

**CARACTERIZACION Y EVALUACION DE DIFERENTES MORFOTIPOS DE
FESTUCA ALTA (SCHEDONORUS PHOENIX SCOP. HOLUB) POR
ATRIBUTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE Y SEMILLAS**

Trabajo Final de Grado
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino,.....

**CARACTERIZACION Y EVALUACION DE DIFERENTES MORFOTIPOS DE
FESTUCA ALTA (SCHEDONORUS PHOENIX SCOP. HOLUB) POR
ATRIBUTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE Y SEMILLAS**

Trabajo Final de Grado

del alumno

JUAN JOSE LANZILLOTTA

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Co-Director

(Nombre y Apellido)
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino,.....

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la EEA INTA Pergamino, institución a la cual pertenezco, y en particular al Banco de germoplasma, lugar físico donde desarrolle mi investigación. A mi directora de tesis Beatriz Rosso y co-director Jorge Omar Scheneiter por guiarme en este proyecto y por sus valiosas enseñanzas.

Deseo agradecer también a María José Beribe perteneciente a Estadísticas, Iris Ballestrasse, del Centro Documental de la Experimental y al grupo tanto profesional como de apoyo del Banco de Germoplasma por su colaboración y predisposición.

Por último agradecer especialmente a mis padres Pascual y Susana, mis hermanos Antonela y Juan Manuel, a mi novia Marina, por su comprensión y apoyo incondicional durante esta etapa.

INDICE GENERAL

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. HIPÓTESIS y OBJETIVOS.....	7
4. MATERIALES Y METODOS.....	8
5. RESULTADOS.....	12
6. DISCUSIÓN.....	22
7. CONCLUSIONES.....	29
8. BIBLIOGRAFIA.....	30
9. ANEXO.....	36

1. RESUMEN

La festuca alta (*Schedonorus phoenix* Scop. Holub=*Festuca arundinacea* Schreb.) es una gramínea forrajera que en el ecosistema templado húmedo de la Argentina ocupa la mayor superficie como integrante de pasturas cultivadas o puras para producción de semilla.

Existe una variación dentro de la especie, con 3 razas eco geográficas o morfotipos dentro de esta especie: continental, mediterránea y rizomatosa. Estos morfotipos presentan diferencias en cuanto a la distribución estacional de la producción de forraje.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los atributos morfo-agronómicos y evaluar la producción de forraje y semilla de entradas de festuca alta de distinto origen y tipo, conservadas en el Banco de Germoplasma de la EEA Pergamino.

Se evaluaron a campo en condición de planta aislada, trece poblaciones no mejoradas y dos testigos comerciales de festuca alta. Dentro de los tratamientos, se encuentran representados los 3 morfotipos de festuca alta además de un germoplasma de *Festuca letourneuxiana*, que es la única especie decaploide.

Los resultados obtenidos en el presente experimento muestran la existencia de variabilidad fenotípica para los caracteres evaluados, que posibilitará la identificación de materiales para ser incluidos en futuros programas de mejoramiento genético de la especie. Para ello, la conservación de germoplasma constituye una fuente importante para el desarrollo de nuevos cultivares.

2. INTRODUCCIÓN

La festuca alta (*Schedonorus phoenix* Scop. Holub=*Festuca arundinacea* Schreb.) es una gramínea forrajera originaria de las regiones templadas de Europa, Asia y norte de África. Esta especie pasó a EE.UU. desde Inglaterra y de allí a la Argentina, donde alcanzó gran difusión a partir del año 1954, siendo los cultivares “K 31” y “Alta” procedentes de los estados de Kentucky y Oregón, respectivamente, los primeros introducidos en el país (Scheneiter *et al.*, 2015).

Esta especie también se utiliza como césped y en prácticas conservacionistas de manejo de suelos (Cuyeu *et al.*, 2013). Es largamente perenne, de la cual se conocen pasturas de más de 30 años desde su establecimiento (Maddaloni y Ferrari, 2005).

Presenta un hábito de crecimiento cespitoso y forma matas densas con rizomas cortos. Las láminas son planas, glabras, de nervaduras bien marcadas en el haz y de envés brillante, de 20 a 70 cm de longitud y 6 a 10 mm de ancho. Su inflorescencia es una panoja laxa algo contraída, multiflora, de entre 20 a 50 cm de longitud. Las espiguillas son plurifloras. Los cariopses son oblongos de 0,7 mm de longitud, están fuertemente vestidos por la lemma y la palea y presentan compresión dorsiventral. El peso de 1000 semillas varía entre 1,5 y 2,2 g (Maddaloni y Ferrari, 2005). En la Figura 1 se observan detalles vegetativos y reproductivos de la especie.

El peso de mil semillas además de ser un componente del rendimiento, es una variable indicativa de la calidad de semillas y está estrechamente relacionada con el vigor de plántulas y la capacidad de crecimiento inicial de las mismas, especialmente durante la etapa heterótrofa (Schaal y Smith, 1980; Formoso, 2010).

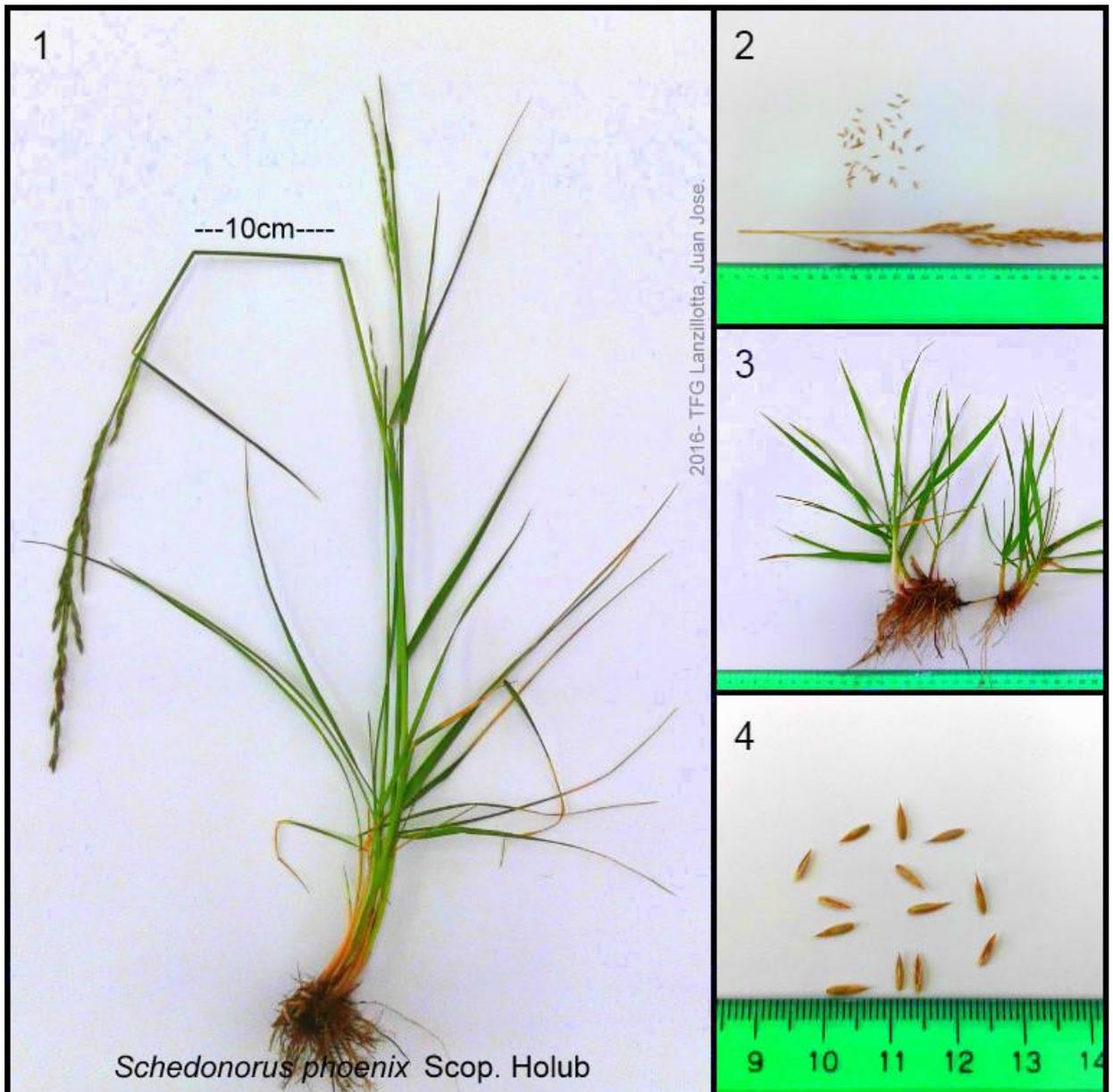


Figura 1: *Schedonorus phoenix* Scop. Holub. 1) Planta en estado reproductivo, 2) panoja, 3) planta en estado vegetativo con macollos y rizomas, 4) cariopses.

El género *Festuca* contiene más de 500 especies, con rangos de ploidia que van desde diploide ($2n=2x=14$) hasta dodecaploide ($2n=12x=84$). La más importante es la *Festuca* alta (*Schedonorus phoenix* Scop. Holub.) que es hexaploide ($2n=6x=42$). Existe una variación dentro de la especie, con 3 razas eco geográficas

o morfotipos que comúnmente se describen dentro de esta especie: continental (=norte de Europa), mediterránea y rizomatosa (Hand *et al.*, 2012).

Estos morfotipos presentan diferencias en cuanto a la distribución estacional de la producción de forraje. En base a lo anterior, se encuentran cultivares con latencia estival verdadera (tipo mediterráneo) donde cesa la producción durante los meses de verano y cultivares con latencia estival relativa (tipo continental) periodo durante el cual se encuentran semi-inactivos pero continúan su crecimiento en verano cuando la disponibilidad de humedad lo permite.

El morfotipo **continental** se distribuye de forma natural en todo el norte de Europa y corresponde a la mayoría de los cultivares tradicionalmente disponibles en la Argentina (Hand *et al.*, 2012). Además, es más resistente al frío y permanece activo en verano, es decir que tiene alto potencial de producción de forraje desde mediados de primavera hasta el inicio del otoño. Frecuentemente tiene hojas anchas y produce forraje todo el año en las regiones en que se encuentra adaptado (Bertín, 2010).

El morfotipo **mediterráneo** se origina en el norte de África, principalmente en las actuales Argelia y Túnez (Hand *et al.*, 2012). Es menos tolerante a temperaturas muy bajas, sin embargo crece activamente en invierno en regiones templadas, por lo tanto produce forraje desde mediados de otoño hasta principios de primavera. Tiene hojas más finas que el morfotipo continental.

La festuca alta morfotipo **rizomatoso**, es originario del norte de España y Portugal, tiene rizomas más largos y en mayor cantidad que los cultivares continentales y no es tan resistente al frío (Bertin, 2010). Este morfotipo, es utilizado en los programas de mejoramiento para césped (Hand *et al.*, 2012).

El valor nutritivo, al igual que otras gramíneas perennes en el norte de la provincia de Buenos Aires, es elevado en otoño e invierno y disminuye luego de la floración y durante el verano. De este modo, se especula que las variedades de

floración tardía pueden mantener durante más tiempo niveles de calidad elevados en comparación con germoplasma de floración temprana (Maddaloni y Ferrari, 2005).

Existe un mutualismo entre festuca alta y un hongo denominado *Neotyphodium coenophialum*. Las plantas infectadas por dicho hongo endófito, pueden desempeñarse mejor que las plantas no infectadas, especialmente bajo condiciones edáficas limitantes, donde favorecería la captación de minerales como el fósforo (Malinowski *et al.*, 2000, Rahman y Saiga, 2005). No obstante, en ciertas condiciones pueden producir problemas de intoxicación en el animal que la pastorea. Esto determina bajas de producción de carne y/o alteraciones en la fertilidad en equinos. La intoxicación ocurre cuando la planta que presenta el hongo produce alcaloides que afectan la salud del animal (Paterson *et al.*, 1995, Maddaloni y Ferrari, 2005). Cabe mencionar que no todas las semillas están infectadas con dicho hongo, y que la legislación Argentina admite la comercialización de la misma como libre de endófito si presenta un 5 % de semillas infectadas como límite máximo (INASE, 1995).

La Roya del Tallo (*Puccinia graminis* Pers) es una enfermedad que afecta la productividad forrajera y la producción de semilla de festuca alta. La detección e incorporación en los programas de mejoramiento de nuevas fuente de resistencia requiere del uso eficiente de los datos fenotípicos generados en los bancos de germoplasma (Velazco *et al.*, 2012).

La demanda de especies forrajeras adaptadas a diferentes ambientes, y con elevado nivel nutricional, ha llevado a la búsqueda de germoplasma para ser utilizado en el mejoramiento genético. Desde este punto de vista, los recursos fitogenéticos son recursos naturales, percederos y limitados, fuentes de genes que le permiten al mejorador contar con plantas para obtener cultivares superiores (Rosso, 2005).

En Argentina, el germoplasma comenzó a ser conservado con la implementación de la Red de Bancos y Colecciones de Recursos Fitogenéticos (RBG) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El objetivo es lograr

que la diversidad genética se encuentre disponible para la investigación y el mejoramiento genético (Rosso *et al.*, 2012).

Uno de los objetivos del mejoramiento es incrementar la oferta de forraje de calidad. Por ello, el desarrollo de cultivares de gramíneas forrajeras superiores, de alta adaptación al ambiente, producción y mejor distribución estacional de forraje, representa un desafío mayor para los mejoradores de las especies forrajeras. Sin embargo, la producción de forraje es controlada por muchos genes y su grado de determinación genética es bajo, por lo que el progreso en este carácter es lento (Pagano y Rimieri, 2005).

Por su parte, la producción de semilla es una variable de alta prioridad en el proceso de selección y mejoramiento, ya que es necesario efectuar la multiplicación de la misma, al igual que en la etapa comercial donde impactará en los costos finales. La producción de semillas está determinada por el número de panojas/m², el número de espiguillas/panoja, semillas/panoja y el peso de 1000 semillas (Castaño, 2005).

Actualmente, en el USDA (United States Department of Agriculture) existe una colección mundial de *Schedonorus phoenix* Scop. Holub de diferentes orígenes que cuenta con 948 accesiones. En el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (EEA Pergamino), se han introducido diversas poblaciones de esa colección mundial de festuca alta y también se colectaron poblaciones naturalizadas de Argentina (Rimieri *et al.*, 2006). Las accesiones del Banco de Germoplasma responden a la estructura genética de población, a excepción de los cultivares comerciales que son variedades sintéticas.

La detección de la presencia de variabilidad en las colecciones de germoplasma adquiere relevancia en el momento de seleccionar materiales para los programas de mejoramiento genético.

En la mayoría de los bancos de germoplasma se realiza una caracterización morfológica y agronómica en la que se evalúan las características responsables de la morfología y la arquitectura de la planta y, las relacionadas con aspectos de manejo agronómico y de producción que son de interés para el mejorador.

Dichos caracteres son los que proporcionan datos, los cuales se pueden analizar, mediante el empleo de métodos simples o complejos que van desde análisis univariados hasta multivariados. Estos tienen el propósito de reducir el volumen de información que es característico de trabajos como el presente. Mediante la aplicación de estos métodos es posible obtener conclusiones acerca de la variabilidad y la utilidad del germoplasma (Hidalgo, 2003).

Con la caracterización y evaluación de una selección de entradas de festuca alta en el presente trabajo, se pretende proporcionar mayor detalle acerca de las poblaciones y de la estructura genética que se conservara para facilitar la disponibilidad del germoplasma en utilidades futuras.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis:

Existe variabilidad fenotípica en poblaciones de *Schedonorus phoenix* Scop. Holub de distinto origen y tipo, en una selección de entradas del Banco Activo de Germoplasma de la EEA INTA Pergamino.

Objetivo general:

Caracterizar los atributos morfo agronómicos y evaluar la producción de forraje y semilla de entradas de festuca alta de distinto origen y tipo, conservadas en el Banco de Germoplasma de la EEA Pergamino.

Objetivo específico:

Identificar entre poblaciones de diferente origen y tipo, aquellas con mejor comportamiento en cuanto a producción de forraje y semilla para que puedan ser introducidas en un programa de mejoramiento genético.

4. MATERIALES Y MÉTODOS:

Tratamientos

Se evaluaron 13 poblaciones no mejoradas y 2 testigos comerciales de festuca alta de la colección del Banco de Germoplasma de la EEA INTA Pergamino, en un ensayo de plantas individuales, sembrado en invernáculo el 18/04/13 y transplantado el 18/06/13, Los cultivares comerciales fueron Luján INTA (morfotipo Norte de Europa) y Flecha (morfotipo Mediterráneo).

Dentro de los tratamientos, se encuentran representados los 3 morfotipos de festuca alta además de un germoplasma de *Festuca letourneuxiana*, que es la única decaploide, según Hand *et al.* (2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las poblaciones no mejoradas evaluadas según su identificación en el Banco de Germoplasma de la EEA Pergamino, el país de origen y el morfotipo indicado en dicho origen.

Identificación *	Origen	Nombre científico	Morfotipo
ARFA 50	Paquistán	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 224	Francia	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 334	España	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 506	Argentina	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 521	Francia	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 547	Argentina	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 553	Argentina	<i>Schedonorus phoenix</i>	Continental
ARFA 115	Francia	<i>Schedonorus phoenix</i>	Mediterránea
ARFA 383	Argelia	<i>Schedonorus phoenix</i>	Mediterránea
ARFA 385	Israel	<i>Schedonorus phoenix</i>	Mediterránea
ARFA 534	Israel	<i>Schedonorus phoenix</i>	Mediterránea
ARFA 341	España	<i>Schedonorus phoenix</i>	Rizomatosa
ARFA 375	Marruecos	<i>Festuca letourneuxiana</i>	-

* Código alfanumérico que identifica los materiales cuando son ingresados a los Bancos de germoplasma.

Sitio experimental

El experimento se realizó en el campo experimental de la EEA INTA Pergamino. El vértice frontal izquierdo del ensayo se ubica en las coordenadas geográficas 33° 56' 58,12" S y 60° 33' 50,86" O, en un suelo Argiudol típico serie Pergamino.

Caracteres evaluados

Los caracteres evaluados, tanto vegetativos como reproductivos, fueron medidos durante el segundo ciclo vegetativo de las plantas, entre los meses de abril del año 2014 y septiembre del año 2015. La medición de la producción de forraje se realizó sobre las plantas ubicadas en el surco de la izquierda de la parcela. El resto de las variables, sobre el surco derecho de la misma.

Caracteres medidos en el periodo vegetativo

Producción de forraje en cortes estacionales: Se efectuaron seis cortes de forraje en total durante el periodo de evaluación (C1: 21/4, C2: 18/6, C3: 5/8, C4: 3/9 y C5: 23/10 en 2014, y C6: 10/3 en 2015). Sobre el surco de la izquierda en cada parcela se cosechó el forraje correspondiente siempre sobre las mismas plantas. La defoliación se efectuó cada vez que llegó a 30 cm de altura promedio el tratamiento o inició floración. El corte se realizó en forma manual con hoz, a 7 cm de altura. El conjunto de las 10 plantas se pesó en gabinete con una balanza digital con capacidad de 6000 g y una sensibilidad de 0,1 g para determinar peso verde (PV). Luego se tomó una alícuota de 250 g, se colocó en bolsas de papel tipo Kraft y se secó en estufa de aire forzado a 60° por un periodo de 48 a 72 horas, hasta peso constante. Con el peso seco (PS) se calculó el % MS y el peso seco por planta (peso seco total de la muestra/10). Posterior a cada corte de forraje, se efectuó una fertilización con 50 kg de Nitrógeno elemento a todos los tratamientos.

Ancho y largo de lámina (cm): se efectuó el 15/09/2015 en 5 láminas por parcela. El largo se midió desde la inserción de la lígula hasta el extremo de la lámina y el ancho en la región que se marca al doblar la lámina por la mitad desde la punta hacia la base.

Caracteres medidos en el periodo reproductivo

Fecha de 50% y 100% de floración: se contaron los días desde el 1 de septiembre según *Forage grass descriptors* (IBPGR, 1985), hasta que la parcela alcanzó el 50 y 100 % de las plantas con panojas emergidas, respectivamente

Altura a cosecha: se determinó con una regla graduada, dispuesta en forma vertical, situada en la base de la planta hasta el límite de las panojas más elevadas, previo al momento de efectuar la cosecha de las mismas.

Cosecha y producción de semilla por planta (g): se efectuó entre los días 5/11 y 14/11 del 2014. La cosecha se realizó con hoz, en 10 plantas por parcela correspondientes al surco no utilizado para la medición de forraje. La cosecha se realizó cuando las glumas de las espiguillas y del raquis que se tornaron amarillentas. Las panojas cosechadas se colocaron en bolsas de papel tipo Kraft previamente identificadas y se almacenaron en zarandas de tejido hexagonal para facilitar la circulación de aire y su secado. Una vez secadas, se trillaron con el sistema de cajón y fratacho, donde la semilla con impurezas se separó de la panoja mediante presión y un movimiento de vaivén. Luego se limpió con zarandas de tajo para obtener la semilla limpia. Las muestras de semillas se pesaron con una balanza digital con una capacidad de 2000 g y una sensibilidad de 0,001 g. Luego, con las 10 muestras, se calculó el promedio por parcela.

Número de inflorescencias: previo a la trilla, se contó en gabinete el número de panojas por planta.

Peso de mil semillas: en laboratorio, se pesaron 5 muestras de 50 semillas por parcela, lo cual represento un total de 750 semillas por población. Con los datos obtenidos se calculó el peso de 1.000 semillas. Las muestras de semillas fueron pesadas en una balanza digital con una capacidad de 400 g y una sensibilidad de 0,001g.

Presencia de roya: se realizó el 24/10 del 2014, donde fue registrado el número de plantas con roya, luego se refirió este al total obteniéndose el porcentaje de plantas afectadas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) con tres repeticiones. Las unidades experimentales constan de 2 surcos de 15 plantas cada uno (para producción de forraje y de semilla, respectivamente), distanciadas entre sí 0,3 m y 0,4 m entre surcos. Para el análisis la aproximación utilizada fue analizar cada corte por separado.

El modelo estadístico de este diseño fue el siguiente:

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

Donde,

μ : media general del experimento

Y_{ij} : valor de la población i en el bloque j

a_i : efecto de la población i

b_j : efecto de la bloque j

e_{ij} : error experimental

Análisis estadístico

Los supuestos del análisis de varianza se verificaron mediante la prueba de Bartlett para la uniformidad de varianza y la prueba de Shapiro-Wilkinson para la normalidad de los datos. Todas las variables se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento ANOVA del SAS (2008) y, en caso de diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Duncan, con un nivel de probabilidad del 5%. Como medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables, se calcularon las correlaciones fenotípicas mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Con el método Ward del procedimiento CLUSTER se realizó un análisis multivariado para describir las accesiones con varias características en simultáneo sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Los resultados del agrupamiento se presentan con un dendrograma derivado del procedimiento

TREE, el cual promedia todas las distancias entre pares de poblaciones. El coeficiente de correlación cofenético fue calculado con el software estadístico InfoStat versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

5. RESULTADOS

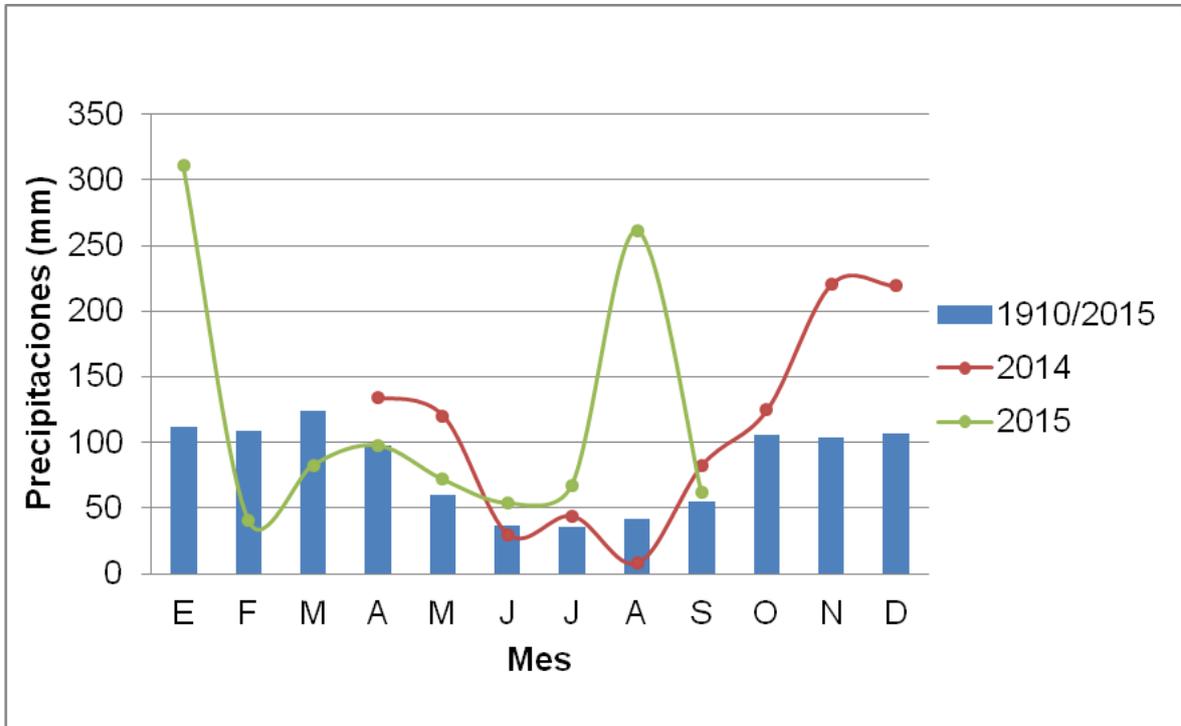
5.1 Condiciones meteorológicas

Los datos meteorológicos en la siguiente tabla se acotaron entre abril del 2014 y septiembre del 2015 por que es en el periodo donde se realizaron las evaluaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Temperaturas (máximas, medias y mínimas) para Pergamino, desde abril de 2014 a septiembre de 2015.

Año	2014									2015								
Mes	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Temperatura máxima (° C)	22,7	18,2	16,9	16,4	20,1	20,4	25,0	26,3	28,0	27,1	26,8	26,6	26,6	21,4	18,2	17,0	17,9	19,4
Temperatura media (° C)	17,1	13,5	10,6	11,3	13,5	14,2	18,6	19,4	21,6	21,3	20,5	20,3	19,9	15,8	12,1	10,8	13,6	13,6
Temperatura mínima (° C)	11,6	8,8	4,2	6,3	7,0	8,1	12,2	12,5	15,1	15,6	14,1	14,1	13,2	10,3	6,0	4,5	9,3	7,8
Precipitación total (mm)	134,4	120,3	29,9	43,9	8,0	82,9	124,8	220,9	219,2	311,0	41,2	82,9	97,9	72,1	53,9	67,5	262	62,1

Grafico 1. Precipitaciones correspondientes al periodo comprendido entre abril de 2014 y septiembre de 2015, e histórico para Pergamino, expresadas en milímetros (mm).



5.2. Caracteres agronómicos

A continuación se detallan los resultados obtenidos luego del análisis estadístico para las variables consideradas (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio, desvío estándar, máximos y mínimos de las 16 variables analizadas en las 13 poblaciones de festuca alta.

Variable	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
50% de Floración (CINCF)	34,2	10	19,0	54,0
100% de Floración (CIENF)	51,1	10	30,0	66,0
Presencia de Roya (ROYA)	62,1	34	0,0	100,0
Altura a cosecha (ALT)	1,22	0,12	1,00	1,45
Nº de panojas (PAN)	46,7	14	25,9	74,7
Peso de semillas (PSEM)	7,9	3,1	1,8	16,1
Peso de 1000 semillas (PMIL)	1,83	0,29	1,3	2,5
Corte de forraje 1 (C1)	18,0	5,3	8,4	34,7
Corte de forraje 2 (C2)	13,3	2,9	7,4	19,3
Corte de forraje 3 (C3)	9,8	1,8	6,8	14,3
Corte de forraje 4 (C4)	10,2	5,0	2,9	23,5
Corte de forraje 5 (C5)	2,4	4,7	0,1	16,6
Corte de forraje 6 (C6)	12,4	7,5	0,8	28,6
Prod. acumulada forraje (CTOTAL)	66,2	16,2	3,6	104,0
Largo de lámina (LL)	20,0	3,7	15,7	28,8
Ancho de lámina (AL)	0,65	0,10	0,44	0,86

Los supuestos del análisis de varianza se cumplieron para todas las variables a excepción de C5 y LL, por lo que la prueba de Duncan no se aplicó para estos dos últimos caracteres.

5.2.1. Atributos vegetativos

En C1 se destacaron por alta producción de forraje las poblaciones ARFA 224, 334, 375, 521 y 534; en C2 lo hicieron las poblaciones ARFA 375, 521 y 547; en C3 se destacó ARFA 547; en C4 fueron superiores las poblaciones ARFA 334 y 341; en C5 los datos no cumplieron los supuestos del análisis de varianza por lo que no se aplica la prueba de Duncan, y en C6 las poblaciones ARFA 341, 547 y el cultivar Luján INTA (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de forraje por planta en seis cortes en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados (C1: corte de forraje 1, C2: corte de forraje 2, C3: corte de forraje 3, C4: corte de forraje 4, C5: corte de forraje 5, C6: corte de forraje 6), como g. MS. planta⁻¹.

Población	Morfotipo	C1		C2		C3		C4		C5		C6	
		21/04/2014		18/06/2014		05/08/2014		03/09/2014		23/10/2014		10/03/2015	
ARFA 50	NE	16,6	AB	11,3	CD	8,7	D	8,9	CD	11,8		15,5	ABC
ARFA 115	Med	15,7	AB	14,1	ABC	11,5	ABC	4,7	E	-		4,0	D
ARFA 224	NE	21,4	A	12,0	BC	9,7	ABCD	12,1	BC	10,7		18,2	AB
ARFA 334	NE	20,4	A	15,6	AB	8,4	D	17,0	A	-		12,3	BC
ARFA 341	Riz	17,5	AB	13,9	ABC	10,3	ABCD	17,6	A	-		19,7	A
ARFA 375	F. let	22,9	A	15,9	A	12,0	AB	9,8	CD	12,0		10,0	C
ARFA 383	Med	16,8	AB	14,5	ABC	8,7	D	4,1	E	-		3,4	D
ARFA 385	Med	12,5	B	13,1	ABC	9,5	BCD	3,7	E	-		2,0	D
ARFA 506	NE	12,5	B	12,7	ABC	8,9	CD	16,0	AB	-		11,0	C
ARFA 521	NE	22,4	A	15,9	A	10,1	ABCD	15,5	AB	-		18,0	AB
ARFA 534	Med	22,0	A	8,4	D	9,8	ABCD	10,7	CD	-		10,9	C
ARFA 547	NE	19,7	AB	16,1	A	12,3	A	11,4	CD	-		20,2	A
ARFA 553	NE	16,3	AB	14,9	ABC	7,8	D	10,0	CD	-		18,2	AB
cv Luján INTA	NE	19,3	AB	8,2	D	9,4	BCD	7,8	DE	-		20,1	A
cv Flecha	Med	14,8	AB	13,3	ABC	10,5	ABCD	4,2	E	-		3,2	D

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

Referencia morfotipos: NE: Norte de Europa, Med: Mediterráneo, Riz: Rizomatoso, F.let: *Festuca letourneuxiana*.

Existieron diferencias significativas en las medias poblacionales de la producción acumulada de forraje. Los valores oscilaron entre 40,8 y 84,1 g. MS. Planta⁻¹, con una media de 66,2 y un desvío estándar de 16,2. Las poblaciones ARFA 224, 375 y 521 produjeron significativamente más que los testigos (Tabla 5).

Tabla 5. Producción de forraje acumulada por planta (CTOTAL) en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados (g. MS. planta⁻¹).

Población	Morfotipo	CTOTAL				
ARFA 50	NE	72,7	A	B	C	
ARFA 115	Med	50,1				D E F
ARFA 224	NE	84,1	A			
ARFA 334	NE	73,7	A	B	C	
ARFA 341	Riz	79,1	A	B		
ARFA 375	F. let	82,6	A			
ARFA 383	Med	47,5				E F
ARFA 385	Med	40,8				F
ARFA 506	NE	61,1		C	D	E
ARFA 521	NE	82,0	A			
ARFA 534	Med	61,9		C	D	E
ARFA 547	NE	79,7	A	B		
ARFA 553	NE	67,2	A	B	C	
cv Luján INTA	NE	64,9		B	C	D
cv Flecha	Med	46,1				E F

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

Referencia morfotipos: NE: Norte de Europa, Med: Mediterráneo, Riz: Rizomatoso, F.let: *Festuca letourneuxiana*.

No se observaron diferencias significativas en el largo de lámina (Tabla 6).

El cultivar Luján INTA tuvo mayor ancho de lámina que el resto. Las láminas más angostas correspondieron a las poblaciones ARFA 115, 383, 385 y al cultivar Flecha (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios poblacionales de largo de lámina (LL) y ancho de lámina (AL) en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados, expresado en cm.

Población	Morfotipo	LL		AL	
ARFA 50	NE	17,3	0,69	B C	
ARFA 115	Med	23,7	0,55		F G
ARFA 224	NE	17,9	0,70	B C	
ARFA 334	NE	16,3	0,66	C D	
ARFA 341	Riz	19,2	0,71	B C	
ARFA 375	F. let	17,4	0,60		D E F
ARFA 383	Med	24,8	0,53		F G
ARFA 385	Med	27,6	0,49		G
ARFA 506	NE	16,8	0,66	B C D	
ARFA 521	NE	17,6	0,66	B C D	
ARFA 534	Med	17,9	0,65	C D E	
ARFA 547	NE	20,6	0,75	B	
ARFA 553	NE	16,8	0,72	B C	
cv Luján INTA	NE	21,7	0,84	A	
cv Flecha	Med	23,7	0,57		E F

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

Referencia morfotipos: NE: Norte de Europa, Med: Mediterráneo, Riz: Rizomatoso, F.let: *Festuca letourneuxiana*.

5.2.2. Atributos reproductivos

En las poblaciones analizadas se encontraron diferencias significativas en los días transcurridos desde el 1º de septiembre hasta 50% y 100% de floración, así como también en la altura de planta al momento de efectuarse la cosecha (Tabla 7). Las poblaciones con menos días al 50% y al 100% de floración fueron ARFA 115, 547 y 553 mientras las que las más tardías fueron ARFA 375 y 383 (Tabla 7).

La altura a cosecha fue significativamente mayor en las poblaciones 115, 375 y el cultivar Flecha (Tabla 7).

Tabla 7. 50% y 100% de floración (CINCF y CIENF respectivamente) en días desde el 1º de septiembre, y altura a cosecha de las plantas, en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados, expresada en cm.

Población	Morfotipo	CINCF			CIENF			ALT						
ARFA 50	NE	40,7	B	C	D	60,7	A	B	110,0	G	H			
ARFA 115	Med	21,7				G	33,3		E	140,0	A			
ARFA 224	NE	38,0	B	C	D	E	58,0	A	B	113,3	G	H		
ARFA 334	NE	38,0	B	C	D	E	58,0	A	B	108,3	G	H		
ARFA 341	Riz	38,3	B	C	D	E	52,7	B	C	115,0	F	G		
ARFA 375	F. let	47,7	A	B			63,3	A		135,0	A	B		
ARFA 383	Med	51,7	A				60,7	A	B	123,3	D	E	F	
ARFA 385	Med	32,0			D	E	F	46,3	C	D	130,0	B	C	D
ARFA 506	NE	42,3	B	C			58,0	A	B	105,0			H	
ARFA 521	NE	37,7		C	D	E	58,0	A	B	115,0	F	G		
ARFA 534	Med	29,7			E	F	G	46,0	C	D	115,0	F	G	
ARFA 547	NE	22,7				F	G	39,3	D	E	116,3	E	F	G
ARFA 553	NE	22,0				G		41,7	D	E	125,0	C	D	E
cv Luján INTA	NE	24,0				F	G	43,7	C	D	133,3	A	B	C
cv Flecha	Med	27,3				F	G	46,3	C	D	138,3	A	B	

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

Referencia morfotipos: NE: Norte de Europa, Med: Mediterráneo, Riz: Rizomatoso, F.let: *Festuca letourneuxiana*.

Además se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los caracteres número de panojas, peso de semillas y peso de 1000 semillas, así como en incidencia de roya (Tabla 8).

El número de panojas por planta resultó mayor en las poblaciones ARFA 341, 224, y 553 en ese orden y menor en ARFA 115, 385 y 375. En cuanto a peso de semilla, se destacaron ARFA 553 y el cultivar Luján INTA, en contraste la de menor peso fue ARFA 506. El cultivar Luján INTA y las poblaciones ARFA 375 y 553 exhibieron los mayores pesos de mil semillas, mientras el cultivar Flecha y ARFA 383 los menores. En presencia de roya, las poblaciones menos afectadas fueron ARFA 115 y 385. En contraposición, las que más mostraron fueron ARFA 334, 534 y 547 (Tabla 8).

Tabla 8. Numero de panojas (PAN), peso de semillas (PSEM) y peso de mil semillas (PMIL) expresada en g. planta⁻¹, e incidencia de roya (ROYA) expresada como porcentaje de plantas afectadas, en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados.

Población	Morfortipo	PAN		PSEM		PMIL		ROYA	
ARFA 50	NE	46,8	CD	9,0	BCD	1,92	BC	69,8	ABCD
ARFA 115	Med	26,8	F	8,2	BCD	1,54	EFG	4,4	G
ARFA 224	NE	66,7	A	7,2	BCD	1,99	BC	56,3	CDE
ARFA 334	NE	50,4	CD	5,8	BCDE	1,74	CDEF	97,8	A
ARFA 341	Riz	67,1	A	5,5	CDE	1,85	CD	78,4	ABC
ARFA 375	F. let	31,2	F	8,7	BCD	2,17	AB	38,6	EF
ARFA 383	Med	34,1	EF	5,4	DE	1,51	FG	43,5	DEF
ARFA 385	Med	28,5	F	8,2	BCD	1,57	DEFG	2,2	G
ARFA 506	NE	44,4	CDE	2,6	E	1,71	CDEF	93,0	AB
ARFA 521	NE	53,8	BC	8,9	BCD	1,81	CDE	66,8	BCD
ARFA 534	Med	48,0	CD	7,3	BCD	1,79	CDEF	97,6	A
ARFA 547	NE	53,2	BC	7,7	BCD	1,98	BC	97,4	A
ARFA 553	NE	63,0	AB	10,2	AB	2,17	AB	81,8	ABC
cv Luján INTA	NE	48,2	CD	13,1	A	2,30	A	81,9	ABC
cv Flecha	Med	38,0	DEF	9,9	ABC	1,41	G	22,5	FG

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

Referencia morfortipos: NE: Norte de Europa, Med: Mediterráneo, Riz: Rizomatoso, F.let: *Festuca letourneuxiana*.

Se realizó la correlación entre 9 de las 16 variables, en las 13 poblaciones y en los dos cultivares comerciales de festuca alta evaluados (Tabla 9).

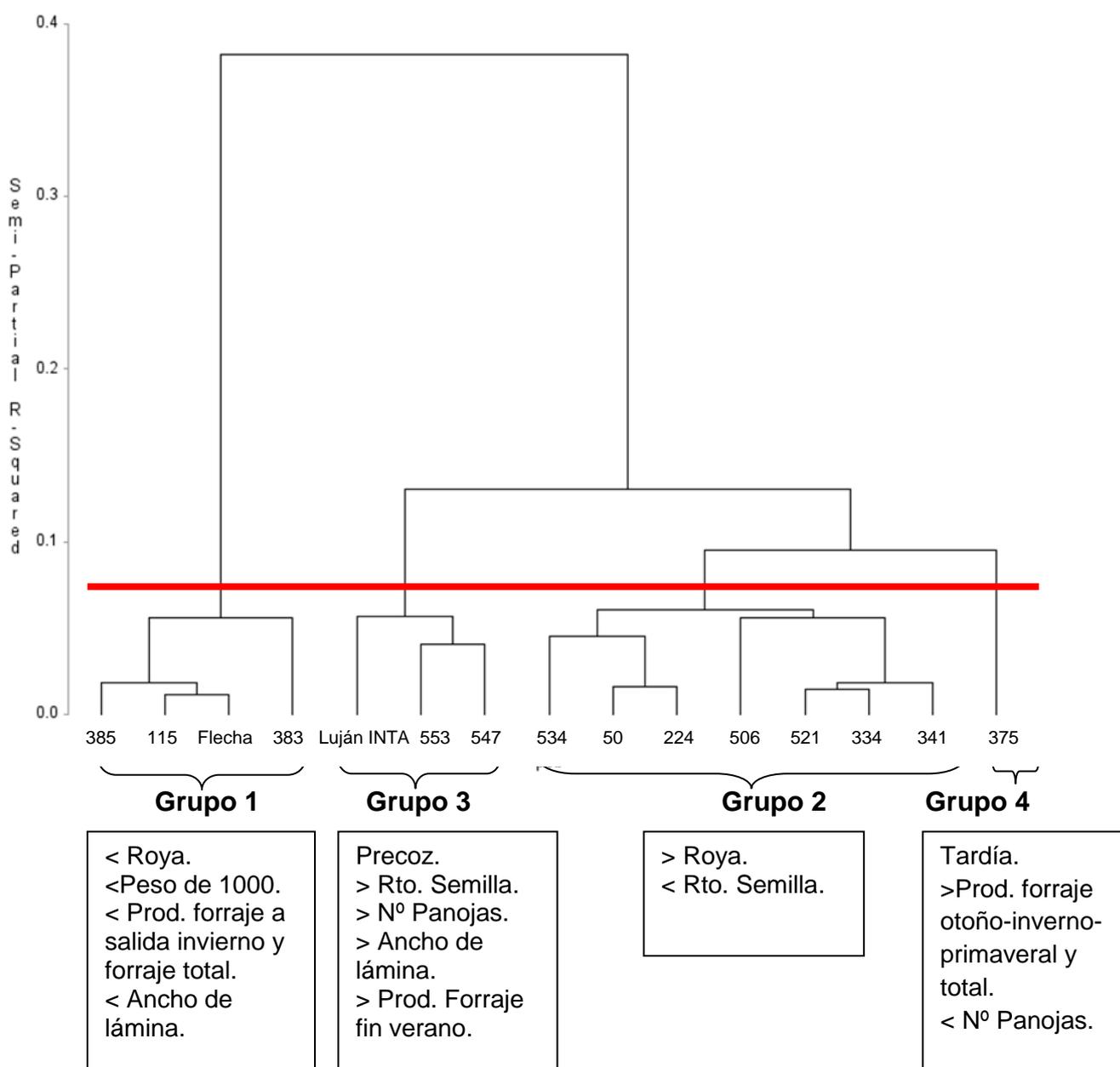
Tabla 9. Correlaciones fenotípicas significativas, según el coeficiente de correlación de Pearson, para el germoplasma evaluado (CINCF: 50% de floración, CIENF: 100% de floración, ROYA: incidencia de roya, ALT: altura, PAN: panojas, PSEM: peso de semillas, PMIL: peso de mil semillas, CTOTAL: producción acumulada de forraje, AL: ancho de lámina).

	CINCF	ALT	PAN	PSEM	PMIL	CTOTAL	AL
CINCF	0,84***			-0,39**			
CIENF		-0,43**					
ROYA		-0,68***	0,59***			0,43**	0,68***
ALT			-0,51***	0,51***			
PAN					0,43**	0,50***	0,62***
PSEM					0,44**		
PMIL						0,62***	0,66***
CTOTAL							0,53***

Significancia: $p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ **.

El análisis de agrupamiento de caracteres por las 16 variables previamente analizadas, a una distancia de corte arbitraria, permitió establecer 4 grupos de similitud en el dendrograma (Figura 2).

Figura 2. Agrupamiento de las poblaciones, por similitud de caracteres (dendrograma) a una distancia Euclídea promedio. Coeficiente de correlación cofenética= 0,864.



6. DISCUSIÓN

6.1. Atributos de producción de forraje.

6.1.1. Producción de forraje de las poblaciones.

En las especies forrajeras, la evaluación de la oferta estacional de forraje permite expresar su potencialidad productiva en un ambiente determinado (Van Wijk *et al.*, 1993). Este aspecto es fundamental en una gramínea perenne al momento de elegir la especie principal de la pastura. Según Rimieri y Wolff (2010) la festuca alta es la gramínea perenne templada mejor adaptada y de mayor producción forrajera de toda la pampa húmeda y subhúmeda.

En el presente experimento las poblaciones ARFA 224 (NE), 375 (*F. letourneuxiana*.) y 521 (NE) fueron las que más produjeron con respecto a los testigos, siendo estadísticamente diferentes (Tabla 5). La superioridad en cuanto a producción de forraje en dichos tratamientos, es citada por Martinefsky (2010), y además concuerda con un ensayo realizado por Bertín y Rosso (1985), donde se observó una mayor producción de forraje en las poblaciones que correspondieron al morfotipo norte de Europa con respecto al tipo mediterráneo. Los autores mencionados también señalaron que en sus experimentos, los tratamientos tipo norte de Europa fueron superiores en la producción de forraje de primavera, verano y el total anual, y en el presente ensayo se puede corroborar una tendencia similar. En cuanto a *F. letourneuxiana*, su superioridad en producción acumulada de forraje, por su condición de especie distinta del resto, y no enmarcada dentro de la clasificación de morfotipos, en el presente trabajo se especula que esté relacionado con su ploidia (única decaploide) (Hand *et al.*, 2012; Marlatt *et al.*, 1997). Como consecuencia, en el presente experimento realizado en Pergamino, se verifica que las poblaciones pertenecientes al morfotipo norte de Europa, además de la especie *F. letourneuxiana*, resultan superiores en la producción de forraje de primavera, verano y el total anual en comparación con las mediterráneas, aunque estas últimas permitirían adelantar la producción invernal.

6.1.2. Producción de forraje y ancho de lámina.

Existe una relación entre ancho de lámina y producción acumulada de forraje. Si bien el tamaño foliar es un carácter muy variable, determinado por factores ambientales y de manejo, los valores de este trabajo coinciden con los informados por Maddaloni y Ferrari (2005) para la especie. La población que presentó el mayor ancho fue el cv Luján INTA, morfotipo NE, que contrastó con las poblaciones ARFA 115, 383, 385 y el cv Flecha, todas tipo mediterráneo y con valores significativamente menores (Tabla 6). Similares diferencias entre morfotipos fueron encontradas por Rosso (2002) al caracterizar materiales genéticos de festuca alta. El ancho junto con el largo de lámina constituyen el tamaño de la misma, siendo esta última una de las tres variables estructurales junto con densidad de macollos y hojas por macollo, definiendo el índice de área foliar (Lemaire y Chapman, 1996). Según MacAdam y Mayland (2003) una importancia de este atributo es que, en festuca alta, las láminas más anchas también tienen una mayor distancia entre las nervaduras y por lo tanto más volumen de mesófilo. De lo anterior se desprende que, plantas con mayor ancho de lámina posiblemente originen hojas de mayor tamaño que contribuyan a una mayor área foliar y consecuentemente mayor acumulación de forraje. Para apoyar esta teoría, Wilhelm y Nelson (1978) afirman que en festuca alta los genotipos de alto rendimiento muestran tasas aproximadamente 50% mayores de alargamiento de las hojas y de expansión del área foliar que los genotipos de bajo rendimiento. Además en el presente experimento se observa una correlación positiva significativa entre ancho de lámina y producción acumulada de forraje (Tabla 9), tal como encontraran Horst *et al* (1978) para explicar la relación entre elongación foliar y rendimiento de forraje, donde se deriva que a mayor ancho de lámina, mayor producción acumulada de forraje.

6.1.3. Producción de forraje y precocidad a floración.

La producción invierno-primaveral en poblaciones de festuca alta está relacionada con su precocidad a floración. Las poblaciones que llegaron antes a 50% de floración, fueron ARFA 115 (Med), 547 (NE) y 553 (NE) mientras las más tardías fueron ARFA 375 (F. let.) y 383 (Med) (Tabla 7). En las mismas poblaciones, dicho comportamiento se replicó en los días a 100% de floración, este hecho se evidencia en la correlación positiva entre ambas variables (Tabla 9). La población ARFA 375, por su parte, fue agrupada dentro de las más tardías (Figura 2). McLean y Watson (1992), y Maddaloni y Ferrari (2005) consideran esta una característica deseable ya que se relaciona principalmente con la calidad y la distribución estacional del forraje. Un experimento llevado a cabo por Paredes *et al* (2011) encontró que el germoplasma de floración tardía presentaba una mayor producción de forraje y los precoces menores. En el presente ensayo, a excepción de la población ARFA 375 que fue significativamente superior en producción acumulada de forraje a las demás poblaciones, no se verificó esta relación. Por el contrario, la población ARFA 383 se encuentra entre las más bajas en producción. Además, las poblaciones más precoces no todas produjeron menos forraje, por ejemplo la población ARFA 547 estuvo entre las más productivas (Tabla 5), a diferencia de lo encontrado por el autor antes mencionado. En consecuencia, la correlación entre 100% de floración y producción acumulada de forraje fue baja (Tabla 10, anexo). De lo anterior se desprende que el conocimiento de la precocidad a floración, podría representar de manera indirecta una herramienta más, aunque no la única, para estimar la duración del periodo vegetativo y poder explicar la producción de forraje en la población ARFA 375, no pudiendo generalizarse esta regla a las demás poblaciones.

6.2. Atributos de producción de semilla.

6.2.1. Peso de semilla por planta y su relación con precocidad a floración, número de panojas y peso de mil semillas.

La producción de semilla en cada germoplasma, depende de la precocidad a floración, el número de panojas, el peso de mil semillas y la sanidad del germoplasma. La floración es uno de los factores de mayor importancia para la obtención de altos rendimientos de semilla y a su vez constituye un requisito indispensable para lograr cultivares con características uniformes (Fehr, 1987; Yamada y Forster, 2005). El periodo en el cual se desarrolló la fase reproductiva de las poblaciones en el presente experimento fue similar al mencionado por Formoso (2010), en ensayos realizados en Uruguay. Según Rosso (2002), en su experimento menciona que las poblaciones más precoces mostraron mayores rendimientos de semilla y pertenecían al tipo Norte de Europa, mientras que aquellas tardías menores rendimientos y correspondían al tipo mediterráneo. Dicha asociación entre precocidad a floración y peso de semilla por planta se presentó en la población ARFA 553 (NE) y en el cultivar Luján INTA (NE) que fueron los de mayor rendimiento y más precocidad a floración (Figura 2). Se observó una correlación negativa entre los días a 50% de floración y el peso de semilla por planta (Tabla 9). En el caso de la población ARFA 506, un germoplasma precoz a floración, la susceptibilidad a roya del tallo (*Puccinia graminis* Pers) pudo ser la causa de su bajo rendimiento de semilla como fuera mencionado por Velazco (2012) (Tabla 7 y 8).

En cuanto a la producción de semilla por planta en relación al número de panojas, a excepción de la población ARFA 553 (NE), no se observó una relación positiva en todas las poblaciones como se esperaría. Por ejemplo el cultivar Flecha produjo un similar peso de semilla por planta que la población antes mencionada, pero con una cantidad significativamente menor de panojas (Tabla 8). Por lo anterior, este trabajo coincide con Castaño (2005) en que la producción de semillas estaría determinada, entre otras variables, por el número de panojas m^{-2} , no siendo este último factor definitorio por sí solo.

El peso de mil semillas fue mayor en Luján INTA, ARFA 375 y 553. A excepción de ARFA 375, las anteriores correspondieron al tipo Norte de Europa. El menor peso lo presentaron el cultivar Flecha y ARFA 383 correspondientes al tipo

mediterráneo. Según Rosso (com. pers.)* el peso de mil semillas es una variable característica de cada población y determinada por el morfotipo al cual pertenece, donde las tipo norte de Europa presentan el mayor peso que las mediterráneas. De igual modo se muestra en el presente experimento y coincidentemente con los valores aquí obtenidos. Esto influye en la producción de semilla por planta, de este modo, las poblaciones correspondientes a tipos mediterráneos evidenciaron menor peso de mil semillas y salvo una excepción (cv Flecha) produjeron menor peso de semilla por planta, y las tipo norte de Europa (además de F. let) con un mayor peso de mil semillas produjeron mayor peso de semilla por planta, en concordancia con lo encontrado por Rosso (2002).

Por lo anterior queda de manifiesto que el peso de mil semillas es un factor importante que, con excepciones, explica las diferencias de rendimiento de semilla entre poblaciones de diferentes tipos, si bien este dato fue tomado en plantas individuales y no puede extrapolarse al cultivo denso.

*Rosso Beatriz, INTA Pergamino.

6.2.2. Roya relacionada al ancho de lámina y a la producción acumulada de forraje.

La presencia de Roya del Tallo (*Puccinia graminis* Pers) está relacionada con el ancho de la lámina. De este modo, las poblaciones que presentaron menos roya del tallo tuvieron láminas angostas y pertenecieron al tipo mediterráneo (ARFA 115 y 385), mientras que las de mayor presencia de roya mostraron laminas anchas, y a excepción de ARFA 534 (Med) correspondieron al tipo norte de Europa (ARFA 334 y 547) (Tabla 6 y 8). Además se encontró una correlación positiva entre las dos variables antes mencionadas (Tabla 9). Como referencia complementaria, el análisis de agrupamiento de clusters muestra que las primeras integran el grupo 1 donde se encuentran las de menor incidencia de roya y las demás están en el grupo 2, de mayor incidencia (Figura 2). Si bien la presencia de roya en una población depende de la susceptibilidad de cada una al patógeno, y está determinada genéticamente (Kurt y Szabo, 2005), diferencias similares a las del presente experimento fueron encontradas por Rosso (2002) evidenciando la mayor sanidad de los materiales de láminas angostas.

La presencia de roya correlacionó con producción acumulada de forraje de manera positiva (Tabla 9). Se infiere entonces que existió mayor presencia de roya del tallo en germoplasmas que tuvieron mayores producciones acumuladas de forraje. Si bien el presente experimento cuenta con plantas aisladas, bien distanciadas, esto último comúnmente favorece el desarrollo y expansión de las mismas permitiendo que se unan con las adyacentes a causa de la proliferación de macollos y rizomas cortos, de manera que se facilita finalmente un ambiente favorable a la enfermedad, más aun con altas producciones de forraje por planta. Dentro de los principales factores de riesgo de la enfermedad se encuentra la alta acumulación de forraje, que propicia un ambiente húmedo ideal para la germinación de las esporas de *P. graminis* (Singh *et al.*, 2002). Esto se verifica y es coincidente con lo observado en la Tabla 5 y 8, donde las poblaciones con una importante producción acumulada de forraje presentaron alta incidencia de roya (ARFA 334 y 547) y además pertenecieron al tipo Norte de Europa.

6.3. Comportamiento del germoplasma evaluado.

En el presente experimento, el comportamiento agronómico de las poblaciones analizadas, salvo excepciones, correspondió al esperado según su clasificación por morfotipo (o ploidía en el caso de *F. letourneuxiana*). Las poblaciones Mediterráneas presentaron su característica producción invernal de forraje que las diferencia de las poblaciones norte de Europa, y la posterior dormancia estival (Borrill *et al.*, 1971, 1976), a excepción de la población ARFA 534 que disminuyó su producción en invierno y no presentó dormancia estival, y el cultivar Flecha donde la dormancia se manifestó de forma parcial. La población ARFA 534, conforme la descripción disponible en el Banco de Germoplasma de la EEA Pergamino, pertenece al morfotipo mediterráneo. Pero debido a las características antes mencionadas, además del mayor ancho de lámina, la ubican en una escala intermedia entre las poblaciones mediterráneas y norte de Europa. Según Maddaloni y Ferrari (2005) existen materiales genéticos denominados intermedios, híbridos europeos x mediterráneos, por lo tanto sería factible una reclasificación de la población ARFA 534.

Según Marlatt *et al.*, 1997, *Festuca letourneuxiana* presenta dormancia estival, aunque en el presente experimento, no se manifestó de esa manera. El morfotipo rizomatoso presentó caída de producción en invierno y posterior incremento en primavera, además no exhibió dormancia, por lo que se comportó en este sentido, similar a las poblaciones norte de Europa. Asimismo no se observó una producción de rizomas distintos a las demás poblaciones.

7. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos a partir de la caracterización y evaluación de diferentes poblaciones de festuca alta, por atributos de producción de forraje y semillas en las 13 poblaciones, permitió detectar que existe variabilidad fenotípica para los caracteres estudiados.
- Existen poblaciones que muestran características de interés para ser incluidas en futuros programas de mejoramiento, dependiendo del propósito del mismo.
- Las poblaciones ARFA 224 y 521, morfotipo norte de Europa, se muestran como las más apropiadas por su importante producción de forraje acumulado para ser incorporada en dicho programa de mejoramiento.
- La población ARFA 375 (*Festuca letourneuxiana*) además de no presentar dormancia estival, posee una interesante producción invernal y acumulada de forraje.
- Las poblaciones mediterráneas, al menos en la zona del experimento, no destacan o superan significativamente en producción invernal a los demás morfotipos. Aunque ARFA 115, 383 y 385 se muestran como apropiadas para adelantar la producción invernal de forraje.
- La población naturalizada ARFA 553 morfotipo norte de Europa, por su alta producción de semilla se muestra como germoplasma adecuado para el mejoramiento.
- El morfotipo rizomatoso en cuanto a su producción estacional de forraje, en la zona del experimento se comportó similar a las poblaciones norte de Europa.

8. BIBLIOGRAFIA:

- Bertín, O.D. 2010. Adaptación de la Festuca Alta para forraje al ambiente edafoclimático. En: XII Reunión anual sobre forrajeras. "Pastura base Festuca: Producción y Manejo". 3 noviembre. Pergamino. INTA EEA Pergamino. p. 50-51.
- Bertín, O., & Rosso, B. S. 1990. Distribución estacional del rendimiento de forraje de cultivares de Festuca arundinacea Schreb. EEA INTA Pergamino. Informe técnico N° 244. p 3.
- Borril M, Tyler BF, Lloyd-Jones M (1971) Studies in Festuca 1. A chromosomes atlas of Bovinae and Scariosae. Cytologia 36: 1-14.
- Borril M, Tyler BF, Morgan WG (1976) Studies in Festuca 7. Chromosomes atlas (Part 2). An appraisal of chromosome race distribution and ecology, including F. pratensis var. apennina (De Not.) Hack-tetraploid. Cytologia 41:219-236.
- Castaño, J. 2005. Producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense. 2da.ed.- Balcarce: EEA Balcarce. Materiales Didácticos nº10, 77p.
- Cuyeu, R., Rosso B., Pagano, E., Soto G., Fox, R., y Ayub, N. 2013. Genetic diversity in a world germplasm collection of tall fescue. En: Genetics and Molecular Biology, 36(2): 237-242. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/gmb/v36n2/2012-335.pdf>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- Fehr, W. 1987. Principles of cultivar development: Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. Iowa State University. Vol 1, 536pp.
- Formoso, F. 2010. Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA, p.21.
- Hand, M. L., Cogan, N. O., & Forster, J. W. 2012. Molecular characterisation and interpretation of genetic diversity within globally distributed germplasm collections of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and meadow fescue (*F.pratensis* Huds.). En: Theor Appl Genet 124(6):1127–1137.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. En: Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. p 2-26.
- Horst, G. L., C. J. Nelson, and K. H. Asay. 1978. Relationship of Leaf Elongation to Forage Yield of Tall Fescue Genotype1. Crop Sci. 18:715-719. doi:10.2135/cropsci1978.0011183X001800050005x
- Instituto Nacional de Semillas (INASE). 1995. Resolución 067/95. Ministerio de Economía, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA). Febrero 1995, 4 pp.
- International Board for Plant Genetic Resources; Commission of the European Communities. Committee on Disease Resistance Breeding and Use of Genebanks. 1985. Descriptor list for forage grasses. Eds: Tyler, B.F.; Davies, W. Ellis; Hayes, J.D. IBPGR Secretariat, Rome, p.30.

- Kurt J. Leonard and Les J. Szabo. 2005. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *MOLECULAR PLANT PATHOLOGY* 6(2), 99–111. p 106-107.
- MacAdam, J. W., & Mayland, H. F. 2003. The relationship of leaf strength to cattle preference in tall fescue cultivars. *Agronomy Journal*, 95(2), 414-419.
- Maddaloni, J. y Ferrari, L. 2005. *Festuca Alta*. En: Madaloni J, Ferrari L. (eds.) *Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina*. 2º ed. Bs.As.: UNLZ-INTA, p.165-182.
- Malinowski, D. P., Alloush, G. A., & Belesky, D. P. 2000. Leaf endophyte *Neotyphodium coenophialum* modifies mineral uptake in tall fescue. *Plant and Soil*, 227(1-2), 115-126.
- Marlatt, M. L., West, C. P., McConnell, M. E., Sleper, D. A., Buck, G. W., Correll, J. C., & Saidi, S. (1997). Investigations on xeriphytic *Festuca* spp. from Morocco and their associated endophytes. In *Neotyphodium/grass interactions* (pp. 73-75). Springer US.
- Martinefsky, M. J., Assuero, S. G., Mollier, A., & Pellerin, S. 2010. Analysis of the response of two tall fescue cultivars of different origin to P deficiency. *Environmental and experimental botany*, 69 (3), 250-258.
- McLean, S. and Watson, D. 1992. Divergent selection for anthesis date in annual ryegrass. *Crop Science*. 32:847-851.
- Lemaire, G., & Chapman, D. 1996. *Tissue flows in grazed plant communities. The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, 3-36.

- Pagano, E.; Rimieri, P. 2005. Genética y mejoramiento de especies forrajeras. En: Madaloni J, Ferrari L. (eds.) Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. 2º ed. Bs.As.: UNLZ-INTA, p.357-387.
- Paredes, J., Olea, L., & Verdasco, P. 2011. Estudio de variedades de festuca alta para su utilización en praderas de regadío del SO de España. *Pastos*,16(1-2), 151-161.
- Paterson, J., Forcherio, C., Larson, B., Samford, M., and Kerley, M. 1995. The effects of fescue toxicosis on beef cattle productivity. *J. Anim. Sci.* 73:889-898.
- Rahman, M. H., & Saiga, S. 2005. Endophytic fungi (*Neotyphodium coenophialum*) affect the growth and mineral uptake, transport and efficiency ratios in tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Plant and soil*, 272(1-2), 163-171.
- Rimieri, P.; Rosso, B.; Carrete, J.; Pagano, E.M.; Cattoni, M.I.; Biagioli, C.; Cuyeu, A.R.; Rios, R.D. 2006. Características agronómicas, nutricionales y moleculares de una colección de germoplasma de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) [Resumen]. En: 29º Congreso Argentino de Produccion Animal. Balcarce: AAPA. p.58.
- Rimieri, Pedro, & Wolff, Renata. 2010. La genética y el estado actual de la obtención y adopción de cultivares forrajeros en Argentina. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 21(2) Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-62332010000200008&lng=es&tlng=es.
- Rosso, B. 2002. Características agronomicas de diferentes tipos de festuca alta. En: *Revista de Tecnologia Agropecuaria*. Vol. VII, nro. 20. Pp 37-38.

- Rosso B. 2005. Recursos genéticos de especies forrajeras templadas. En: Madaloni J, Ferrari L. (eds.) Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. 2º ed. Bs. As.: UNLZ-INTA, p.389-393.
- Rosso, B., Becker, G., Beider, A., Grunberg, K., Pagano, E. M., Ruiz, M .A. 2012. Estado de conservación y uso de los recursos genéticos de forrajeras en la red de germoplasma del INTA-Argentina. [Cd-Rom]. En: Jornadas Latinoamericanas de Recursos Genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de Especies Forrajeras. 7 y 8 de agosto, Pergamino: UNNOBA/EEA Pergamino.
- SAS Institute 2008. SAS Technical report. SAS Institute Inc, Carry, NC. Singh y Chaudhary.
- Schaal, B. and Smith, W. 1980. The apportionment of genetic variation within and among populations of *Desmodium nudiflorum*. *Evolution*. 34 (2), pp, 214-221.
- Scheneiter, J. O., Kaufmann, I. I., Ferreyra, A. R., & Llorente, R. T. (2015). The herbage productivity of tall fescue in the Pampas region of Argentina is correlated to its ecological niche. *Grass and Forage Science*.
- Singh, R. P., Huerta-Espino, J., & Roelfs, A. P. (2002). The wheat rusts. *Growth*, 2(25), 35.
- USDA. National Plant Germplasm System. Germplasm Resources Information Network (2015). Accessions Scientific name like *Festuca arundinacea*. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/acc/query.pl>
- Van Wijk A., Boonman J. y Rumball W., 1993. Achievements and perspectives in the breeding of forage grasses and legumes. *Proc. XVII Int. Grass. Cong. New Zealand and Australia*. Pp. 379 - 388.

Velazco, J.G., Rosso, B., Rimieri, P. 2012. Analisis de la incidencia de roya del tallo en festuca alta con un modelo lineal mixto generalizado. En: Journal of Basic & Applied Genetics Vol XXIII Suppl.

Wilhelm, W. W., and C. J. Nelson. 1978. Leaf Growth, Leaf Aging, and Photosynthetic Rate of Tall Fescue Genotypes¹. Crop Sci. 18:769-772. doi:10.2135/cropsci1978.0011183X001800050019x

Yamada, T., & Forster, J. W. 2005. QTL analysis and trait dissection in ryegrasses (*Lolium* spp.). Molecular breeding for the genetic improvement of forage and turf. Wageningen Academic, Wageningen, p 43-53

9. ANEXO

Ejemplo análisis de una variable (The UNIVARIATE Procedure)

Variable: CTOTAL (producción acumulada de forraje)

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: CTOTAL

Moments

N	45	Sum Weights	45
Mean	66.2311111	Sum Observations	2980.4
Std Deviation	16.1677263	Variance	261.395374
Skewness	0.23034508	Kurtosis	-0.3680569
Uncorrected SS	208896.6	Corrected SS	11501.3964
Coeff Variation	24.4110751	Std Error Mean	2.41014234

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	66.23111	Std Deviation	16.16773
Median	65.40000	Variance	261.39537
Mode	.	Range	67.90000
		Interquartile Range	21.00000

Tests for Location: $\mu_0=0$

Test	Statistic	p Value
Student's t	t 27.48017	Pr > t <.0001
Sign	M 22.5	Pr >= M <.0001
Signed Rank	S 517.5	Pr >= S <.0001

Tests for Normality

Test	Statistic	p Value
Shapiro-Wilk	W 0.981818	Pr < W 0.6938

Tests for Normality

Test	Statistic	p Value
Kolmogorov-Smirnov D	0.0663	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises W-Sq	0.029546	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling A-Sq	0.227338	Pr > A-Sq >0.2500

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	104.0
99%	104.0
95%	95.5
90%	87.1
75% Q3	75.2
50% Median	65.4
25% Q1	54.2
10%	44.3
5%	41.9
1%	36.1
0% Min	36.1

Extreme Observations

Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
36.1	23	87.1	30
40.6	45	92.4	16
41.9	22	95.5	15
43.4	20	97.4	35
44.3	24	104.0	9

The SAS System

BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=14.671398244 ALPHA=0.4009795983 .

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
bloque	3	1 2 3
pob	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Number of Observations Read 45

Number of Observations Used 45

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: CTOTAL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	16	9266.61022	579.16314	7.26	<.0001
Error	28	2234.78622	79.81379		
Corrected Total	44	11501.39644			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTOTAL Mean
0.805694	13.48891	8.933857	66.23111

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloque	2	299.127111	149.563556	1.87	0.1723
pob	14	8967.483111	640.534508	8.03	<.0001

The SAS System

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for CTOTAL

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 28
Error Mean Square 79.81379

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Critical Range	14.94	15.70	16.19	16.54	16.80	17.01	17.17	17.30	17.41	17.51	17.58	17.65	17.71	17.75

Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping			Mean	pob
	A		84.067	3
	A		82.567	6
	A		82.000	10
B	A		79.733	12
B	A		79.067	5
B	A	C	73.700	4
B	A	C	72.733	1
B	A	C	67.233	13
B	D	C	64.867	14

Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping			Mean	pob
E	D	C	61.867	11
E	D	C	61.100	9
E	D	F	50.100	2
E		F	47.533	7
E		F	46.133	15
		F	40.767	8

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure
Variable: rCTOTAL

Moments

N	45	Sum Weights	45
Mean	0	Sum Observations	0
Std Deviation	7.12675213	Variance	50.790596
Skewness	0.49765495	Kurtosis	0.31315954
Uncorrected SS	2234.78622	Corrected SS	2234.78622
Coeff Variation	.	Std Error Mean	1.06239348

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	0.000000	Std Deviation	7.12675
Median	0.597778	Variance	50.79060
Mode	.	Range	31.80667
		Interquartile Range	7.70000

Tests for Location: Mu0=0

Test	Statistic	p Value
Student's t	t 0	Pr > t 1.0000

Tests for Location: Mu0=0

Test	Statistic	p Value
Sign	M 0.5 Pr >= M	1.0000
Signed Rank	S -29.5 Pr >= S	0.7432

Tests for Normality

Test	Statistic	p Value
Shapiro-Wilk	W 0.972801 Pr < W	0.3643
Kolmogorov-Smirnov	D 0.074649 Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.039632 Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.320287 Pr > A-Sq	>0.2500

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	18.804444
99%	18.804444
95%	12.864444
90%	7.131111
75% Q3	3.564444
50% Median	0.597778
25% Q1	-4.135556
10%	-9.102222
5%	-10.435556
1%	-13.002222
0% Min	-13.002222

Extreme Observations

Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
-13.00222	34	7.13111	28
-11.43556	18	12.26444	16
-10.43556	13	12.86444	15

Extreme Observations

Lowest		Highest	
Value	Obs	Value	Obs
-9.92889	8	16.36444	9
-9.10222	45	18.80444	35

The SAS System

The CORR Procedure

18 IF CINCF CIENF ROYA1 ROYA2 ALT PAN PSEM PMIL C1 C2 C3 C4
Variables: C5 C6 CTOTAL LL AL

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
IF	45	16.33333	9.25890	735.00000	2.00000	37.00000
CINCF	45	34.24444	10.33343	1541	19.00000	54.00000
CIENF	45	51.06667	10.15874	2298	30.00000	66.00000
ROYA1	45	36.59556	28.77332	1647	0	100.00000
ROYA2	45	62.14000	34.35558	2796	0	100.00000
ALT	45	1.21533	0.11923	54.69000	1.00000	1.45000
PAN	45	46.68000	13.94122	2101	25.90000	74.70000
PSEM	45	7.85111	3.05202	353.30000	1.80000	16.10000
PMIL	45	1.83133	0.28620	82.41000	1.29000	2.51000
C1	45	18.04444	5.31788	812.00000	8.40000	34.70000
C2	45	13.32000	2.91794	599.40000	7.40000	19.30000
C3	45	9.82000	1.78206	441.90000	6.80000	14.30000
C4	45	10.22444	5.03719	460.10000	2.90000	23.50000
C5	45	2.38667	4.73966	107.40000	0.10000	16.60000
C6	45	12.44667	7.50986	560.10000	0.80000	28.60000
CTOTAL	45	66.23111	16.16773	2980	36.10000	104.00000
LL	45	19.96222	3.65111	898.30000	15.70000	28.80000
AL	45	0.65178	0.09682	29.33000	0.44000	0.86000

Pearson Correlation Coefficients, N = 45

Prob > |r| under H0: Rho=0

CINCF	CIENF	C5	PSEM										
	0,84***	0,41**	-0,39**										
CIENF	CINCF	C5	ALT	LL	C4	CTOTAL							
	0,84***	0,49***	-0,43**	-0,33*	0,31*	0,31*							
ROYA	ALT	AL	LL	C4	PAN	C6	CTOTAL	PMIL					
	-0,68***	0,68***	-0,64***	0,59***	0,59***	0,59***	0,43**	0,36*					
ALT	ROYA	C4	LL	PSEM	PAN	CIENF	CTOTAL	C6	C3	AL			
	-0,68***	-0,63***	0,54***	0,51***	-0,51***	-0,43**	-0,35*	-0,35*	0,34*	-0,30*			
PAN	C6	AL	ROYA	LL	C4	ALT	CTOTAL	PMIL					
	0,64***	0,62***	0,59***	-0,55***	0,53***	-0,51***	0,50***	0,43**					
PSEM	ALT	PMIL	CINCF	AL	C4								
	0,51***	0,44**	-0,39**	0,31*	-0,30*								
PMIL	AL	C6	CTOTAL	LL	PSEM	PAN	C1	ROYA	C5				
	0,66***	0,64***	0,62***	-0,48**	0,44**	0,43**	0,41**	0,36*	0,36*				
C1	CTOTAL	PMIL	LL										
	0,57***	0,41**	-0,31*										
C2													
C3	CTOTAL	ALT											
	0,37*	0,34*											
C4	CTOTAL	LL	ALT	C6	ROYA	PAN	AL	CIENF	PSEM				
	0,73***	-0,68***	-0,63***	0,62***	0,59***	0,53***	0,43**	0,31*	-0,30*				
C5	CIENF	CTOTAL	CINCF	PMIL	LL								
	0,49***	0,45**	0,41**	0,36*	-0,34*								
C6	CTOTAL	AL	PAN	PMIL	C4	ROYA	LL	ALT					
	0,79***	0,76***	0,64***	0,64***	0,62***	0,59***	-0,53***	-0,35*					
CTOTAL	C6	C4	LL	PMIL	C1	AL	PAN	C5	ROYA	C3	ALT	CIENF	
	0,79***	0,73***	-0,65***	0,62***	0,57***	0,53***	0,5***	0,45**	0,43**	0,37*	-0,35*	0,31*	
LL	C4	CTOTAL	ROYA	PAN	ALT	C6	PMIL	AL	C5	CIENF	C1		
	-0,68***	-0,65***	-0,64***	-0,55***	0,54***	-0,53***	-0,48**	-0,46**	-0,34*	-0,33*	-0,31*		

AL	C6	ROYA	PMIL	PAN	CTOTAL	LL	C4	PSEM	ALT
	0,76***	0,68***	0,66***	0,62***	0,53***	-0,46**	0,43**	0,31*	-0,30*

Significancia: $p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ **, $p < 0,05$ *.