0,08	0,02	0,04	0,13	3,80	0,0022	17,45	12,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	594,30	4	148,58	92,82	<0,0001
*Tmed	2,00	1	2,00	1,25	0,2842
Foto	0,75	1	0,75	0,47	0,5059
RG	4,82	1	4,82	3,01	0,1063
PP	23,13	1	23,13	14,45	0,0022
Error	20,81	13	1,60		
Total	615,11	17			

Nueva tabla : 13/1/2021 - 09:57:17 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

Correlación de Pearson

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Dias F4	Dias F4	18	1,00	<0,0001
Dias F4	*Tmed	18	-0,37	0,1335
Dias F4	Foto	18	-0,24	0,3420
Dias F4	RG	18	-0,75	0,0003
Dias F4	PP	18	0,85	<0,0001
*Tmed	Dias F4	18	-0,37	0,1335
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	Foto	18	0,88	<0,0001
*Tmed	RG	18	0,86	<0,0001
*Tmed	PP	18	0,08	0,7587
Foto	Dias F4	18	-0,24	0,3420
Foto	*Tmed	18	0,88	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,78	0,0001
Foto	PP	18	0,26	0,2905
RG	Dias F4	18	-0,75	0,0003
RG	*Tmed	18	0,86	<0,0001
RG	Foto	18	0,78	0,0001
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,35	0,1522
PP	Dias F4	18	0,85	<0,0001
PP	*Tmed	18	0,08	0,7587
PP	Foto	18	0,26	0,2905
PP	RG	18	-0,35	0,1522
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla : 13/1/2021 - 15:03:26 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias F4	18	0,73	0,71	12,49	97,21	99,88

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	22,32	1,43	19,29	25,34	15,63	<0,0001		
PP	0,10	0,02	0,07	0,14	6,55	<0,0001	42,84	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	447,85	1	447,85	42,84	<0,0001
PP	447,85	1	447,85	42,84	<0,0001
Error	167,26	16	10,45		
Total	615,11	17			

Nueva tabla\_2 : 21/9/2020 - 08:02:59 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,56	0,54	19,97	105,69	108,36

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	58,89	6,37	45,38	72,40	9,24	<0,0001		
RG	-1,35	0,30	-1,98	-0,72	-4,55	0,0003	20,72	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	347,10	1	347,10	20,72	0,0003
RG	347,10	1	347,10	20,72	0,0003
Error	268,02	16	16,75		
Total	615,11	17			

Nueva tabla\_2 : 21/9/2020 - 07:59:40 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,14	0,08	40,23	118,03	120,71

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	89,75	37,68	9,88	169,63	2,38	0,0300		
*Tmed	-2,49	1,57	-5,82	0,85	-1,58	0,1335	2,50	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83,10	1	83,10	2,50	0,1335
*Tmed	83,10	1	83,10	2,50	0,1335
Error	532,01	16	33,25		
Total	615,11	17			

Nueva tabla\_2 : 21/9/2020 - 08:05:43 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,06	0,00	43,40	119,60	122,27

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	121,28	92,99	-75,85	318,40	1,30	0,2106		
Foto	-6,15	6,28	-19,48	7,17	-0,98	0,3420	0,96	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34,78	1	34,78	0,96	0,3420
Foto	34,78	1	34,78	0,96	0,3420
Error	580,33	16	36,27		
Total	615,11	17			

F5 (Granazón)

Nueva tabla : 6/1/2021 - 08:42:51 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,95	0,94	3,55	68,59	73,93

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-155,57	97,17	-365,49	54,35	-1,60	0,1334		
*Tmed	-1,28	2,04	-5,68	3,12	-0,63	0,5409	3,39	21,05
Foto	16,72	10,45	-5,86	39,31	1,60	0,1337	5,56	181,65
RG	-1,58	0,71	-3,11	-0,05	-2,23	0,0440	7,97	93,53
PP	0,05	0,05	-0,05	0,15	1,05	0,3111	4,11	26,25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	492,06	4	123,01	65,43	<0,0001
*Tmed	0,74	1	0,74	0,39	0,5409
Foto	4,81	1	4,81	2,56	0,1337
RG	9,35	1	9,35	4,97	0,0440
PP	2,09	1	2,09	1,11	0,3111
Error	24,44	13	1,88		
Total	516,50	17			

Nueva tabla : 13/1/2021 - 15:44:42 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

**Correlación de Pearson**

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Dias F5	Dias F5	18	1,00	<0,0001
Dias F5	*Tmed	18	0,70	0,0013
Dias F5	Foto	18	0,29	0,2463
Dias F5	RG	18	-0,31	0,2143
Dias F5	PP	18	0,92	<0,0001
*Tmed	Dias F5	18	0,70	0,0013
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	Foto	18	0,82	<0,0001
*Tmed	RG	18	0,36	0,1391
*Tmed	PP	18	0,85	<0,0001
Foto	Dias F5	18	0,29	0,2463
Foto	*Tmed	18	0,82	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,81	<0,0001
Foto	PP	18	0,57	0,0132
RG	Dias F5	18	-0,31	0,2143
RG	*Tmed	18	0,36	0,1391
RG	Foto	18	0,81	<0,0001
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	2,6E-03	0,9919
PP	Dias F5	18	0,92	<0,0001
PP	*Tmed	18	0,85	<0,0001
PP	Foto	18	0,57	0,0132
PP	RG	18	2,6E-03	0,9919
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla\_3 : 21/9/2020 - 08:18:40 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,49	0,46	19,68	105,48	108,16

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-94,45	31,30	-160,80	-28,10	-3,02	0,0082		
*Tmed	5,14	1,32	2,34	7,93	3,90	0,0013	15,19	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	251,58	1	251,58	15,19	0,0013
*Tmed	251,58	1	251,58	15,19	0,0013
Error	264,92	16	16,56		
Total	516,50	17			

Nueva tabla : 6/1/2021 - 08:58:40 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,84	0,83	5,93	84,26	86,93

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	16,65	1,29	13,91	19,38	12,92	<0,0001		
PP	0,14	0,01	0,11	0,17	9,24	<0,0001	85,44	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	435,04	1	435,04	85,44	<0,0001
PP	435,04	1	435,04	85,44	<0,0001
Error	81,46	16	5,09		
Total	516,50	17			

Nueva tabla\_3 : 21/9/2020 - 08:21:13 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,08	0,03	35,35	115,94	118,61

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-25,67	44,20	-119,36	68,02	-0,58	0,5694		
Foto	3,70	3,08	-2,82	10,23	1,20	0,2463	1,45	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42,88	1	42,88	1,45	0,2463
Foto	42,88	1	42,88	1,45	0,2463
Error	473,62	16	29,60		
Total	516,50	17			

Nueva tabla\_3 : 21/9/2020 - 08:23:21 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Dias	18	0,09	0,04	34,95	115,71	118,38

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	34,69	5,71	22,60	46,79	6,08	<0,0001		
RG	-0,37	0,29	-0,99	0,24	-1,29	0,2143	1,67	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48,88	1	48,88	1,67	0,2143
RG	48,88	1	48,88	1,67	0,2143
Error	467,62	16	29,23		
Total	516,50	17			

**F6 (Madurez)**

Nueva tabla\_1 : 13/1/2021 - 17:31:32 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días F6	18	0,93	0,91	1,31	52,66	58,00

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-76,95	21,21	-122,78	-31,12	-3,63	0,0031		
°Tmed	0,90	1,40	-2,12	3,93	0,64	0,5302	3,42	31,53
Foto	6,68	3,81	-1,56	14,92	1,75	0,1034	6,07	58,66
RG	-0,40	0,21	-0,84	0,05	-1,93	0,0753	6,74	18,60
PP	-0,01	0,01	-0,04	0,02	-0,63	0,5421	3,39	5,86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	138,86	4	34,71	44,74	<0,0001
°Tmed	0,32	1	0,32	0,42	0,5302
Foto	2,38	1	2,38	3,07	0,1034
RG	2,90	1	2,90	3,74	0,0753
PP	0,30	1	0,30	0,39	0,5421
Error	10,09	13	0,78		
Total	148,94	17			

Nueva tabla\_4 : 21/9/2020 - 08:33:13 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,90	0,90	1,15	53,33	56,00

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-46,38	6,39	-59,92	-32,84	-7,26	<0,0001		
°Tmed	3,28	0,27	2,71	3,86	12,13	<0,0001	147,12	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	134,33	1	134,33	147,12	<0,0001
°Tmed	134,33	1	134,33	147,12	<0,0001
Error	14,61	16	0,91		
Total	148,94	17			

Nueva tabla\_1 : 6/1/2021 - 10:42:49 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,53	0,50	5,21	81,41	84,09

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	27,12	1,04	24,90	29,33	25,97	<0,0001		
PP	0,06	0,01	0,03	0,09	4,27	0,0006	18,26	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	79,38	1	79,38	18,26	0,0006
PP	79,38	1	79,38	18,26	0,0006
Error	69,56	16	4,35		
Total	148,94	17			

Nueva tabla\_1 : 13/1/2021 - 17:44:51 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Días F6	Días F6	18	1,00	<0,0001
Días F6	°Tmed	18	0,95	<0,0001
Días F6	Foto	18	0,81	<0,0001
Días F6	RG	18	0,04	0,8839
Días F6	PP	18	0,73	0,0006
°Tmed	Días F6	18	0,95	<0,0001
°Tmed	°Tmed	18	1,00	<0,0001
°Tmed	Foto	18	0,89	<0,0001
°Tmed	RG	18	0,16	0,5233
°Tmed	PP	18	0,69	0,0015
Foto	Días F6	18	0,81	<0,0001
Foto	°Tmed	18	0,89	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,57	0,0137
Foto	PP	18	0,42	0,0828
RG	Días F6	18	0,04	0,8839
RG	°Tmed	18	0,16	0,5233
RG	Foto	18	0,57	0,0137
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,42	0,0827
PP	Días F6	18	0,73	0,0006
PP	°Tmed	18	0,69	0,0015
PP	Foto	18	0,42	0,0828
PP	RG	18	-0,42	0,0827
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla\_4 : 21/9/2020 - 08:35:41 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,66	0,64	3,76	75,72	78,39

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-48,58	14,31	-78,92	-18,25	-3,40	0,0037		
Foto	5,60	1,01	3,47	7,74	5,57	<0,0001	31,00	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98,24	1	98,24	31,00	<0,0001
Foto	98,24	1	98,24	31,00	<0,0001
Error	50,71	16	3,17		
Total	148,94	17			

Nueva tabla\_4 : 21/9/2020 - 08:37:59 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	1,4E-03	0,00	11,10	95,09	97,77

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	30,58	3,26	23,68	37,49	9,39	<0,0001		
RG	0,02	0,16	-0,32	0,37	0,15	0,8839	0,02	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	1	0,20	0,02	0,8839
RG	0,20	1	0,20	0,02	0,8839
Error	148,74	16	9,30		
Total	148,94	17			

**Subperíodo Macollaje-Floración (Mac-Fl)**

Nueva tabla : 30/10/2020 - 15:42:41 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,92	0,89	15,49	97,19	102,53

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-466,82	433,27	-1402,85	469,20	-1,08	0,3009		
°Tmed	-17,06	4,27	-26,28	-7,85	-4,00	0,0015	19,00	15,60
Foto	57,36	32,35	-12,52	127,25	1,77	0,0996	6,14	7,40
RG	2,10	1,20	-0,50	4,70	1,74	0,1048	6,04	29,59
PP	0,06	0,04	-0,01	0,14	1,75	0,1029	6,08	18,86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1300,75	4	325,19	35,30	<0,0001
°Tmed	147,40	1	147,40	16,00	0,0015
Foto	28,96	1	28,96	3,14	0,0996
RG	28,01	1	28,01	3,04	0,1048
PP	28,34	1	28,34	3,08	0,1029
Error	119,75	13	9,21		
Total	1420,50	17			

Nueva tabla : 30/10/2020 - 16:00:15 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,80	0,79	23,23	106,64	109,32

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	28,33	2,02	24,04	32,62	13,99	<0,0001		
PP	0,09	0,01	0,07	0,11	8,03	<0,0001	64,44	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1137,95	1	1137,95	64,44	<0,0001
PP	1137,95	1	1137,95	64,44	<0,0001
Error	282,55	16	17,66		
Total	1420,50	17			

Nueva tabla : 30/10/2020 - 15:55:17 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,58	0,56	47,30	120,00	122,67

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	288,13	52,04	177,82	398,45	5,54	<0,0001		
°Tmed	-10,23	2,17	-14,83	-5,64	-4,72	0,0002	22,30	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	827,05	1	827,05	22,30	0,0002
°Tmed	827,05	1	827,05	22,30	0,0002
Error	593,45	16	37,09		
Total	1420,50	17			

Nueva tabla\_2 : 15/1/2021 - 10:35:36 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

**Correlación de Pearson**

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Días Mac-Fl	Días Mac-Fl	18	1,00	<0,0001
Días Mac-Fl	°Tmed	18	-0,76	0,0002
Días Mac-Fl	Foto	18	0,05	0,8553
Días Mac-Fl	RG	18	-0,81	<0,0001
Días Mac-Fl	PP	18	0,90	<0,0001
°Tmed	Días Mac-Fl	18	-0,76	0,0002
°Tmed	°Tmed	18	1,00	<0,0001
°Tmed	Foto	18	0,55	0,0181
°Tmed	RG	18	0,94	<0,0001
°Tmed	PP	18	-0,68	0,0018
Foto	Días Mac-Fl	18	0,05	0,8553
Foto	°Tmed	18	0,55	0,0181
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,34	0,1640
Foto	PP	18	0,16	0,5357
RG	Días Mac-Fl	18	-0,81	<0,0001
RG	°Tmed	18	0,94	<0,0001
RG	Foto	18	0,34	0,1640
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,85	<0,0001
PP	Días Mac-Fl	18	0,90	<0,0001
PP	°Tmed	18	-0,68	0,0018
PP	Foto	18	0,16	0,5357
PP	RG	18	-0,85	<0,0001
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla : 30/10/2020 - 15:58:58 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,66	0,64	39,32	116,10	118,77

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	88,45	8,28	70,90	106,00	10,68	<0,0001		
RG	-2,24	0,40	-3,08	-1,39	-5,62	<0,0001	31,57	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	942,69	1	942,69	31,57	<0,0001
RG	942,69	1	942,69	31,57	<0,0001
Error	477,81	16	29,86		
Total	1420,50	17			

Nueva tabla : 30/10/2020 - 15:56:30 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	2,1E-03	0,00	109,90	135,67	138,35

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-60,72	557,04	-1241,60	1120,15	-0,11	0,9145		
Foto	6,84	36,89	-71,37	85,04	0,19	0,8553	0,03	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,04	1	3,04	0,03	0,8553
Foto	3,04	1	3,04	0,03	0,8553
Error	1417,46	16	88,59		
Total	1420,50	17			

**Subperíodo Floración-Madurez Fisiológica (Fl-MF)**

Nueva tabla : 7/1/2021 - 19:31:15 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,92	0,90	27,40	85,47	90,81

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	360,44	31,59	292,20	428,68	11,41	<0,0001		
*Tmed	-1,45	1,13	-3,88	0,99	-1,28	0,2212	4,65	7,23
Foto	-23,13	3,40	-30,48	-15,78	-6,80	<0,0001	49,18	4,73
RG	1,44	0,29	0,81	2,06	4,97	0,0003	27,70	4,17
PP	0,05	0,04	-0,03	0,13	1,43	0,1771	5,04	2,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	753,34	4	188,34	39,21	<0,0001
*Tmed	7,93	1	7,93	1,65	0,2212
Foto	221,82	1	221,82	46,18	<0,0001
RG	118,63	1	118,63	24,70	0,0003
PP	9,78	1	9,78	2,04	0,1771
Error	62,44	13	4,80		
Total	815,78	17			

Nueva tabla : 31/10/2020 - 06:57:52 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,75	0,73	15,93	100,87	103,54

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	279,08	37,08	200,47	357,69	7,53	<0,0001		
Foto	-17,65	2,56	-23,07	-12,23	-6,90	<0,0001	47,68	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	610,80	1	610,80	47,68	<0,0001
Foto	610,80	1	610,80	47,68	<0,0001
Error	204,98	16	12,81		
Total	815,78	17			

Nueva tabla : 15/1/2021 - 15:57:11 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días Fl-MF	18	2,9E-03	0,00	63,98	125,68	128,35

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	23,87	3,92	15,56	32,19	6,09	<0,0001		
PP	-0,02	0,08	-0,19	0,15	-0,21	0,8326	0,05	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,35	1	2,35	0,05	0,8326
PP	2,35	1	2,35	0,05	0,8326
Error	813,43	16	50,84		
Total	815,78	17			

Nueva tabla : 7/1/2021 - 19:52:46 - [Versión : 20/9/2019]

**Coefficientes de correlación**

**Correlación de Pearson**

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Días	Días	18	1,00	<0,0001
Días	*Tmed	18	-0,63	0,0047
Días	Foto	18	-0,87	<0,0001
Días	RG	18	-0,28	0,2622
Días	PP	18	-0,05	0,8326
*Tmed	Días	18	-0,63	0,0047
*Tmed	*Tmed	18	1,00	<0,0001
*Tmed	Foto	18	0,83	<0,0001
*Tmed	RG	18	0,84	<0,0001
*Tmed	PP	18	-0,45	0,0601
Foto	Días	18	-0,87	<0,0001
Foto	*Tmed	18	0,83	<0,0001
Foto	Foto	18	1,00	<0,0001
Foto	RG	18	0,65	0,0033
Foto	PP	18	-0,11	0,6593
RG	Días	18	-0,28	0,2622
RG	*Tmed	18	0,84	<0,0001
RG	Foto	18	0,65	0,0033
RG	RG	18	1,00	<0,0001
RG	PP	18	-0,59	0,0095
PP	Días	18	-0,05	0,8326
PP	*Tmed	18	-0,45	0,0601
PP	Foto	18	-0,11	0,6593
PP	RG	18	-0,59	0,0095
PP	PP	18	1,00	<0,0001

Nueva tabla : 31/10/2020 - 06:55:12 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,40	0,37	37,15	116,45	119,13

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	104,79	24,90	52,00	157,59	4,21	0,0007		
*Tmed	-3,46	1,05	-5,70	-1,23	-3,28	0,0047	10,79	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	328,50	1	328,50	10,79	0,0047
*Tmed	328,50	1	328,50	10,79	0,0047
Error	487,28	16	30,46		
Total	815,78	17			

Nueva tabla : 31/10/2020 - 07:08:13 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Días	18	0,08	0,02	56,38	124,27	126,94

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	33,83	9,36	13,98	53,68	3,61	0,0023		
RG	-0,51	0,44	-1,45	0,42	-1,16	0,2622	1,35	1,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63,51	1	63,51	1,35	0,2622
RG	63,51	1	63,51	1,35	0,2622
Error	752,27	16	47,02		
Total	815,78	17			

ANEXO II

Análisis Número de macollos por metro cuadrado (N.º Mac./m<sup>2</sup>)

Nueva tabla : 23/9/2021 - 11:28:29 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Mac. (m2)	24	0,83	0,76	13,51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2100076,52	7	300010,93	11,21	<0,0001
Campaña	1689344,13	3	563114,71	21,05	<0,0001
Trat de corte	181301,21	1	181301,21	6,78	0,0192
Campaña*Trat de corte	229431,17	3	76477,06	2,86	0,0698
Error	428113,12	16	26757,07		
Total	2528189,63	23			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=200,20504**  
 Error: 26757,0698 gl: 16

Campaña	Medias	n	E.E.	
2	807,61	6	66,78	A
1	1140,80	6	66,78	B
3	1416,67	6	66,78	C
4	1478,60	6	66,78	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=141,56634**  
 Error: 26757,0698 gl: 16

Trat de corte	Medias	n	E.E.	
15 cm	1124,01	12	47,22	A
5 cm	1297,84	12	47,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=283,13268**  
 Error: 26757,0698 gl: 16

Campaña	Trat de corte	Medias	n	E.E.	
2	15 cm	790,95	3	94,44	A
2	5 cm	824,27	3	94,44	A
1	15 cm	971,20	3	94,44	A B
3	15 cm	1221,10	3	94,44	B C
1	5 cm	1310,40	3	94,44	C D
4	5 cm	1444,43	3	94,44	C D E
4	15 cm	1512,77	3	94,44	D E
3	5 cm	1612,23	3	94,44	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Análisis Biomasa aérea total por hectárea (Kg MS/ha)**

Nueva tabla : 23/9/2021 - 11:24:59 - [Versión : 20/9/2019]

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PS Total Muestra (kg/ha)	24	0,77	0,67	18,57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38980422,53	7	5568631,79	7,60	0,0004
Campaña	28977283,78	3	9659094,59	13,19	0,0001
Trat de corte	14990,00	1	14990,00	0,02	0,8880
Campaña*Trat de corte	9988148,75	3	3329382,92	4,55	0,0174
Error	11718814,51	16	732425,91		
Total	50699237,04	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1047,46030

Error: 732425,9067 gl: 16

Campaña	Medias	n	E.E.
4	3605,23	6	349,39 A
3	3871,47	6	349,39 A
1	4536,00	6	349,39 A
2	6418,07	6	349,39 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=740,66628

Error: 732425,9067 gl: 16

Trat de corte	Medias	n	E.E.
15 cm	4582,70	12	247,05 A
5 cm	4632,68	12	247,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1481,33256

Error: 732425,9067 gl: 16

Campaña	Trat de corte	Medias	n	E.E.
4	15 cm	2662,93	3	494,11 A
3	15 cm	3696,93	3	494,11 A B
3	5 cm	4046,00	3	494,11 A B
1	5 cm	4368,00	3	494,11 B C
4	5 cm	4547,53	3	494,11 B C
1	15 cm	4704,00	3	494,11 B C
2	5 cm	5569,20	3	494,11 C
2	15 cm	7266,93	3	494,11 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)