

Producción de garbanzo en función del Nitrógeno en ambientes contrastantes

APÁEZ-BARRIOS, Maricela, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa y APÁEZ-BARRIOS, Patricio

M. Apáez`, J. Escalante`, M. Rodríguez` y P. Apáez``

` Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Edo de México

`` Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”. UMSNH. Paseo Lázaro Cárdenas esquina con Berlín. Uruapan, Michoacán. México

apaez.maricela@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, R. García, L. Godínez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-I.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Chickpea has high protein content. Although the climate where expressed their highest potential is warm, also adapts to temperate climate. It is necessary to meet the nutrient requirement of nitrogen (N). The objectives of the study were to determine the effect of N on: phenology, accumulation of total biomass and yield of chickpea. Chickpea in two climates, warm temperate (C2) and (C1) was planted under conditions of seasonal rain. The treatments were the result of the combination of two climates C1, C2 and 0, 75 and 150 kg N ha⁻¹ (N0, N75 and N150). The combination of C1-N150 generated the greatest accumulation of total biomass (BT, 994 g m⁻²), grain yield (RG, 327 g m⁻²), number of pods (NV, 157 m⁻²) and number of grains (NG, 204 m⁻²).

9 Introducción

En los últimos años el uso de alimentos de origen vegetal que contribuyan con la nutrición y que además, contengan propiedades nutraceuticas ha cobrado más importancia. De ahí las leguminosas son parte importante del plato del buen comer por su alto contenido proteico. Entre estas se encuentra el garbanzo el cual contiene mayor cantidad de proteína, calcio, hierro y potasio en relación al haba (*Vicia faba* L.), ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) y chícharo (*Pisum sativum* L.) (Muy *et al.*, 2011). En el país los principales estados productores son Sinaloa, Sonora, Michoacán, Guanajuato, Baja California Sur, Jalisco y Guerrero (SIAP, 2015). El estado de México no figura entre las regiones productoras, sin embargo es una excelente opción el estudio del comportamiento de este cultivo bajo estas condiciones climáticas.

Este cultivo está adaptado a clima cálido (Muy *et al.*, 2011). No obstante, bajo condiciones de clima templado se puede desarrollar en meses en donde la temperatura no sea baja (Apáez *et al.*, 2016). Además de que representa una excelente alternativa forrajera para regiones de clima templado por su alta palatabilidad y contenido de proteína en estado inmaduro. Por otra parte, la temperatura y la acumulación de biomasa (BT) están estrechamente correlacionadas, ya que cualquier cambio significativo repercutirá directamente sobre la BT y por tanto en el rendimiento de grano (Kobata y Uemuki, 2004).

Padilla y Mendivil (2003), señalan que el rendimiento depende de la precocidad de la variedad, precipitación y cambios drásticos de temperatura. Aunado a lo anterior el N es el nutrimento que determina en mayor medida el rendimiento, al ser constituyente de la clorofila y los aminoácidos que intervienen en la síntesis de proteínas (Fageria y Baligar, 2005). También se ha reportado la relación que existe entre el contenido de N en la planta con el tamaño y la duración del aparato fotosintético lo cual genera un mayor número de vainas y en consecuencia mayor rendimiento (Escalante y Rodríguez, 2011). Escalante *et al.* (2007), mencionan que la nula aplicación de N al suelo, ocasiona acumulación de azúcares en los tejidos de la planta, lo que contribuye a la deposición de lignina y celulosa en las paredes celulares por lo que genera que la planta se torne quebradiza. Además de que la fertilización nitrogenada genera mayor crecimiento del dosel vegetal y por tanto mayor rendimiento de grano (Apáez *et al.*, 2013). En relación al N Apáez *et al.* (2016) en garbanzo encontraron que con dosis de 100 kg N ha⁻¹ se incrementa el rendimiento. Es necesario determinar la dosis más apropiada de fertilización principalmente de nitrógeno (Olaleye *et al.*, 2011), ya que llega un punto máximo de absorción por la planta y por ende el N aplicado en exceso causa contaminación en el suelo (Cárdenas *et al.*, 2004). Dicho nutrimento es el más demandante por el cultivo, por lo que se requiere cantidades apropiadas que favorezcan la mayor producción de materia seca, incrementen el rendimiento, número de vainas y número de semillas por vaina, ya que estos son los componentes que mayor relación tienen con la acumulación de materia seca hacia el grano (Aguilar *et al.*, 2005).

En garbanzo, son escasos los estudios al respecto. Por lo que los objetivos fueron determinar el efecto del tipo de clima (C), N y su interacción sobre: a) la fenología, b) biomasa total, c) índice de cosecha d) rendimiento de grano; e) componentes de rendimiento y f) rentabilidad económica.

9.1 Metodología

El estudio se estableció en dos sitios en Huitzuco, Gro., México ($18^{\circ} 15' N$, $99^{\circ} 09' O$ y 1086 m de altitud), de clima cálido (AW_1) y en Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Méx. ($19^{\circ} 27' N$, $98^{\circ} 54' O$ y 2249 m de altitud), de clima templado (CW_1) (García, 2005). El material genético de garbanzo fue criollo o nativo de grano color blanco proveniente de Huitzuco, Gro. La siembra en Huitzuco, Gro. se realizó el 01 de junio y en Montecillo Edo. de Méx el 03 de junio de 2014 bajo condiciones de lluvias estacionales, a densidad de población de 15 plantas m^{-2} para ambos sitios. En ambas localidades se aplicó 0, 75 y 150 kg de N (N_0 , N_{75} y N_{150} ; respectivamente). La combinación de dos tipos de clima (C1 y C2) y N, generó seis tratamientos (C1- N_0 , C1- N_{75} , C1- N_{150} , C2- N_0 , C2- N_{75} y C2- N_{150} ; respectivamente). La mitad de N se aplicó a los 20 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. La fuente de N fue: sulfato de amonio (20.5% N). El diseño experimental fue de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. En ambos climas se realizó un análisis físico químico del suelo para conocer el nivel inicial de fertilidad. El suelo del clima cálido (C1) es de textura franco-arcillosa, densidad aparente de $1.25 g cm^{-3}$, pH 7.2, CE baja ($0.32 dS m^{-1}$), bajo en N-inorgánico ($3.0 mg kg^{-1}$) y bajo en P ($11 mg kg^{-1}$); el clima templado (C2) es de textura franco arcillo arenoso, densidad aparente de $1.22 g cm^{-3}$, pH 8.2, CE baja ($0.41 dS m^{-1}$), bajo en N-inorgánico (3.46 ppm) y muy alto en P ($66.8 mg kg^{-1}$)

Durante el ciclo del cultivo se registró la temperatura máxima ($T_{max.}$, °C) y mínima ($T_{mín.}$, °C) y precipitación acumulada (mm), los datos para C1 fueron obtenidos de estación meteorológica automática (12,115) Huitzuco (DGE)-GRO y para C2 de la estación meteorológica del colegio del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo Texcoco, Edo. de Méx.

Se registraron las fases fenológicas: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2), final de fructificación (R3) y madurez fisiológica (RH) de acuerdo con el criterio presentado en Padilla (2008). A madurez fisiológica (RH) se registró la biomasa total (BT, $g m^{-2}$), el rendimiento de grano (RG, $g m^{-2}$), el número de vainas por m^2 (NV) y número de granos por m^2 (NG). A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza y a las que resultaron con diferencias significativas la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad mediante el paquete SAS versión 9.0 (SAS, 2003). Adicionalmente se aplicó un análisis de rentabilidad económico de acuerdo a las recomendaciones de CIMMYT (1998).

9.2 Resultados

9.2.1 Clima y fenología

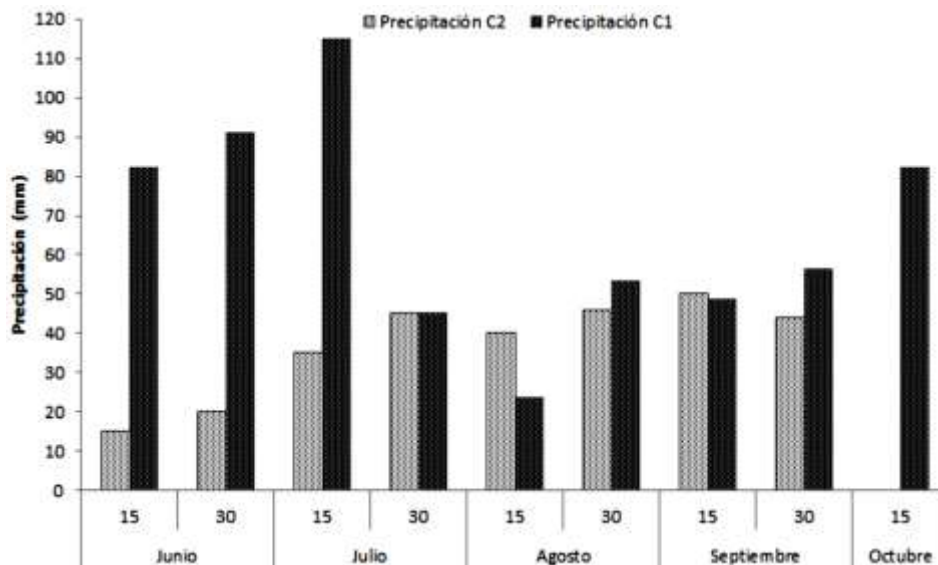
Para el clima cálido (C1), durante el ciclo del cultivo, la temperatura mínima ($T_{mín}$) y máxima ($T_{máx}$) promedio fue de 17 y 34 °C, respectivamente. Las más altas ocurrieron desde la siembra (S) hasta los 50 días después de la siembra (dds). Después la temperatura disminuyó hasta el final de la fructificación (R3), de tal manera que la más baja se presentó a RH (16 °C). La precipitación acumulada fue de 687 mm; el 64 % (409 mm) se presentó de S a inicio de floración (R1) y el 36 % (224 mm) en la etapa reproductiva, es decir, de R1 a RH (madurez fisiológica). Respecto al clima templado (C2), las $T_{máx}$ y $T_{mín}$ promedio fueron de 22 °C y 9.6 °C, respectivamente.

Las Tmáx más elevadas se presentaron en la tercera, cuarta y sexta semana después de la siembra, la Tmín ocurrió en la segunda semana después de la siembra (7.0 °C). Posteriormente la Tmáx disminuyó, así, en la primera quincena de agosto fue de 25.0 °C, hasta la primera quincena de octubre que correspondió a la madurez fisiológica (RH). La precipitación acumulada fue de 434 mm; el 26 % (115 mm) se presentó de S a inicio de floración (R1) y el 73 % (224 mm) en la etapa de R1 a RH (Tabla 9 y Gráfico 9). Se observó diferencia en los días a fases fenológicas entre climas. Así, en C1 la emergencia (E) se presentó a los diez días después de la siembra (dds), el inicio de floración (R1) a los 55 dds, inicio de fructificación a los 70 dds, final de la fructificación a los 100 dds y la madurez fisiológica a los 115 dds. En contraste, en C2 se observó un retraso para la E en 2 días, para R1 en 7 días, R2 en 13 días, R3 en 10 días y RH en 10 días. Lo anterior puede ser atribuido a la temperatura más alta de C1, lo que condujo a una reducción en la duración del ciclo de desarrollo del garbanzo. Bejiga y Van Der Maesen., (2006) indican que el rango óptimo de temperatura para el cultivo del garbanzo es de 10 a 25 °C con óptimo de 20 °C, similares al clima templado pero más bajas que el cálido del presente estudio.

Tabla 9 Temperatura mínima (Tmín), máxima (Tmáx) (media quincenal) durante el ciclo del cultivo del garbanzo en función del tipo de clima y Nitrógeno. Huitzucó, Gro y Montecillo, Méx. Verano de 2014

Mes	Quincena	Clima cálido (C1)			Clima templado (C2)		
		Tmín	Tmáx	Fases Fenológicas (dds)	Tmín	Tmáx	Fases Fenológicas (dds)
		-----°C-----			-----°C-----		
Junio	1	17.8	35.8	E	8	20	E
Junio	2	17.7	35.3		7	21	
Julio	3	17.1	34.7		8	23	
Julio	4	17	34.9	R1	10	24	
Agosto	5	16.3	34.7	R2	13	25	R1
Agosto	6	16.3	33.3	R3	13	23	R2
Septiembre	7	16.4	33.7		12	23	R3
Septiembre	8	16.1	33.1	RH	10	21	
Octubre	9				8	20	RH

Gráfico 9 Precipitación (suma quincenal) durante el ciclo de cultivo del garbanzo. Huitzucó, Gro clima cálido (C1) y Montecillo, Méx clima templado (C2), Verano de 2014



9.2.2 Biomasa total

La BT en Garbanzo, mostró cambios significativos por efecto de C, N y la interacción C*N (Tabla 9.1). Así, la BT en C1 fue superior en 48% a la BT de C2. Con N150 la BT se incrementó en 88% en relación al testigo (N0). Con C1-N150, se registraron los valores más altos, en promedio 994 g m⁻², 212% superior al C2-N0 (Tabla 9.2). La mayor BT en clima cálido (C1) y altas dosis de N, puede ser consecuencia de la diferencia en la textura del suelo lo que pudo provocar mayor aprovechamiento de los recursos hídricos e incluso nutricionales. Con lo cual, puede aumentar la radiación interceptada, que resulta en mayor actividad fotosintética y acumulación de biomasa total (Escalante, 1995). En relación a la respuesta del N este favoreció en gran medida al crecimiento del dosel vegetal y que por tanto existe una mayor fuente de fotosintatos (Fageria y Baligar, 2005).

9.2.3 Índice de cosecha

El índice de cosecha (IC) no mostró cambios significativos por efecto de C, N e interacción C*N (Tabla 9.1). El IC promedio fue de 32%, similar al reportado por Saxena y Johansen (1988), quienes en cultivares de garbanzo tolerantes al frío reportan IC de 32%. Esto sugiere que las condiciones de clima y el suministro de N no afectaron la distribución de materia seca hacia el grano.

Finalmente, estos resultados indican que las condiciones ambientales del C1 fueron más favorables para una mayor producción de BT, y que el suministro de N estimula una mayor producción de materia seca (MS). Asimismo el N al generar una mayor demanda de fotoasimilados, eleva la asignación de MS hacia el grano (Escalante y Rodríguez, 2011).

9.2.4 Rendimiento de grano y sus componentes

En el Tabla 9.1 se observa que el RG y sus componentes, número de vainas (NV) y número de granos (NG) presentaron cambios significativos por efecto de la C, N y la interacción C*N. En C1, el RG fue superior en 87 g m⁻², NV en 44 m⁻² y el NG en 58 por m⁻² en relación a C2. Con N150, se logró el mayor RG, NV y NG con incrementos en relación al testigo (N0) de 115, 72 y 73 % respectivamente. En cuanto a la combinación C*N, el mayor RG, NV y NG se logró con C1-N150, con incrementos en relación al C2-N0 de 220, 80 y 187 %, respectivamente.

Con el suministro de N se reportan incrementos en el RG de hasta 30 % al aplicar 100 kg de N ha⁻¹ (Roy y Sharma, 2006). Escalante y Rodríguez (2010) en otra leguminosa como el haba (*Vicia faba* L.), encontraron que con aplicación de 99 kg de N ha⁻¹ aumenta significativamente el NV, NG y en consecuencia en el RG.

Tabla 9.1 Probabilidad de F para biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), número de vainas (NV) y número de granos (NG), en función del tipo de clima y Nitrógeno. Huitzoco, Gro y Montecillo, Méx. Verano de 2014

Factor	BT g m ⁻²	IC (%)	RG g m ⁻²	NV m ⁻²	NG m ⁻²
C	**	NS	**	**	**
N	**	NS	**	**	**
C*N	**	NS	**	*	*

*, ** = P ≤ 0.01 y 0.05, respectivamente
NS = No significativo

Tabla 9.2 Biomasa total (BT), rendimiento de grano (RG), número de vainas (NV) y número de granos (NG), en función del tipo de clima y Nitrógeno. Huitzucó, Gro y Montecillo, Méx. Verano de 2014

Factor	Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	BT g m ⁻²	RG g m ⁻²	NV m ⁻²	NG m ⁻²
C1	0	¶624c	200c	108c	140c
	75	870b	281b	132a	174ab
	150	994a	327a	157a	204a
C2	0	318d	102d	55d	71d
	75	578c	187c	87c	113d
	150	784b	258 b	123ab	160b
Clima (C)	C1	829a	269a	132a	172a
	C2	560b	182b	88b	114b
Nitrógeno (N)	0	471c	139c	81c	105c
	75	724b	240b	109b	143b
	150	889a	299a	140a	182a
Media		695	226	110	143
Tukey _{0.05}	C	112	89	44	58
	N	165	58	27	37
	C*N	88	27	28	43

¶En cada columna los tratamientos con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$), DMS_{0.05} = diferencia mínima significativa al 5 % de probabilidad de error

9.2.5 Rentabilidad económica

En el Tabla 9.3 se observa la rentabilidad económica, la cual presentó cambios significativos por efecto de la interacción C*N. La combinación de C1-N150 generó el mayor RG (3,270 kg ha⁻¹), IN (\$43,738.99) y GPI (\$2.0). Con la adición de N aumenta el tamaño del dosel vegetal, principal fuente de fotoasimilados por lo que incrementa el rendimiento de grano (Escalante y Rodríguez, 2011) y por ende IN más elevado. Respecto a la utilización del N, resultados similares reportan Apérez *et al.* (2016) al obtener el rendimiento más alto con la mayor dosis de N (100 kg de N ha⁻¹). Los tratamientos sin N presentaron la menor GPI.

Tabla 9.3 Rendimiento de garbanzo (RG), ingresos totales (IT), costos fijos (CF), variables (CV) y totales (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en función del en función del tipo de clima y Nitrógeno. Huitzucó, Gro y Montecillo, Méx. Verano de 2014

Clima	Nitrógeno (N)	RG	IT	CF	CV	CT	IN	GPI
----- kg ha ⁻¹ -----		----- \$ -----						
C1	0	¶2,000c	40,000c	8,900a	9,126c	18,026c	21,973b	1.2a
	75	2,810b	56,200b	8,900a	11,115b	20,015b	36,184a	1.8a
	150	3,270a	65,400a	8,900a	12,761b	21,661b	43,738a	2.0a
C2	0	1,020d	20,400d	8,900a	9,126c	18,026c	2,373d	0.1c
	75	1,870c	37,400c	8,900a	14,072a	22,972a	14,427c	0.6c
	150	2,580b	51,600b	8,900a	15,978a	24,878a	26,721b	1.1c
Tukey 0.05 Prob F	C*N	(270)**	(4,800)**	(1,120) ^{NS}	(1,950)**	(1,745)**	(7,600)**	(0.6)**

Ingreso total = rendimiento * precio por kg de garbanzo (\$ 20.00). Costo fijo = incluye costos de preparación del terreno, control de plagas y enfermedades. Costos variables = incluyen el costo de fertilizante, cosecha y flete. Costo total = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = ingreso total – costo total

¶En cada columna los tratamientos con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$). *, ** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente

9.3 Conclusiones

Los días a ocurrencia de las fases fenológicas del garbanzo dependen del clima de desarrollo del cultivo. El clima y el suministro de nitrógeno determinan la producción de biomasa, rendimiento, número de granos, número de vainas y rentabilidad económica del cultivo. La mayor producción de biomasa, rendimiento de grano, número de granos, número de vainas y rentabilidad económica se logra en clima cálido con 150 kg de N ha⁻¹.

9.4 Referencias

- Aguilar, G. L., J. A. Escalante E., L. Fucikovsky Z., L. Tijerina C. y E. Mark E. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra*. 23(3): 303-310.
- Apáez, B. P. Escalante, E. J. A. S. Ramírez V. P. Koch, O. S. D. Sosa, M. E. Olalde, G. V. M. (2013). Eficiencia agronómica del nitrógeno y fósforo en la producción de frijol chino en espaldera de maíz. *Terra Latinoamericana*. 31(4): 285-293.
- Apáez, B. M. Escalante, E. J. A. S. Rodríguez, G. M. T. Apáez, B. P. (2016). Distancia entre hileras, nitrógeno y producción de garbanzo en humedad residual. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(2): 223-234.
- Cárdenas, N. R., J. M. Sánchez Y, R. Farías R. y J. J. Peña C. (2004). Los aportes de nitrógeno y fósforo en la agricultura. *Rev. Ser. Hort.* 10(2): 173-178.
- CIMMYT, (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT, México. 79 p.
- Escalante, E. J. A. (1995). Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad* 12: 28-32.
- Escalante, E. L. E. Escalante, E. Y. I. Linzaga E. C. (2007). La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Agronomía Costarricense* 31(2): 95-100.
- Escalante, E. J. A y Rodríguez, G. M. T. (2010). Biomasa y rendimiento en haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Ciencias Agrícolas Informa* 20(1):16-25.
- Escalante, E. J. A. y Rodríguez G. M. T. (2011). Biomasa y rendimiento de haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Ciencias Agrícolas Informa* 20: 16-25.
- Fageria, N. K. and V. C. Baligar. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Elsevier Inc. 88: 97-185.
- García, E. (2005). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Kobata, T. and Uemuki, N. (2004). High temperatures during the grain filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. *Agron. J.* 96:406-414.

- Muy, R. M. D. Verdugo, P. M. Osuna, E, T. Báez, S, M. A. Basilio, H, J. Valdez T, B. Contreras, M, R. Sañudo, B. J. A. Campos, S, J. P. (2011). Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías postcosecha para mantener su calidad. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 17(1):39-45.
- Olalde, G. V. M, Escalante, E. J. A, Sánchez, G. P. Tijerina, C. L. Mastache, L. A. A y Carreño, R. E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra Latinoamericana, 18(4): 313-323.
- Olaleye, O. F. Olajire, R. C. Aboido and I. Nnenna. (2011). Nitrogen and Phosphorus Response Efficiency in cowpea Genotypes. J. Agric. Sci. 4: 81-90.
- Padilla, V. I. R. Mendívil, L. (2008). Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento y calidad del garbanzo blanco (*Cicer arietinum* L.) en el Valle del Mayo. In: Memorias del VI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Universidad de Baja California. pp: 409-415.
- Roy, R. K and Sharma, R. P. (2006). Performance of Chickpea genotypes at varying plant population and fertility levels under lat-sown conditions. International Chickpea newsletter 14:19-20.
- Saxena, N. P. Johansen, C. S. (1998). La mejora en el índice de cosecha del garbanzo a través de la incorporación de la tolerancia al frío. International Crops Research Institute for semi-Arid Tropisc. 19:17-19.
- SIAP. (2015). Avance de siembras y cosechas. <http://www.siap.gob.mx> (Fecha de consulta: 12-02-2016).
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2003). SAS/STAT User's Guide Release 9.1 ed, Cary, NC, USA.