

VOLATILIDAD DE DIFERENTES FORMULACIONES DE 2,4-D UTILIZANDO BIOINDICADORES

Asurmendi, J. M.^{1,2}; Ballario, S. L.²; López, D. G.^{1,2}; Apestegui, M.³

¹ Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Terapéutica Vegetal. Córdoba. Argentina.

² Co-Ideas.

³ Corteva Agriscience.

Diegoglopez@gmail.com

RESUMEN

Las distintas formulaciones de 2,4-D presentan características físico-químicas diferenciales, que pueden conllevar a riesgos para cultivos o áreas sensibles próximas. El movimiento de gases del activo fuera del área objetivo es uno de los efectos no deseados que ciertas formulaciones pueden presentar bajo condiciones predisponentes. El presente trabajo comparó la volatilidad de 4 formulaciones de 2,4-D mediante el uso de plantas hiper-sensibles como bio-indicadores. Las formulaciones (Éster etil-hexílico, sal amina, sal colina y ácido) fueron aplicadas en bandejas con arena, a una dosis de 4560 g de equivalente ácido por hectárea (gr. e.a/ha.), que luego se colocaron próximas a plantas durante 24 hs. Tanto las bandejas como los bio-indicadores se ubicaron en "túneles de volatilización" para forzar las condiciones del pasaje de los herbicidas a fase gaseosa y así poder comparar la fitotoxicidad generada por la volatilidad de las distintas formulaciones. A los 40 días después de exposición y usando la escala EWRS, las formulaciones éster etil-exílico y sal amina fueron las que mayor daño mostraron, no diferenciándose significativamente entre sí. El ácido se encontró en un nivel inferior de daño, y la sal colina en un nivel incluso menor, sin diferenciarse del testigo.

Palabras clave: Herbicidas, herbicidas auxínicos, volatilización, deriva, movimiento fuera de blanco, cultivos sensibles, fitotoxicidad.

INTRODUCCIÓN

El herbicida 2,4-D (2,4 dicloro fenoxiacético) ha sido parte de la agricultura por más de 70 años y todavía tiene un lugar importante en los programas de control de malezas alrededor del mundo. Argentina claramente no es la excepción, el uso de este herbicida, aunque con algunas restricciones, se encuentra hoy en suma vigencia y a punto de extender su uso más allá de los barbechos químicos o aplicaciones en cereales.

Con el lanzamiento del sistema Enlist® de control de malezas en el cultivo de soja (*Glycine max*), existirán formulaciones aprobadas de 2,4-D para su uso en post emergencia del cultivo.

Entre las principales preocupaciones que presenta este herbicida se encuentran los movimientos fuera de blanco por derivas o volatilización, que pueden generar síntomas severos sobre cultivos susceptibles incluso al recibir muy bajas dosis.

Cabe diferenciar deriva de volatilización:

Deriva: Gotas pulverizadas llevadas por el viento a otro sector "no blanco".

Volatilización: Vapores del activo que se desprenden desde las gotas luego de la pulverización.

Este cambio de estado se ve influenciado tanto por condiciones ambientales como por la formulación del

activo. Tal como citan estudios anteriores realizados en laboratorio (Ouse 2018) y a campo (Havens 2012, Sosnokie 2015), la sal colina de 2,4-D tienen menor riesgo de volatilización que éster etil-exílico y sal amina. El objetivo de este trabajo fue el de comparar la seguridad, desde el punto de vista de la potencial volatilización, de distintas formulaciones de 2,4-D disponibles en el mercado argentino como lo son el éster etil-hexílico (EHE), la sal amina, el ácido y la sal colina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El día 22/01/2021 se comenzó el ensayo en el área experimental del campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), cuyas coordenadas son: 31°28'37.4"S 64°00'12.9"W.

La metodología fue la siguiente:

1. Para forzar la volatilización, se armaron 12 túneles a modo de invernadero (4 tratamientos con 3 repeticiones). Cada uno de 4m de largo, 50cm de alto y 1 m de ancho.

Estas estructuras se montaron utilizando arcos de hierros recubiertos con mangueras como soporte para el nylon transparente tipo "cristal" de 150 micras de espesor.

Éstos se dejaron con los extremos abiertos a fines de poder introducir bandejas y luego plantas bio-indicadoras, como así también, posibilitar la circulación de aire y evitar daños en las plantas por temperaturas excesivamente altas.

2. Las especies bioindicadoras utilizadas fueron vid (*Vitis vinifera*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y algodón (*Gossypium hirsutum*). Todas escogidas por su extrema sensibilidad a 2,4-D.

Tabla 1. Tipos de 2,4-D evaluados.

Tipo de 2,4-D	Tipo de formulación	Concentración del producto comercial	Nombre del producto comercial
Éster etil-hexílico	CE - Concentrado emulsionable	643 gr.ea/Lt	Herbifen advance
Sal amina	SL - Líquido soluble	700 gr.ea/Lt	Weedar Full
Ácido	ME -Micro emulsión	300 gr.ea/Lt	Dedalo elite
Sal colina	SL - Líquido soluble	456 gr.ea/Lt	Enlist

Como referencia se tomó como base la dosis máxima de registro del herbicida Enlist, y se la llevó a 4X (cuatro veces la dosis) para forzar la volatilización de los diferentes productos. Todos los 2,4-D fueron evaluados a la misma dosis de 4560 equivalente ácido por hectárea (gr. e. a. /ha).

5. Cada herbicida se pulverizó sobre 12 bandejas plásticas diferentes que contenían arena previamente humedecida. La pulverización se realizó a 200 metros del área del ensayo, utilizando una mochila presurizada a CO₂, trabajando a una presión constante de 3 BAR, con 6 boquillas de aire inducido (AIXR110-015) distanciadas a 50 cm y erogando un volumen de 120 lts/ha.

6. Dentro de cada túnel se colocaron cuatro bandejas con el mismo herbicida inmediatamente luego de ser pulverizadas. Esta operación se repitió para cada uno de los 2,4-D evaluados (**Figura 1**).

7. A fin de descartar contaminación externa al ensayo, se colocaron fuera de los túneles en cada punto cardinal, a 15 m de distancia, una planta de algodón y una de vid como sensores ambientales. Un quinto juego de sensor se ubicó entre medio del bloque A y B (**Figura 1**).

8. Dentro de cada túnel se colocaron cuatro plantas de algodón cuatro de tomate y dos de vid, utilizadas como bio-indicadores (**Figura 2**). El desarrollo de los bio-indicadores al momento de la exposición era:

- Algodón: de 13 - 25 cm de altura y 6-8 hojas desplegadas, contenidas en macetas de 3 lt.
- Tomate: de 15 - 20 cm de altura de variedad "platense" contenidas en macetas de 125 cc.
- Vides: provenientes de estacas de 20 - 25 cm de altura, con 4-6 hojas desplegadas.

3. Para evitar la contaminación cruzada por los vapores que pudiesen desprenderse, los túneles se encontraban separados entre sí por una distancia de 4 metros, y cada bloque estaba apartado del siguiente por 15 metros (**Figura 1**).

4. Los tipos de 2,4-D evaluados están descriptos en la **Tabla 1**.

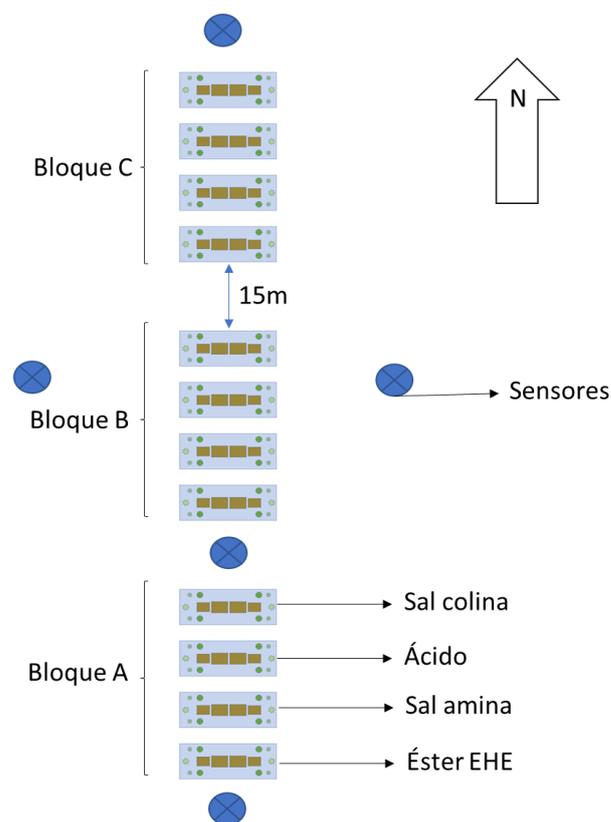


Figura 1. Ubicación espacial de túneles y plantas sensoras.

9. Las plantas bio-indicadoras estuvieron dentro de las estructuras al lado de las bandejas pulverizadas durante 24hs. Desde las 10:30 a.m. del 22/01/2021, en las que fueron aplicadas, hasta el mismo horario del día siguiente. (Los datos de las condiciones meteorológicas se pueden encontrar en el Anexo 1). Dicha información se obtuvo de la estación meteorología de la FCA-UNC

ubicada a 350m hacia del oeste del ensayo. (<https://newmagya.omixom.com/> → FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba).

10. Cumplidas las 24hs, todas las plantas fueron retiradas de los túneles y llevadas a uno de los invernaderos del Campo Escuela. Allí se las regó periódicamente y se les permitió continuar con su desarrollo sin interferencias para observar los síntomas de daño por herbicidas auxínicos que pudieran aparecer.

11. Se realizaron evaluaciones a los 5, 10, 16, 24 y 40 días después de la exposición (DDE) de las plantas a los vapores para observar la evolución de los síntomas.

12. Para cuantificar la severidad del daño (S), se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de Malezas (EWRS) (**Tabla 2**).

13. La Incidencia (I) se determinó cuantificando la cantidad de plantas afectadas.

14. El daño total (DT) se obtuvo multiplicando la Incidencia por la Severidad. $DT = I \times S$.

15. En la evaluación a los 40 DDE, además, se evaluó la severidad de cada planta individualmente siguiendo la escala de EWRS a fines de poder analizar estadísticamente las diferencias.

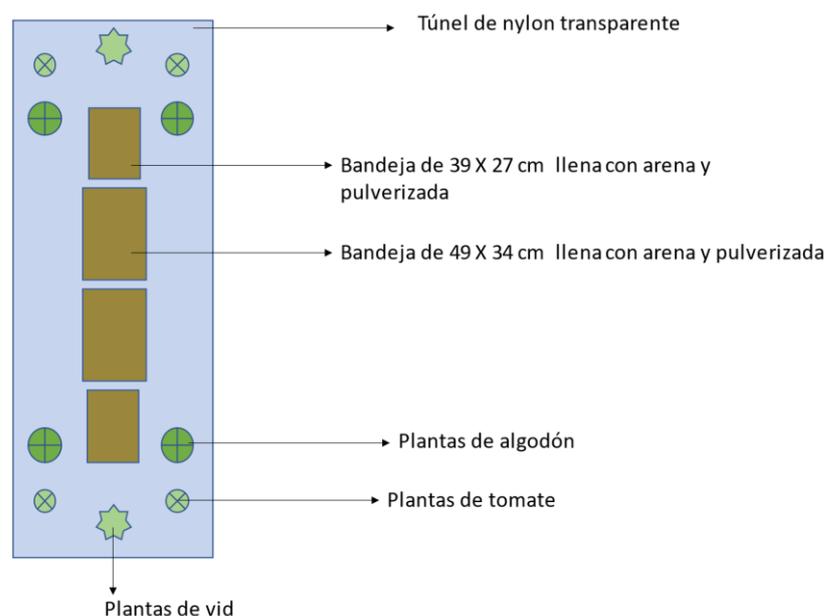


Figura 2. Ubicación de bandejas y plantas sensoras dentro del túnel.

Tabla 2. Escala de puntuación por daño de fitotoxicidad. Escala de puntuación de daño por fitotoxicidad (EWRS).

Índice	Síntomas de fitotoxicidad	
1	Ninguno	Ausencia absoluta de síntomas / Plantas sanas
2	Muy leves	Síntomas muy leves, cierta atrofia, amarillamiento, etc.
3	Ligeros	Síntomas leves, pero claramente apreciables
4	Acusados	Síntomas más fuertes (p.e. clorosis) que no repercuten necesariamente en forma negativa sobre la cosecha.
5	Dudosos	Raleo de la flora, fuerte clorosis y/o atrofia; es de esperar que se vea afectada la cosecha.
6	Marcados	Daños crecientes hasta la muerte del cultivo
7	Fuertes	Daños crecientes hasta la muerte del cultivo
8	Muy Fuertes	Daños crecientes hasta la muerte del cultivo
9	Destrucción	Daños crecientes hasta la muerte del cultivo

Las vistas generales de los túneles y su disposición se presentan a continuación (**Figura 3 - 6**).



Figura 1. Vista de los túneles de perfil.



Figura 2. Vista de los túneles en diagonal.



Figura 3. Vista aérea de los túneles.



Figura 4. Vista aerea de los túneles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto los sensores ambientales, como los testigos no mostraron daños de tipo auxínico, por lo que se descarta una contaminación externa al ensayo.

Tomate y vid no desplegaron nuevos foliolos durante el tiempo de evaluación, no evidenciaron daños visiblemente claros y por ende no se tomaron en cuenta para su evaluación.

Solo algodón continuó con su desarrollo en invernaderos, desplegando nuevas hojas y mostrando síntomas de fitotoxicidad típicos de herbicidas auxínico.

Esto permitió realizar las evaluaciones de daño que mostraremos a continuación.

Imágenes de los daños de tipo auxínico típicos producidos en algodón se encuentran disponibles en el **Anexo 2**.

En la **Figura 7** se observan los resultados obtenidos al calcular el daño total para los distintos tratamientos y fechas de evaluación en algodón.

En la **Figura 8**, se puede ver el daño producido por los vapores de los diferentes 2,4-D a los 40 DDE medido en plantas individuales de algodón y en la **Tabla 3** se observa el análisis estadístico.

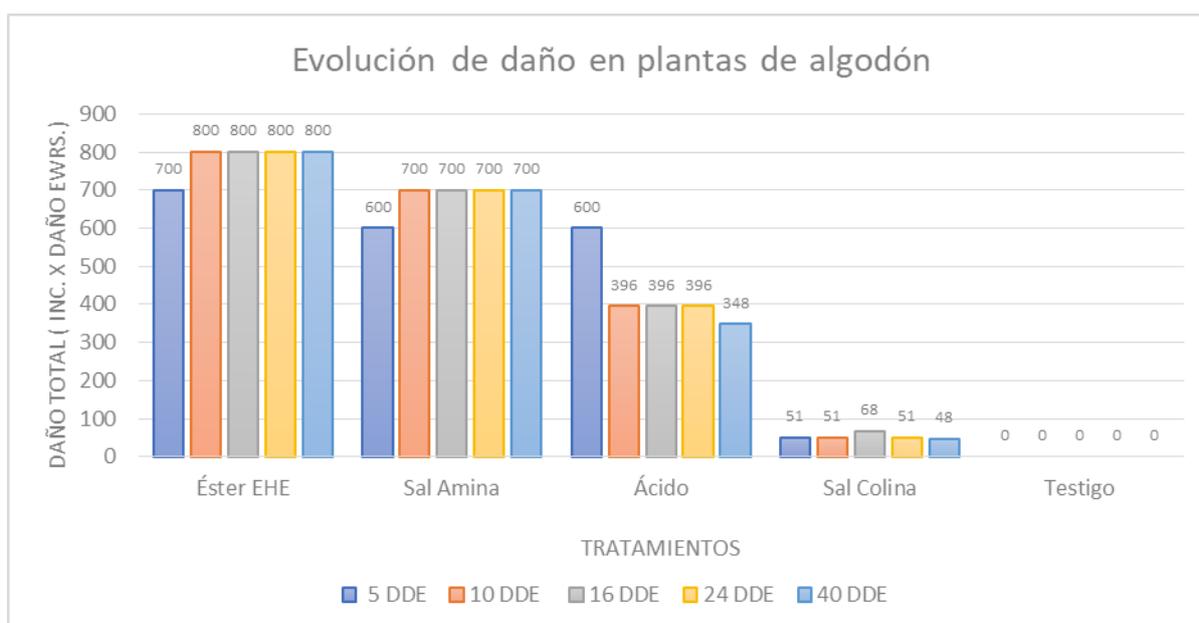


Figura 7. Grafico de evolución de daños en plantas de algodón.

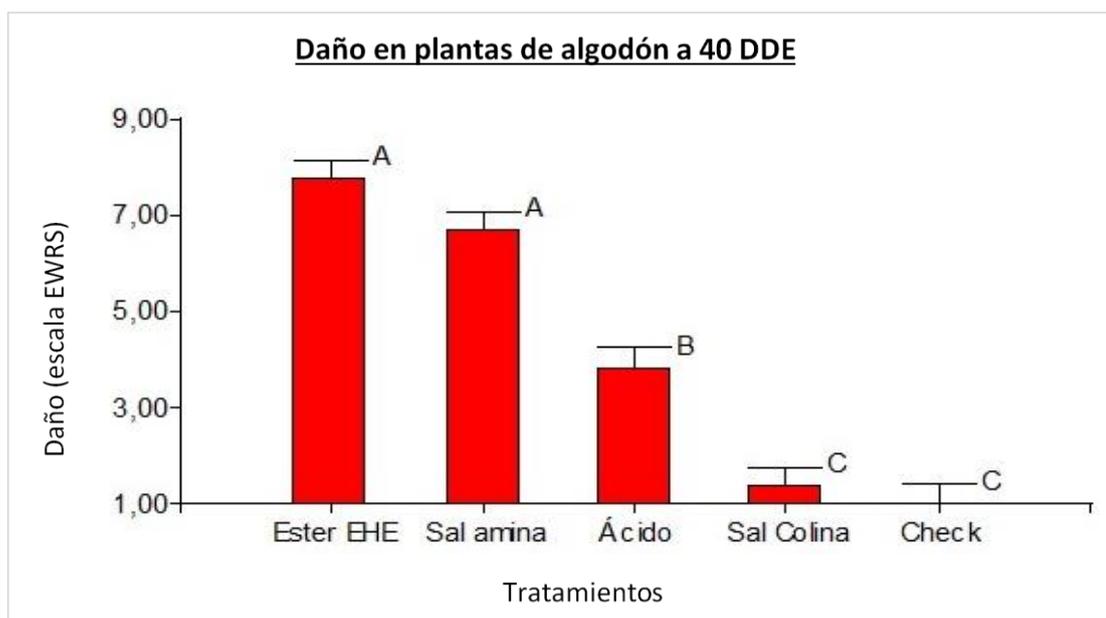


Figura 8. Grafico de daño en plantas de algodón 40 días después de la exposición

Tabla 3. Analisis de la varianza.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Injury (EWRS scale)	60	0,82	0,8	32,96	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	446,93	4	111,73	60,69	<0,0001
Treatment	446,93	4	111,73	60,69	<0,0001
Error	101,25	55	1,84		
Total	548,18	59			
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,11006					
Error: 1,8409 gl: 55					
Treatment	Medias	n	E.E.		
Ester EHE	7,75	12	0,39	A	
Sal amina	6,67	12	0,39	A	
Ácido	3,83	12	0,39	B	
Sal Colina	1,33	12	0,39	C	
Check	1	12	0,39	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

CONCLUSIONES

Las plantas de algodón, bajo las condiciones evaluadas, mostraron daños diferenciales respecto a las distintas formulaciones.

A lo largo del tiempo, en todas las evaluaciones, mostró mayor daño total la formulación Ester EHE, seguido por la sal amina, luego el ácido y finalmente la sal colina.

En la evaluación de daño sobre plantas individuales realizada a los 40 DDE, bajo la escala EWRS:

1-Los tratamientos éster EHE (7.75) y sal amina (6.67) mostraron los mayores daños sin diferenciarse estadísticamente entre sí.

2-La formulación de ácido (3.83) se diferenció significativamente de las dos anteriores con menor daño.

3-Sal colina de 2,4-D mostró el menor daño (1.33) separándose estadísticamente de todas las demás formulaciones.

4-Por último, la sal colina de 2,4-D no resultó significativamente diferente al testigo sin exposición (1).

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC y al Ing. Agr. Juan Godoy por permitirnos realizar el ensayo en su Campo Experimental.

A los alumnos practicantes de agronomía Catalina Couzo, Tomás Jurczyszyn, Agustín López, Lautaro Hughes y Lucas Moyano.

BIBLIOGRAFÍA

Frene R. (2020). Enlist sistema de control de malezas: cómo funciona el sistema y que soluciones ofrece a la problemática en argentina. Revista ASACIM, mayo 2020, pág. 52-57.

Ouse D.G. (2018). A New Approach to Quantify Herbicide Volatility. Weed Technology. <https://www.cambridge.org/core/terms.https://doi.org/10.1017/wet.2018.75>

Peterson M.A. (2016). 2,4-D Past, Present, and Future: A Review. Weed Technology 2016 30:303–345

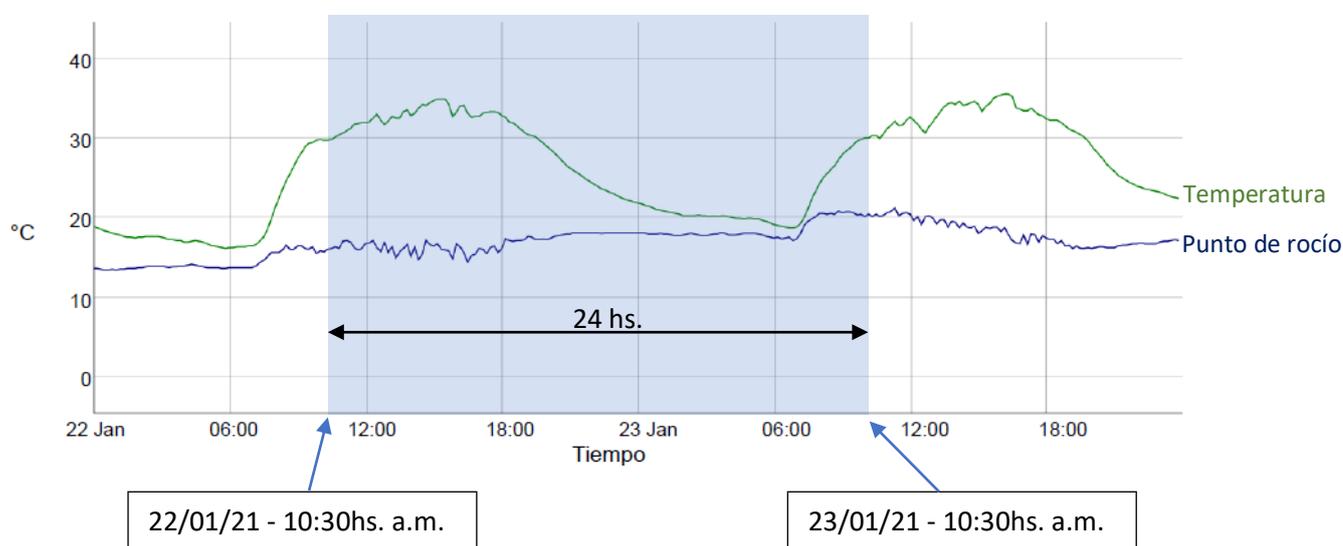
Sosnoskie L.M. (2015). Evaluating the Volatility of Three Formulations of 2,4-D When Applied in the Field. Weed Technology 2015 29:177–184

Egan J.F. (2014). A Meta-Analysis on the Effects of 2,4-D and Dicamba Drift on Soybean and Cotton. Weed Science 2014 62:000–000

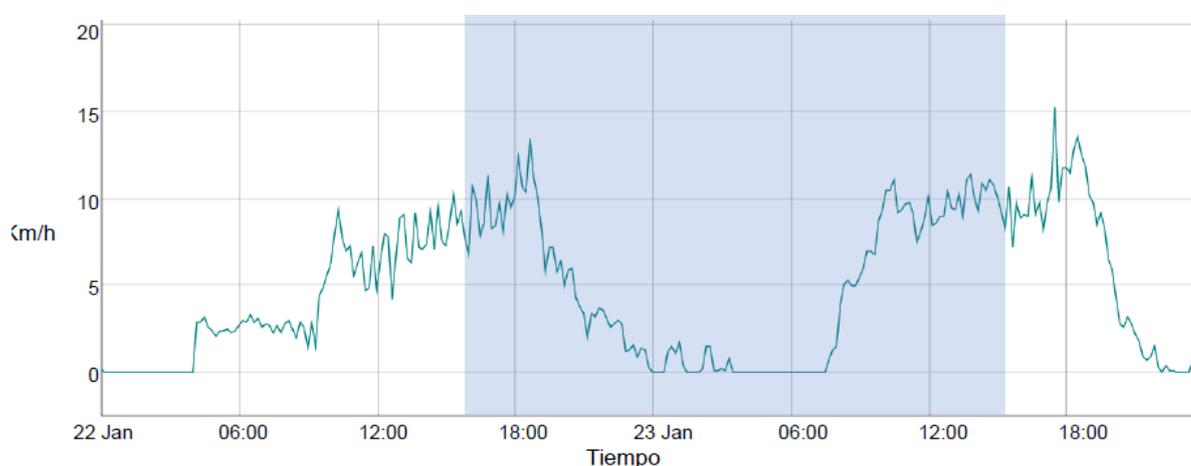
Havens P.L. (2012). Updated Report: Field Volatility of Different 2,4-D Forms. Dow AgroSciences LLC, Study ID: 120931.

ANEXO 1 - Condiciones meteorológicas

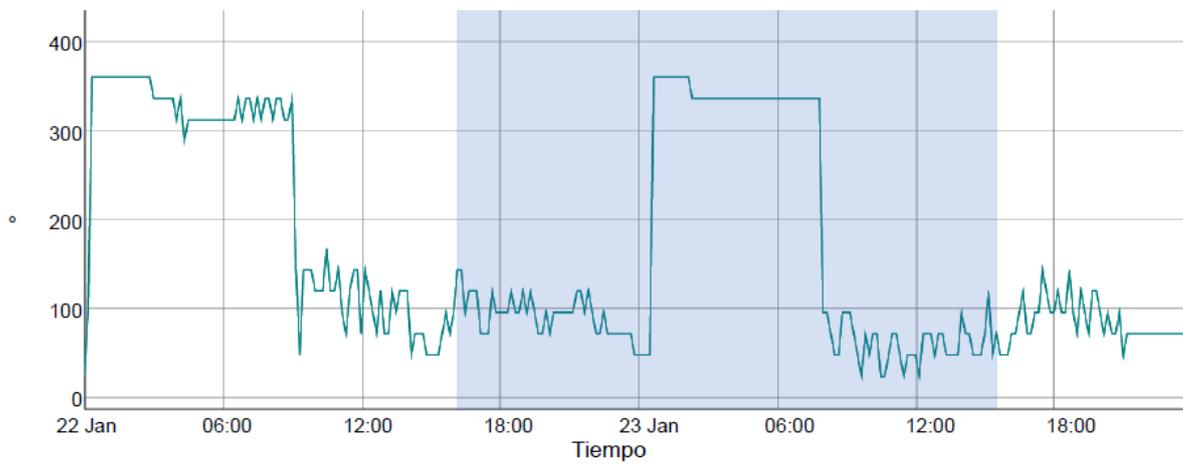
Temperatura - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



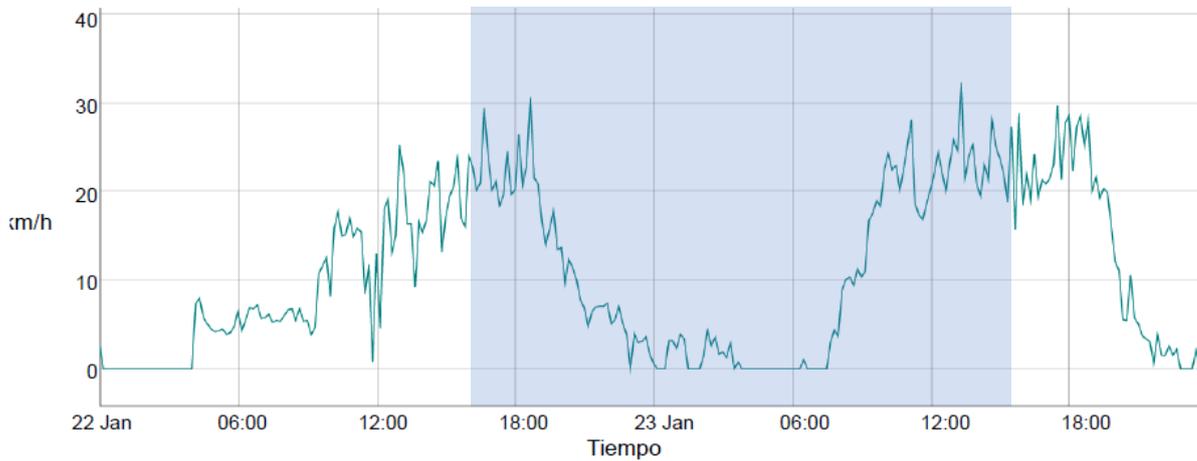
Velocidad de Viento - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



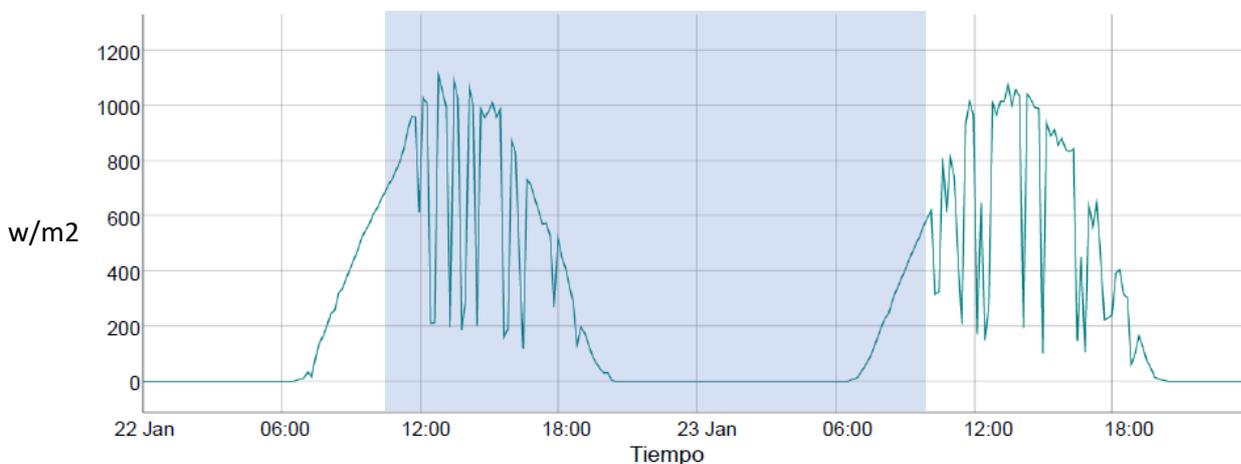
Dirección de Viento - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



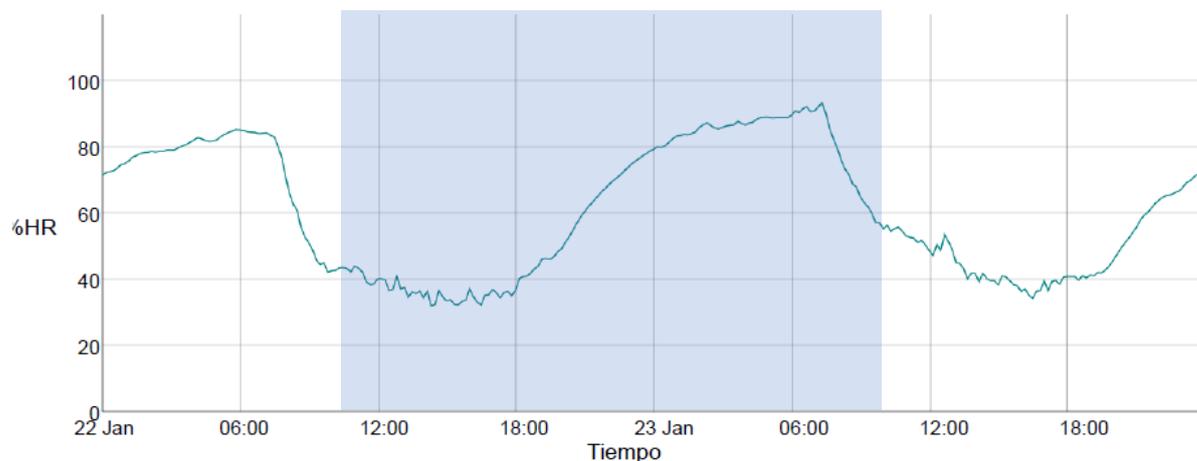
Rafaga de Viento - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



Radiación Solar - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



Humedad - Estación: 30294 FCA - Capilla de los Remedios AgriculturaCba



ANEXO 2: Imágenes representativas de los tratamientos en Algodón a los 40 DDE

Testigo



ESTER ETILHEXILICO



SAL AMINA



ACIDO



SAL COLINA

