Impacto del PVC como estructurante en la longitud y número de hojas de la especie vegetal *Lactuca sativa*

Resumen:

Este artículo describe el aislamiento de PVC de bolsas de plástico y su uso como agente estructurante utilizado en la especie *Lactuca* sativa estudiando su efecto en el número de hojas y la longitud de cada planta, de la familia *Asteraceae*. Este proyecto se llevó a cabo en el SEK Atlántico.

Introducción:

El policloruro de vinilo, comúnmente conocido como PVC, es un material que se obtiene a partir de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo, convirtiéndolo, por lo tanto, en un polímero. Es uno de los plásticos más utilizados en la sociedad actual debido a sus propiedades aislantes eléctricas, térmicas y acústicas. También se clasifica el PVC como sustancia termoplástica ya que podemos modificar su estado sometiéndolo a una variación de temperatura. (Rehau.com, 2022). Se utiliza principalmente en el sector de la construcción debido a su capacidad aislante, su larga durabilidad, su ligereza y su alta resistencia. También es un material sostenible, ya que las emisiones de dióxido de carbono que emite su fabricación son menos elevadas que aquellas que producen otros materiales similares. (Acoplasticos.org, 2022). La *Lactuca sativa* es una hortaliza de gran aprecio en la dieta mediterránea y otras muchas que aprovechan sus beneficios nutritivos y el aporte vitamínico que esta nos proporciona. Es originaria de Asia y del Mediterráneo. Esta especie pertenece al reino *Plantae*, a la división *Tracheophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden *Asterales*, familia *Asteraceae*, género *Lactuca*, especie *Lactuca sativa*. En el siguiente experimento se ha analizado el impacto que tiene el policloruro de vinilo extraído del plástico y utilizado como estructurante en el proceso de crecimiento de la *Lactuca sativa*.

Hipótesis y variables

Al aplicar el policloruro de vinilo directamente en las raíces de una planta, los aislamientos bacterianos Gram negativos de la bacteria *Pseudomona aeruginosa*, presente en el suelo de todo el planeta, serán capaces de atacar las cadenas poliméricas del policloruro de vinilo, haciendo así que se degrade en cloro, hidrógeno y carbono, elementos que serán de gran utilidad para el desarrollo y crecimiento de la planta. (Los Elementos Nutritivos de las Plantas Parte I: Macronutrientes, 2022).

La idea es que se van a romper las cadenas dando lugar a compuestos hidrocarbonados y clorados más pequeños que serán asimilables por las plantas. Dependiendo de si es en condiciones aerobias o anaerobias cambiarán los productos finales mencionados anteriormente.

Variable independiente: uso del policloruro de vinilo como estructurante ante la especie *Lactuca sativa*.

Variable dependiente: crecimiento en longitud y desarrollo de la planta en cuanto a número de hojas.

Variable de control: la temperatura del ambiente en el que se conservan las muestras, la cantidad de riego y las horas de riego, el tipo de suelo y la exposición a la luz.

Marco teórico: Según los estudios experimentados demuestran que las Pseudomonas son capaces de biodegradar los polímeros sintéticos (plásticos) como el polietileno (PE), poliestireno (PS), poliuretano (PUR), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) (Kömmerling, 2020), tereftalato de polietileno (PET), entre otros polímeros. Esto tiene un efecto directo en los cambios de la estructura del polímero y el tiempo de permanencia del polímero en en el medio ambiente. (Ccallo & Sacaca, 2020). Existe un grupo de genes llamados pvc de *Pseudomonas aeruginosa* (Hernández Rojas, L. M., & Martín Hernández, N. D, 2021). Esto se ha relacionado con la biosíntesis de pio verdina y pseudoverdina (que proporcionan hierro al suelo). Nuestra investigación del papel que desempeña este grupo genético en la biosíntesis de metabolitos secundarios *de P. aeruginosa* muestra que su principal producto es en realidad la paerucumarina, una nueva cumarina funcional de isonitrilo, otro de los productos que se obtienen con la degradación del PVC por las bacterias. (Clarke-Pearson & Brady, 2008). El conjunto de estos materiales secos, los resultantes del aislamiento del PVC, muy ricos en carbono, se denominan "estructurantes" puesto que su principal función es la de darle "estructura" al material que se está compostando: permiten que se airee y compensan la humedad. (Dep. Pontevedra, 2022)

Materiales:

- Vaso de precipitados 250 ml
- Bolsa de plástico
- Lejía con detergente
- Agua destilada
- Ácido tricloroisocianúrico (compuesto entre otros por cloruros)
- Pinzas
- Varilla de vidrio
- Bandejas
- Tierra sustrato universal
- 20 plántulas de *Lactuca sativa* germinadas
- Embudo büchner
- Papel de filtro
- Pie de rey

Metodología: Para empezar, debemos plantar veinte muestras de la especie *Lactuca sativa* (con el mayor parecido en longitud y numero de hojas empezando así con plántulas del mismo tamaño y disminuyendo así el error. Ambas serán regadas regularmente con la misma frecuencia y volumen de agua, sin embargo, solo a una de las secciones, es decir, a diez muestras, se les aplicará el policloruro de vinilo como estructurante. Un estructurante es un conjunto de materiales secos, ricos en carbono y cuya función principal es proporcionarle

una estructura estable a la planta, compensar la humedad y permitir que se airee. (Dep. Pontevedra, 2022). El siguiente paso que se debe realizar para poder llevar a cabo este proyecto es la separación del policloruro de vinilo del resto de componentes de la bolsa de plástico. Esto será posible realizando una disolución de lejía, hipoclorito de sodio (100 ml), agua (100 ml) y ácido tricloroisocianúrico (2g) (Crespo, 2022) y añadiendo pequeños trozos de plástico en ella. El resto de los principales componentes que conforman el plástico, es decir, el polietileno y el policloruro de vinilideno no serán utilizados, y, por lo tanto, tampoco extraídos a partir de esta disolución. (Rincón & col, 2022). La disolución (Fig.3) estará lista para filtrar. Para ello, utilizaremos un embudo büchner y haremos una filtración al vacío con una bomba de vacío y papel de filtro. Después, verteremos la mezcla a través del embudo y seguidamente colocaremos el papel de filtro en un vidrio de reloj que será llevado a la estufa a unos 25ºC para permanecer entre tres y cuatro horas y así hacer que el PVC se cristalice (estaba en forma líquida en la mezcla y con la evaporación de los componentes se producen los cristales de PVC y su manipulación será más sencilla. A continuación, se irá añadiendo el PVC (Fig.2) obtenido a partir de las disoluciones se obtiene la mezcla que reaccionará con el PVC y lo separará (o disolverá el resto de los plásticos menos el PVC) (Fig. 3). Durante el tiempo que transcurra mientras que se realiza este proyecto, se llevará a cabo una rigurosa observación sobre la evolución que tienen las muestras y por último un análisis final en el que se muestren los resultados. Esta observación incluye la medición del crecimiento de las plántulas en longitud y el conteo del número de hojas. Esto se hacía una vez cada diez días pretendiendo encontrar así mayor variación. Estas son variables cuantitativas, aunque también se fue observando la coloración como variable cualitativa comparando los colores con una escala de colores (Fig.1) de lo que se supone es una planta sana.

Figura 1. Escala de colores Lactuca sativa. https://paletasdecolores.com/paleta-de-colores-%e2%84%963255/

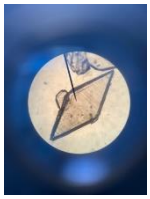

Figura 2. Cristal de PVC

Figura 3. Proceso de aislamiento PVC observada desde el microscopio. Elaboración propia. Elaboración propia.

Día 1. Tratadas (T)	PVC Longitud mm	Sin tratar (V)	NO PVC Longitud mm	Tratadas (T)	PVC nºhojas	Sin tratar (V)	NO PVC nºhojas
T1	94	V1	102	T1	6	V1	6
T2	90	V2	99	T2	8	V2	3
T3	116	V3	92	T3	4	V3	4
T4	82	V4	98	T4	5	V4	4
T5	100	V5	71	T5	4	V5	5
T6	107	V6	84	T6	5	V6	6
T7	91	V7	96	T7	6	V7	6
T8	129	V8	76	T8	5	V8	5
T9	96	V9	112	T9	6	V9	5
T10	94	V10	95	T10	7	V10	7
Media	99,9	Media	92,5	Media	6	Media	5

Día 10. Tratadas (T)	PVC Longitud mm	Sin tratar (V)	NO PVC Longitud mm	Tratadas (T)	PVC nºhojas	Sin tratar (V)	NO PVC nºhojas
T1	109	V1	109	T1	7	V1	8
T2	96	V2	104	T2	10	V2	4
T3	134	V3	96	T3	5	V3	6
T4	86	V4	89	T4	6	V4	5
T5	112	V5	64	T5	5	V5	5
T6	94	V6	84	T6	6	V6	6
T7	92	V7	85	T7	8	V7	6
T8	136	V8	0	T8	6	V8	0
T9	104	V9	91	T9	7	V9	5
T10	86	V10	82	T10	8	V10	5
Media	104,9	Media	80,4	Media	7	Media	5

Día 20. Tratadas (T)	PVC Longitud mm	Sin tratar (V)	NO PVC Longitud mm	Tratadas (T)	PVC nºhojas	Sin tratar (V)	NO PVC nºhojas
T1	110	V1	96	T1	10	V1	10
T2	96	V2	76	T2	11	V2	6
T3	135	V3	79	T3	6	V3	7
T4	75	V4	0	T4	6	V4	0
T5	114	V5	62	T5	9	V5	4
T6	94	V6	96	T6	7	V6	6
T7	91	V7	79	T7	12	V7	6
T8	142	V8	0	T8	6	V8	0
T9	106	V9	75	T9	8	V9	6
T10	89	V10	80	T10	9	V10	4
Media	105,2	Media	64,3	Media	8	Media	5

Tabla 1. 2. 3 Datos de medición de longitud de la plántula y número de hojas. Medias calculadas mediante la recogida de datos cada diez días en tres muestreos distintos. T hace referencia a las plantas tratadas y V a las no tratadas con PVC.

RESULTADOS

En este apartado se muestran tablas de datos (Tabla 1. 2. y 3) con la recogida de estos en mm mediante un pie de rey, tanto longitud como numero de hojas. Se llevó a cabo un muestreo de recolecta de datos tres veces. Cada diez días. Para la interpretación de las tablas se podría decir que cada T numerada hace referencia a un ejemplar de *Lactuca* tratado con PVC. Cada V numerada se refiere a ejemplares de *Lactuca* sin tratar con PVC. Existen 10 plántulas por tratamiento. Se llevan a cabo repeticiones y se calcula la media de datos de los ejemplares el primer día, el décimo y el día 20 obteniendo así un intervalo adecuado en la toma de datos y mejorando la precisión y fiabilidad de estos. Además, (Fig. 4) se observa un crecimiento lineal del número de hojas (0 planta muerta y no se tienen en cuenta los decimales por ser la hoja una unidad en si misma) y de la longitud (Fig. 5) de las plántulas en el caso de aquellas tratadas con PVC. Este crecimiento es mayor en las anteriormente mencionadas. Se puede deducir de la interpretación de los datos mediante un gráfico. Para el número de hojas se llevó a cabo un tratamiento de datos a mayores del cálculo de las medias ya que el objetivo era saber el número de hojas totales que había en un principio y al final del tratamiento. Con la suma se obtiene el dato final y se puede observar como el número de hojas comienza siendo más o menos igual en ambos tratamientos, pero en el del PVC este número se incrementa a medida que pasan los días. En las no tratadas, se ve que el número de hojas final es similar al que se contaron en un principio (Fig.4)

Figura 4. Sumas número de hojas

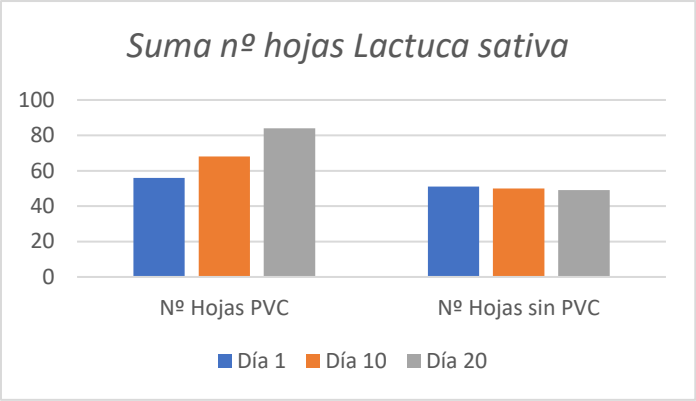

Figura 5. Media longitud

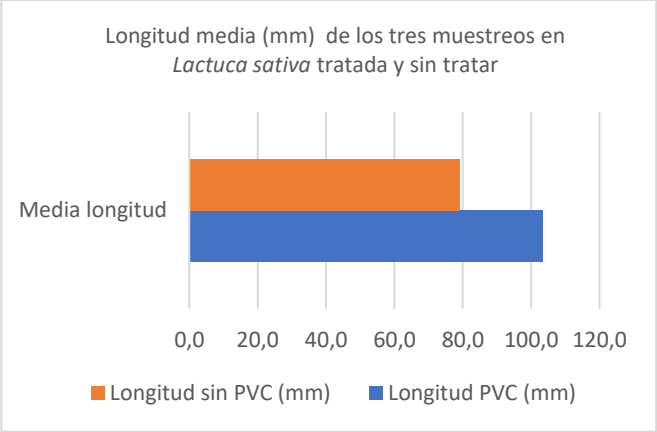

Figura 6. Comparación visual del crecimiento durante 20 días, midiendo cada diez días. Se observa una mejoría en las tratadas con PVC.

Conclusión:

Tras observar los siguientes resultados (Tabla 1. y Tabla 2.), se certifica la utilidad del policloruro de vinilo como estructurante ante la especie *Lactuca sativa*. Estos presentaron un mayor número de hojas y, de mayor longitud (Fig.4 y Fig.5), así como una mayor resistencia a las condiciones medioambientales, puesto que ninguno de los ejemplares en los que se aplicó PVC murió (se indica como 0 en las Tablas 2 y 3) o sufrió daños, todo lo contrario de lo que ocurrió con las otras muestras. Esto se debe a la interacción del policloruro de vinilo con la *Pseudomona aeruginosa*, una bacteria presente en el suelo de todo el planeta que cuenta con aislamientos bacterianos (es la separación de un determinado microorganismo del resto de microorganismos capaces de atacar las cadenas poliméricas del policloruro de vinilo). Este, se degradará en compuestos clorados, de gran importancia para mantener la turgencia de los tejidos vegetales y la regulación osmótica, hidrógeno, que combinado con oxígeno constituye gran parte del peso de la planta y fortalece sus raíces y carbono, la unidad estructural básica de la vida vegetal. Además, el grupo de genes de pvc o planctobacteria presente en la *Pseudomona aeruginosa* sintetiza metabolitos secundarios a partir de la descomposición del PVC cuyo principal producto es la *Paerucumarina*, es decir, un tipo de cumarina (s/a, 2022), un compuesto químico orgánico perteneciente a la familia de las benzopironas. Este compuesto tiene numerosos beneficios para las plantas, proporcionándoles principalmente una acción defensiva, así como propiedades de rechazo de la alimentación microbiana. Por otro lado, la cumarina es inhibidora de la germinación, sin embargo, este factor no ha provocado ningún efecto en esta experimentación, ya que, las muestras con las que se experimentó ya estaban germinadas. Para concluir se puede afirmar que las plantas a las que se le añade PVC en el sustrato junto a las raíces y hojas presentan más longitud (Fig. 5) y tienen más hojas (Fig.4).

Bibliografía:

(S/f-a). Rehau.com. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://www.rehau.com/es-es/que-es-el-pvc

(S/f-b). Edu.co. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/21594/Documento%20Final%20-%20Liliana%20Hernández%20 %20Nicoll%20Mart%C3%ADn.pdf?sequence=1&isAllowed=y

(Ccallo Arela, M., & Sacaca Masco, F. (2020). Una revisión de la biodegradación de plásticos por Pseudomonas.)

Clarke-Pearson, M. F., & Brady, S. F. (2008). Paerucumarin, a new metabolite produced by the pvc gene cluster from Pseudomonas aeruginosa. Journal of Bacteriology, 190(20), 6927–6930. https://doi.org/10.1128/JB.00801-08)

Compostaje - Deputación de Pontevedra. (s/f). Depo.gal. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://revitaliza.depo.gal/es/compostaxe

Crespo, C. (2022, febrero 1). *¿Es perjudicial regar las plantas con agua con cloro?* Portalfruticola.com. https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/02/01/es-perjudicial-regar-las-plantas-con-agua-con-cloro/

Cumarina. (s/f). Quimica.es. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://www.quimica.es/enciclopedia/Cumarina.html

El PVC. (2020, febrero 10). KÖMMERLING. https://www.kommerling.es/arquitectura-sostenible/pvc

Hernández Rojas, L. M., & Martín Hernández, N. D. (2021). *Determinación de la capacidad de degradación del policloruro de vinilo (PVC) por bacterias aisladas de un suelo expuesto a resina de este material*.

Los Elementos Nutritivos de las Plantas Parte I: Macronutrientes. (s/f). Com.mx. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Los_Elementos_Nutritivos_de_las_Plantas_Parte_I:_Macronutrientes.pdf