



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

PRODUCCION DE SEMILLA EN POBLACIONES DE ALFALFA

(*Medicago sativa* L.)

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniera Agrónoma

Autores: Kuhn, Nuria Vanina

Director: Fontana, Laura María Celia. Ingeniera Agrónoma (M Sc.). Profesional Investigador en Manejo, evaluación y mejoramiento de forrajeras de la EEA Anguil, INTA. Ayudante adscripta a la cátedra de Forrajicultura y manejo de forrajeras. Facultad de Agronomía.

Codirector: Babinec, Francisco J. Ingeniero Agrónomo. Profesional Investigador en INTA. Profesor adjunto de Estadística Aplicada a la Administración (Licenciatura en Administración de Negocios Agropecuarios) y en Estadística (Tecnatura en producción Vegetal Intensiva). Facultad de Agronomía.

Evaladores: Paccapelo, Héctor. Ingeniero Agrónomo (Doctor). Profesor titular de Genética y mejoramiento genético de las plantas y los animales. Facultad de Agronomía.

Ruiz, María de los Ángeles. Licenciada en Recursos Naturales (Doctora). Profesional Investigador en Manejo, evaluación y mejoramiento de forrajeras de la EEA Anguil, INTA. Docente de Fisiología II Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam y docente invitada de Fisiología vegetal. Facultad de Agronomía.

FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

SANTA ROSA, LA PAMPA, ARGENTINA, 2018.

Índice:

Resumen:.....	3
Introducción:.....	5
Hipótesis:.....	8
Objetivo:.....	8
Materiales y Métodos:	8
Materiales:	8
Análisis estadístico:	10
Resultados y Discusión:.....	11
Análisis descriptivo:.....	11
Correlaciones fenotípicas:.....	13
Coeficiente de Sendero:	15
Conclusión:	17
Agradecimientos:.....	17
Bibliografía:.....	18

Resumen:

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta herbácea perenne, leguminosa forrajera de gran importancia mundial. El objetivo de trabajo fue evaluar la producción de semilla y otros caracteres relacionados en poblaciones de alfalfa de variedades con distinto grado de reposo invernal y los mecanismos genéticos subyacentes, bajo cultivo en jaulas en la Región Semiárida Pampeana. En septiembre de 2015 se colectaron plantas provenientes de poblaciones de Alfalfa (de 2013) de cuatro provincias y se armaron 6 jaulas aisladas según grupo de reposo invernal: 6, 7, 8, 9 y 10. El ensayo se realizó en la EEA Anguil, se seleccionaron diez plantas al azar de cada jaula, identificándose los tallos más altos y a las cuales se midieron las siguientes variables por planta individual: 1) materia seca por planta 2) cantidad de vainas 3) cantidad de semillas por vainas 4) peso de vainas y 5) peso de semillas total por planta. Se calcularon estadísticos descriptivos, para caracterizar las poblaciones y se analizó correlaciones fenotípicas y coeficiente de sendero. En síntesis la variable 3) fue la que mayor efecto directo presentó. Y se afirma que los mecanismos de producción de semilla en alfalfa son similares en las diferentes poblaciones.

Palabras claves: componentes de rendimiento, peso de semillas, coeficiente de sendero, Región Semiárida Pampeana, materia seca.

Summary:

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is a perennial herbaceous plant, belonging to the legume family, one of the world's most important forage species. The objective of the work was to evaluate the production of seeds and other related characters in alfalfa populations of varieties with different winter rest and the underlying genetic mechanisms, under culture in cages in the Semi-arid Pampean Region. In September 2015, plants from Alfalfa populations (from 2013) were collected from four provinces and 6 isolated cages were set up according to the winter rest group: 6, 7, 8, 9 and 10. The test was carried out at the EEA Anguil, ten plants were selected at random from each cage, identifying the tallest stems and to which the following variables were measured per individual plant: 1) dry matter per plant 2) number of pods 3) number of seeds per pods 4) weight of pods and 5) total seed weight per plant. Descriptive statistics were calculated to characterize the populations and phenotypic correlations and path coefficient were analyzed. In summary variable 3) was the one that had

the greatest direct effect. And it is stated that the mechanisms of seed production in alfalfa are similar in the different populations.

Key words: yield components, seed weight, trail coefficient, Semi-arid Pampean Region, dry matter.

Introducción:

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta herbácea perenne, perteneciente a la familia de las fabáceas (o leguminosas), con tallos usualmente de porte erecto, en cuya base se forma una corona y un sistema radical complejo formado por una raíz pivotante muy profunda. Es una de las especies forrajeras de mayor importancia mundial debido a su elevado potencial de producción de forraje de alta calidad para la alimentación de rumiantes. Introducida en la Argentina hacia fines de 1800 y principios de 1900, constituye la principal especie forrajera del país y es la base de la producción de carne y leche en la Región Pampeana. Su historia como cultivo en el país muestra diferentes etapas; hacia la década del 20' alcanzó la mayor área de siembra con 8,5 millones de ha, y años más tarde, a fines de los 60' bajó a 2,5 millones de ha. En la actualidad la superficie sembrada es de 3,7 millones de ha, de las cuales el 60% son de alfalfa pura y el 40% consociada (Basigalup, com. pers, 2015). La difusión del cultivo se apoya en sus altos rendimientos de materia seca, excelente calidad forrajera, aporte a la sustentabilidad de los sistemas productivos por su capacidad para la fijación del nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis, versatilidad de usos (pastoreo directo, heno o silaje) y elasticidad para adaptarse a distintas zonas del país (Hijano y Basigalup, 1995 y Racca *et al.*, 2001). Así mismo la extraordinaria variabilidad genética de la alfalfa enriquecida por la introgresión de las especies que conforman el complejo *Medicago sativa* (Quiros y Bauchan, 1988) le otorga una gran capacidad de adaptación a las más diversas condiciones de suelo, clima y manejo.

En la última década se desarrolló un mercado importante que demanda calidad de semilla (Romero, com. pers., 2005), identificándose en el país áreas productivas con rendimientos de más de 0,5 Tn/ha de semilla, como Catamarca, San Juan, Santiago del Estero, Salta y La Rioja y áreas de alrededor de 0,4 Tn/ha como Mendoza, Choele-Choel y Valle Inferior del Río Colorado (Basigalup, 2007). Si bien la casi totalidad de la semilla de alfalfa fiscalizada se produce en áreas bajo riego y considerando que el sur de la provincia de Buenos Aires es una de las zonas centrales de producción de semilla de alfalfa (C. Moschetti, com. pers., 2014), cabe destacar que también existen áreas de secano con una importante producción, tales como el centro-norte de La Pampa, sur de San Luis y centro-Sur de Córdoba

(Romero, 2002). Respecto a la evolución del mercado nacional de semilla de alfalfa, en el periodo 1996/2002 tuvo una declinación constante, pasando desde los 1.192 Tn/año en 1996/97 a los 3.860 Tn/año en 2002 (INASE, com. pers., 2002). En todo este periodo, una media de aproximadamente del 20 % correspondió a semillas de producción nacional y el restante 80 % a semilla importada cuyo valor ronda las 7.000 Tn/año indicando claramente que el desarrollo de una industria especializada, no solo es posible sino necesaria. Como ejemplo se puede mencionar la temporada 2004/05, en la cual la importación de semilla de alfalfa totalizó 5.790 Tn/año y la producción nacional fiscalizada 2.160 Tn/año, con un total de semilla certificada que ascendió a 7.950 Tn/año (Basigalup, 2007). Otro ejemplo a mencionar son las fluctuaciones de las Importaciones desde el año 2011 al 2015 (ver gráfico N° 1).

Es importante aclarar que la semilla importada incluye también a variedades de origen nacional que se multiplican en el extranjero. Por otro lado la proporción referida de semilla nacional hace referencia solo a la producción fiscalizada (con rótulo), quedando excluida la semilla comercializada ilegalmente en bolsa blanca. El mercado nacional, en consecuencia se abastece en forma irregular, de bajos rendimientos y de usualmente baja calidad (Basigalup, 2007). Para ratificar esto último, se tuvo en cuenta datos actualizados del INASE de la campaña 2000 hasta la campaña 2015 (ver gráfico N° 2).

La producción de semilla es un carácter que ha recibido atención de manera esporádica por los fitomejoradores. La búsqueda de una mayor producción de semilla además de la de forraje hace uso de la variabilidad genética natural de la alfalfa para el desarrollo de nuevas variedades (Rodríguez, 1983). En general, el mejorador se limita a trabajar con solo aquellos genes que están naturalmente presentes en la alfalfa. Sin embargo, para mejorar muchos caracteres de importancia, entre ellos la capacidad de producción de semilla, la variabilidad genética de la alfalfa puede resultar insuficiente, en su mayoría por tratarse de semillas de poblaciones relativamente uniformes. En esos casos la ingeniería genética resulta una herramienta extraordinariamente útil, dado que posibilita la incorporación de genes foráneos (Basigalup, 2003). Por este motivo, es importante contemplar este requerimiento en

los planes de mejoramiento y evaluar la capacidad de producción de semilla a la par que la de forraje (Rodríguez, 1983), teniendo en cuenta que la producción de semilla y sus componentes presentan alta variabilidad genética inter e intra-varietal. Las mayores heredabilidades, en el sentido estricto, están en la producción de semilla por planta (0.52), peso de semillas por vaina (0.56) y número de semillas por vaina (0.56), siendo la varianza aditiva la principal fuente de variación genética (Bolaños *et al.*, 2000).

Por ejemplo, las estimaciones de heredabilidad van de 0.11 a 0.70 dependiendo del método de polinización (Gurgis y Rowe 1981).

En síntesis, cuando se pretende obtener alto rendimiento, la producción de semillas debe considerarse separada de la producción de forraje y contemplar las siguientes condiciones que se han planteado a lo largo de varias investigaciones (Romero, 2002):

1. Pocas plantas espaciadas: sembradas a densidades considerablemente bajas (1-3 kg/ha), en líneas distanciadas de 60 a 120 cm, y con raleos transversales en la hilera (cuando no hay limitantes del crecimiento)
2. Control de la floración por época de siembra: en regiones cálidas y praderas de secano el momento apropiado es el otoño, mientras que siembras primaverales se aconsejan en zonas frías de secano
3. Control de la polinización: es un importante factor por ser la alfalfa una especie alógama (fecundación cruzada) con fuerte dependencia de los insectos, entre ellos la abeja melífera es la más importante. En la medida que se pueda se recomienda la colocación de colmenas en el campo cuando existe un 10 a 15 % de floración
4. Control de malezas e insectos: ya sea a través del control cultural, mecánico y/o químico, desde antes del establecimiento del cultivo hasta el proceso final de limpieza y clasificación de la semilla
5. Requerimientos climáticos: la producción está influenciada positivamente por la radiación y la temperatura, conjuntamente la favorecen el aire relativamente seco (< 50% de HR) y ausencia de vientos durante la floración. Para

zonas áridas y semiáridas se esperaría que en la época de cosecha las precipitaciones estivales sean mínimas para evitar pérdidas de semillas

6. Condiciones edáficas: el cultivo puede realizarse en diferentes tipos de suelos, no obstante requiere suelos bien drenados, con bajo contenido de álcalis y sales solubles y de una profundidad de más de un metro, respecto del pH si bien es una limitante para el cultivo en la germinación puede efectuarse con un pH inferior al óptimo, pero durante el desarrollo de la planta es importante mantener un valor superior a 6,2 para un óptimo desarrollo radicular y nodular

7. En función a la secuencia del crecimiento depende según la zona donde se lleve a cabo la producción: para la zona semiárida pampeana el proceso de floración-semillazón debería ocurrir entre noviembre y diciembre, estación más seca, momento en el cual además se colocarían las colmenas (para favorecer el proceso de polinización) culminando dicho periodo entre los meses de enero y febrero, momento de cuaje de la semilla y cosecha de la misma.

Hipótesis:

Los mecanismos de producción de semilla de alfalfa (*Medicago sativa*) son similares en diferentes poblaciones.

Objetivo:

Evaluar la producción de semilla y otros caracteres relacionados con la misma en poblaciones de alfalfa de variedades con distinto grado de reposo invernal y los mecanismos genéticos subyacentes, bajo cultivo en jaulas en la Región Semiárida Pampeana.

Materiales y Métodos:

Materiales:

En septiembre de 2015 se colectaron plantas provenientes de poblaciones de Alfalfa de diferentes localidades, Villa Mercedes (Prov. San Luis), Rafaela (Prov. Santa Fe), Carabelas, Tandil y Chacabuco (Prov. Buenos Aires) y de Anguil (Prov. La Pampa). Las plantas provenían de ensayos comparativos de rendimiento de forraje sembrados en el otoño de 2013 de variedades con distinto grado de reposo invernal. De acuerdo a este carácter se armaron 6 jaulas aisladas: una de grupo 6, una de grupo 7, dos de grupo 8, una de grupo 9 y una de grupo 10, según la siguiente descripción:

- Jaula 1 (Población 1): AFX156086 = Selección de variedades FD6 de ensayos en Anguil, Carabelas, Chacabuco, Rafaela y Villa Mercedes.
- Jaula 2 (Población 2): AFX157087 = Selección de variedades FD7 de ensayos en Anguil, Carabelas, Chacabuco, Rafaela y Villa Mercedes.
- Jaula 3 (Población 3): AFX158088 = Selección de variedades FD8 de ensayos en Anguil, Rafaela y Villa Mercedes.
- Jaula 4 (Población 4): AFX158089 = Selección de diferentes variedades FD8a de los ensayos en Carabelas, Chacabuco, y Rafaela.
- Jaula 5 (Población 5): AFX158089 = Selección de diferentes variedades FD9 de los ensayos en Carabelas, Chacabuco, y Rafaela.
- Jaula 6 (Población 6): AFX159090 = Selección de variedades FD10 de ensayos en Anguil, Carabelas, Chacabuco, Rafaela y Villa Mercedes.

El ensayo se realizó en el campo de la Estación Experimental del INTA en Ruta Nacional N°5 Km. 580 (6326), Anguil, ubicada a los 36° 31' Latitud Sur y a los 64° 00' Longitud Oeste, La Pampa, Argentina. Presentando un suelo de tipo Haplustol étnico cuya textura es Franco Arenosa (8 % de Arcilla, 44 % de Limo y 48 % de Arena), destacando el contenido de Fósforo 27,3 ppm, Materia Orgánica 2,5 % y un pH de 6,06. Dicho ensayo abarcó un ciclo de producción, de primavera a verano, de poblaciones experimentales de alfalfa.

Las plantas seleccionadas fueron trasplantadas a campo en estado vegetativo con 30 cm de raíz promedio, suministrándole riego hasta logrado un buen desarrollo (a principio de noviembre de 2015). Dado que la alfalfa es una planta alogama, las poblaciones experimentales fueron conducidas bajo jaulas, situación en la cual se realizó parte del ensayo de multiplicación. Ha principio de floración se procedió con la instalación de jaulas, (de 2 m de ancho x 15 m de largo x 1,50 m de alto, de armazón de hierro y alambre, tapadas completamente con tela media sombra blanca) y nylon únicamente sobre el techo de las mismas, cubriendo una densidad promedio de 12 plantas por m². Conjuntamente se procedió con la colocación de una colmena de *Apis mellífera* (abejas melíferas) por jaula. Otras actividades llevadas a cabo fueron, controles diarios en los que se revisó el estado de la tela media sombra blanca que permaneciera sin roturas, la evolución de las plantas y la provisión de agua para las abejas.

En el momento de cosecha (principio de febrero), cuando la mayoría de las plantas logran las vainas en inflorescencia se retiraron las abejas, luego se prosiguió con el desarmado de las jaulas y se colocó un desecante (Paraquat 27,6%) sobre las plantas en un estado promedio de vainas maduras.

Finalizando con la evaluación de las seis jaulas, en las que se seleccionaron diez plantas al azar, identificándose los tallos más altos y a las cuales se midieron las siguientes variables por planta individual: 1) materia seca por planta 2) cantidad de vainas 3) cantidad de semillas por vainas 4) peso de vainas y 5) peso de semillas total por planta.

Análisis estadístico:

Se calcularon estadísticos descriptivos, para caracterizar las poblaciones.

El modelo usado es: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$

Con μ media general, α_i efecto de la población i ésima y ε_{ij} error $\sim N(0, \sigma^2)$

La heredabilidad en sentido amplio se calculó a partir de los componentes de varianza estimados por mínimos cuadrados, considerando las 6 entradas como una población, y las relaciones entre características mediante correlaciones lineares simples (Bodzon, 2004). La influencia de la producción de biomasa aérea total y las restantes características en la producción de semilla se estudió en cada entrada mediante coeficientes de sendero (Sengul, 2006) empleando InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

Resultados y Discusión:

Análisis descriptivo:

Para las seis poblaciones en estudio se muestran las tablas 1 a la 5 con los respectivos valores de Media, Desvio, Valores Máximos y Mínimos de las variables que se midieron por planta individual.

En la tabla 1 se puede observar para la variable Materia Seca, el valor más alto en la población 2, tanto para la Media, como para el Valor Máximo, respecto al resto de las poblaciones. Y el valor más bajo en la población 5.

Tabla N°1. Materia Seca en (g) por planta en Alfalfa, de diferentes poblaciones. Año 2016.						
Poblaciones	Grado de reposo invernal	Media	Desvio	Máximo	Mínimo	
1	6	93,94 108,4	49,25	188,20	41,53	
2	7	0 104,9	48,99	212,52	40,78	
3	8	0	44,14	177,90	47,53	
4	8 _a	50,38	13,18	69,92	25,22	
5	9	45,95	14,64	68,25	25,75	
6	10	62,05	23,87	112,87	32,18	

Para la variable Cantidad de vainas, registrada en la tabla 2, el valor más alto de la Media, Valor Máximo y Valor Mínimo fue en la población 3, comparada con el resto de las poblaciones. Destacando que la población 4 presentó el menor valor para el Desvio, la Media y el Valor Máximo.

Tabla N° 2.
Cantidad de vainas en Alfalfa, de diferentes poblaciones. Año 2016.

Poblaciones	Grado de reposo invernal	Media	Desvio	Máximo	Mínimo
1	6	138,50	138,13	449,00	14,00
2	7	141,20	101,64	347,00	38,00
3	8	347,40	135,90	504,00	146,00
4	8 _a	74,00	24,37	113,00	27,00
5	9	159,20	117,40	401,00	22,00
6	10	227,50	125,30	415,00	64,00

En cuanto a la variable Cantidad de semillas por vaina en la tabla 3, se destaca que la población 1 registró el mayor valor tanto para la Media, el Desvio y el Valor Máximo. Mientras que los valores más bajos registrados corresponden a la población 4.

Tabla N° 3.
Cantidad de semillas por vainas en Alfalfa, de diferentes poblaciones. Año 2016.

Poblaciones	Grado de reposo invernal	Media	Desvio	Máximo	Mínimo
1	6	164,40	251,98	831,00	12,00
2	7	77,20	78,96	252,00	9,00
3	8	141,90	139,06	408,00	24,00
4	8 _a	18,10	14,93	57,00	5,00
5	9	96,50	91,83	325,00	18,00
6	10	82,60	58,68	222,00	16,00

Respecto a la tabla 4 para la variable Peso de vainas, repetidamente la población 3 registra el mayor valor de la Media, Valores Máximo y Mínimo comparados al resto de las poblaciones. Así como la población 4 nuevamente registro los valores más bajos en comparación al resto de las poblaciones en estudio.

Tabla N° 4. Peso de vainas en (g) en Alfalfa, de diferentes poblaciones. Año 2016.						
Poblaciones	Grado de reposo invernal	Media	Desvio	Máximo	Mínimo	
1	6	1,49	1,72	5,79	0,06	
2	7	1,94	1,85	5,42	0,07	
3	8	4,46	1,74	6,69	1,76	
4	8 _a	0,72	0,33	1,23	0,15	
5	9	2,00	1,53	5,69	0,64	
6	10	2,69	1,68	5,07	0,59	

Para la variable Peso de semillas total por planta, en la tabla 5, se observa que la población 1 registra los valores más altos tanto para la Media, Desvio y valor Máximo. Siendo nuevamente la población 4 la cual registró los valores más bajos para dicha variable. Destacando en general, que en el resto de las poblaciones se registraron los valores más bajos comparados al resto de las variables que se midieron por planta individual.

Tabla N° 5. Peso de semilla total por planta en (g) en Alfalfa, de

diferentes poblaciones. Año 2016.	Grado de					
	Poblaciones	reposo invernal	Media	Desvio	Máximo	Mínimo
	1	6	0,30	0,50	1,64	0,01
	2	7	0,16	0,18	0,60	0,02
	3	8	0,27	0,29	0,82	0,02
	4	8 _a	0,03	0,03	0,10	0,01
	5	9	0,18	0,18	0,64	0,04
	6	10	0,17	0,14	0,49	0,02

En cuanto a los valores registrados en las Tabla 1 a la Tabla 5, son coincidentes con los analizados por (Bolton y Fryer, 1937) para los programas de mejoramiento genético, los cuales inician con la evaluación de la variabilidad genética disponible del componente de interés, en este caso la producción de semilla. A su vez, dichos resultados son coincidentes con mediciones hechas sobre 1301 plantas individuales de Alfalfa, analizadas por (Bolaños *et al.*, 2000), que mostraron una importante variación genética para la producción de semilla, con valores que fueron de 0 a 44 (g) de semillas por planta.

Particularmente entre los principales criterios de selección para la producción de semilla se destaca a los resultados de las Tablas 2 y 3, los cuales son coincidentes con los estudiados por (Bolaños *et al.*, 2002), los resultados de la Tabla 4 con los estudiados por (Bolaños, 2001) y los resultados de la Tabla 5 con los trabajados por (Bolaños *et al.*, 2002).

Cabe destacar que la población 4 registró para todas las variables analizadas (Tabla 2 a la 5) excepto la variable MS, los valores más bajos en comparación al resto de las poblaciones. Una consideración a tener en cuenta para dicha población, que la misma no fue seleccionada localmente.

Correlaciones fenotípicas:

Otro resultado analizado fue las correlaciones fenotípicas (Tabla 7) entre las variables en las 6 poblaciones. Para las cuales los coeficientes de correlación fenotípica entre Materia Seca (MS), Cantidad de vainas, Cantidad de semillas por vaina, Peso de vainas y Peso de semillas total por planta para las seis poblaciones no fueron significativas. Dichos resultados

se pueden comparar con los tratados por (Hutmacher *et al.*, 1991) quien señaló que la producción de Materia Seca va en detrimento con la producción de semillas.

En el caso de los coeficientes de correlación entre Cantidad de vainas y Peso de vainas y entre Cantidad de semillas por vainas y Peso de semillas total por planta fueron positivas y muy significativas para las seis poblaciones. El resto de los coeficientes de correlación fueron positivos y muy significativos para tres de las poblaciones, excepto para la poblaciones número 3, 4 y 6 las cuales no fueron significativas.

Tabla N° 7. Correlaciones Fenotípicas entre las variables en las 6 poblaciones de Alfalfa (Medicago sativa)						
Variables	1	2	3	4	5	6
MS Cantidad de vainas	0,55 (0,10)	0,33 (0,36)	0,58 (0,08)	0,21 (0,55)	0,69 (0,03)	0,26 (0,47)
MS Cantidad de semillas por vainas	0,3 (0,40)	0,21 (0,56)	-0,17 (0,65)	-0,41 (0,24)	0,64 (0,00)	-0,01 (0,98)
MS Peso de vainas	0,54 (0,11)	0,15 (0,67)	0,56 (0,09)	0,2 (0,59)	0,6 (0,00)	0,19 (0,59)
MS Peso de semillas total por planta	0,32 (0,37)	0,19 (0,60)	-0,25 (0,49)	-0,39 (0,27)	0,64 (0,00)	0,04 (0,91)
Cantidad de vainas Cantidad de semillas por vainas	0,87 (0,00)	0,98 (0,00)	-0,03 (0,93)	0,35 (0,32)	0,86 (0,00)	0,58 (0,08)
Cantidad de vainas Peso de vainas	0,98 (0,00)	0,95 (0,00)	0,96 (0,00)	0,81 (0,00)	0,84 (0,00)	0,99 (0,00)
Cantidad de vainas Peso de semillas total por planta	0,86 (0,00)	0,96 (0,00)	-0,07 (0,85)	0,36 (0,30)	0,84 (0,00)	0,63 (0,05)
Cantidad de semillas por vainas Peso de vainas	0,93 (0,00)	0,92 (0,00)	0,12 (0,74)	0,33 (0,35)	0,96 (0,00)	0,57 (0,08)
Cantidad de semillas por vainas Peso de semillas total por planta	1 (0,00)	0,99 (0,00)	0,99 (0,00)	0,93 (0,00)	1 (0,00)	1 (0,00)
Peso de vainas	0,93	0,91	0,06	0,33	0,97	0,61

Peso de semillas total por planta	(0,00)	(0,00)	(0,86)	(0,35)	(0,00)	(0,06)
Valores de probabilidad entre paréntesis.						

Coefficiente de Sendero:

Los efectos directos e indirectos sobre Peso de semillas total por planta en alfalfa se presentan en la tabla N° 6. Respecto a los efectos directos de la Materia seca fue bajo en todas las poblaciones, e incluso negativo en algunos casos con valores entre 0,04 y -0,08. El efecto directo de la variable Cantidad de vainas tuvo valores negativos entre -0,43 y -0,08, excepto las poblaciones 3 y 6 con valores de 0,08 y 0,18 respectivamente. El efecto directo de la Cantidad de semillas por vainas fue muy alto en todas las poblaciones. Por último, el efecto directo del Peso de vainas fue positivo y variable entre las poblaciones con valores entre 0,55 y 0,06, excepto para la población 3 que presento un valor negativo de -0,19.

En cuanto a los efectos indirectos, el efecto de Cantidad de vainas vía Cantidad de semillas por vainas mostró valores altos entre 0,33 y 1,25, excepto para la población 3 que tuvo un valor muy bajo e incluso negativo de -0,33. El efecto indirecto de Peso de vainas vía Cantidad de semillas por vainas fue importante en todas las poblaciones con valores entre 0,30 y 1,18 y otra vez la excepción fue la población 3 cuyo valor fue bajo de 0,12. El resto de los efectos indirectos fueron valores bajos o nulos, excepto el caso de Materia seca vía Cantidad de semillas por vainas en la población 5 que tuvo un valor de 0,54 y el caso de la población 1 cuyos efectos indirectos Cantidad de vainas vía Peso de vainas y Cantidad de semillas por vainas vía Peso de vainas presentaron valore de 0,54 y 0,51 respectivamente.

Tabla N° 6:
 Coeficiente
 de Sendero
 que
 muestran
 los efectos
 directos e
 indirectos
 sobre Peso
 de semillas
 total por
 planta en
 Alfalfa
 (Medicago
 sativa).

Efecto de MS						
Vía	1	2	3	4	5	6
Directa	8.0E-04	0.04	-0.08	-0.02	0.03	0.04
Cantidad de vainas	-0.23	-0.12	0.10	-0.01	-0.06	0.02
Cantidad de semillas por vaina	0.26	0.27	-0.17	-0.37	0.54	-0.01
Peso de vainas	0.29	0.01	-0.11	0.02	0.13	-0.01
r total	0.32	0.21	-0.25	-0.38	0.64	0.04
Efectos residuales E	0.68	0.79	0.75	0.62	0,36	0,96
Efecto de Cantidad de vainas						
Directa	-0.43	-0.36	0.18	-0.06	-0.08	0.08
MS	4. 3E-04	0.01	-0.05	-4. 1E-03	0.02	0.01
Cantidad de semillas por vaina	0.75	1.25	-0.03	0.33	0.72	0.56

Peso de vainas	0.54	0.05	-0.18	0.10	0.18	-0.03
r total	0.86	0.96	-0.08	0.36	0.84	0.63
Efectos residuales E	0.14	0.04	0.92	0.64	0,16	0,37
Efecto de Cantidad de semillas por vainas						
Directa	0.86	1.28	1.01	0.90	0.84	0.97
MS	2. 4E-04	0.01	0.01	0.01	0.02	-4. 0E-04
Cantidad de vainas	-0.37	-0.35	-0.01	-0.02	-0.07	0.05
Peso de vainas	0.51	0.05	-0.02	0.04	0.21	-0.02
r total	1.00	0.99	0.99	0.93	1.00	1.00
Efectos residuales E	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	< 0,01	< 0,01
Efecto de Peso de vainas						
Directa	0.55	0.06	-0.19	0.12	0.22	0.22
MS	4. 3E-04	0.01	-0.05	-4. 1E-03	0.02	0.02
Cantidad de vainas	-0.42	-0.34	0.17	-0.05	-0.07	-0.07
Cantidad de semillas por vaina	0.80	1.18	0.12	0.30	0.81	0.81
r total	0.93	0.91	0.06	0.37	0.97	0.61
Efectos residuales E	0,07	0,09	< 0,01	0,63	0,03	0,39

Respecto al coeficiente de determinación R^2 del carácter peso de semillas total por planta, tuvo una gran variación entre las variables medidas, tomando valores entre -0,38 y 1. Estos resultados permiten apreciar que las variables estudiadas como componentes de peso de semillas total por planta difieren en su grado de incidencia directa sobre este. Destacando que la variable Cantidad de semillas por vaina tuvo un efecto directo alto sobre el Peso de semillas total por planta, mientras que el efecto indirecto de las variables Materia Seca, Cantidad de vainas y Peso de vainas vía Cantidad de semillas por vainas mostró valores intermedios. Esto permite considerar a la variable Cantidad de semillas por vaina como el componente principal y al resto de las variables como componentes secundarios de Peso de semillas total por planta. Dichos resultados son coincidentes con los estudiados por (Hacquet, 1990) en diversas condiciones experimentales, para las cuales los componentes de la producción de semilla se han indicado una correlación positiva entre la producción de semilla y el número de semillas por vaina. A su vez los resultados de la Tabla 6 son coincidentes con los experimentados por (Bolaños *et al.*, 2002) mediante un estudio realizado durante tres años sobre doce cultivares y cuatro sitios, donde se determinó que una de las principales fuentes de variación genética en la producción de semillas fue el Peso de semillas por inflorescencia ($0,92 < 0,001$).

Conclusión:

En síntesis, de las variables analizadas con el objetivo de evaluar la producción de semilla y otros caracteres relacionados en poblaciones de alfalfa de variedades con distinto grado de reposo invernal, la Cantidad de semillas por vaina fue la variable que mayor efecto directo presentó.

En el caso de las correlaciones entre las variables Cantidad de vainas y Peso de vainas se encontró una alta correlación en todas las poblaciones, al igual que entre las variables Cantidad de Semillas por vaina y Peso de semillas total por planta.

La cantidad de MS parece no afectar la producción de semilla y/o sus componentes.

Y se afirma la hipótesis planteada, de que los mecanismos de producción de semilla de *Medicago sativa* son similares en diferentes poblaciones, como no se observaron diferencias entre las poblaciones respecto a los mecanismos en la producción de semilla es posible utilizar el mismo criterio para este carácter en un programa de mejoramiento independientemente de la población con la que se trabaje.

Agradecimientos:

Quiero agradecer a la Estación Experimental del INTA Anguil, por impulsar y facilitar la realización de mi trabajo final de graduación.

Y al equipo de trabajo pertenecientes a la EEA, Mariano Ibarra, Carlos Sánchez y Jorge Moreno por su tiempo y dedicación, involucrados en la organización de tareas a campo y colaboración en la toma de muestras.

Bibliografía:

Abbott L. y Pistorale S. Evaluación de los componentes del rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado. Agriscienta, 2009, Vol xx (2): 55-62. Departamento de Ciencias Básicas, U. N. de Luján, CC 221 (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina. A. Andrés, INTA-EEA Pergamino, Ruta 32 km 4,5 (2700) Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Correspondencia a L. Abbott: genetica@unlu.edu.ar

Basigalup D.H. 2003. Presente y futuro en el mejoramiento de alfalfa (<http://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/11-mejoramiento_alfalfa.pdf).

Basigalup D.H. 2007.El cultivo de alfalfa en la Argentina. En: D. Basigalup (Ed.), Producción de semilla de alfalfa. pp 407-440. Buenos Aires: Ediciones INTA.

Basigalup D.H. 2015. Novedades de alfalfa: variedades, biotecnología y Congreso Mundial China. Jornadas Nacionales. Todo Alfalfa INTA Manfredi.

Bodzon, Z. 2004: Correlations and heritability of the characters determining the seed yield of the long-raceme alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Applied Genetics*, 45 (1): 49-59.

Bolaños, ED Aguilar - Huyghe C, B Julier, Ecalte C.2000. Variación genética para producción de semilla y sus componentes en poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agronomie* 20: 333-345, 45 (1): 49-59.

Bolaños–Aguilar ED. Edute génétique de la production de grains chez la Luzerne (*Medicago sativa* L.) [Thèse de doctoral]. Rennes, France: Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes; 2001.

Bolaños, ED Aguilar -Huyghe C, Julier B, C Ecalte, Ecalte C, Hacquet j. efecto del cultivar y el ambiente en producción de semilla de alfalfa. *Cosecha Sci* 2002; 42 (1): 45-50.

Bolton JL, Fryer JR. Inter-plant variations in certain seed setting processes in alfalfa. *Sci Agric* 1937; 18:1148-160.

Di Rienzo, JA, Casanoves. F, Balzarini. M G, Gonzalez. L, Tablada, M & Robleo, CW 2013, “InFoStat version 2013”. Grupo InFoStat, FCA, Universidad Nacional de Cordoba, Argentina. URL, (<http://.www.infostat.com.ar>).

Echeverría, E. M. 1993b. Producción de semilla de alfalfa en áreas bajo riego: Potenciales de rendimiento y principios claves en la producción. In: Primeras Jornadas Nacionales de Producción de Semillas y Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras. Conferencias y Resúmenes. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina, pp. 31c-33c.

Guncls, R. Rowe, D. E. 1981. Variability of seed-set in alfalfa and correlations with some pollen and ovule characteristics. *Can. J. Plant Sci.*61: 319-323.

Hacquet J. Genetic variability and climatic factors affecting lucerne seed production. *J Appl Seed Prod* 1990; 8: 59-67

Hutmacher RB, Steiner JJ, Vail SS, Ayars JE. Crop water stress index for seed alfalfa: influences of within-season changes in plant morphology. *Agric Water Manag* 1991;19: 135-149.

Hycka M. 1983. Alfalfa en el secano: variedades. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei (Zaragoza)* 16: 318-328.

Jafari, Ali Ashraf, Lak, Milad, Assadian Ghasem. 2012. Variability and Correlation between the Seed Yield and its Component in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Populations under Dry Land Farming System, Hamadan, Iran *Journal of Rangeland Science*, Vol. 2, No. 3, 567-576.

Moschetti C. 2014. Argentina increases production of alfalfa seeds. URL (HYPERLINK "<http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=29734>").

Raigón J.M. 1996. Polinización en alfalfa. Producción de semilla. Agencia de Extensión Rural Pocito.

Rodríguez, J. A 1983. Conceptos para el mejoramiento de especies forrajeras. E. E. R. A. Anguil. Publicación miscellanea N° 8: p. 3-10.

Romero N. A, Comerón Eduardo A. y Ustarroz Enrique. 1995. La Alfalfa en la Argentina, INTA Cuyo, 150-170. Manejo y utilización de la alfalfa.

Romero N.A. 2002. Manejo de pasturas asociadas basadas en alfalfa. En *Investigaciones en Producción Animal*. Boletín de divulgación técnica N*73. ISSN 0325-2167. Agosto 2002. EEA Anguil, pag.13-20.

Ruiz M., Parera C. 2011. Cuando menos agua significa más producción. INTA informa. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=8205>.

Spada M. del C y Mombelli, J. 2004. Curvas de crecimiento de cultivares de alfalfa con diferentes grado de reposo invernal. *Revista Argentina de Producción Animal* 24, supl. 1: 135-136.

Sengul S., Using path analysis to determine lucerne (*Medicago sativa* L.) seed yield and its components, *New Zeal. J. Agr. Res.* (2006) 49: 107-115).

Suttie, JM. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Cap VI. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. URL: (HYPERLINK "<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/x7660s/x7660s06.pdf>").

Quiros, C. F.; Bauchan, G. R. 1988. The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. In: Hanson, A. A.; Barnes, D. K.; Hill, R. R. (Eds.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. J. Soc. Agron. Monogr. Madison, USA. 29: p. 93-124.

Wynn-Williams, R.B., Palmer, T. P. 1974. Seeding Rates, Row Spacing and Lucerne (*Medicago sativa* cv Saranac) Seed Production Proceedings Agronomy Society of New Zealand 4; 63-65.