

ARTÍCULO ORIGINAL

## Influencia del tiempo de inundación en el girasol para la proyección de sistemas de drenaje

### *Influence of flood time on sunflower for the projection of drainage systems*

MSc. Reinaldo Cun González, Dr.C. Julián Herrera Puebla, Dr.C. Carmen Duarte Díaz. Téc. Orlando Sarmiento García, Téc. Denis González Echevarría, Téc. Dariel González Morales

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental del Instituto de Ingeniería Agrícola (UCTB "Pulido"), ubicada en el municipio de Alquizar, provincia Artemisa con el objetivo general de estudiar el efecto del exceso de humedad del suelo en el cultivo del girasol, variedad Caburé 15 en la fase de floración. El cultivo se sembró en macetas con un suelo Ferralítico Rojo compactado, distribuidas en bloques al azar completamente aleatorizado; los tratamientos consistieron en mantener el cultivo en las macetas bajo inundación durante 12, 24, 48, y 72 horas más un testigo sin inundar. Los resultados mostraron una disminución lineal de la producción de granos a medida que aumentaron las horas de inundación en el cultivo, la época de siembra no influyó en el efecto de los días de inundación sobre el rendimiento y en ambos casos se pierde el 0,5% de rendimiento por cada hora de inundación, se alcanzó una pérdida de un 50% de producción de granos frescos a las 36 horas de exceso de humedad. La inundación al cultivo, no afectó de manera significativa el número de hojas por planta ni provocó diferencias en el diámetro de los tallos. Las plantas presentaron pérdidas en el peso del capítulo, peso de los granos, diámetro del capítulo cuando fueron sometidas a las 72 horas de inundación.

**Palabras clave:** daños productivos, cultivo en maceta, tiempo de drenaje.

**ABSTRACT.** With the objective of study, the waterlogging effect on sunflower crop, variety Caburé 15, was carry out a research trial at the Agricultural Engineering Research Institute's Experimental Station (UCTB "Pulido"), located in the municipality of Alquizar, province of Artemisa; the sunflower was planted in container filled with Ferralitic Red soil, distributed in a randomized block design. The treatments consist in flooding the container when the sunflower arrive at bloom stage during 0, 12, 24, 48 and 72 hours. There was a negative linear reduction in yield with the increase in flooding time; and a reduction of 0.5% yield was obtained for every hour of inundation; a 50% yield reduction was obtained with 36 hours of waterlogging. Flood treatments did not affect in a significant way the number of leaves for plant neither it caused differences in the diameter of the stem. The plants presented losses in the weight of the flowers, weight of the grains, diameter of the flowers when they were subjected to the flood of 72 hours.

**Keywords:** productive damages, container crops, drainage time.

## INTRODUCCIÓN.

Alrededor del 42% de la superficie agrícola de Cuba se encuentra afectada en mayor o menor medida por problemas de mal drenaje, destacándose el exceso de humedad en el suelo producto de las lluvias y la pobre infiltración en áreas llanas como la causa principal de la afectación (Herrera *et al.*, 2016). En estas condiciones, las soluciones a este problema se encuentran en la aplicación de técnicas de drenaje superficial. El diseño de obras de drenaje

superficial comprende tres etapas: diseño agronómico, diseño hidrológico y diseño hidráulico; en particular, el diseño agronómico se basa en la determinación del tiempo de drenaje (Herrera *et al.*, 2016). Se conoce como *tiempo de drenaje* al lapso de inundación o sobre humedecimiento del suelo que un cultivo tolera sin que se reduzcan sustancialmente sus rendimientos, este tiempo es una función del cultivo, del suelo y de las condiciones climáticas.

El cultivo del girasol (*Helianthus annuus, L.*) está considerado como uno de los prioritarios en el Programa de Producción de Granos para la sustitución de importaciones que lleva a cabo el estado cubano, también es uno de los cuatro cultivos oleaginosos más importantes del mundo. Según Sánchez *et al.* (2000), la siembra puede realizarse en cualquier época del año, aunque la mayor producción de semillas se obtiene de agosto a diciembre, es importante evitar que las cosechas coincidan con períodos de lluvia.

Las referencias nacionales que permiten definir con seguridad el tiempo de drenaje del girasol y su capacidad de respuesta al exceso de humedad en el suelo son difíciles de encontrar. Debido a la importancia que esto tiene en el contexto agropecuario cubano actual se considera necesario emprender los estudios dirigidos a la obtención de la respuesta de este cultivo al exceso de humedad del suelo y con ello determinar los tiempos de drenaje necesarios para la planificación de dichas labores.

## MÉTODOS.

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental del Instituto de Ingeniería Agrícola (UCTB "Pulido"), situada en el municipio Alquizar, Provincia Artemisa, a los 220 45' N y los 820 27' O a 6 m sobre el nivel medio del mar.

Se utilizaron 20 recipientes de latón, con un volumen de 0,1058 m<sup>3</sup> los que fueron perforados lateralmente lo más cercano al fondo con diámetro de 25 mm. Se colocó a lo largo del diámetro del mismo un tubo de PVC de 32 mm perforado con orificios de 5 mm, separados a 5 cm y se colocó otro tubo vertical ranurado a un lado de la maceta dejando 10 cm por encima de la superficie del suelo. En el fondo se colocó una capa de grava hasta una altura de 10 cm, posteriormente se rellenaron las macetas con suelo, en este caso Ferralítico Rojo compactado (Cid *et al.*, 2012). El cultivo utilizado fue el girasol (*Helianthus annuus, L.*), variedad Caburé 15. Se realizó prueba de germinación a las semillas que alcanzaron un valor de 70% de germinación.

La siembra se realizó colocando tres semillas en dos nidos separados a 30 cm. En el caso de la época de primavera (época

1) la siembra se efectuó en abril y se cosechó agosto del 2016 (113 días de ciclo). En el caso de la época de frío (época 2) se sembró en septiembre (2016) y se cosechó en enero del 2017 (112 días de ciclo). Las atenciones culturales se realizaron según lo planteado en el Instructivo técnico para la producción de semillas de girasol (Sánchez *et al.*, 2013).

Los tratamientos se aplicaron cuando las plantas alcanzaron alrededor del 80% del estado de floración, lo cual ocurrió 56 días después de sembrado en primavera y 63 días después de sembrado en la época de frío, lo cual según Gupta *et al.* (1992), es un estadio muy sensible para el cultivo. Los tratamientos consistieron en:

- Tratamiento I ----- Testigo (0 Inundación)
- Tratamiento II ----- (12 horas Inundación)
- Tratamiento III ----- (24 horas Inundación)
- Tratamiento IV ----- (48 horas Inundación)
- Tratamiento V----- (72 horas Inundación).

Al momento de la inundación se colocó un tapón en el tubo de drenaje para evitar fugas de agua, el cual fue retirado una vez que se consiguió el tiempo de inundación previsto para cada tratamiento. Durante el tiempo de inundación se mantuvo una lámina de agua de 5 cm por encima del nivel del suelo en el recipiente. El volumen de agua aplicado a los tanques varió entre 34 y 43 L por cada uno en la siembra de primavera y de 30 a 35 L en la siembra de frío, Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro réplicas en las que los cinco tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron mediciones de altura de las plantas, diámetros de tallo, número de hojas, incidencia de plagas y enfermedades cada 7 días.

Todos los tratamientos fueron regados cuando la humedad del suelo, medida con sonda electromagnética ML3 (según procedimiento descrito por López *et al.* (2018), alcanzaba en las macetas el equivalente al 80% de la capacidad de campo del suelo natural. Durante la época de lluvias la precipitación fue de 729 mm y en la de Frío (época de seca) fue de 286 mm. Las características climáticas medias del sitio experimental para el periodo cuando se desarrollaron los experimentos se muestran en la Tabla 1.

**TABLA 1. Características climáticas (promedio 1972/1990) del periodo experimental**

Época de siembra	Temperatura máxima (° C)	Temperatura mínima (° C)	Temperatura media (° C)	Insolación (h/luz)	Humedad relativa (%)	ET <sub>0</sub> (Penman-Monteith) (mm/día)
Primavera (abril/agosto)	31,7	22,1	26,9	7,6	77,3	5,5
Frío septiembre / enero	29,4	19,1	24,3	6,6	80,2	3,7

Al momento de la aplicación de los tratamientos de inundación y durante el drenaje se midió la conductividad eléctrica, el pH y la temperatura del agua mediante termómetro, conductímetro (WTW 3310-2CA308) y potenciómetro (WTW 3110-2AA112). En el momento de la cosecha se determinó el rendimiento por tanque y sus componentes (peso del capítulo, diámetro del capítulo, número de semillas por capítulo, peso de las semillas, peso de 1000 semillas, número de semillas banas y número de flores por plantas).

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos estudiados se determinaron según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD con un 95% de confiabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 recoge la distribución de los riegos y lluvia durante las dos épocas de siembra, estas cantidades no incluyen el agua aplicada para provocar la inundación según los tratamientos.

**TABLA 2. Total de agua aplicada como riego o lluvia y su distribución**

Época	Litros maceta	Agua aplicada		Lluvia (mm)	Días con lluvia
		Total ciclo (L)	Nº de riegos		
Primavera (abril/agosto)	6,31	259	41	729	32
Frío septiembre / enero	6,00	366	61	286	18

Las dosis parciales medias fueron similares en ambas épocas, variando la distribución de las mismas en 20 aplicaciones menos para la primavera en función de la mayor cantidad de lluvias ocurridas y la mayor cantidad de días con lluvia. Estas aplicaciones, en combinación con la lluvia caída permitieron mantener siempre el suelo en las macetas por encima del 80% de la capacidad de campo.

**TABLA 3. Algunos parámetros de calidad química del agua de riego y drenaje**

Época	Conductividad eléctrica (Ce)		pH		Temperatura	
	dS/m				°C	
	Agua de riego	Agua de drenaje	Agua de riego	Agua de drenaje	Agua de riego	Agua de drenaje
Primavera (abril/agosto)	0,7	1,1	7,3	7,2	25,5	24,7
Frío septiembre /enero	0,7	1,0	7,5	7,2	24,5	24,2

En la Tabla 3 se puede observar los valores de conductividad eléctrica y pH obtenidos antes de aplicar el agua de inundación a los tanques y después en el drenaje. Según los resultados obtenidos de Ce, el agua puede clasificarse como Categoría II, ya que se encuentra en el rango de (0,7 a 1,56 dS/m), presenta ligeras o moderadas restricciones para su uso en este suelo, en cuanto al pH, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido para el riego de los cultivos (4,5 a 8,3) según la Norma Cubana NC-1048 (2014).

El desarrollo del cultivo hasta el momento de aplicar los tratamientos no mostró diferencias significativas dentro de cada

época (Tabla 4). Aunque no se compararon estadísticamente las épocas entre sí, en la tabla 2 puede observarse ligeras diferencias entre el número de hojas (8% superior en la época de primavera) favorables a la época 1; mientras que el diámetro del tallo y la altura de las plantas fueron superiores en la época de frío con valores 5 y 22% mayores para diámetro y altura del tallo respectivamente. De manera general los valores obtenidos son típicos de este cultivo y se encuentran en los rangos planteados por Sánchez *et al.* (2000, 2013). Estos autores plantean que los diámetros del tallo pueden alcanzar entre 1 y 4 cm, y la altura de la planta puede estar entre 160 y 190 cm.

**TABLA 4. Desarrollo de las plantas hasta el momento de la aplicación de los tratamientos de inundación**

Tratamientos	Cantidad de hojas por plantas		Diámetro del tallo (cm)		Altura de las plantas (cm)	
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
1	23,87	22,25	3,36	3,39	169	224
2	23,5	22,25	3,48	3,7	172	225
3	25,25	22,12	3,62	3,91	171	231
4	24,12	22,37	3,16	3,4	174	216
5	24,75	22,62	3,37	3,58	178	213
Promedio	24,3	22,3	3,4	3,6	172,8	221,8
Sig	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Es	0,643	0,244	0,0648	0,082	2,65	4,91
CV (%)	11,83	4,88	8,521	10,221	6,85	9,864

La Tabla 5 muestra los componentes del rendimiento para la época 1 (primavera, abril/agosto), en la misma puede observarse que el mayor peso del capítulo (314,12 g), se alcanzó en el tratamiento en que no se inundó (T1), mientras que a medida en que aumentaron las horas de inundación se redujo el rendimiento desde un 24,4% (T2), hasta un 57% (T5) cuando se inundó 72

horas. Los diámetros de los capítulos no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos, pero si se observa una tendencia a disminuir con el aumento del tiempo de inundación. Los valores de diámetro de capítulos para cualquiera de los tratamientos se encuentran en el rango planteado por Sánchez

*et al.* (2000, 2013) como normales para esta variedad (15-22 cm). El número medio de semillas por capítulos, tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos, y al igual que el indicador anterior, una tendencia a disminuir cuando aumentan las horas de inundación.

**TABLA 5. Componentes del rendimiento del girasol (var, Carburet) sometido a diferentes días de inundación en la época de primavera**

Tratamientos	Peso del capítulo (g)	Diámetro del capítulo (cm)	Número de semillas por capítulo	Peso de semillas (g)	Peso de 1000 semillas	Número de semillas vanas
1	314,12 a	20,75	1857,4	138,67 a	66,68	155,5 ab
2	237,6 ab	20,31	1847,18	109,56 b	61,63	147,88 b
3	150,1 bc	19,19	1727,4	90,86 b	59,94	180,29 ab
4	142,3 c	19,75	1541,63	86,34 bc	58,19	248,78 ab
5	137,9 c	17,75	1076,62	62,20 c	55,31	380,25 a
Sig	*	N.S	N.S	*	N.S	*
Es	17,79	0,44	103,08	6,35	1,99	28,73
CV (%)	40,47	10,05	26,63	29,15	14,79	57,74

El peso de las semillas difirió significativamente entre tratamientos, a partir del tratamiento de 0 días de inundado, los rendimientos decrecieron en la medida en que aumentó el número de días de inundación en el cultivo, mientras que el número de semillas vacías (vanas) siguió un orden inverso (más días de inundación mayor número). El peso de 1000 semillas varió de 66,68 g (T1) hasta 55,31 g (T5) sin diferencias significativas entre los valores.

En la siembra de invierno (tabla 6) el mayor peso del capítulo (259,2 g) se alcanzó en el tratamiento en que no se inundó (T1), disminuyendo lineal y significativamente en la medida en que aumentaron las horas de inundación hasta alcanzar el valor de 182,03 g en el tratamiento T5.

Los diámetros de los capítulos y la cantidad media de semillas por capítulo, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero si se observa la tendencia a disminuir a medida que aumentan las horas de inundación. El peso de las semillas, al igual que en la siembra de primavera, fue mayor cuando el cultivo no se inundó (140,2 g), existiendo diferencias significativas entre los tratamientos. El menor resultado (116,4 g), se obtuvo cuando el cultivo se inundó durante 72 horas. El mayor peso medio de 1000 semillas fue de 77,85 g alcanzado en el tratamiento no inundado. El número de semillas vanas en el tratamiento no inundado fue solo el 36% del promedio de los otros 4 tratamientos que no difirieron entre ellos, pero si del T1.

**TABLA 6. Componentes del rendimiento del girasol (var, Carburet) sometido a diferentes días de inundación en la época de invierno**

Tratamientos	Peso del capítulo (g)	Diámetro del capítulo (cm)	Número de semillas por capítulo	Peso de semillas (g)	Peso de 1000 semillas	Número de semillas vanas
1	259,92 a	26,75 a	1836,93 a	140,2 a	77,85 a	52,16 b
2	231,80 b	26,25 a	1804,67 ab	128,2 ab	70,25 ab	127 a
3	213,56 c	25,62 ab	1761,68 ab	127,5 ab	66,28 ab	147,8 a
4	192,69 d	25 ab	1641,13 bc	122,6 b	61,52 bc	144,2 a
5	182,03 e	23,6 c	1535 c	116,4 b	59,25 c	155,32 a
Sig	*	*	*	*	*	*
Es	6,459	0,385	19	2,3	1,79	9,33
CV (%)	13,37	6,772	7,76	8,3	11,98	33,3

Según Pizarro (1985) y Jackson *et al.* (2009), el exceso de humedad en el suelo disminuye la aireación y por lo tanto la concentración de oxígeno, que puede llegar hasta un 2%. Los macroporos donde normalmente existe aire son ocupados por agua provocando un efecto directo sobre la respiración de las raíces e indirecto al modificar la acción microbiana. La disminución del nitrógeno asimilable ocasiona reducciones fuertes en la producción.

Muchos autores plantean que gran parte de los cultivos agrícolas obtienen altos rendimientos cuando se logra mantener el suelo sin excesos de humedad, dependiendo este efecto del tipo de cultivo; así Márquez y Enríquez (1985), estudiaron el efecto de diferentes tiempos de inundación sobre el rendimiento de la caña planta y el primer retoño, y obtuvieron pérdidas de rendimiento del 30% a los 9 y 6 días de inundación para la caña planta y el primer retoño respectivamente. Por su parte, también en caña de azúcar, Méndez (1994), al estudiar diferentes tipos de cepas y suelos en todo el país, reportó una disminución promedio de los rendimientos en este cultivo del 50% por efecto del mal drenaje; y Herrera *et al.* (1988) en el frijol común, sembrado en suelo Gley ferralítico de la llanura sur de Pinar del Río, al evaluar el rendimiento en más de 30 campos de frijol, encontraron una disminución del rendimiento de más del 60% cuando se sobrepasó el nivel óptimo de riego para estas condiciones de suelo y cultivo.

Herrera *et al.* (2011), al revisar el efecto del mal drenaje sobre la producción agrícola en Cuba, señalaron que las pérdidas de rendimiento en los principales cultivos agrícolas del país producto del sobre humedecimiento de los suelos podían variar entre el 30 y el 80%.

Trujillo *et al.* (2017) y Cun *et al.* (2018), pero en el cultivo del maíz sembrado en época de frío y en primavera, obtuvieron una reducción en los componentes del rendimiento como es el caso del peso de la mazorca, diámetro, longitud y cantidad de granos por mazorca en la medida que aumentaron las horas de inundación.

Los resultados anteriores confirman lo obtenido en este trabajo para diferentes tiempos de inundación en el girasol, que tal y como se muestra en las tablas 5 y 6 disminuyó su rendimiento en 55 y 16% cuando se comparó el peso de las semillas en los tratamientos de cero inundación y 72 horas para las épocas de primavera e invierno, respectivamente.

Aunque no se realizó una comparación estadística entre las siembras en la época 1 y 2, al comparar las Tablas 5 y 6 puede observarse en general una tendencia a mejores componentes del rendimiento en la época de frío vs la época de primavera, la cual pudiera estar relacionada con las mejores condiciones de temperatura de la estación fría.

De igual modo, tal vez el efecto de las temperaturas y la menor demanda climática, atempera las consecuencias del sobre humedecimiento, lo cual puede observarse en la Figura 1 donde se relacionan los rendimientos en granos por maceta para los diferentes tratamientos y épocas.

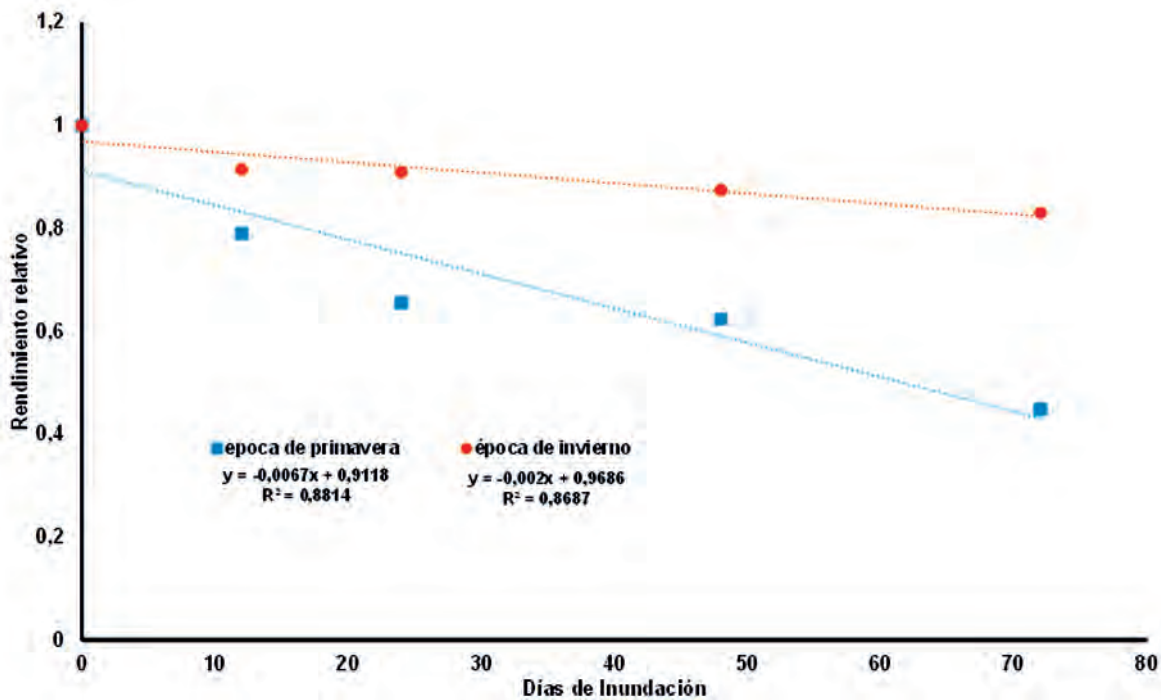


FIGURA 1. Comparación del rendimiento relativo en diferentes épocas.

Como puede observarse, hay una tendencia al decrecimiento del rendimiento en la medida en que se aumenta el tiempo de inundación, sin embargo, en la época de frío, la pérdida de rendimiento relativo por hora de inundación, expresada por la pendiente de la recta es de 0,2% por cada hora, mientras que en la época de primavera alcanza el 0,67%.

La Tabla 1, al describir las características climáticas del área experimental, indica que hay una diferencia de casi 3 grados de temperatura media entre el periodo de primavera y el periodo frío considerado en el experimento, sobrepasando la temperatura máxima de la época de primavera la temperatura óptima para el girasol. Este incremento de temperatura a su vez provoca un incremento en la demanda de agua y en la velocidad de intercambio gaseoso, que puede verse limitado si las raíces no disponen del oxígeno suficiente para suplir las demandas de energía requeridas, tal y como puede ser en el caso de inundaciones prolongadas. Este efecto puede verse atenuado en casos de bajas temperaturas, donde debido a la menor demanda energética hay también una

menor demanda de oxígeno por las raíces, pudiendo de este modo disminuir el efecto de estrés que puede provocar una inundación prolongada.

Herrera *et al.* (2016), al comparar resultados de experimentos de sobre humedecimiento de la papa (*Solanum tuberosum*) en Cuba y Venezuela, señalaron una menor pérdida de rendimiento en Mérida (Venezuela) debido a las temperaturas más adecuadas para el desarrollo de la papa en esta región al compararlas con Cuba.

Por su parte, Duarte *et al.* (1990), al estudiar el efecto de la inundación sobre los rendimientos en forraje verde del pasto estrella (*Cynodon sp.*) en Cuba, encontraron diferencias según la época del año. Así, durante la época de seca, donde el crecimiento de los pastos tropicales en Cuba está limitado por las bajas temperaturas, aun cuando se disponga de un suministro adecuado de agua y fertilizantes, el rendimiento disminuyó solo 1% por cada día de inundación y no se alcanzó el 50% de pérdidas dentro del tiempo de duración de los tratamientos de inundación (máximo 21 días). Sin embargo, en la época de verano con mayores temperaturas y donde los pastos en Cuba alcanzan su máximo potencial de rendimiento, las pérdidas fueron de alrededor del 3% por cada día de inundación. Una pérdida total del 50% del rendimiento se alcanzó en esta época luego de 18 días de inundación.

Mientras que en otros cultivos se ha demostrado la existencia de un valor umbral de sobre humedecimiento a partir del cual las pérdidas se aceleran, en este trabajo no se evidenció este efecto, tal vez por la alta resistencia del cultivo, o por lo largo del periodo comprendido en el primer tratamiento de inundación.

Gupta *et al.* (1992) y Herrera *et al.* (2016) "container-title" Gupta *et al.* (1992) y Herrera *et al.* (2016), señalaron para el Girasol en Mérida Venezuela, un valor umbral de 1,98 días, con una pérdida de rendimiento de 7,02% por cada día de inundación, resultados muy superiores de pérdidas a los encontrados

en este trabajo para cualquiera de las dos épocas.

Por su parte, Pujol y Espinosa (1985) en la soya (Glicine max) encontraron que en las primeras 30 horas de inundación en la fase de floración hay poco o ningún efecto del exceso de humedad sobre el rendimiento. A partir de este valor umbral hay una reducción de un 7% por cada hora de inundación y se alcanza una pérdida del 50% aproximadamente con 85 horas de exceso de humedad.

Duarte (1990), al someter el frijol en la fase de floración (la más sensible) a diferentes tratamientos de inundación entre 0 y 4 días, encontró que a partir de 5 horas de inundación (valor umbral), el frijol pierde un 23% de rendimiento por cada día de inundación y alcanza un 50% de pérdida total a los 2,3 días de permanecer bajo condiciones de sobre humedecimiento.

Los resultados anteriores indican tal vez una mayor resistencia del girasol al exceso de humedad, y a la vez también el estudiar rangos más estrechos de tiempos de inundación.

## CONCLUSIONES

- La disminución en la producción de granos de girasol se manifiesta desde las primeras 24 horas de inundación en la fase de floración del cultivo en los dos periodos de siembra, en estos casos muestran un umbral mínimo (0,0) por lo tanto el tiempo de inundación alcanza un valor de 0,0.
- Tanto en primavera como en invierno, a medida que aumenta el tiempo de inundación en el suelo se produce una reducción de un 0,5 % por cada hora de inundación y se alcanza una pérdida de un 50% de producción a las 36 horas de exceso de humedad.
- Las plantas presentaron pérdidas en el rendimiento y sus componentes cuando fueron sometidas a 72 horas de inundación en la fase de floración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CID, L.G.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; RUIZ, P.M.E.: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 96-100, 2012, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- CUN, G.R.; HERRERA, P.J.; GONZÁLEZ, R.F.; DUARTE, D.C.; LEIVA, L.A.; SARMIENTO, G.O.; GONZÁLEZ, E.D.; GONZÁLEZ, M.D.: "Efecto del sobre humedecimiento en el maíz para la proyección de sistemas de drenaje", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2): 68-73, 2018, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- DUARTE, C.: "Resistencia del frijol a las condiciones de sobrehumedecimiento en un suelo hidromórfico gley amarillento", *Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Riego y Drenaje*, 13(2): 19-26, 1990, ISSN: 0138-8487.
- DUARTE, D.C.; ROQUE, R.; RODRÍGUEZ, A.; GONZÁLEZ, T.: *Indicadores de proyecto acerca de la tolerancia a los excesos de humedad en el suelo de los pastos y forrajes, viandas y granos*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 26 p., 1990.
- GUPTA, S.K.; SINGH, R.K.; PANDEY, R.S.: "Surface drainage requirement of crops: Application of a piecewise linear model for evaluating submergence tolerance", *Irrigation and Drainage*, 6(3): 249-261, 1992, ISSN: 1531-0353.
- HERRERA, P.; MARTINEZ, E.; GIRALT, E.: "Respuesta del frijol al riego en suelos loam arenosos con horizontes gleyzosos", *Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Riego y Drenaje*, 7-19, 1988, ISSN: 0138-8487.
- HERRERA, P.J.; DUARTE, D.; GONZÁLEZ, R.F.; CID, L.G.: "Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(2): 3-7, 2016, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- HERRERA, P.J.; PUJOL, R.; CID, G.; MÉNDEZ, M.; ALARCÓN, R.: "Problemas del drenaje agrícola en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1): 21-32, 2011, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

- JACKSON, M.B.; ISHIZAWA, K.; ITO, O.: "Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress", *Annals of Botany*, 103(2): 137-142, 2009, ISSN: 0305-7364, E-ISSN: 1095-8290.
- LÓPEZ, S.T.; USTARIZ, A.; CISNERO, Z.E.; RODRÍGUEZ, G.A.; HERRERA, P.J.; GONZÁLEZ, R.F.: "Calibración de sondas electromagnéticas para estudios de riego en diferentes zonas agrícolas", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(3): 31-39, 2018, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- MARQUEZ, J.L.; ENRÍQUEZ, J.L.: "Estudio de tres tiempos de inundación en el cultivo de la caña de azúcar.", *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, 8(1): 21-36, 1985, ISSN: 0138-8487.
- MÉNDEZ, F.M.: "Influencia de la humedad excesiva de algunos suelos en los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4(2): 79-82, 1994, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- NC-1048: *Calidad del agua para preservar el suelo-especificaciones*, Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, Vig de 2014.
- PIZARRO, F.: *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. El suelo y los cultivos en relación con el drenaje*, Ed. Agrícola Española, Madrid, España, 18-34 p., 1985, ISBN: 84-85441-00-1.
- PUJOL, R.; ESPINOSA, E.: *Resistencia del cultivo de la soya al exceso de humedad*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 40 p., 1985.
- SÁNCHEZ, M.; RAMÍREZ, G.; LÓPEZ, G.; CABALLEROS, R.: *Instructivo técnico para la producción de semilla de girasol*, Ed. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova, La Habana, Cuba, 18 p., 2000, ISBN: 959-7111-11-X.
- SÁNCHEZ, Y.; ZOILA, F.; SOCORRO, M.: *Guía Técnica para el cultivo del girasol (Helianthus annuus, L.)*, Ed. Instituto de Investigaciones de Granos, La Habana, Cuba, 42 p., 2013, ISBN: 978-959-7210-71-9.
- TRUJILLO, M.E.E.; CUN, G.R.; HERRERA, P.J.: "Estudio del efecto del exceso de humedad en el cultivo del maíz (Zea mays L.)", *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1): 60-64, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

---

**Recibido:** 20/11/2017.

**Aprobado:** 06/08/2018.

Reinaldo Cun-González, Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Julián Herrera-Puebla, e-mail: [direccioninvest1@iagric.cu](mailto:direccioninvest1@iagric.cu)

Carmen Duarte-Díaz, e-mail: [jdptoriego@iagric.cu](mailto:jdptoriego@iagric.cu)

Orlando Sarmiento-García, e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Denis González-Echevarría, e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Dariel González-Morales, e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.