

CAPÍTULO 5

Efecto de hidro-retenedores sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de batata (*ipomoea batatas* L.)

Lainer Narváez Quiroz¹, Carlos Enrique Cardona Ayala², Saula Salcedo³ y Elvia Amparo Rosero⁴

1 Magíster en Ciencias Agronómicas. Lainer.narvaez@gmail.com

2 Ph.D. Ciencias Naturales para el Desarrollo con énfasis en producción Agrícola vinculado a Universidad de Córdoba. ccardonaayala@yahoo.com

3 Magister en ciencias Agronómicas. Saula.salcedo@gmail.com

4 Alpala. Ph.D. Fisiología y anatomía vegetal. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – Agrosavia. erosero@corpoica.org.co

Introducción

La batata (*Ipomoea batata* L.) es un cultivo tropical de mucha versatilidad y propiedades importantes en el ámbito alimenticio e industrial; según la FAO (2015) es uno de los principales cultivos alimenticios del mundo siendo superado solo por trigo, maíz, arroz, papa y yuca; está incluido en la dieta de países desarrollados, y, además, es de gran utilidad en la industria de los biocombustibles, producción de almidón y colorantes (IPC, 2016).

En lo referente a las condiciones agroecológicas, la batata como especie cultivada y silvestre ofrece una amplia variabilidad genética que se expresa en las distintas adaptaciones a condiciones ambientales diversas, tales como sequía, humedad, salinidad, tipo de suelo, resistencia a plagas y enfermedades, etc. Adicionalmente, su manejo agronómico resulta más económico que el de otros cultivos, en términos de menores requerimientos de fertilizantes y pesticidas (Cusumano & Zamudio 2013; Tique *et al.*, 2009).

El agua es importante para las funciones básicas de la vida celular, jugando un papel importante en los procesos fisiológicos, constituye del 70 al 95 % de la materia fresca en tejidos y órganos. El agua es requerida en grandes cantidades y es muy importante en para todos los proceso metabólicos y fisiológicos para el crecimiento y desarrollo de la planta, de igual forma que es uno de los principales medios y reactivos en los procesos bioquímicos tales como la fotosíntesis y procesos hidrolíticos (Lambers *et al.*, 2008). Par disminuir los efectos negativos que puede causar la poca disponibilidad de agua, y cuando se presentan las sequias que son muy prolongadas, se utilizan los retenedores de agua, se considera una herramienta muy importante que ha tomado auge en los últimos años, proporcionando una fuente de almacenamiento y reserva adicional de agua en el suelo, que puede ser utilizada de forma fácil por las plantas. Los hidro-retenedores son polímeros hidro-absorbentes que tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de agua, y otras soluciones

acuosas sin disolverse, dicho proceso depende del grado de polimerización de los monómeros constituyentes. (Estrada, 2012).

Al tener en cuenta que las condiciones hídricas, los cambios meteorológicos y los regímenes de precipitaciones, juegan un papel importante en el comportamiento fisiológico de los cultivos, es de vital importancia desarrollar, evaluar e implementar el uso de nuevas tecnologías que permitan mitigar y reducir la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo asociado a la sequía y patrones de precipitación irregulares (Iglesias y Martín, 2009). Es necesario un balance adecuado en las relaciones hídricas entre el suelo, la planta y la atmósfera para que la optimización de los procesos fisiológicos y metabólicos, se exprese en el aumento del rendimiento, que junto con la evaluación de nuevas variedades o genotipos que presenten características importantes frente a la respuesta a condiciones de estrés bióticos y abióticos, se traduce en una herramienta para el inicio y fortalecimiento de una cadena productiva poco explotada y con gran potencial en el departamento de Sucre y Colombia.

Los hidro-retenedores, como alternativa tecnológica en la retención hídrica de los suelos, proveen a las plantas disponibilidad de agua, aire y nutrientes; presentan una alta capacidad absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas (Plaza, 2006).

Ante la necesidad de mitigar los efectos negativos de la sequía durante la temporada de bajas precipitaciones, se propuso esta investigación con el objetivo de evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de batata, con el uso de hidro-retenedores en el departamento de Sucre.

Materiales y métodos

El ensayo fue realizado en el departamento de Sucre, municipio de Corozal ubicado a 9°19'01" latitud norte y 75°17'36" latitud oeste, a una altura de 174 msnm, bajo las condiciones ambientales de bosque seco tropical: temperatura media de 29°C, humedad relativa promedio de 78% y precipitación media anual entre 900 y 1200 mm (Aguilera, 2012). Se realizó en la Granja y parque de maquinaria de la gobernación de Sucre, en un suelo con las propiedades físico-químicas anotadas en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1.
Propiedades físico-químicas de suelo del ensayo.

Propiedad	Unidad	Valor	Propiedad	unidad	Valor
pH	1:1, P/V	6,48	Ca	Cmol kg ⁻¹	28,6
MO	%	2,01	Mg	Cmol kg ⁻¹	12,2
C.I.C	Cmol kg ⁻¹	41,4	Na	Cmol kg ⁻¹	0,09
Textura	-	Arcilloso	Cu	mg kg ⁻¹	0,2
DA	(g cm ⁻³)	1,92	Fe	mg kg ⁻¹	6
P	mg kg ⁻¹	15,8	Zn	mg kg ⁻¹	0,5
S	mg kg ⁻¹	4,8	Mn	mg kg ⁻¹	29,6
K	Cmol kg ⁻¹	0,47	B	mg kg ⁻¹	0,2

MO=materia orgánica; DA=densidad aparente.

El establecimiento del cultivo se llevó a cabo al final del periodo de lluvias en el mes de octubre de 2016, para garantizar la humedad de suelo en las primeras fases del cultivo y así exponer las plantaciones a las condiciones de sequía en presentes en los meses de diciembre de 2016, enero y febrero de 2017. El suelo fue mecanizado con un pase de arado de disco, dos pases de rastrillo y aporcado del terreno a un metro de distancia, labraba convencional utilizada por los productores de la región.

Se utilizó un diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones y una estructura de tratamientos factorial 2x5, en parcelas divididas en el espacio, donde el primer factor correspondió a genotipo de batata (*Ipomoea batatas* L.): G1('Exportación') y G2 ('Tainung'). El segundo factor a dosis de hidro-retenedor comercial (HC): cinco dosis de aplicación edáfica al momento de la siembra, incluido el testigo o control:

Las dosis de hidro-retenedor comercial fueron:

- D1: Sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹).
- D2: Aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1,0 g planta⁻¹).
- D3: Aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de HC (3,6 g planta⁻¹).

- D4: Aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹).
- D5: Aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8,8 g planta⁻¹).

Las dosis de los tratamientos se establecieron sobre la base de los estudios realizados en Egipto por Ezzat *et al.*, 2011 en el cultivo *Solanum tuberosum* L., quienes obtuvieron buenos resultados con aproximadamente 90 kg/ha de hidrogel comercial. Por otra parte, la dosis mínima recomendada por las casas comerciales en Colombia para cultivos en surcos, es de 25 kg ha⁻¹.

Las unidades experimentales fueron de 48 m² (8 surcos de 6 m de largo, separados a 1,0 m y una distancia entre plantas de 0,4 m, para 120 plantas por unidad experimental. Las dos plantas centrales de los surcos 2, 3, 4 y 5 de cada unidad experimental se tomaron como parcela útil, en la cual se realizaron los muestreos no destructivos. Las plantas restantes fueron utilizadas para los muestreos destructivos de biomasa, área foliar, todos estos monitorios fueron planeados teniendo en cuenta los efectos de borde.

Las variables dependientes fueron evaluadas en muestreos y mediciones cada 30 días, desde los 30 hasta los 120 días después de la emergencia (DDE), teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la zona de estudio, en la que por sus precipitaciones históricas se tuvo la mayor cantidad de éstas en los primeros 30 DDE, que coincide con fase de establecimiento del cultivo; a continuación, las plantas estuvieron expuestas a condiciones de sequías que aumentaban paulatinamente hasta los 90 DDE.

Número de hojas por planta (NH): se realizaron las observaciones y se tomó el dato de número de hojas totalmente desplegadas en la planta en cada una de las fechas de medición estipuladas anteriormente, realizando seguimiento a tres plantas de la parcela útil en cada unidad experimental.

Área foliar (AF:cm²): ésta se obtuvo por el método de relación peso: área o de sacabocado (Pire y Valenzuela, 1995), con muestreos destructivos de tres plantas de los surcos 2, 3, 4 y 5 en cada uno de los tiempos estipulados anteriormente y en cada una de las unidades experimentales.

Índice de área foliar (IAF): este parámetro se midió indirectamente con la relación entre el área foliar y el área de suelo, para cada una de

las unidades experimentales en los tiempos estipulados anteriormente (Melgarejo *et al.*, 2010).

Acumulación de biomasa (g): con la periodicidad mencionada anteriormente se tomaron al azar tres plantas por unidad experimental en los surcos 2, 3, 4, 5 de cada parcela, en las cuales se realizaron las mediciones de peso fresco de cada uno de los órganos de la planta (raíz, tallo y hojas) y se seleccionó una muestra de 250 g de cada uno de los órganos de las plantas destruidas, para secar hasta peso constante, generalmente durante 48 horas en un horno a 70° C (Saraswati, 2007), calculando la materia seca total por planta (**MST**), materia seca de la parte aérea por planta (**MSPA**) y materia seca de raíces tuberosas por planta (**MSRT**).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, para evaluar los efectos de los factores estudiados (Genotipos y Dosis de hidro-retenedor comercial) y la interacción de primer orden. Además, se realizaron contrastes de interés al 5% de probabilidad. Adicionalmente, se estimaron modelos de regresión para las variables con niveles cuantitativos. Se utilizó el software SAS versión 9.1.

Resultados y discusión

Condiciones ambientales

En la zona de estudio, durante los 120 DDE del ciclo del cultivo, se presentó una precipitación acumulada de 384,45 mm, inferior a la reportada por (Miranda *et al.*, 1989), quien afirma que las plantas expuestas a condiciones de precipitaciones inferiores a 500 mm, no tendrían la suficiente humedad para realizar los procesos fisiológicos de forma normal. Para el estudio se garantizó que las plantas estuvieran expuestas a condiciones de estrés hídrico durante la mayor parte del ciclo del cultivo. La figura 5.1 muestra que el 73,21% de la precipitación se presentó en los primeros 30 DDE (fase de establecimiento del cultivo) correspondiente a 281,45 mm.

Efecto de hidro-retenedores sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de batata (*ipomoea batatas l.*)

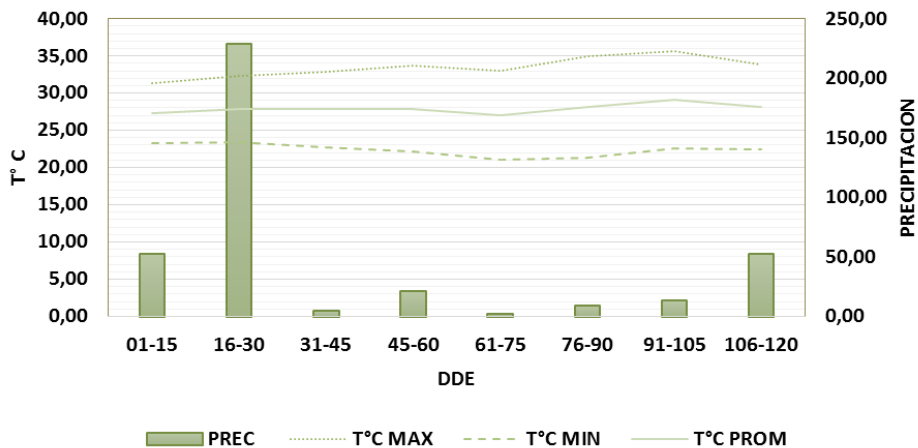


Figura 5.1. Condiciones ambientales presentes en el sitio de estudio durante el ciclo del cultivo de batata.

PREC: precipitación mensual; T °C MAX: promedio de temperatura máxima; T °C MIN promedio de temperatura mínima; T °C PROM: temperatura media.

Entre los 30 y 60 DDE, inicio de fase de tuberización, el cultivo estuvo expuesto a 30 días de sequía, con tan solo 25,70 mm de precipitación, correspondiente al 7% del total de las lluvias durante el ciclo del cultivo. En los siguientes 30 días se hizo más intensa la sequía, con 11,40 mm (3%) y las plantas habían completado 60 días de sequía en plena fase tuberización, con un acumulado de tan solo 37,10 mm. En la última etapa del cultivo, comprendida entre los 90 y 120 DDE, se presentó un aumento de las precipitaciones que sumó 65,90 mm, correspondiente al 17% del total (Figura 5.1.).

Por otro lado, la temperatura máxima estuvo entre 31 y 35 °C, mientras que la mínima, entre los 21 y los 24 °C, para una media de temperaturas que osciló alrededor de 28°C, acorde con las características del bosque seco tropical del departamento de Sucre (Aguilera, 2012). Este comportamiento del estado del tiempo durante el ensayo permite el análisis de las respuestas fisiológicas de la batata durante periodos caracterizados por las condiciones hídricas del suelo presentes.

Respuestas fisiológicas de la batata durante los primeros 30 DDE.

Durante este periodo las plantas estuvieron expuestas a abundantes lluvias y, por lo tanto, a mayor humedad disponible en suelo (Figura 5.1). En esta etapa del cultivo, sólo hubo efecto principal altamente significativo en el factor genotipo en cinco de las seis variables MST, MSRT, MSPA, AF, IAF; En el número de hojas (NH) no se observaron diferencias significativas entre los genotipos. La media general fue 22 hojas (Tabla 5.2 y 5.3). El genotipo Tainung presentó mayor acumulación de MSPA, MSRT y, por lo tanto, mayor MST que el genotipo Exportación. La superioridad estuvo alrededor de 100,63 y 92 %, respectivamente (Tabla 5.3 y 5.5). De igual manera, en las variables AF e IAF, la mayor media fue de Tainung al superar a Exportación en 160 % (Tabla 5.4 y 5.5). Estas diferencias obedecen a las características propias de cada genotipo expresadas bajo las condiciones ambientales del lugar del ensayo (Rodríguez-Delfín, 2014).

Por otro lado, no se observó efecto de las dosis de los hidro-retenedores, ni una interacción entre los factores genotipo x hidro-retenedor (Tablas 5.2 y 5.3), ya que estos polímeros son diseñados con el fin de cargarse de agua y liberarla paulatinamente al suelo por diferencias de potenciales hídricos, mientras este último se seca por acción de la evapotranspiración. En esta primera etapa, el suelo estuvo con un contenido alto de agua disponible, suficiente para que las plantas se desarrollaran en forma normal sin llegar a estresarse por este factor.

Respuestas fisiológicas de la batata durante los primeros 60 DDE

Después de los primeros 30 DDE, las plantas estuvieron sometidas a 30 días de sequía con sólo 25 mm de precipitación. Los análisis de varianza mostraron efectos de la interacción de los genotipos con las dosis de hidro-retenedor en las variables MST, MSRT, MSPA, AF, IAF, lo cual indica que los efectos de las dosis de hidro-retenedor varían con el genotipo (Tabla 5.2). Para las variables MST y MSPA del genotipo 'Exportación', las cuatro dosis de hidro-retenedor superaron significativamente a la no aplicación del mismo (Tabla 5.3); también se observó que el mayor efecto en la magnitud de estas variables se alcanzó con las dosis 4 y 5, es decir, las más altas,

mientras que en el genotipo 2 'Tainung, el mayor efecto se logró con las dosis 3, 4 y 5, sin diferencias entre ellas (Tabla 5.3 y 5.5).

En la variable MSRT sólo se presentó efecto principal del factor genotipo; la media del genotipo 2 Tainung resultó mayor que la del 1 'Exportación' en 40% (Tablas 5.3 y 5.4). Para las variables AF e IAF la interacción genotipo x hidro-retenedor resultó altamente significativa, además de los efectos principales de ambos factores (Tabla 5.2). El genotipo 2 Tainung presentó mayor área foliar e índice de área foliar que el genotipo 1 Exportación (Tablas 5,4 y 5,6). El AF y el IAF del genotipo 2 fueron de mayor magnitud cuando se aplicó hidro-retenedor en cualquiera de las dosis, al superar ampliamente a la no aplicación, mientras que para el genotipo 1, no hubo diferencias entre aplicar o no hidro-retenedor. Por otra parte, en el genotipo 2, las tres dosis más altas, 3, 4 y 5 influyeron en mayor grado en el AF y el IAF, sin diferencias significativas entre ellas. (Tabla 5.4 y 5.6).

Azevedo (2002) menciona que el uso en este tipo de polímeros hidro-retenedores mejoran las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, ayuda a disminuir la lixiviación de nutrientes en las pérdidas por las lluvias excesivas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la disponibilidad de agua para las plantas y se obtiene un efecto positivo en el desarrollo del cultivo, tales como la acumulación de MST y MSPA, sin comprometer el crecimiento de la planta por déficit de agua.

Adicionalmente hay que tener en cuenta la variabilidad genética y su expresión bajo cada una de las dosis de hidro-retenedores, ya que cada uno de los genotipos evaluados presenta una respuesta característica ante tales condiciones (Rodríguez-Delfín, 2014). De igual forma, Gajanayake *et al* (2014) encontraron un aumento significativo en las variables la acumulación de materia seca y área foliar, cuando dos genotipos de batata eran sometidos a diferentes condiciones de humedad edáfica, siendo mayor el valor en los tratamientos con condiciones hídricas altas, mostrándose un efecto diferente el aumento de un nivel de humedad de suelo a otro, en cada uno de los genotipos. En general, la reducción en el crecimiento de batata está asociado con niveles más altos de estrés hídrico y parece estar limitando tanto la capacidad de la fuente (área foliar) y el rendimiento (actuaciones fotosintéticas) que conducen a menor acumulación de biomasa (Gajanayake *et al*, 2014). Estudios realizados por Saraswati (2007), evaluando el estrés

hídrico en *Ipomea batatas* L, observó una disminución significativamente en la biomasa de la planta, obteniendo los valores más bajos para variables respuestas en las condiciones de estrés (longitud y diámetro del tallo, peso de raíz, número de nudos, área foliar y peso de follaje), afectando los procesos fisiológicos de los cultivares evaluados.

Tabla 5.2.

Cuadros medios del análisis de varianza para las variables materia seca total por planta (MST), materia seca de raíces tuberosas por planta (MSRT), materia seca de la parte aérea por planta (MSPA), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) a través del ciclo del cultivo.

TIEMPO		MST	MSRT	MSPA	AF	IAF	NH
30	CM T	6,18	0,08	5,27	884083,26	0,05	47,98
	CM E	2,32	0,05	2,11	45603,47	0,00	28,34
	CM G	82,14 **	0,59**	71,05**	11921484,33**	0,74**	366,03 ^{ns}
	CM HC	0,72ns	0,06ns	0,44ns	79615,39ns	0,01ns	20,04ns
	CM GxHC	0,16ns	0,06ns	0,06ns	36208,72ns	0,00ns	14,84ns
	MEDIA	4,55	0,53	4,00	1217,68	0,31	21,83
	CV	33,57	43,16	36,31	17,54	17,23	24,39
	60	CMT	353,01	37,50	219,18	17813979,6	1,11
CME		27,39	6,33	23,98	1476645,7	0,09	359,51
CMG		2412,32*	317,28*	1333,04*	197846283,8**	12,35**	324,90ns
CMHC		271,37*	10,50ns	267,94ns	7949721,1**	0,50**	353,94ns
CM GxHC		156,07**	26,04*	77,83**	6292919,1**	0,40**	335,71ns
MEDIA		57,57	17,47	40,64	6005,98	1,50	77,00
CV		9,09	14,40	12,05	20,23	20,26	24,62
90		CMT	737,94	511,08	184,46	13651416,4	0,85
	CME	501,38	253,14	123,70	1126271,5	0,07	1193,71
	CMG	2037,38*	2556,7**	29,46ns	108571977,1**	6,76**	7398,40**
	CMHC	889,48ns	573,88ns	179,22ns	9121329,8ns	0,57ns	584,46ns
	CM GxHC	745,73ns	244,74ns	303,82ns	10541912,5ns	0,66ns	2139,09ns
	MEDIA	119,05	61,61	57,45	5109,83	2,17	119,15
	CV	18,81	25,83	19,36	12,60	12,17	29,00

Efecto de hidro-retenedores sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de batata
(*ipomoea batatas l.*)

120	CMT	1743,52	948,64	474,57	1045086,07	0,07	8009,24
	CME	227,23	471,25	100,74	414537,13	0,03	4001,50
	CMG	18687,03**	7378,55*	692,56**	395289,95ns	0,02ns	52635,03*
	CMHC	1193,71ns	256,00ns	1288,95ns	2218277,51ns	0,14ns	8923,63ns
	CM GxHC	353,62ns	259,86ns	245,20ns	591218,48ns	0,04ns	2909,03ns
	MEDIA	177,56	103,00	75,82	5109,83	1,28	171,13
	CV	8,49	21,08	13,24	12,60	12,52	36,97

CMT: cuadrado medio de tratamientos; CME: cuadrado medio del error experimental; CMG: cuadrado medio para el efecto principal del factor genotipo (G); CMHC: cuadrado medio para el efecto principal hidro-retenedores (HC); CM GxHC: cuadrado medio de la interacción GxHC; CV: coeficiente de variación. ns: no significativo; *: significativo al 5%; ** significativo al 1%.

Tabla 5.3.

Valores de contrastes ortogonales de las variables materia seca total por planta (MST), materia seca de raíces tuberosas por planta (MSRT) y materia seca de la parte aérea por planta (MSPA), a través del ciclo del cultivo.

CONTR	MST			MSRT				MSPA				
	30	60	90	30	60	90	120	30	60	90	120	
C1	2,86**	18,03**	14,57*	43,23 **	0,25**	5,96**	16,32**	27,72**	2,67**	12,21**	-1,75 ns	8,32**
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	27,34*	-	-	-	-	-	-	-	21,12*	-	-
C7	-	55,23**	-	-	-	-	-	-	-	37,00**	-	-
C8	-	31,09**	-	-	-	-	-	-	-	25,58**	-	-
C9	-	24,36*	-	-	-	-	-	-	-	32,47**	-	-
C10	-	37,22**	-	-	-	-	-	-	-	30,32**	-	-
C11	-	-8,92 ns	-	-	-	-	-	-	-	1,22 ns	-	-
C12	-	-1,99ns	-	-	-	-	-	-	-	-0,59 ns	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	12,45*	-	-	-	-	-	-	-	9,03 *	-	-
C15	-	21,10**	-	-	-	-	-	-	-	11,28**	-	-
C16	-	34,24**	-	-	-	-	-	-	-	23,28**	-	-
C17	-	9,68*	-	-	-	-	-	-	-	7,80*	-	-
C18	-	12,66**	-	-	-	-	-	-	-	9,65*	-	-
CV	33,57	9,09	18,81	8,49	43,16	14,40	25,83	21,08	36,31	12,05	19,36	13,24

Efectos principales. C1: G1 vs G2; C2: D1 vs D2 D3 D4 D5; C3: D2 vs D3 D4 D5; C4: D3 vs D4 D5; C5: D4 vs D5; **Interacciones:** C6: (D1 vs D2 D3 D4 D5) vs G1; C7: (D1 vs D2 D3 D4 D5) vs G2; C8: (D2 vs D3 D4 D5) vs G1; C9: (D2 vs D3 D4 D5) vs G2; C10: (D3 vs D4 D5) vs G1; C11: (D3 vs D4 D5) vs G2; C12: (D4 vs D5) vs G1; C13: (D4 vs D5) vs G2; C14: (G1 vs G2) vs D1; C15: (G1 vs G2) vs D2; C16: (G1 vs G2) vs D3; C17: (G1 vs G2) vs D4; C18: (G1 vs G2) vs D5. G1: genotipo 1= 'Exportación'; G2: genotipo 2='Tainung'; D1: sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); D2: aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); D3: aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); D4: aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹); D5: aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8,8 g planta⁻¹). CONTR = contraste. ns: no significativo *: Significativo al 5%; ** significativo al 1%.

Efecto de hidro-retenedores sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de batata (*ipomoea batatas l.*)

Tabla 5.4.

Valores de contrastes ortogonales de las variables materia seca total por planta (MST), materia seca de raíces tuberosas por planta (MSRT) y materia seca de la parte aérea por planta (MSPA), a través del ciclo del cultivo.

CON-	AF				IAF				NH			
	30	60	90	120	30	60	90	120	30	60	90	120
C1	1091,86**	4447,99**	3362,97**	-198,82ns	0,27**	1,11**	0,84**	-0,05ns	6,05ns	5,70ns	-27,20*	72,55**
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-510,02ns	3653,08ns	-	-	-0,13ns	-0,91ns	-	-	-	-	-
C7	-	7577,99**	6340,89*	-	-	1,90**	1,58**	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	8628,95**	12535,73**	-	-	2,16**	3,14**	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-67,31ns	-282,49ns	-	-	-0,02ns	-0,07ns	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	2830,39**	1364,18ns	-	-	0,71**	0,34ns	-	-	-	-	-
C15	-	3042,17**	980,76ns	-	-	0,76**	0,24ns	-	-	-	-	-
C16	-	5783,71**	6012,82**	-	-	1,45**	1,50**	-	-	-	-	-
C17	-	3745,15**	5668,59**	-	-	0,94**	1,42**	-	-	-	-	-
C18	-	6838,54**	2788,50**	-	-	1,71**	0,70**	-	-	-	-	-
CV	17,54	20,23	12,21	12,60	17,22	20,26	12,17	12,52	24,39	24,62	28,99	36,97

Efectos principales. C1: G1 vs G2; C2: D1 vs D2 T3 D4 D5; C3: D2 vs D3 D4 D5; C4: D3 vs D4 T5; C5: D4 vs D5; Interacciones: C6: (D1 vs D2 D3 D4 D5) vs G1; C7: (D1 vs D2 D3 D4 D5) vs G2; C8: (D2 vs D3 D4 D5) vs G1; C9: (D2 vs D3 D4 D5) vs G2; C10: (D3 vs D4 D5) vs G1; C11: (D3 vs D4 D5) vs G2; C12: (D4 vs D5) vs G1; C13: (D4 vs D5) vs G2; C14: (G1 vs G2) vs D1; C15: (G1 vs G2) vs D2; C16: (G1 vs G2) vs D3; C17: (G1 vs G2) vs D4; C18: (G1 vs G2) vs D5. G1: genotipo 1= 'Exportación'; G2: genotipo 2='Tainung'; D1: sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); D2: aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); D3: aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); D4: aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹); D5: aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8,8 g planta⁻¹). CONTR = contraste. ns: no significativo *: Significativo al 5%; ** significativo al 1%.

El efecto de los hidro-retenedores es efectivo después de un mes de sequía (Idrobo 2012) produciendo diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo y con menos dosis de estos polímeros (D2 y D3), produciendo un aumento significativo en la producción forraje y por tanto en MSPA, mientras que la MSRT no es afectada significativamente por estos tratamientos y si por el efecto de los genotipos.

El número de hojas no presenta diferencias significativas con una media general de 77 hojas (figura 5.2), los contenidos de humedad en el suelo, afectan el crecimiento y los parámetros de desarrollo de la batata en los estados iniciales de desarrollo, los niveles más altos de humedad de suelo mejoran la asimilación de carbono en comparación con las plantas estresadas, la reducción en la conductancia estomatal y la pérdida de pigmentos fotosintéticos están altamente relacionados con esta respuesta, que afectan las relaciones entre la fuente (área foliar) y sumidero en la planta (raíces tuberosas) (Gajanayake *et al.*, 2014)

Es válido anotar que el efecto de los genotipos en cada una de los niveles de hidro-retenedores a los 60 DDE, en las variables en la MST y MSPA, siempre son mayores los valores de las medias del G2, pero la ganancia de MST y MSPA en el G1 es mayor que en el G2 cuando estos pasan de las dosis bajas de hidro-retenedor (T1, T2) a las dosis altas (T4 y T5), por efecto de la interacción.

Tabla 5.5

Valores medios para las variables materia seca total (MST), materia seca de la parte aérea (MSPA), materia seca de raíces tuberosas (MSRT), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) y número de hojas (NH), para el efecto principal del factor genotipo y para la interacción genotipo x hidro-retenedor según los valores de los contrastes evaluados.

Medias para el efecto principal del genotipo							
DDE	GEN	MST	MSPA	MSRT	AF	IAF	NH
30	G1	3,12	2,67	0,40	671,70	0,17	18,80
	G2	5,98	5,33	0,65	1.763,60	0,44	24,85
60	G1	48,21	34,50	14,59	3.782,00	0,95	74,15
	G2	67,51	47,11	20,50	8.230,00	2,06	79,85
90	G1	111,37	58,17	53,20	7.093,60	1,77	132,75
	G2	127,14	56,68	70,46	10.367,00	2,59	105,55
120	G1	155,95	71,66	89,35	5.209,20	1,30	134,85
	G2	199,18	79,98	117,38	5.010,40	1,25	207,40

Medias para el efecto de la interacción.									
HC	MST		MSPA		AF		IAF		
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2	
D1	43,87	57,05	30,62	40,50	3.883,99	6.714,38	0,97	1,68	
D2	41,67	64,03	29,50	40,78	3.409,47	6.451,64	0,85	1,61	
60	D3	40,89	-	27,92	-	3.566,68	-	0,89	-
	D3 D4	-	71,07	-	51,23	-	9.327,86	-	2,33
	D5	-	-	-	-	-	-	-	-
	D4 D5	59,27	-	43,34	-	4.024,90	-	1,01	-

G1: genotipo 1= 'Exportación'; G2: genotipo 2='Tainung'; D1: sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); D2: aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); D3: aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); D4: aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹); D5: aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8,8 g planta⁻¹).

Respuestas fisiológicas de la batata a la 90 DDE.

Desde los 30 hasta los 90 DDE las plantas estuvieron expuestas a condiciones de sequía, en la fase de tuberización de los cultivos. Al evaluar el efecto de los tratamientos aplicados sobre las variables evaluadas de acumulación de materia seca, solo se observa un efecto principal del factor

genotipo en MST y MSRT (Tabla 2.2). Siendo mejor el resultado de la expresión fenotípica de Tainung al superar en un 14% la producción MST y en un 41% la MSRT al genotipo 2 Exportación (Tabla 5.2 y 5.5). Mientras que en la variable MSPA no presentó ninguna diferencia estadística con una media general de 57,43 g (Tabla 5.2 y 5.5).

Para las variables AF e IAF solo se tuvo un efecto altamente significativo del genotipo (Tabla 5.2), siendo mayores los valores para el genotipo 1 Tainung, superando en un 46% a la media del genotipo Exportación en las dos variables (Tabla 5.5).

La producción de hojas se ve afectada por la época de sequía, y se observa un efecto significativo de los genotipos (Tabla 5.2), donde Tainung produce un menor número de hojas que Exportación, de lo que se puede inferir que estos dos genotipos difieren en la forma de respuesta al estrés, donde Tainung que parece ser menos afectado, ya que produce 27 hojas menos que el Exportación, pero medio estas de mayor tamaño, mientras que Exportación el muestra una producción de 132 hoja más pequeñas, teniendo en cuenta los resultados del AF para cada genotipo.

Las condiciones fenológicas en las que se encuentran las plantas, las raíces tuberosas ejercen una presión sobre la fuente de producción de fotoasimilados, aumentando la acumulación de MSRT que presenta una tendencia lineal de crecimiento y se da inicio a la fase de senescencia y disminución en la acumulación MSPA, AF e IAF. Estos procesos parecen ser más eficiente en el Tainung como respuesta fenotípica al estrés por sequía, en donde este genotipo tiene mayor producción de AF, IAF y MSPA y por lo tanto mayor acumulación de MSRT. Gonzales *et al.* 2002 mencionan que, en la evolución de los mecanismos de tolerancia y adaptación de las plantas a los diferentes agentes estresantes, puede observarse la existencia de grados de sensibilidad y tolerancia muy diferentes entre las especies, variedades o genotipos dentro de una misma especie. Según Lambers *et al.*, 2008 si el factor hídrico no se encuentra fuera de los límites óptimos necesarios para que las plantas lleven a cabo sus procesos metabólicos y fisiológicos, se le está sometiendo a un estrés hídrico que afecta los procesos de crecimiento celular, tasas fotosintéticas y respiratorias y por lo tanto se reduce la expansión y el área foliar, si este déficit hídrico es severo se puede llegar a aumentar la senescencia de las hojas más antiguas de las plantas. La sequía afecta la producción de follaje y raíces tuberosas en la batata, la

sensibilidad de los genotipos de camote al estrés hídrico es crítica durante la etapa de crecimiento y desarrollo de las raíces tuberosas (Ekanayake *et al* 1990).

Respuestas fisiológicas de la batata a los 120 DDE

A la fecha de cosecha, después de estar sometida la planta a 90 días de sequía, solo se observan efectos altamente significativos del factor genotipo para las variables MST y MSPA, y un efecto significativo para MSRT (Tabla 5.2), manteniendo la misma tendencia, con mayores valores para el genotipo 2 Tainung, con los más altos valores de producción de MST, MSPA y MSRT, llegando a superar al genotipo Exportación en un 28, 11 y 31 % respectivamente (Tabla 5.3 y 5.5).

En esta etapa el AF y el IAF no se presentan diferencias significativas para ninguno de los factores ni para su interacción (Tabla 5.2), con una media general para el cultivo de 5109,83cm² para el AF y 1,28 para IAF (Tabla 5.5).

Las condiciones ambientales y la edad del cultivo hacen que disminuya la tasa de acumulación de MSPA, efectuando una translocación y producción de fotoasimilados dirigida al llenado del órgano de interés, por lo que la acumulación de MSRT sigue una tendencia de crecimiento casi línea en esta etapa. Adicionalmente el AF y el IAF tiende a disminuir como efecto de la interacción entre genotipo y el ambiente, fase de senescencia. (Figura 5.2)

El NH solo tuvo una respuesta significativa al efecto de los genotipos (Tabla 5.2), esta se ven afectado por las condiciones ambientales de este periodo, en las que por las lluvias de las últimas dos semanas (65 mm) se reactivan la producción de hojas, y de rebrotes en el caso del genotipo 2 Tainung, que presenta los mayores valores, mientras que Exportación disminuye la producción de esta. De lo que se puede inferir que Tainung tiene una mayor capacidad de recuperación ante el estrés, ya que todos estos procesos son el reflejo de la interacción entre genotipo x ambiente (Rodríguez-Delfín, 2014).

La acumulación de materia seca al final del ciclo del cultivo de en condiciones limitadas de humedad del suelo, dependen principalmente del efecto del genotipo, de igual forma que la cantidad de materia seca de raíces

acumulada, ya que esta está influenciada por la capacidad de los genotipos para iniciar la formación de raíces tuberosas, el número de raíces tuberosas y distribución de los asimilados hacia las raíces (Demagante *et al.*, 1989).

Tendencia en el tiempo de Acumulaciones de materia seca (MST, MSPA y MSRT)

En lo pertinente al efecto del factor genotipos en las variables MSRT y MSPA en el tiempo, desde el 15 hasta el 120 DDE, se observa un mejor ajuste a un modelo polinómico cubico ($y_0 + ax + bx^2 + cx^3$), con R2 altos entre 93 – 99 % (Tabla 5.6), las cuales muestran una tendencia similar de crecimiento para cada una de los genotipos, pero siempre con valores superiores en el genotipo ‘Tainung’, en el cual los efectos cuadráticos y cúbicos son menores con respecto al genotipo Exportación (Figura 5.2), en los que al final del ciclo del cultivo se observa una disminución en las tasa de acumulación de MSRT y MSPA, como respuesta las condiciones ambientales y fase fenológica del cultivo (senescencia).

La MST también ajustadas a un modelo cubico para los dos genotipos (Tabla 5.5), donde el genotipo Tainung presenta los mayores valores que el genotipo ‘Exportación’, lo que está acorde a los menores efectos lineales y cuadráticos presentes en este. Estas respuestas diferenciales obedecen a las características de cada genotipo, afectado por las condiciones ambientales (Rodríguez-Delfín, 2014).

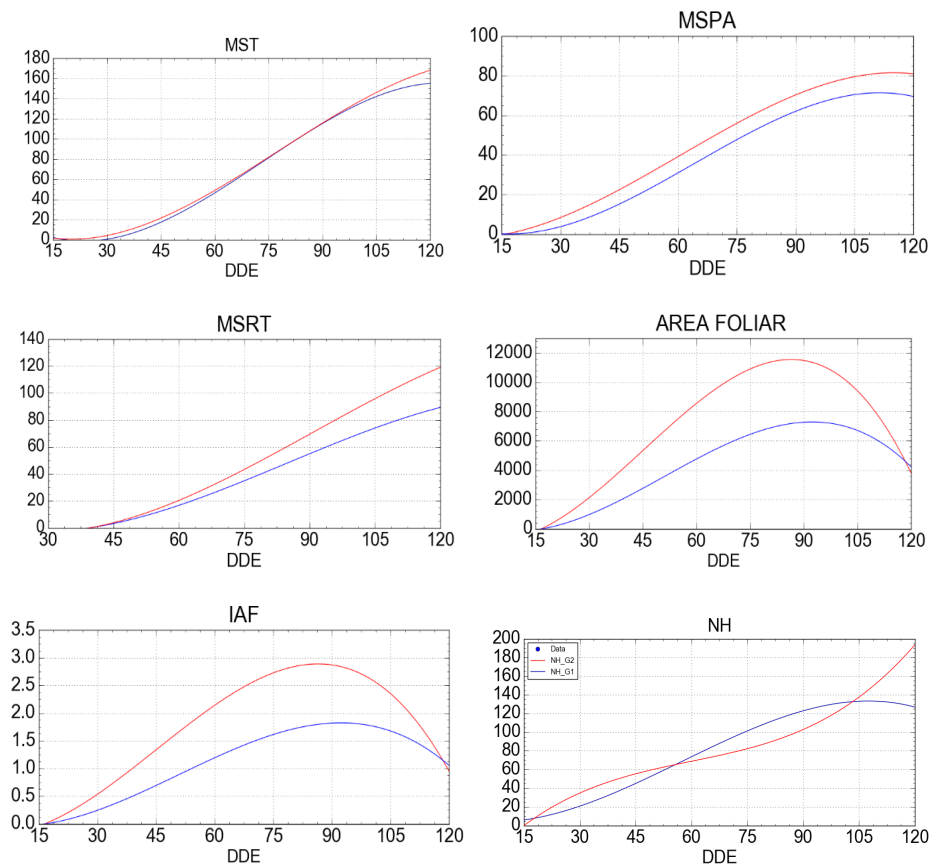
Para las interacciones evaluadas en los efectos de los hidro-retenedores en cada uno de los genotipos, los modelos ajustados también fueron de tipo cubico ($(y_0 + ax + bx^2 + cx^3)$), con R2 altos entre 93 – 97 %, en los cuales se observó una mejor respuesta de las variables. (Tabla 5.7).

Tabla 5.6

Características de las ecuaciones de regresión para los efectos principales del Genotipo, que describe la relación funcional entre las variables materia seca total por planta (MST), materia seca de la parte aérea por planta (MSPA), materia seca de raíces tuberosas (MSRT), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) y número de hojas (NH).

P	MST		MSPA		MSRT	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
Yo	29,22	18,31	7,95	-1,20	18,93	23,28
A	-2,78	-18,61	-0,97	-0,269	-1,66	-2,00
B	0,07	0,05	0,03	0,02	0,04	0,04
C	-0,0003	-0,0002	-0,0002	-0,0001	-0,0001	-0,0002
R²	0,99	0,98	0,97	0,93	0,96	0,98
	AF		IAF		NH	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
Yo	157,91	-716,67	0,004	-0,17	-56,27	-56,27
A	-70,12	-44,03	-0,018	-0,11	4,61	4,61
B	4,03	5,94	0,001	0,001	-0,06	-0,06
C	-0,03	-0,04	-0,00001	-0,00001	0,0004	0,0004
R²	0,76	0,82	0,76	0,82	0,89	0,89

G1: genotipo 1; **G2:** genotipo 2; **D1:** Sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); **D2:** Aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); **D3:** Aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); **D4:** Aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹); **D5:** Aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8.8 g planta⁻¹). El modelo de regresión ajustado fue: [$y_0 + ax + bx^2 + cx^3$].



G1: genotipo 1

G2: genotipo 2

Figura 5.2. Modelos de regresión para efector principales del factor genotipo de batata, para las variables materia seca total por planta MST (g), materia seca de raíces tuberosas por planta MSRT (g), materia seca de la parte aérea por planta MSPA (g), área foliar AF (cm²), índice de área foliar (IAF) y número de hojas (NH) durante el ciclo del cultivo 15 – 120 DDE.

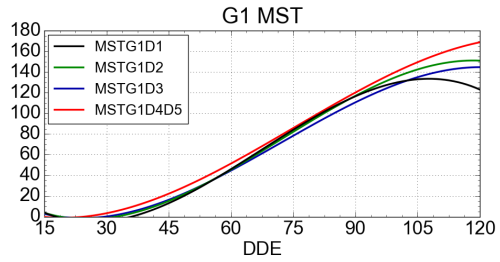
Tabla 5.7.

Características de las ecuaciones de regresión para los efectos de las interacciones entre Genotipo x Hidro-retenedor comercial (GxHC), evaluando el efecto de las dosis de HC, cada uno de los niveles de G. Que describe la relación funcional entre las variables materia seca total por planta (MST), materia seca de la parte aérea por planta (MSPA), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF).

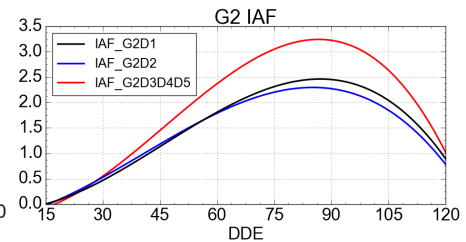
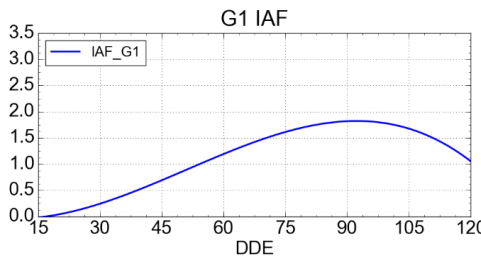
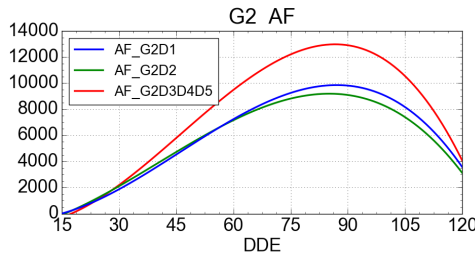
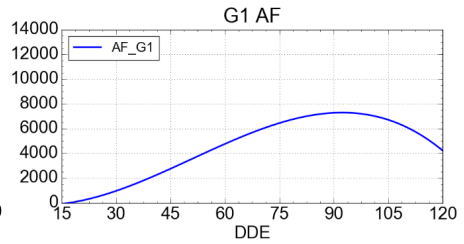
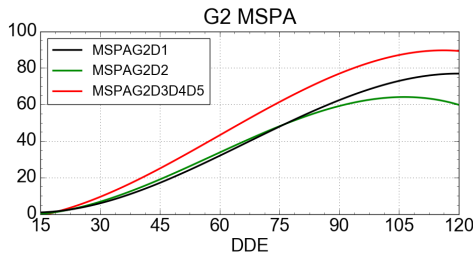
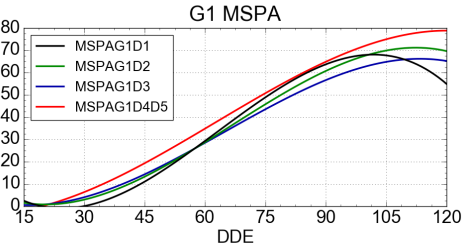
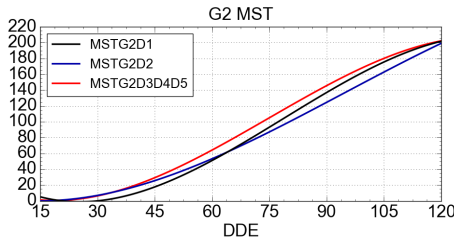
P	G1 MST				G1 MSPA			
	D1	D2	D3	D4 D5	D1	D2	D3	D4 D5
Yo	48,65	38,12	30,77	16,55	24,25	12,58	6,59	-3,14
A	-4,43	-3,44	-2,86	-1,92	-2,24	-1,24	-0,80	-0,20
B	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04	0,03	0,02
C	-0,00052	-0,00038	-0,00033	-0,00025	-0,00030	-0,00018	-0,00014	-0,00011
R ²	0,97	0,94	0,92	0,97	0,96	0,90	0,90	0,91
P	G2 MST				G2 MSPA			
	D1	D2	D3 D4 D5		D1	D2	D3 D4 D5	
Yo	40,08	7,47	20,17		4,62	1,61	-3,15	
A	-3,48	-1,04	-2,20		-0,59	-0,45	-0,17	
B	0,08	0,04	0,07		0,025	0,025	0,024	
C	-0,00035	-0,00013	-0,00030		-0,00013	-0,00014	-0,00013	
R ²	0,95	0,97	0,97		0,90	0,92	0,92	
P	G2 AF			G2 IAF				
	D1	D2	D3 D4 D5	D1	D2	D3 D4 D5		
Yo	-291,80	-1.276,70	-587,39	-0,07	-0,32	-0,15		
A	-47,93	32,24	-75,16	-0,012	0,008	-0,019		
B	5,12	3,58	7,15	0,0013	0,0009	0,0018		
C	-0,037	-0,030	-0,052	-0,00001	-0,00001	-0,00001		
R ²	0,80	0,60	0,85	0,80	0,60	0,85		

Figura 5.3. Modelos de regresión para efectos de las interacciones entre los factores. Factor genotipo de batata e hidro-retenedor, para las variables materia seca total por planta MST (g), materia seca de raíces tuberosas por planta MSRT (g), materia seca de la parte aérea por planta MSPA (g), área foliar AF (cm²) e índice de área foliar (IAF) durante el ciclo del cultivo 15 – 120 DDE.

G1: genotipo 1; G2: genotipo 2; D1: Sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); D2: Aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); D3: Aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); D4: Aplicación al suelo de 155 kg ha⁻¹ de HC (6,2 g planta⁻¹); D5: Aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8.8 g planta⁻¹). El modelo de regresión



ajustado fue: $[y_0 + ax + bx^2 + cx^3]$.



G1: genotipo 1; **G2:** genotipo 2; **D1:** Sin aplicación edáfica HC (0,00 g planta⁻¹); **D2:** Aplicación edáfica de 25 kg ha⁻¹ de HC (1 g planta⁻¹); **D3:** Aplicación al suelo de 90 kg ha⁻¹ de H (3,6 g planta⁻¹); **D4:** Aplicación al suelo de 155 kg/ha de HC (6,2 g planta⁻¹); **D5:** Aplicación al suelo de 220 kg ha⁻¹ de HC (8.8 g planta⁻¹).

Para la acumulación de MST y MSPA bajo el efecto del hidro-retenedor en el genotipo Tainung (G1 MST y G1 MSPA respectivamente), las dosis 4 y 5, con menores valores en efectos simples, cuadráticos y cúbicos en el modelo evaluado (Tabla 5.5 y Figura 5.3) presentan lo mayores valores en el tiempo para estas variables con respecto a los valores de las dosis bajas de hidro-retenedores y testigo.

Estas variables en el genotipo Exportación (G2 MST y G2 MSPA respectivamente) como respuesta a la aplicación de hidro-retenedor, presentan una respuesta particular, en la que las dosis 3, 4 y 5 de HC, con menores valores en efectos simples, cuadráticos y cúbicos en el modelo evaluado (Tabla 5.6 y Figura 5.3) presentan lo mayores valores en el tiempo para estas variables con respecto a los valores de las dosis 1 y 2. Los efectos sobre la variable MSRT es netamente del genotipo, por eso no se realizan las comparaciones de interacción.

Tendencia en el tiempo del área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

El efecto del factor genotipos en las variables AF e IAF en el tiempo, desde el 15 hasta el 120 DDE, se observa un mejor ajuste a un modelo polinómico cubico ($y_0 + ax + bx^2 + cx^3$), con R² altos entre 76 – 82 % (Tabla 5.6), las cuales muestran una tendencia similar de crecimiento para cada una de los genotipos, pero siempre con valores superiores en el genotipo Tainung, en el cual los efectos cuadráticos y cúbicos son menores en este genotipo con respecto al genotipo Exportación (Figura 5.2), en los que al final del ciclo del cultivo se observa una disminución como respuesta las condiciones ambientales y fase fenológica del cultivo (senescencia). Estas respuestas deferenciales obedecen a las características de cada genotipo, afectado por las condiciones ambientales (Rodríguez-Delfín, 2014).

Para las interacciones evaluadas en los efectos de los hidro-retenedores en cada uno de los genotipos, los modelos ajustados también fueron de tipo cubico ($(y_0 + ax + bx^2 + cx^3)$), con R² altos entre 93 – 97 %, en los cuales se observó una mejor respuesta de las variables. (Tabla 5.7).

Para AF e IAF bajo el efecto del hidro-retenedor en el genotipo Tainung (G1 AF y G1 IAF respectivamente), no se observa una interacción entre los dos factores, solo un efecto neto de los genotipos, como se explicó anteriormente. Estas variables en el genotipo Exportación (G2 AF Y G2 IAF respectivamente) como respuesta a la aplicación de hidro-retenedor, presentan una respuesta particular en la que las dosis 3, 4 y 5 de HC, con menores valores en efectos simples, cuadráticos y cúbicos en el modelo evaluado (Tabla 5.6 y Figura 5.3) presentan lo mayores valores en el tiempo para estas variables con respecto a los valores de las dosis 1 y 2.

Conclusiones

El efecto de los hidro-retenedores se observa en los cultivos, siempre y cuando se dé la presencia de precipitaciones o agua de otras fuentes que sean capaces de recargar los biopolímeros, si no la duración del efecto se ve limitada a los 30 después del periodo de sequía. Según los resultados las dosis recomendadas de hidrogeles para mejorar algunas condiciones del crecimiento serían los tratamientos D3, D4 y D5, los cuales tendrán un efecto diferencial dependiendo del genotipo, variedades en las que se esté aplicando.

El genotipo Tainung presenta una mejor respuesta bajo las condiciones de estrés del ensayo, teniendo una mayor acumulación de materia seca, mayor AF, IAF y por lo tanto mejor rendimiento de materia seca al final del ciclo del cultivo. Las dosis altas de aplicación de hidro-retenedores (D3, D4 y D5) mejoran las condiciones hídricas en las que se encuentra el cultivo, y por lo tanto se puede llegar a tener mejor producción de MSPA, aunque en estas condiciones del ensayo no se encontró un efecto en MSRT.

Referencias

- Aguilera, M. M. (2012). La yuca en el Caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial, Banco de la república-economía regional.
- Agronet. (2015). Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>. Consultado el 30 de junio 2015.

- Azevedo, T. D. F., Bertonha, A., & Gonçalves, A. C. A. (2002). Uso de hidrogel na agricultura. *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais*, 1(1), 23-31.
- Azevedo, T.L.F. 2000. Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi. Maringá, Universidade Estadual de Maringá. 38p. (Dissertação Mestrado).
- Cusumano, C. O., & Zamudio, N. (2013). Manual Técnico para el Cultivo de Batata (Camote o Boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina). Ediciones INTA. 1 – 41.
- Demagante, A.L.; Opena, G.B.; Zaag, P. Van der. 1989. Influence of soil moisture on sweet potato (*Ipomoea batatas*) growth and yield). CIP Southeast Asia and the Pacific Region Office. pp. 131-144.
- Espinoza, F. H. R., Gutiérrez, R. L. V., Amador, B. M., Morales, F. A. B., & Montiel, L. G. H. 2014. Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 32(4), 311-323.
- Estarda R, 2012.hidrogel biopoliméricos aplicados en la agricultura. Departamento de física y matemáticas. Universidad iberoamericana 2p. Disponible en: [tt://www.slideshare.net/Iberoposgrado/hidrogel-biopoliméricos-aplicados-agricultura](http://www.slideshare.net/Iberoposgrado/hidrogel-biopoliméricos-aplicados-agricultura).
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2015). FAOStat-Agriculture. Disponible en: <http://faostat.fao.org>. Consultado 27-05-2016.
- Gajanayake, B., Reddy, K. R., Shankle, M. W., & Arancibia, R. A. (2014). Growth, developmental, and physiological responses of two sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars to early season soil moisture deficit. *Scientia Horticulturae*, 168, 218-228.
- Gómez Pérez, A. A., Sabag, B., & Sergio, I. A. (2014). Aplicación del Hidrogel como Retenedores de Agua en la agroforestería.
- González, L. M, W. Torres & M. C. González. 2002. Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cult. Trop.* 23: 312-315.

- Iglesias, A., & Martín, F. M. (2009). Consecuencias del cambio climático para la agricultura: ¿un problema de hoy o del futuro? *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, (221), 45-70.
- IPC (International potato center and Sweet Potato). (2016). Disponible en: (<http://www.cipotato.org/sweetpotato/>). (revisado 27-05-2016).
- Lagos, C. L. (2011). El cultivo de Batata. Una oportunidad de agroalimentaria para pequeños productores de clima cálido. Alianza SENA - Sociedad de agricultores de Colombia. *Produmedios*. 5 – 39.
- Lambers, H., Chapin, F., Pons T. (2008). *Plant Physiological Ecology*. Second Edition. Springer. Cap. 2 y 3. Pag. 163 - 217.
- Melgarejo, L. M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., Pérez, L., Rojas, A., Cruz, M., Moreno, L., Crespo, S., & Pérez, W. (2010). Experimentos en fisiología vegetal (primera edición). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia). P. 25-30.
- Miranda, J.E.C. de. Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada e Coquinho: novas cultivares de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 7, n. 1, p. 32-33, 1989.
- Pire, R., & Valenzuela, I. (1995). Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. French Colombarda partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía Tropical*, 45(1), 143-154.
- Rodríguez Martínez, G. P. (2010). Caracterización de variedades de batata (*Ipomoea batatas* L.) con el fin de desarrollar un puré que sea fuente para la elaboración de productos preformados en Mccain Colombia.
- Saraswati, P. (2007). Physiological and growth responses of selected sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Cultivars to water stress (Doctoral dissertation, James Cook University).
- Tique, J., Chaves, B., & Zurita, J. H. (2009). Evaluación agronómica de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 151-158.