



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR, BIOMASA Y RENDIMIENTO DE
GIRASOL EN FUNCIÓN DE UREA DE LENTA LIBERACIÓN**

TÉSIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

TERESA PÉREZ CERVANTES

38^a GENERACIÓN

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORES:

Dr. EDGAR JESÚS MORALES ROSALES

Dr. JOSÉ ANTONIO LÓPEZ SANDOVAL



CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", DICIEMBRE DEL
2017.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Ignacia y Juan.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por el valor mostrado para salir adelante pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos

Por darme su apoyo incondicional por el ejemplo para continuar estudiando y así lograr mis metas.

A mis maestros

Quienes con su infinita paciencia me han transmitido sus conocimientos, así mismo por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

DEDICATORIAS

A mis maestros, Doctores. Edgar Jesús Morales Rosales y José Antonio López Sandoval, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos, especialmente del campo y de los temas que corresponden para mi formación como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Pero además de eso, han sido quienes han sabido encaminarme por el camino correcto y quien me ha ofrecido sabios conocimientos para lograr mis metas y lo que me proponga.

Muchas gracias maestros.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIAS	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE CUADROS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia	4
2.2 Fenología	5
2.3 Análisis de crecimiento	6
2.4 Índice de área foliar (IAF)	7
2.5 Biomasa	8
2.6 Urea convencional	9
2.7 Urea peletizada (lenta liberación)	10
2.8 Rendimiento de grano	11
2.9 Índice de cosecha.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Sitio de los experimentos	14
3.2 Material vegetal	14
3.3 Conducción del experimento.....	15
3.4 Variables de estudio.....	15

3.5 Análisis Estadístico.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
4.1 Análisis de varianza.....	17
4.2 Comparación de medias.....	17
4.3 Interacción localidad × cultivar (L×C).....	17
4.4 Interacción localidad × urea (L × NBPT).....	19
4.5 Interacción cultivar × urea (C × NBPT).....	20
V. DISCUSIÓN.....	22
VI. CONCLUSIONES.....	24
VII. LITERATURA CITADA.....	25

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de medias de las variables índice de área foliar (IAF), biomasa (BIO), área de capítulo (AC), peso de cien semillas (PCS), Rendimiento de grano (REN) e índice de Cosecha de girasol para los factores localidades (L), cultivares (C) y dosis de nitrógeno.	18
Cuadro 2. Efecto de interacción cultivar × localidad en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).	19
Cuadro 3. Efecto de interacción localidad × dosis de nitrógeno en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).	20
Cuadro 4. Efecto de interacción cultivar × dosis de nitrógeno en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).	20

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos (Trápani et al 2004).	5

RESUMEN

El nitrógeno es un nutrimento que incrementa el crecimiento, índice de área foliar, biomasa, y la fotosíntesis del cultivo, características que permiten al girasol aumentar el rendimiento de semilla por unidad de superficie. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el índice de área foliar (IAF), biomasa (BIO) y algunos componentes de rendimiento de girasol en función de urea de lenta liberación (NBPT), en dos localidades del Estado de México. El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo factorial. Los 16 tratamientos resultaron de las combinaciones de dos localidades, dos cultivares y cuatro niveles de nitrógeno. Los datos se analizaron con ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba DSH ($p \leq 0.05$). El análisis de resultados indicó que en Chalco el girasol rindió (246.35 g m^{-2}) más que Toluca (214.20 g m^{-2}), debido a un mayor índice de área foliar y producción de biomasa. El cultivar Victoria, con rendimiento promedio de 243.07 g m^{-2} fue superior a 'Criollo' en 11%. La mejor dosis en este estudio fue de 120 kg ha^{-1} ya que su rendimiento promedio fue 329.88. Se concluye que los componentes de rendimiento fisiológicos: índice de área foliar y biomasa; y los componentes de rendimiento morfológicos: número y peso de 100 semillas explican el rendimiento de grano de girasol.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., fertilización nitrogenada, urea con polímero

ABSTRACT

Nitrogen is a nutrient which increases growth, leaf area index and crop photosynthesis, characteristics that permit sunflower to increased seed yield per surface unit. The aim of the present study was to evaluate the leaf area index, biomass, yield and principal components as function of slow release urea, in two localities of the Estado de Mexico. The experimental design was complete randomized blocks with factorial arrangement. The 18 treatments resulted from the combinations of the two localities, two cultivars and the four nitrogen levels. The data were analyzed with ANOVA and treatments means, were compared with the DSH test ($p \leq 0.05$). The analysis of the results indicated that in Chalco the sunflower yielded (214.2 g m^{-2}) more than Toluca (214.2 g m^{-2}) due to the higher leaf area index and biomass. 'Victoria', with average yield of 243.07 g m^{-2} , was higher than 'Criollo' by 11%. The best dose in this study was 120 kg ha^{-1} , since its average yield was 329.88. It is concluded that the physiological yield components: leaf area index and biomass; and morphological yield components: number and weight of 100 seeds explain the yield of sunflower grain.

Kew words: *Helianthus annuus* L., nitrogen fertilization, polymer urea

I. INTRODUCCIÓN

En México, *Helianthus annuus L.*, se produce en los estados de Baja California, Durango, Jalisco, Nayarit, Sonora y Tamaulipas, con una superficie de 1200 ha y una producción total de 700 t (**INEGI, 1996**), sin embargo, existe un alto potencial productivo para esta especie, por lo que es importante realizar estudios sobre las condiciones y prácticas agrícolas más convenientes para su cultivo.

Mediante el uso de prácticas agrícolas se provee a los cultivos de las condiciones favorables para la expresión del mayor rendimiento potencial; dentro de dichas prácticas destaca la evaluación de genotipos y el manejo del fertilizante nitrogenado.

El nitrógeno (N) es después del agua el factor de crecimiento más importante para el crecimiento de las plantas cultivadas. Es el elemento químico que influye directamente en la producción vegetal tanto en forma cuantitativa como cualitativa. Incrementa el área y expansión foliar, aumenta el grosor de la hoja y la tasa fotosintética.

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante y comúnmente se aplica al suelo. También se utiliza la urea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03%) como fertilizante de uso foliar. La urea presenta un inconveniente, ya que cuando permanece mucho tiempo en el terreno una proporción de N aplicado se pierde por la volatilización de amonio (NH_3) reduciendo su efecto nutricional. La pérdida de N por volatilización puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores del ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico,

materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial, dosis y localización del fertilizante (**Ferraris et al., 2009**).

Existen fuentes de fertilización de lenta liberación (urea peletizada) que suministran N durante toda la etapa de crecimiento de cultivo y poseen algunas ventajas sobre las fuentes convencionales de N entre las cuales destacan: la liberación de N por varios meses, disminuyen la lixiviación de nitratos en el agua del suelo y se pierde menos el elemento químico por volatilización y desnitrificación (**Lamsfus et al., 2003**). Los inhibidores de ureasa retrasan la velocidad de conversión de la urea a amonio, si la tasa de conversión es lenta se reduce la volatilización del amoníaco, a este tipo de fertilizantes se les conoce como fertilizantes estabilizados. El N – (n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT) presenta un alto potencial para inhibir la hidrólisis de la urea reduciendo las pérdidas por volatilización. Este fertilizante ha sido evaluado con resultados satisfactorios en diversos cultivos, además, no ha presentado efecto alguno sobre las propiedades biológicas del suelo (**Banerjee et al., 1999**).

El uso intensivo de fertilizantes nitrogenados convencionales incrementa el costo de producción y ocasiona desastre ambiental. La lixiviación de nitratos que conduce a la contaminación de mantos freáticos, volatilización de amonio y emisión de óxido nitroso causante del efecto invernadero. En este sentido, la urea presenta un inconveniente, ya que cuando permanece mucho tiempo en el terreno una proporción de nitrógeno aplicado se pierde por la volatilización de amonio reduciendo su efecto nutricional. La pérdida de N por volatilización puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacaes. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores del ambiente, suelo y manejo tales como

temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial, dosis y localización del fertilizante.

Debido a lo anterior, se propone el uso de urea de lenta liberación con el objetivo de evaluar el índice de área foliar, biomasa y rendimiento de dos cultivares de girasol en función de tres niveles de urea de lenta liberación y la pregunta a contestas sería si las dosis de nitrógeno suministradas en los cultivares de girasol bajo estudio incrementarían el rendimiento de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia

En México, el girasol ocupa el sexto lugar, después de los cultivos de cártamo, soya, cacahuete, ajonjolí y canola **(SIAP, 2017)**. La producción de girasol para semilla enfrenta un serio problema de competencia con la producción de este cultivo con fines ornamentales y para forraje, de tal manera que la cantidad que se siembra para semilla tiene altibajos muy notables.

La superficie cosechada ha mostrado variaciones en la cantidad de hectáreas cosechadas por año, que no muestran una tendencia clara, por la presencia de años atípicos de baja superficie. Por esta razón, la producción de girasol mexicano no figura en el comercio mundial de oleaginosas, aunque dentro del paquete de granos que se siembran para la producción de aceite, se sabe del déficit del 95 % que se tienen de este tipo de granos. Los estados con mayor superficie cosechada de girasol del país son Morelos, Nayarit, Baja California Sur y Norte, Campeche y Coahuila, sin embargo, cabe mencionar que este cultivo ha venido perdiendo fuerza, pues existen casos de estados como Tamaulipas y Sonora donde tradicionalmente se cultivaba, en los que ya no se registraron datos de su cosecha en los últimos años **(Olalde et al, 2000)**

El rendimiento promedio en estos estados ha sido de entre 1.5 y 2.5 toneladas por hectárea. El precio medio rural varió desde los 2,500 pesos hasta los 8,000 pesos por tonelada en el año 2007. Por estas razones se importaron grandes volúmenes de semilla para su industrialización **(Financiera Rural, 2010)**.

2.2 Fenología

La fenología agrícola, que establece las distintas fases de diferenciación por las que atraviesan los cultivos y sus relaciones y sus relaciones con los cambios morfológicos y fisiológicos (**Andrade et al., 1996**). **Escalante y Kohashi (1993)** afirman que el fenotipo de una planta es la resultante de la interacción del genotipo representado por la variedad, y el ambiente representado por el clima, suelo y factores bióticos. El término fenología se utiliza para designar el conjunto de fenómenos biológicos como floración, fructificación, letargo, etc. Que ocurren en diferentes etapas del desarrollo (ciclo biológico) de las plantas, y que están acomodados a cierto ritmo biológico.

Los principales factores ambientales que controlan la duración de las fases fenológicas son la temperatura y el fotoperiodo; la importancia relativa de cada uno de ellos varían según la fase que se considere, el ambiente en que crece el cultivo y el genotipo. En la figura 1 se muestra la fenología del cultivo del girasol (**Trápani et al 2004**).

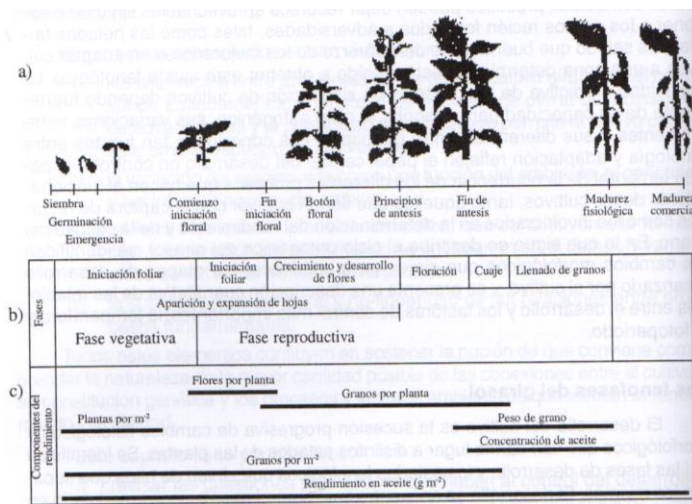


Figura 1. Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos (**Trápani et al 2004**).

2.3 Análisis de crecimiento

El crecimiento vegetal es el incremento de materia seca en un periodo de tiempo determinado, así como la habilidad para cambiar en tamaño, masa, forma y número de órganos. **Salisbury y Ross (1991)**, mencionan que a medida que crecen los organismos multicelulares a partir del cigoto no solo aumentan en volumen, sino también en peso, número de células y complejidad. El crecimiento puede cuantificarse básicamente en volumen o en masa. La acumulación de los fotosintatos se estima mediante el crecimiento de materia seca, así como su distribución en los diferentes órganos (raíz, hojas, flores, frutos y semillas). El desarrollo incluye la ocurrencia de eventos fenológicos en la planta como es el caso de la floración, fructificación, etc. Así es posible ver que el desarrollo es responsable de cambios cualitativos y el crecimiento en cambios cuantitativos (**Villalobos, et al., 2002**).

La biomasa que representa la producción fotosintética neta o aparente de las plantas, es un parámetro utilizado en el estudio del crecimiento vegetal (**Escalante y Kohashi, 1993**). **Krug (2004)** menciona que el crecimiento depende de diferentes factores (internos y externos) que lo regulan. El crecimiento de un organismo se refiere al aumento en tamaño y volumen celular y es el resultado de los procesos de división y alargamiento celular (**Richards, 1990**). En ese sentido, **Cárcova et al. (2003)** indican que estos procesos son el resultado de la producción, transporte y acumulación de fotoasimilados y nutrientes.

Agronómicamente, se define como un incremento en la biomasa incluyendo el proceso de diferenciación, el cual contribuye significativamente en la acumulación de materia seca (**Gardner et al., 1985**).

Una manera de evaluar la producción de biomasa es mediante la cuantificación de materia seca (peso), pues ello representa la dinámica de la producción fotosintética neta del cultivo (restando la respiración) y

puede ser utilizado en el estudio del crecimiento vegetal. La fotosíntesis neta durante el ciclo de crecimiento de un cultivo puede ser interpretada por medio de un análisis de crecimiento. Esto requiere de hacer determinaciones de biomasa acumulada y área foliar a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo. Dichas variables se determinan en el material a intervalos de tiempo, permitiendo el cálculo de varios índices que describen el crecimiento de plantas y sus órganos (**Escalante y Kohashi, 1993**).

2.4 Índice de área foliar (IAF)

El índice de área foliar representa el área foliar de las plantas que ocupan una determinada superficie de terreno, es decir, el área foliar por unidad de área sembrada. Como las unidades de área son las mismas para el follaje y para la superficie de terreno que ocupa el cultivo, el IAF es adimensional. Se puede aceptar que el IAF es una medida del potencial fotosintético de una población vegetal en un momento dado. El grado en el cual este potencial contribuya a la elaboración de fotosintatos dependerá de factores externos, entre ellos, el nivel de irradianza o flujo fotónico fotosintético promedio que reciba dicha área (**Escalante y Kohashi, 1993**).

Existen investigaciones en girasol relacionadas con el suministro de nitrógeno y el índice de área foliar. **Olalde et al. (2000)** indicaron que el número de hojas verdes e índice de área foliar mostraron cambios significativos por efecto del N y densidad de población. En este sentido, **Steer y Hocking (1983)** establecieron, que el nivel de producción de hojas se incrementó con aumentos en la aplicación de N. **Fichtner y Schulze (1992)** encontraron que con aumentos en la aplicación de N se incrementó el área foliar por planta.

2.5 Biomasa

El crecimiento de un cultivo es el producto de la división y el alargamiento celular de los órganos diferenciados. Esos procesos son el resultado de la producción, transporte y acumulación de fotosintatos y nutrimentos. Los fotoasimilados provienen de la fijación del dióxido de carbono (CO₂) producto de la fotosíntesis. Este es el proceso por el cual la energía solar es transformada en energía química, y tiene lugar principalmente en las láminas de las hojas, siendo estos, los órganos de la planta con mayor concentración de clorofila.

La tasa de crecimiento de un cultivo (biomasa acumulada por unidad de tiempo) resulta del balance de dos procesos contrapuestos. La fotosíntesis (ganancia de CO₂ y la respiración perdida de CO₂) (**Carcóva et al., 2003**).

Algunos trabajos indican el incremento de biomasa con relación a la aplicación de nitrógeno y la densidad de población. **Vega-Muñoz et al. (2001)** mencionan que la acumulación de materia seca (g m⁻²) en cada estructura de la planta se incrementó al aplicar nitrógeno y con el uso de poblaciones altas. Esto condujo a una mayor producción de biomasa, rendimiento y un número más alto de semillas m⁻².

Escalante (2001) realizó un estudio para determinar la influencia genotípica y de la fertilización nitrogenada (150 y 300 kg N ha⁻¹) sobre la producción de biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso del agua (EUA) de girasol (*Helianthus annuus* L.). El cultivar Sungro 380 (genotipo tardío) mostró mayor producción de biomasa, índice de cosecha y rendimiento más bajo que el genotipo precoz Arbung E-353 (ABE353).

2.6 Urea convencional

El uso intensivo de urea común en girasol aumenta el costo de producción y ocasiona contaminación ambiental por lixiviación de nitratos (NO_3^-), volatilización de amonio (NH_3) y emisión de óxido nitroso (N_2O) (**Ousman & Alamayehu, 2015**). En este sentido, la urea presenta un inconveniente, ya que cuando permanece mucho tiempo en el terreno una proporción de N aplicado se pierde por la volatilización de amonio (NH_3) reduciendo su efecto nutricional (**Warwick et al., 2016**). La pérdida de N por volatilización puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores del ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial, dosis y localización del fertilizante (**Ousman y Alamayehu, 2015**).

La aplicación de urea común en el cultivo en girasol ha tenido diferentes resultados. Se aplicó urea en dosis de 0. 50. 100 y 150 Kg ha⁻¹. A la cosecha se determinó rendimiento y porcentaje de aceite. El rendimiento en grano no varió en forma significativa, incluso tendió a disminuir con el aumento de la dosis de urea aplicada. De modo tal que no existió respuesta a la fertilización con N (**Passone y Vazquez 1997**).

En la mayoría de los cultivos, la fertilización nitrogenada, es una práctica de manejo necesaria para la realizar una agricultura sustentable, no obstante, dado el costo de los fertilizantes nitrogenados y el impacto ambiental resultante de la aplicación de los mismos hacen necesario el desarrollo de estrategias de manejo tendientes a mejorar (la eficiencia en el uso de N) la EUN. (**Pa Barbieri et al. 2010**)

2.7 Urea peletizada

Existen fuentes de fertilización de lenta liberación que suministran nitrógeno (N) durante toda la etapa de crecimiento de cultivo y poseen algunas ventajas sobre las fuentes convencionales de nitrógeno entre las cuales destacan: la liberación de nitrógeno por varios meses, disminuyen la lixiviación de nitratos en el agua del suelo y se pierde menos el elemento químico por volatilización y desnitrificación (**Lamsfus et al., 2003**). Los inhibidores de ureasa retrasan la velocidad de conversión de la urea a amonio, si la tasa de conversión es lenta se reduce la volatilización del amoníaco, a este tipo de fertilizantes se les conoce como fertilizantes estabilizados. El N - (n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT) presenta un alto potencial para inhibir la hidrólisis de la urea reduciendo las pérdidas por volatilización. Este fertilizante ha sido evaluado con resultados satisfactorios en diversos cultivos, además, no ha presentado efecto alguno sobre las propiedades biológicas del suelo (**Banerjee et al., 1999**).

Massignam et al. (2011) en Australia, sembraron girasol. 'Hyson 36' con tres niveles de N (0, 5 y 30 g m⁻², respectivamente); reportaron una disminución significativa de biomasa, la cual se debió a la baja oferta de este nutrimento. Al reducir los niveles de N la expansión foliar, el índice de área foliar y la eficiencia en el uso de la radiación disminuyeron ocasionando bajos rendimientos.

Espíndula et al. (2016) encontraron en trigo (*Triticum* spp.), que la aplicación de urea de liberación lenta incrementó significativamente el rendimiento y sus componentes sobre la urea común. Con 60 Kg N ha⁻¹ de agrotain (urea NBPT) se obtuvo 37.5% más rendimiento de grano y 38% más de N absorbido con relación al suministro de 60 Kg N ha⁻¹ de urea común.

Graham y Varco (2017) indicaron que con la aplicación de urea NBPT en girasol a una dosis de 90 kg N ha⁻¹ se obtuvieron 147.2 y 1.50 g m⁻² de rendimiento de grano y N absorbido, respectivamente. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre este y el suministro fraccionado de 90 kg N ha⁻¹ de nitrato de amonio. La urea NBPT superó al testigo en 42.9 y 52.9% en el rendimiento de grano N absorbido, respectivamente.

El rendimiento biológico, expresado a nivel de planta o población, puede consignarse como la materia seca total de la planta y se expresa en términos de peso. También se llama biomasa (**Escalante y Kohashi, 1993**).

2.8 Rendimiento de grano

El rendimiento puede considerarse integrado por un conjunto de variables denominadas “componentes”. En girasol, estos componentes corresponden, en su mayor parte, a características propias de la fase reproductiva del cultivo tales como el número de capítulos por unidad de superficie, el número de frutos maduros que se desarrollan en el capítulo, el peso individual de los frutos y su contenido porcentual de aceite (**Hernández, 2004**).

Siendo el girasol cultivado una especie con un único capítulo, el número de capítulos por unidad de superficie resulta del número de plantas por unidad de superficie capaces de desarrollar esta inflorescencia. El número de frutos llenos por capítulo será el resultado de las flores producidas sobre el receptáculo del mismo, que son fecundadas y desarrollan la semilla, es decir, que no abortan (**Hernández, 2004**).

Se han efectuado varios estudios para incrementar el rendimiento en girasol con diferentes variables. En algunos de genotipos de girasol, las plantas con nitrógeno desde las primeras etapas de crecimiento

mostraron mayor índice y duración del área foliar, mayor radiación interceptada y, en consecuencia, una producción de biomasa y rendimiento de semilla y aceite más alta (**Escalante, 1999**). **Aguilar-García et al. (2005)**, al estudiar diferentes densidades de población en girasol indican que al elevar la densidad de población se incrementó la producción de biomasa y el rendimiento, esto se debe, al incremento del área foliar y no necesariamente a la producción de fotosintatos por unidad de área foliar. También se han empleado fitorreguladores que demostraron el incremento del rendimiento en girasol, los tratamientos que dieron mayores resultados fueron Biozyme y Cultar (**Silva et al., 2001**).

2.9 Índice de cosecha

El índice de cosecha se determina a la cosecha una vez que las plantas han llegado a su madurez fisiológica. El índice de cosecha ha sido considerado como un indicador de la eficiencia de una variedad desde el punto de vista del rendimiento. Es decir, si el interés es la semilla, las plantas que acumulan mayor cantidad de materia seca en la semilla, en relación al total de las estructuras de la planta (biomasa), serán más eficientes. El índice de cosecha puede expresarse en por ciento o en valores fraccionarios (Escalante y Kohashi, 1993).

Gholinezhad et al. (2009) realizaron un estudio para medir el efecto de estrés de sequía sobre el rendimiento, componentes de rendimiento e índice de cosecha en el híbrido 'Iroflor' de girasol en función de diferentes niveles de nitrógeno y densidad de población, reportaron que el índice de cosecha disminuyó al incrementar el estrés de sequía y el número de plantas por hectárea.

Al evaluar la tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta, **Morales-Morales et al. (2015)** encontraron un mayor índice de cosecha en el cultivar 'Victoria' respecto al 'Criollo' sugiriendo que al ser 'Victoria' un material mejorado

genéticamente, tuvo una mayor traslocación de asimilados hacia la semilla, incrementando su rendimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio de los experimentos

La investigación se efectuó en mayo de 2017 en dos localidades del Estado de México: Toluca y Chalco. Toluca se ubica a 19° 24' N, 99° 54' O y 2611 m de altitud, su clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano y escasa precipitación pluvial en invierno, la precipitación media anual es de 900 mm y su temperatura media anual es de 12.8°C (**García, 2004**). La concentración inicial de nitrógeno (N) inorgánico en el suelo fue de 51.3 Kg ha⁻¹ (en las dos localidades se determinó por el método de Kjeldahl). Chalco se ubica a 19° 09' N y 90° 58' O, con una altitud media de 2550 m, el clima es templado subhúmedo, precipitación pluvial anual de 800 mm y temperatura media anual de 15.6°C (**García, 2004**). La concentración inicial de N inorgánico en el suelo fue de 49.8 kg ha⁻¹.

3.2 Material vegetal

Se emplearan dos cultivares de girasol: Victoria y criollo. El cultivar de girasol 'Victoria' (*Helianthus annuus*) es un híbrido originado en Europa que presenta las características siguientes: inicio de floración (50 a 60 días); madurez fisiológica (90 a 100 días); altura de la planta (150 a 170 cm); diámetro del capítulo (9 a 12 cm); rendimiento (900 Kg) y rendimiento de aceite (35 a 45 %). El girasol criollo (*Heliantus annuus* var. *annuus*) es una planta anual de hasta de tres metros de alto, hojas alternas, involucre hemisférico y aquenios oblongos, grisáceos y a menudo moteados. No se tiene información sobre sus características agronómicas (**Bye et al., 2009**).

3.3 Conducción del experimento

El estudio se efectuó bajo condiciones de temporal. En cada localidad se hizo un barbecho, rastreo y surcado. La siembra se realizó en forma manual depositando tres semillas por mata y una vez germinadas se efectuó un aclareo a una sola planta, con una distancia de 0.3 m entre plantas y 41,667 plantas ha⁻¹. La siembra se hizo el 1 y 2 de mayo de 2017, en Toluca y Chalco, respectivamente. La urea NBPT se suministró al sembrar, de acuerdo a los tratamientos. Además, en todas las unidades experimentales se adicionó 90 Kg P₂O₅ ha⁻¹ con sulfato de calcio triple (46% P₂O₅). El control de maleza fue manual y no se aplicaron insecticidas, ni fungicidas.

3.4 Variables de estudio

Las variables que se estimaron fueron las siguientes: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), área de capítulo (AC), biomasa (B), rendimiento (REN) e índice de cosecha (IC).

Para medir el área foliar se emplearon cinco plantas con competencia completa de la parcela útil, antes de la floración, se quitaron todas las hojas verdes expandidas (sin considerar el peciolo) y se midieron con un integrador de área foliar Li-Cor 3100. Se determinó el promedio y se expresó en dm⁻². Con el área foliar y el número de plantas m⁻² se estimó el índice de área foliar (IAF) a través de la siguiente relación:

$$IAF = \frac{(AF) (DP)}{1 m^2}$$

Dónde: AF, área foliar y DP, densidad de plantas m⁻² (**Morales-Rosales et al. 2011**).

A la cosecha, de cinco plantas con competencia completa de la parcela experimental útil, se evaluó el área de capítulo (AC) utilizando una regla, midiendo el diámetro de la inflorescencia en dos sentidos

horizontal y vertical, se obtuvo el promedio, y se expresó en cm; con este dato, se determinó el área del capítulo mediante la relación:

$$AC = \pi r^2$$

Dónde: $\pi = 3.1416$ y r es el radio del capítulo.

La biomasa (Bio) se estimó sumando la materia seca del vástago (tallos, hojas e inflorescencia). Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante, y se expresó en gramos.

Para obtener el rendimiento de semilla (REN), se pesó la semilla (que no estaba vana) de los cinco capítulos, se promedió y expresó $g\ m^{-2}$.

El índice de cosecha (IC), se obtuvo como la relación entre el rendimiento de grano y la materia seca total, sin considerar la raíz y se expresó en decimales.

3.5 Análisis Estadístico

Con los datos se hizo el Análisis de varianza combinado que integró los tres factores de estudio (localidades, cultivares y urea NBPT). Los promedios se compararon con la Diferencia Significativa Honesta (DSH) con una probabilidad de $p < 0.05$, usando SAS (SAS Institute, 2004). En las interacciones la DSH se aplicará así (**Steel y Torrie, 1992**):

$$DSH = q_t N_t^{(\alpha)} \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

Donde N es el número total de observaciones, t número de niveles del factor, n tamaño de muestra de cada nivel del factor, CME cuadrado medio del error, $q_t N_t$ distribución del rango estudentizado en los parámetros t grupos y $N-t$ grados de libertad, con un nivel de significancia α .

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de varianza

En la Cuadro 1 se observa que hubo diferencias significativas entre localidades, cultivares y dosis de urea de lenta liberación, excepto en el IC donde localidades y cultivares no fueron significativas. Las interacciones dobles fueron significativas en AC y REN. La interacción triple no fue significativa.

4.2 Comparación de medias

En Chalco el girasol presentó el mayor rendimiento de semilla, como consecuencia de los mejores promedios obtenidos en las características evaluadas (Cuadro 1). En este sentido, el cv. 'Victoria' fue mejor que el cv. 'Criollo' ya que en todos los caracteres mostró promedios mayores, excepto en la variable IC. La aplicación de 120 kg ha⁻¹ de urea de lenta liberación incrementó el IAF, BIO AC, PCS, REN e IC, respecto a las otras cantidades suministradas (Cuadro 1). El rendimiento de grano fue mayor en 13.46, 30.80 y 76.51% respecto a las dosis 0, 40 y 80 kg ha⁻¹, respectivamente.

4.3 Interacción localidad × cultivar (L×C)

Los cultivares de girasol mostraron diferentes valores en las variables AC y REN cuando cambiaron de localidad (Cuadro 2). El cultivar 'Victoria' mostró los máximos valores en AC y REN en Chalco con 302.42 cm² y 262.22 g m⁻², respectivamente. Los cambios en estas variables se pueden atribuir a la diferente adaptación de cada cultivar a la zona de estudio.

Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de medias de las variables índice de área foliar (IAF), biomasa (BIO), área de capítulo (AC), peso de cien semillas (PCS), Rendimiento de grano (REN) e índice de Cosecha de girasol para los factores localidades (L), cultivares (C) y dosis de nitrógeno.

Factor	IAF	BIO	AC	PCS	REN	IC
		(g)	(cm ²)	(g)	(g m ⁻²)	
Loc (L)	***	***	***	***	***	NS
Toluca	2.59 b	686.88 b	224.06 b	6.53 b	214.20 b	0.31 a
Chalco	3.08 a	812.71 a	273.23 a	6.80 a	246.35 a	0.30 a
DSH	0.11	33.52	4.01	0.06	4.69	0.01
Cul (C)	***	***	***	***	***	NS
‘Criollo’	2.72 b	718.54 b	221.95 b	6.18 b	217.49 b	0.30 a
‘Victoria’	2.95 a	781.04 a	275.33 a	7.15 a	243.07 a	0.31 a
DSH	0.10	33.52	4.01	0.06	4.70	0.01
Nit (N)	***	***	***	***	***	***
(Kg ha ⁻¹)						
0	1.1 c	275.00 c	166.62 d	6.42 c	77.49 d	0.29 c
40	3.25 b	820.63 b	225.87 c	6.42 c	228.28 c	0.28 c
80	3.45 a	941.67 a	291.47 b	6.83 b	285.47 b	0.30 b
120	3.55 a	961.88 a	310.62 a	6.98 a	329.88 a	0.34 a
DSH	0.14	47.41	5.67	0.09	6.64	0.017
L*C	NS	NS	***	NS	***	NS
L*NBPT	NS	NS	*	NS	**	NS

C*NBPT	NS	NS	***	NS	***	NS
L*C*N	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	6.0	7.6	2.7	1.6	3.46	6.60

Cuadro 2. Efecto de interacción cultivar × localidad en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).

Localidad	Cultivar	AC	REN
Toluca	‘Criollo’	199.87 c	204.48 b
	‘Victoria’	248.25 b	223.92 ab
Chalco	‘Criollo’	244.03 b	230.49 ab
	‘Victoria’	302.42 a	262.22 a
DSH		42.90	50.22

4.4 Interacción localidad × urea (L × NBPT)

El Cuadro 3 presenta la interacción L × NBPT, en ella se aprecia que la urea NBPT en dosis de 120 kg ha⁻¹ mostró mayor efectividad en Chalco, respecto a Toluca. El AC (340.62 cm²) y REN (357.92 g ha⁻¹) expresaron sus máximos valores. El rendimiento de semilla obtenido en esta localidad, superó a los tratamientos testigo en 79.7% (Toluca) y 76.99% (Chalco).

4.5 Interacción cultivar × urea (C × NBPT)

La dosis de nutrimento aplicado a cada cultivar influyó directamente en el área de capítulo y rendimiento de semilla (Cuadro 4). En el ‘criollo’ con 120 kg ha⁻¹ se alcanzó la máxima expansión de la inflorescencia y del rendimiento de semilla con 280.67 g m⁻². En este sentido, el criollo con esta dosis de nutrimento superó en 8, 29 y 48% a 80, 40 y 0 unidades de nitrógeno, respectivamente.

‘Victoria’ con 120 unidades de N fue el genotipo que mejor comportamiento con relación a estas dos variables. Específicamente, su rendimiento fue mayor a los demás tratamientos evaluados y respecto al criollo rindió más en porcentajes que oscilaron entre 18 a 57% para las dosis 120 kg ha⁻¹ y 0 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de interacción localidad × dosis de nitrógeno en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).

Localidad	Dosis NBPT (kg ha ⁻¹)	AC (cm ²)	REN (g m ⁻²)
Toluca	0	146.62 f	72.63 e
	40	205.87 de	221.62 d
	80	263.13 c	260.73 bcd
	120	280.62 bc	301.83 abc
Chalco	0	186.62 ef	82.35 e
	40	245.87 cd	234.95 bcd
	80	319.80 ab	310.2 ab
	120	340.62 a	357.92 a
DSH		41.27	60.26

Cuadro 4. Efecto de interacción cultivar × dosis de nitrógeno en las variables área de capítulo (AC) y rendimiento de grano (REN).

Localidad	Dosis NBPT (kg ha ⁻¹)	AC (cm ²)	REN (g m ⁻²)
'Criollo'	0	146.60 d	78.60 d
	40	200.87 c	219.95 c
	80	259.67 b	266.23 bc
	120	280.67 b	305.17 ab
'Victoria'	0	186.63 cd	76.38 d
	40	250.87 b	236.62 bc
	80	323.27 a	304.70 ab
	120	340.57 a	354.58 a
DSH		41.20	81.34

V. DISCUSIÓN

En Chalco el girasol se adaptó mejor al ambiente, presentando mayor rendimiento de grano con relación a Toluca. El incremento en la producción de grano fue debido principalmente al mayor componente de rendimiento fisiológico índice de área foliar que redundó en alta producción de biomasa. Los datos de precipitación pluvial en ambas localidades no se presentan, pero la diferencia en el comportamiento de las variables, podrían atribuirse a la menor y mejor distribución de lluvia durante la estación de crecimiento del cultivo. En Chalco ocurrieron 520 mm mientras que en Toluca 836. **Ávila (2009)** afirma que el girasol requiere de un mínimo de 350 mm de lluvia bien distribuida durante todo su ciclo de cultivo, aunque lo ideal sería que la mayor parte de la precipitación pluvial corresponda con el periodo siembra-floración, ya que un exceso de humedad en este periodo afecta la fecundación, dando origen a granos vanos. Después de la floración, el cultivo requiere menor cantidad de agua, lo cual favorece la formación del aquenio.

El cultivar 'Victoria' con REN de 243.07 g m⁻² superó al 'Criollo' en la producción de semilla en 10.52% lo cual se debió a los mayores valores en IAF, BIO, AC y PCS de 'Victoria'. **Yasin & Singh (2010)** al efectuar un análisis de correlación y coeficientes de sendero en girasol encontraron que los componentes de rendimiento fisiológicos: índice de área foliar y biomasa; y los componentes de rendimiento morfológicos: peso de cien semillas y número de semillas tuvieron efecto positivo en el rendimiento de grano planta⁻¹; concluyendo que estas características son los principales componentes de rendimiento de esta oleaginosa.

Los promedios obtenidos de rendimiento de grano cuando se adicionaron 120 kg N ha⁻¹ (329.88 g m⁻²) fueron superiores a la media nacional de esta oleaginosa en 2008 (270.8 g m⁻²) (**Financiera Rural, 2010**) por lo que este estudio sugiere seguir investigando sobre este

fertilizante hasta encontrar la dosis óptima económica. Paralelamente, mejores rendimientos reportaron **Escalante et al. (2007)** en girasol de secano, en Iguala, Guerrero, al evaluar la Línea 58 mejorada genéticamente, con una densidad de población de 4.93 plantas m⁻², al suministrar 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de urea común obteniendo rendimientos de 272, 305 y 412 g m⁻², respectivamente.

La interacción localidad × cultivar mostró que 'Victoria' tuvo el mejor rendimiento de grano en Chalco, esto fue debido probablemente a que 'Victoria' al ser un material mejorado genéticamente, explotó en forma adecuada las condiciones agroclimáticas de ese sitio experimental. Según **Guzmán et al. (2017)**, estos cambios en el rendimiento, se deben al genotipo, al ambiente y a la interacción genotipo × ambiente.

El mejor comportamiento de la urea estabilizada con la dosis más alta (L × NBPT) en Chalco reflejada en una mayor área de la inflorescencia y rendimiento de semilla, sugiere que con esta cantidad de fertilizante, la liberación de nitrógeno se distribuyó de manera homogénea durante toda la estación de crecimiento del cultivo, es decir, la tasa de conversión de la urea a amonio, por lo que, la pérdida de este elemento por volatilización en forma amoniacal se redujo de manera significativa (**Lamsfus et al. 2003**).

La interacción cultivar × urea (C × NBPT) evidenció mayor rendimiento de grano con 120 kg N ha⁻¹, sin embargo, es necesario realizar más estudios sobre la dosis de nitrógeno de lenta liberación en girasol, ya que aunque no fue motivo de esta investigación, se tiene información de que la urea común presenta poca eficiencia de conversión según **Dreccer et al. (2003)** quienes encontraron que se obtienen 3 kg de grano de esta oleaginosa por kg de N agregado. Por lo que la urea NBPT podría representar una buena opción para agricultores y contribuir a un menor deterioro del ambiente.

VI. CONCLUSIONES

Chalco presentó el mayor rendimiento de semilla, como consecuencia de los mejores promedios obtenidos en las características evaluadas.

Con la aplicación de 120 kg ha⁻¹ de urea de lenta liberación se incrementó área de capítulo, peso de cien semillas, rendimiento de semilla e índice de cosecha, respecto a las otras cantidades suministradas.

El cultivar 'Victoria' expresó mayor rendimiento en Chalco (302.42 cm⁻²) respecto a Toluca (g m⁻²). Los cambios en esta variable se deben a la diferente adaptación de cada cultivar en los sitios experimentales.

'Victoria' con 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno rindió más que el Criollo en porcentajes que oscilaron entre 18 a 57%.

La interacción localidad × urea mostró mayor eficacia en Chalco, ya que con 120 kg de nutrimento por hectárea se logró un mayor rendimiento de grano, el cual superó en 79.7% al alcanzado en Toluca.

VII. LITERATURA CITADA

- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. Otegui, M. (1996).** Ecofisiología del Cultivo del maíz. La Barrosa. Buenos Aires, Argentina. 292 p.
- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. Alberto, Fucikovsky-Zak, L.; Tijerina-Chávez, L.; Mark Engleman, E. (2005).** Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23, (3), 303-310p.
<http://www.redalyc.org/pdf/573/57311101001.pdf>
- Ávila, M.J. (2009).** Manual para el cultivo del girasol. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay, Venezuela. 55p.
- Banerjee, M. R, L. Burton D., and A. Gran C. (1999).** Influence of urea fertilization and urease inhibitor on the size and activity of the soil microbial biomass under conventional and zero tillage at two sites. *Canadian Journal of Soil Science*. 79: 255-163p.
<http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdfplus/10.4141/S97-049>
- Bye, R., Linares, E. y Lentz, D. L. (2009).** México: Centro de origen de la domesticación del girasol. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 12(1): 5-12p.
<http://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2009/cqb091a.pdf>.
- Carcova J., Borrás L. y Otegui, M. E. (2003).** Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del maíz. Producción de granos. Capítulo 8; p. 134-163.
- Dreccer et al. (2003)** Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. pp 481-497. *In.* E. Satorre, R. Benech Arnold, G. A. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M. E. Otegui y R. Savin. (eds.)

Producción de cultivos de grano. Bases Funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.

Escalante, J. A. y Kohashi, J. (1993). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México.

Escalante. E., J.A. (1999). Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función de nitrógeno. Terra Latinoamericana. 17 (2): 149- 157p.
<https://chapingo.mx/terra/contenido/17/2/art149-157.pdf>

Escalante, E. J. A. (2001). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual. Terra Latinoamericana. 1 (19): 19-27p.
<https://chapingo.mx/terra/contenido/19/1/art19-27.pdf>

Espíndula, M. C., Campanharo, M., Jairo R. M. D., Valterley, S. R., Moacil, A. S. and Menoncin, G. (2016). Yield and nitrogen recovery of wheat plants subjected to urea application with or without a urease inhibitor in the absence of irrigation. Ciencia e Investigación Agraria. 43(2): 317-325. DOI: 10.4067/S0718-16202016000200014

Ferraris, G., Couretot, L. y Toribio, M. (2009). Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino. Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 41: 1-10p.
[https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/C8F050AB6A89293F032576350069A9A5/\\$file/19.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/C8F050AB6A89293F032576350069A9A5/$file/19.pdf)

Fichtner, K. y E.D. Schulze. (1992). The effect of nitrogen nutrition on growth and biomass partitioning of annual plants originating from habitats of different nitrogen availability. *Oecologia*. 92: 236-241.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00317370>

- Financiera Rural. (2010).** Monografía de la semilla de girasol. Abril 2010. pp: 1-6
- García, E. (2004).** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Instituto de Geografía-UNAM. México. 90 p.
- Gardner F. P., R.B. Pearse and R.L. Mitcell. (1985).** Physiology of crops plant. University Press. Iowa State U.S.A.327 p.
- Gholinezhad. E., Aynaband. A., Hassanzade. G. A., Noormohamadi. G., Bernousi. I. (2009)** Study of the Effect of Stress on Yield Components and Harvest Index Of Sunflower Hybrid Iroflor at Diferent Levels of Nitrogen and Plant Population. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-NApoca. 37 (2): 85-94p.
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/3255-13007-2-PB.pdf
- Guzman, S. T. L., Robles, G. M. A., Esparza, R. J. R., Vázquez, V. C., González, S. U., Luna, O. J. G. y González, T. A.** Parámetros de estabilidad en híbridos de girasol con alto contenido de oleico. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 4(11): 213-222.
<http://www.redalyc.org/pdf/3586/358650601002.pdf>
- Graham, C. J. and Varco, J. J. (2017).** The Effects of Stabilized Urea and Split-Applied Nitrogen on Sunflower Yield and Oil Content. American Journal of Plant Sciences. 8: 1842-1854.
http://file.scirp.org/pdf/AJPS_2017070716015258.pdf
- Hernández, F. L. (2004).** Gestación de los componentes de rendimiento del girasol. Agrouns. 1(2): 5-9.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1996).** Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. México, DF.
- Kruk, B. y E. H. Satorre. (2004).** Densidad y arreglo espacial del cultivo. En: E. Satorre, R. Benech Arnold, G. A. Slafer, E. De la

Fuente, D. Miralles, M. E. Otegui, y R Savin, (eds). Producción de Cultivos de Granos. Bases Funcionales para su Manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina. pp. 279-316.

Lamsfus, C., B. Lasa, P. M. Aparicio, e I. Irigoyen. (2003). Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada. pp. 361-386. En: M. J. Reigosa, N. Pedrol y A. Sánchez (eds). La ecofisiología vegetal: Una ciencia de síntesis. Paraninfo, S. A. Vigo, España.

Massignam, A. M., Chapman, S. C., Hammer, G. L. and Fukai, S. (2009). Effects of nitrogen supply on canopy development of maize and sunflower. Crop and Pasture Science. 62: 1045-1055. <http://dx.doi.org/10.1071/CP11165>

Morales-Morales, E. J., Morales-Rosales, E. J., Díaz-López, E., Cruz-Luna, A., Medina-Arias, N. y Guerrero-De La Cruz, M. (2017). Tasa de Asimilación neta de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. Agrociencia. 49 (2): 163-176. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/38896>

Morales- Rosales, E. J. y Escalante-Estrada, J. S. (2007) Eficiencia en el uso de los insumos agrícolas en la producción de biomasa y el rendimiento del sistema combinando girasol- frijol en función del nitrógeno. Terra Latinoamericana. 25(4): 373-381. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/39386>

Ousman, Y. K. and Alemayehu, M. W. (2015). Effects of Nitrogen Inhibitors and Slow Nitrogen Releasing Fertilizers on Crop Yield, Nitrogen Use Efficiency and Mitigation of Nitrous Oxide (N₂O) emission. Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 1 (2): 108-120.

Olalde-Gutierrez., V. M, Ecalante, E. J. A., Sánchez, G. P., Tijerina, C. L., Engleman, E. M. y Mastache, L. A. A. (2000). Eficiencia en el

uso del agua, nitrógeno y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra Latinoamericana. 18: 51-59.
<https://chapingo.mx/terra/contenido/18/1/art51-59.pdf>

Barbieri, P. A., H. E. Echeverría, H. R. Saínz y Maringolo, M. (2010). Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. Ciencia del Suelo. 28(1): 57-66.

Passone, P. y Vázquez. A. G., (1997). Evaluación de la respuesta a la fertilización con nitrógeno en girasol en un Hapludol típico del partido de Vedia, provincia de Buenos Aires. Rev. Facultad de Agronomía. 17 (3):289 – 296.
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1997passonep.pdf>

Richards F.J. 1990 The Quantitative Analysis of Growth- In Steward F.C(ed). Plant Physiology. Academic Press New York. pp: 3-73.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2015). <http://www.siap.gob.mx> Consultado el 17/04/2017.

Salisbury, B. F. y C. W. Ross. 1991. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana. 759 p.

Silva- Garza, M., Gámez- González, H., Zavala- García, F., Cuevas- Hernández, B., Rojas-Garcidueñas, M., (2001). Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia UANL. 4, (1): 69-75.

Steel, R. G., y J. H. Torrie. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª. Ed. McGraw-Hill, México.622 p.

Steer, B.T. y P.J. Hocking. 1983. Leaf and floret production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as affected by nitrogen supply. *Ann. Bot.* 52:267-277

Trápani, N., López, P. M., Sadras, V. O. y A. Hall. (2004). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en girasol pp. 205-234. *In.* E. Satorre, R. Benech Arnold, G. A. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M. E. Otegui y R. Savin. (eds.) Producción de cultivos de grano. Bases Funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.

Vega M. R., Escalante. E. A., Sánchez. G. P., Ramírez. A. C., Cuenca. A. E., 2001. Asignación de biomasa y rendimiento de girasol con relación al nitrógeno y densidad de población. *Terra Latinoamericana.* 1 (19): 75-81. <https://chapingo.mx/terra/contenido/19/1/art75-81.pdf>

Villalobos, F. J., L. Mateos, F. Orgaz y Fereres, E. 2002. Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ed. Mundi-Prensa. 490p.

Warwick, J.; Dougherty, A. D.; Damian, C. A.; Lukas, V. B. David W. and Rowlings, C. (2016). Nitrification (DMPP) and urease (NBPT) inhibitors had no effect on pasture yield, nitrous oxide emissions, or nitrate leaching under irrigation in a hot-dry climate. *Soil Research,* 54, 675–683. https://www.researchgate.net/profile/David_Rowlings/publication/305626075_Nitrification_DMPP_and_urease_NBPT_inhibitors_had_no_effect_on_pasture_yield_nitrous_oxide_emissions_or_nitrate_leaching_under_irrigation_in_a_hot-dry_climate/links/57a95a4208aed1b2262452d8.pdf

Yasin, A. B.; Singh, S. (2010) Correlation and path coefficient analysis in sunflower., *Journal of Plant Breeding and Crop Science,* v 2:5.129-

133p.

<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/674/648>