

TRABAJO CIENTÍFICO

# Evaluación de la germinación de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. con distintos tratamientos de peletización

*Assessment of the germination of Pinus hartwegii Lindl. seeds with different pelleting treatments*

M. Rosas-Chavoya<sup>1</sup>; C. J. López-Gutiérrez<sup>2</sup>; E. Palafox-Rangel<sup>1</sup>; D. Vazquez-Muñoz<sup>2</sup>;  
J. Alarcón-Segura<sup>3</sup> y M. Á. Delgado-Reyes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Información Geoestadística, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR), Gobierno de la Ciudad de México. Xochimilco, Ciudad de México. E-mail: marcela.chavoya@gmail.com

<sup>2</sup> Dirección general, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR), Gobierno de la Ciudad de México. Xochimilco, Ciudad de México.

<sup>3</sup> Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR), Gobierno de la Ciudad de México. Xochimilco, Ciudad de México.

Recibido en marzo de 2023; aceptado en septiembre de 2023

## RESUMEN

Una propuesta reciente para restauración forestal es el uso de drones para dispersión de semilla, lo que presenta algunas dificultades sobre como asegurar la germinación. Se ha propuesto la peletización de semilla para proveer de condiciones adecuadas en la etapa de germinación y establecimiento. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar en condiciones de laboratorio tres tipos de peletización de semilla de *Pinus hartwegii* Lindl. Los tratamientos control y peletizado III (arcilla) presentaron mayor porcentaje de germinación (94,5 % y 94 %), con diferencias en el momento de mayor germinación, primer y tercer semana respectivamente. Si bien no se observaron ventajas sustanciales en la tasa de germinación en las semillas con algún tratamiento de peletización, la diferencia en el momento de mayor germinación podría significar una ventaja en el establecimiento de una población con crecimiento heterogéneo y en condiciones ideales de precipitación.

Palabras clave: germinación, restauración forestal, drones, semillas forestales.

## ABSTRACT

The use of drones for seed dispersal is a recent proposal for forest restoration but introduces some difficulties such as that of ensuring germination. Seed pelleting has been proposed to provide suitable conditions during the germination and establishment stage. The aim of this study was to evaluate three types of *Pinus hartwegii* Lindl. seed pelleting under laboratory conditions. The control and pelleted III (clay) treatments showed higher germination percentage (94.5% and 94%, respectively) with differences in the timing of peak germination that occurred in the first and third week, respectively. Although no substantial advantages were observed for the germination rate of the seeds subjected to any pelleting treatment, the difference in the timing of peak germination could provide an advantage in the establishment of a population with heterogeneous growth and under ideal precipitation conditions.

Keywords: germination, forest restoration, drones, forest seeds.

## 1. INTRODUCCIÓN

La restauración forestal es definida como el conjunto de acciones encaminadas a restablecer los procesos ecológicos, el funcionamiento ecológico y los niveles de biodiversidad similares a las características anteriores a un disturbio (Aerts y Honnay, 2011). El gobierno de la Ciudad de México mediante la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR) ha propuesto un programa que permita incorporar el uso de drones a las actividades de restauración

forestal dentro del Suelo de Conservación (SC), área de la Ciudad de México destinada a la conservación de ecosistemas naturales y agroecosistemas (Rivera, 2006).

Las acciones de restauración forestal con frecuencia se dificultan debido a la disponibilidad de planta, accesibilidad al sitio e intensidad del trabajo requerido. La dispersión de semillas con drones es considerada una alternativa para la aceleración de los procesos de recuperación de zonas afectadas, principalmente aquellas de difícil acceso (Mohan *et al.*, 2021). Uno de los retos de la dispersión de semilla con drones es proveer a la semilla de las condiciones adecuadas para afrontar los primeros desafíos en el sitio de establecimiento (*i.e.* precipitación intermitente, suelo compacto, depredación, entre otros).

La peletización es una técnica en la cual la semilla es recubierta con distintos materiales *i.g.* arcilla, suelo, granos de café, cascara de pimienta, arena, fertilizante, carbón activado, micorrizas, lombricomposta, entre otros (Gornish *et al.*, 2019; Rao y Allen, 2010). Los distintos materiales utilizados para la peletización deben proteger a la semilla, evitar la deshidratación y proveer de nutrientes en las primeras etapas de crecimiento de las plantas. Se ha observado que la peletización puede mejorar la distribución y promover el éxito en el establecimiento de las plantas (Gornish *et al.*, 2019; Rao y Allen, 2010). Si bien, la peletización de semillas en especies agrícolas ha sido ampliamente estudiada (Javed y Afzal, 2020; Sanchez *et al.*, 2014; Vergani y Zúñiga Dávila, 2018; Zamani *et al.*, 2017), existen pocos trabajos que evalúen el efecto de esta técnica en especies forestales con fines de restauración.

*Pinus hartweg* Lindl. es una especie de importancia ecológica que se distribuye en la zona altitudinal superior en Ciudad de México y es reconocida a nivel mundial como una de las especies forestales asociada a mayores altitudes. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de tres tipos de peletización en la germinación de *P. hartwegii*.

## 2.MATERIALES Y MÉTODOS

### Disponibilidad de semilla

El origen de la semilla es un parámetro indispensable para tomar en cuenta cuando se realizan actividades de restauración forestal (Flores *et al.*, 2019). En este sentido, el banco de germoplasma de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR) desarrolla actividades de colecta y preservación de germoplasma de plantas nativas de Ciudad de México (Valle, 2022; Viale Toledo, 2020). Lo anterior, garantiza que las semillas utilizadas en trabajos de reforestación y restauración forestal en suelo de conservación de Ciudad de México, tengan una procedencia compatible al sitio de establecimiento y que hayan recibido un tratamiento pregerminativo adecuado.

Las semillas del ensayo fueron proporcionadas por el banco de germoplasma de CORENADR. Las semillas proceden de La Joya, Ajusco, Ciudad de México (19.208979, -99.260559, altitud 3850.88 m s. n. m.), fueron recolectadas en el año 2011 y conservadas en un sistema de congelación a una temperatura de -15 °C. Se proporcionaron 1.600 semillas las cuales fueron divididas en 4 bloques de 400 semillas.

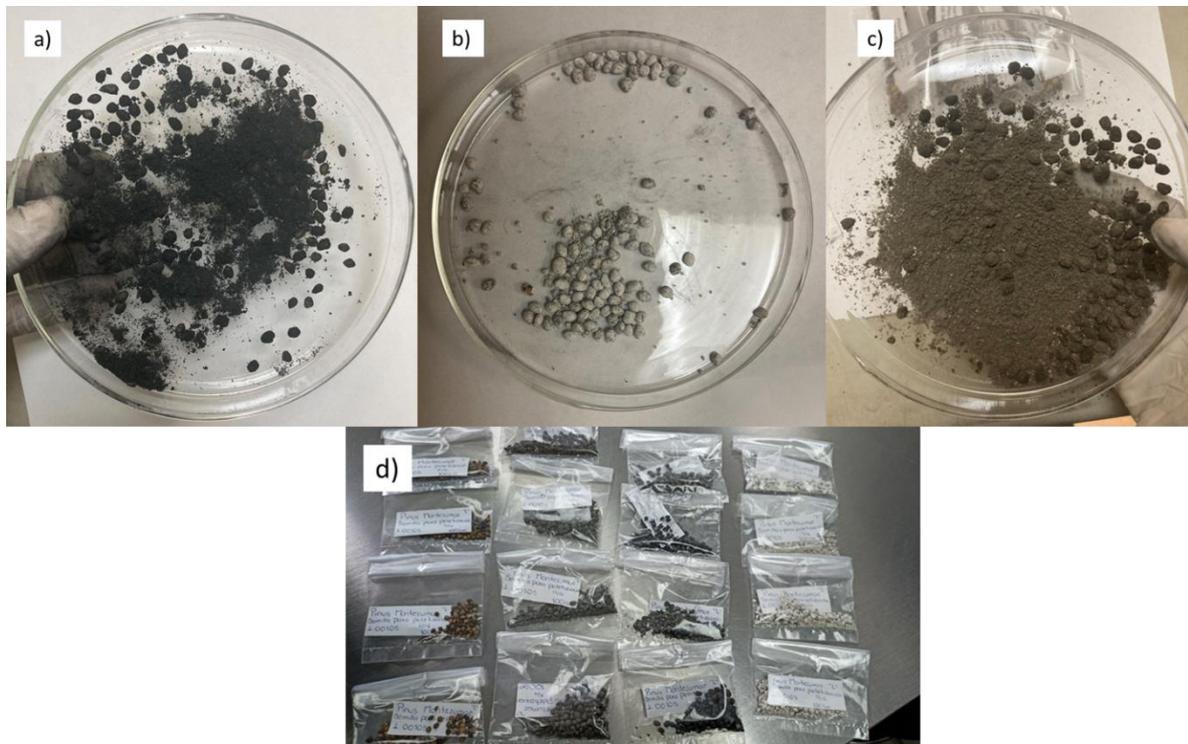
### Peletización de semilla

En el presente ensayo se evaluaron tres tratamientos de peletización; peletizado I (carbón vegetal, tierra de diatomeas y arcilla), peletizado II (tierra de diatomeas), peletizado III (arcilla) y un grupo control (semilla sin peletizar), en todos los tratamientos de peletización el aglutinante utilizado consistió en una solución de piloncillo (azúcar de caña sin refinar) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tipo de agente, insumos y función para el peletizado

Tipo de agente	Insumo	Función
Aglutinante	250 g piloncillo 1 L de agua	Funciona como adhesivo de los demás componentes a superficie de la semilla.
Nutrición	Carbón vegetal	Proporciona fósforo y retiene nutrientes.
Bioprotección	Tierra de diatomeas	Protege contra hongos, bacterias y virus.
Protección	Arcilla	Retiene humedad y proporciona protección contra el sol.

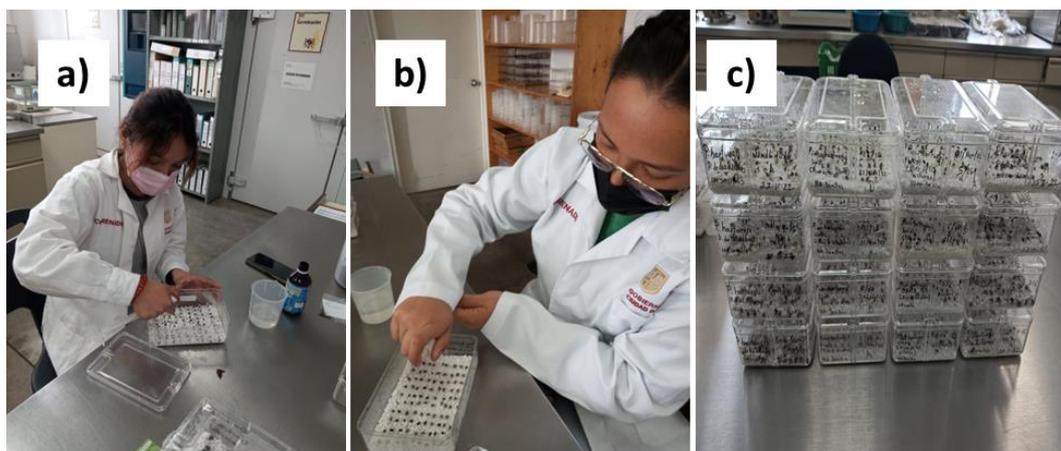
Las semillas fueron rociadas con solución aglutinante, posteriormente se colocó suficiente carbón vegetal para cubrir las y se agitó en un contenedor hasta que se recubrieron uniformemente, las semillas recubiertas fueron pasadas por un tamiz (de apertura de 0,1 mm) para descartar el carbón vegetal que no se adhirió a la cubierta seminal. El proceso se repitió con tierra de diatomeas y arcilla, formando tres capas sobre las semillas (Figura 1). En el caso del peletizado II y peletizado III, las semillas se recubrieron únicamente con tierra de diatomeas y arcilla respectivamente. Finalmente, las semillas se colocaron sobre un material desecante (papel bond) y se dejaron secar a la sombra por 24 horas.



**Figura 1.** Semillas peletizadas **a)** con carbón vegetal, **b)** con tierra de diatomeas, **c)** con arcilla, **d)** Tres tratamientos de peletizado y control.

### Evaluación germinación

Se utilizaron 400 semillas para cada tratamiento de peletizado como para el grupo control. Estas fueron llevada al laboratorio de análisis de semillas del Vivero San Luis Tlaxialtemalco a cargo de CORENADR. Se efectuó la siembra de cada tratamiento, formando cuatro repeticiones de 100 semillas en bandejas de germinación. Se le agregó a cada bandeja 200 ml de agrolita seca (Figura 2). En total se utilizaron 16 bandejas de germinación con 200 ml de agrolita, las que se incubaron a temperatura ambiente (23 °C/ 7 °C) y en condiciones de luz natural (11 horas luz aproximadamente).



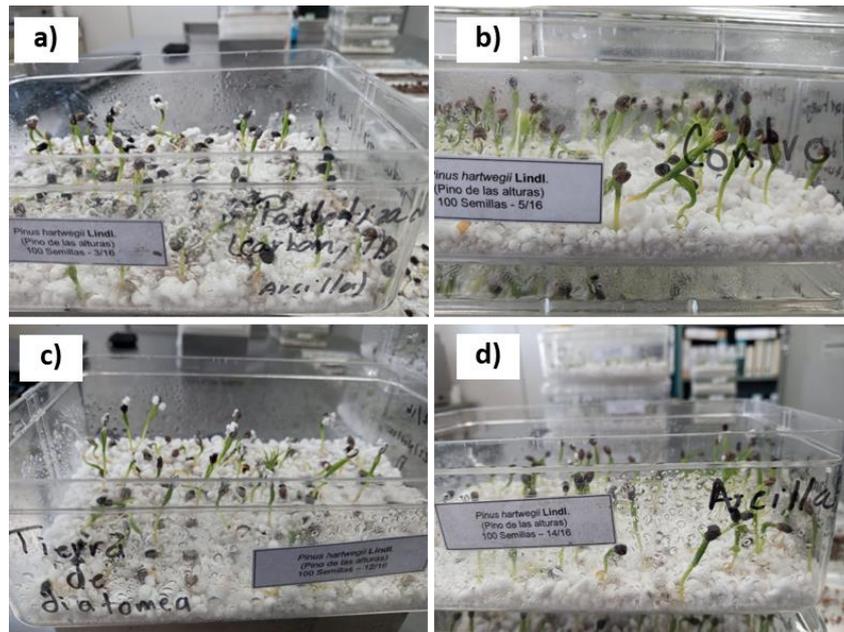
**Figura 2.** a) y b) Siembra realizada de las semillas de *Pinus hartwegii* y su aplicación de riego con atomizador de 3 veces al día de 5 ml aplicadas en cada riego por 5 días. c) bandejas de germinación.

Se efectuó la aplicación del riego con atomizador a cada bandeja simulando lluvia con una frecuencia de 3 riegos por día (con horario de riego a las 8:00 A.M., 11:00 A.M. y 14:00 A.M.) durante 5 días. El volumen total de agua fue de 5 ml, utilizando agua potable.

La siembra se realizó el 22 de noviembre de 2022, y seis días desde de la siembra (DDS) se observó la emergencia de los cotiledones (Figura 3), por lo que se consideró como el primer conteo. En total se registraron siete conteos a los 6, 8, 13, 15, 17, 20 y 28 días del establecimiento de las bandejas de germinación.

### Tratamiento de datos

El análisis estadístico consistió en comprobación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 2). Una vez realizada la comprobación de normalidad se procedió a un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor con respecto al tratamiento de peletización y una prueba de Tukey para la comparación múltiple de las medias con un nivel de significancia del 5 % ( $p= 0.05$ ). El análisis estadístico de los datos se realizó con RStudio (RStudio Team, 2020).



**Figura 3.** Imágenes de semillas germinadas de *Pinus hartwegii* de los diferentes tratamientos de peletización sembrados. **a)** Peletización I (carbón, tierra de diatomeas y arcilla), **b)** Peletización II (tierra de diatomeas), **c)** Peletización III (arcilla) y **d)** control (semillas sin peletizar)

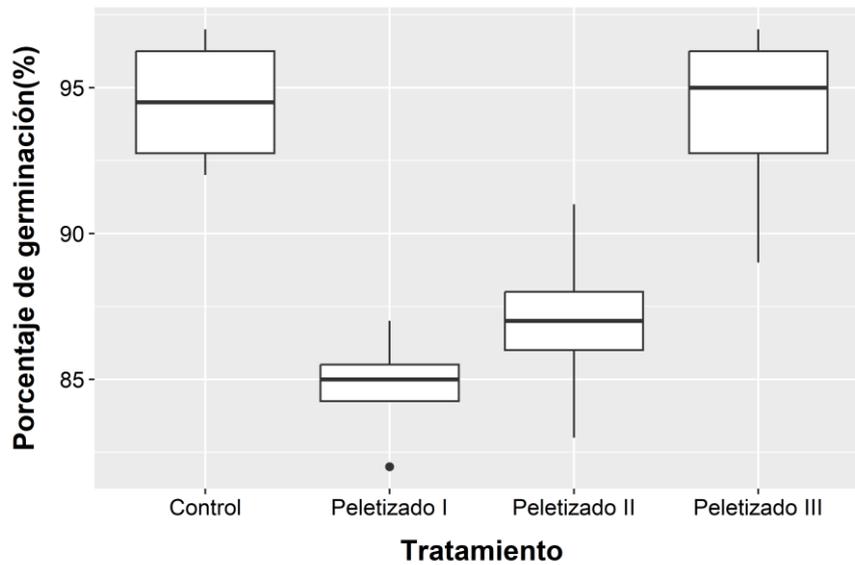
**Tabla 2.** Resultados prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Tratamiento	<i>p-value</i>
Peletización I	0.572
Peletización II	0.683
Peletización III	0.405
Control	0.488

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tasas de germinación mostraron diferencias significativas respecto a los tratamientos y grupo control. El mayor porcentaje de germinación se registró en el tratamiento Control (94,5 %), seguido por el Peletizado III (94 %), el cual consistió en una capa de arcilla (Tabla 3). El porcentaje de germinación de todos los tratamientos es ligeramente menor a lo reportado para semillas de *P. hartwegii* de poblaciones del Ajusco, Ciudad de México (98 %) (Ortega Mata *et al.*, 2003).

El análisis ANOVA permitió comprobar que existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos de peletización. Mediante un análisis de Tukey, fue posible identificar dos grupos con similitudes entre tratamientos, grupo 1: peletización I y peletización con tierra de diatomeas y grupo 2: control y arcilla (Figura 4).

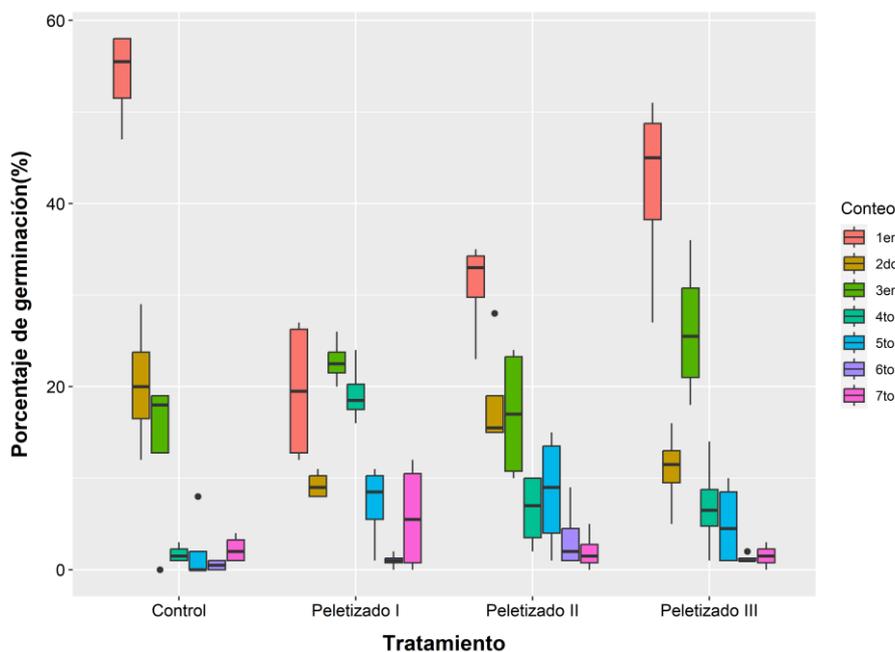


**Figura 4.** Boxplot, análisis de medias de tratamientos de peletización y control. Peletizado I (carbón vegetal, tierra de diatomeas y arcilla), peletizado II (tierra de diatomeas), peletizado III (arcilla) y un grupo control (semilla sin peletizar)

**Tabla 3.** Conteos de porcentaje de germinación por conteo y acumulado

Tratamiento	Fecha	Conteo días	Repeticiones				Germinación acumulada	Porcentaje Germinación (%)
			A	B	C	D		
Peletizado I (carbón vegetal, tierra de diatomea y arcilla)	28-nov-22	6	26	12	27	13	78	19.5
	30-nov-22	8	37	22	35	21	115	28.75
	05-dic-22	13	60	42	61	43	206	51.5
	07-dic-22	15	76	66	80	61	283	70.75
	09-dic-22	17	86	73	81	72	312	78
	12-dic-22	20	87	75	81	73	316	79
	20-dic-22	28	87	85	82	85	339	<b>84.75</b>
Peletizado II (tierra de diatomeas)	28-nov-22	6	32	23	34	35	124	31
	30-nov-22	8	47	39	62	50	198	49.5
	05-dic-22	13	70	63	72	61	266	66.5
	07-dic-22	15	80	65	82	65	292	73
	09-dic-22	17	85	78	83	80	326	81.5
	12-dic-22	20	86	87	86	81	340	85
	20-dic-22	28	87	87	91	83	348	<b>87</b>
Peletizado III (arcilla)	28-nov-22	6	48	51	42	27	168	42
	30-nov-22	8	53	63	58	38	212	53
	05-dic-22	13	71	92	80	74	317	79.25
	07-dic-22	15	78	93	86	88	345	86.25
	09-dic-22	17	86	94	96	89	365	91.25
	12-dic-22	20	87	95	97	91	370	92.5
	20-dic-22	28	89	96	97	94	376	<b>94</b>
Control (semilla sin peletizar)	28-nov-22	6	53	47	58	58	216	54
	30-nov-22	8	71	69	87	70	297	74.25
	05-dic-22	13	90	86	87	89	352	88
	07-dic-22	15	91	87	89	92	359	89.75
	09-dic-22	17	91	95	89	92	367	91.75
	12-dic-22	20	92	96	89	92	369	92.25
	20-dic-22	28	93	97	92	96	378	<b>94.5</b>

Así mismo, se analizó el porcentaje de germinación en cada uno de los siete conteos para los cuatro tratamientos. En la Figura 5 se puede observar que el tratamiento control presentó mayor porcentaje de germinación en el primer conteo, y una disminución en los conteos subsecuentes. Por otro lado, la peletización III muestra dos periodos en el incremento de porcentaje de germinación, el primer y tercer conteo. El tratamiento de peletización II mostró un mayor porcentaje de germinación en el primer conteo y una disminución consistente en los siguientes conteos. Finalmente, el tratamiento de peletización I, parece retrasar la germinación, ya que en el primer conteo se contabilizó 19,5% de semillas germinadas y es hasta el tercer conteo (13 DDS) que el porcentaje de semillas germinadas alcanza su valor máximo (22,7 %). Este retraso de germinación en semillas peletizadas ha sido reportado por diversos autores y puede deberse a que las semillas quedan temporalmente encapsuladas y sin suficiente oxígeno para iniciar la emergencia de la planta. Situación que cambia conforme el riego “rompe” el recubrimiento (Baughman *et al.*, 2023; Govinden-Soulangue y Levantard, 2008). Yildirim (2020) menciona que recubrir semillas podría ayudar a retrasar la germinación hasta que las condiciones de precipitación y humedad sean adecuadas para la emergencia y establecimiento exitoso.



**Figura 5.** Porcentaje de germinación por conteo para cada tratamiento. Peletizado I (carbón vegetal, tierra de diatomeas y arcilla), peletizado II (tierra de diatomeas), peletizado III (arcilla) y un grupo control (semilla sin peletizar)

#### 4-CONCLUSIONES

El tratamiento de peletización con mayor tasa de germinación resultó ser la peletización III que consiste en una única capa de arcilla, sin embargo, esta no muestra diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento control. La peletización I mostró la menor tasa de germinación del ensayo, esto podría deberse a que la capa en contacto a la semilla fue la de carbón vegetal, lo que podría estar inhibiendo la germinación de las semillas debido a los valores de pH

superiores a 9 (Eshel *et al.*, 2000), por lo que en ensayos posteriores se cambiará el orden de las capas para evitar este efecto.

Si bien, no se observaron ventajas sustanciales en la tasa de germinación en las semillas con algún tratamiento de peletización, si fue posible observa una diferencia en el comportamiento de la germinación acumulada a lo largo de los siete conteos. Los resultados sugieren que la peletización propicia una germinación escalonada con incrementos en la germinación en distintos periodos, comportamiento que resulta más evidente en los tratamientos de peletización II y III, mientras que el tratamiento de peletización estándar (peletización I) parece retrasar la germinación. Dicho comportamiento en la germinación de las semillas podría beneficiar a los trabajos de restauración forestal promoviendo la heterogeneidad en el tamaño de las plantas establecidas, disminuyendo la posibilidad que un disturbio (helada, depredación, etc.) afecte el total de semilla dispersada.

Así mismo, la peletización podría permitir que la germinación se retrase hasta que las condiciones de humedad sean óptimas para la primera fase de desarrollo de la planta. El presente trabajo constituye una primera aproximación hacia la construcción de una propuesta metodológica que permita la incorporación de drones a los trabajos de restauración forestal en Suelo de Conservación de Ciudad de México. Las siguientes fases de análisis consistirán en generar información de ensayos en campo y parcelas al aire libre bajo condiciones ambientales.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerts, R. y O. Honnay. 2011. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC Ecology* 11(1), 29. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-29>
- Baughman, O. W.; J. D. Kerby; C. S. Boyd; M. D. Madsen y T. J. Svejcar. 2023. Can delaying germination reduce barriers to successful emergence for early-germinating, fall-sown native bunchgrass seeds in cold deserts? *Restoration Ecology* 31(2). <https://doi.org/10.1111/rec.13761>
- Eshel, A.; N. Henig-Sever y G. Ne'eman. 2000. Spatial variation of seedling distribution in an east Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession. *Plant Ecology* 148(2): 175-182. <https://doi.org/10.1023/A:1009880416760>
- Flores, A.; J. López-Upton; C. D. Rullán-Silva; A. E. Olthoff; R. Alía; C. Sáenz-Romero y J. M: Garcia del Barrio. 2019. Priorities for Conservation and Sustainable Use of Forest Genetic Resources in Four Mexican Pines. *Forests* 10(8). 675. <https://doi.org/10.3390/f10080675>
- Gornish, E.; H. Arnold, H. y J. Fehmi. 2019. Review of seed pelletizing strategies for arid land restoration. *Restoration Ecology* 27(6): 1206-1211. <https://doi.org/10.1111/rec.13045>
- Govinden-Soulange, J. y M. Levantard. 2008. Comparative studies of seed priming and pelleting on percentage and meantime to germination of seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *African Journal of Agricultural Research* 3(10): 725-731.
- Javed, T. y I. Afzall. 2020. Impact of seed pelleting on germination potential, seedling growth and storage of tomato seed. *Acta Horticulturae* 1273: 417-424. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.54>
- Mohan, M.; G. Richardson; G. Gopan; M. M. Aghai; S. Bajaj; G. A. P. Galgamuwa; M. Vastaranta; P. S. P. Arachchige; L. Amorós; A. P. D. Corte; S. de-Miguel; R. V. Leite; M. Kganyago; E. N. Broadbent; W. Doaemo; M. A. Shorab y A. Cardil. 2021. UAV-Supported Forest Regeneration: Current Trends, Challenges and Implications. *Remote Sensing* 13(13). 2596. <https://doi.org/10.3390/rs13132596>

- Ortega Mata, A.; L. Mendizábal Hernández; J. Alba Landa y A. Aparicio Rentería. 2003. Germinación y crecimiento inicial de *Pinus hartwegii* Lindl. De siete poblaciones del Estado de México. *Foresta Veracruzana* 5(2): 29-34.
- Rao, L. E. y E. B. Allen. 2010. Combined effects of precipitation and nitrogen deposition on native and invasive winter annual production in California deserts. *Oecologia* 162(4): 1035-1046. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1516-5>
- Rivera, S. E. 2006. Lo urbano y lo rural, una relación indisociable: importancia del suelo de conservación del Distrito Federal. *Economía Informa* 339: 34-45
- RStudio Team. 2020. *Rstudio: Integrated Development for R*. (4.1.1). RStudio.
- Sanchez, P. L.; M. Chen; M. Pessaraki; H. J. Hill; M. A. Gore y M. A. Jenks. 2014. Effects of temperature and salinity on germination of non-pelleted and pelleted guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) seeds. *Industrial Crops and Products* 55: 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.050>
- Valle, C. 2022. Producción pionera de árboles frutales se realiza en el Vivero San Luis Tlaxialtemalco. *Al momento*. <https://almomento.mx/>
- Vergani, I. y D. Zúñiga Dávila. 2018. Efecto de la inoculación y peletización en la germinación y crecimiento de plantas de maca (*Lepidium meyenii* W.) a nivel in vitro e invernadero. *Revista Peruana de Biología* 25(3): 329-334. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i3.14035>
- Viale Toledo, O. 2020. Un vivero único en el país que genera 30 millones de plantas al año. *Crónica*. [https://www.cronica.com.mx/notas-un\\_vivero\\_unico\\_en\\_el\\_pais\\_que\\_genera\\_30\\_millones\\_de\\_plantas\\_al\\_ano-1160293-2020.html](https://www.cronica.com.mx/notas-un_vivero_unico_en_el_pais_que_genera_30_millones_de_plantas_al_ano-1160293-2020.html)
- Yildirim, M. 2020. Effects of Coating Treatment with Aloe Vera and Glycerol on Germination Delay and Seed Viability of Wheat under Different Water Levels. *Journal of Agriculture and nature* 23(4): 994-1004. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.688270>
- Zamani, H.; H. R. Mobasser; A. Hamidi y A. R. Daneshmand. 2017. Study on effect of tobacco seed pelleting on germination and seedling emergence. *Iranian Journal of Seed Science and Technology* 18: 133-140.

