

**GERMINACIÓN EN SOYA FORRAJERA [*Neonotonia wightii* (Wight & Arn.)  
Verdc.] MEDIANTE ESCARIFICACIÓN MECÁNICA E HIDROTÉRMICA <sup>a</sup>****GERMINATION OF FORAGE SOYBEANS [*Neonotonia wightii* (Wight & Arn.)  
Verdc.] USING MECHANICAL AND HYDROTHERMAL SCARIFICATION**

R. Plascencia-Jiménez; A.R. Quero-Carrillo\*

Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP  
56230.\* E-mail: [queroadrian@colpos.mx](mailto:queroadrian@colpos.mx)

Fecha de envío: 29, mayo, 2026

Fecha de publicación: 20, julio, 2026

**Resumen:**

La latencia es un mecanismo de persistencia de la especie en el tiempo evolutivo. Eliminar la latencia mejora la germinación y establecimiento de la especie en estudio. El objetivo fue evaluar los métodos mecánico e hidrotérmico para romper latencia en semilla de Soya Forrajera. El estudio se realizó en agosto del 2025. Se determinó la pureza física (PF) y viabilidad (VT) de semilla. Las variables fisiológicas fueron: Germinación a siete días después de la siembra (dds; G7; %); Germinación total a 14 dds (GT; %); semillas muertas (SM; %); semillas duras (SD; %); semillas frescas (SF; %); semillas no germinables (SNG; %); incremento de la germinación comparado con el testigo a siete dds (ICT7; #); incremento de la germinación, respecto al testigo, a 14 dds (ICT14; #); incremento de la germinación del primer conteo con relación del total de días en que duró la prueba (IPCT; %); incremento de la germinación (IG; %); kilogramos de semilla pura germinable (SPG; kg); número de semillas germinables (NSG; #); kilogramos de semilla comercial para obtener un kilogramo de SPG (SC; kg); índice de velocidad de germinación (IVG; semillas d<sup>-1</sup>); tiempo medio de germinación (TMG; días); velocidad de germinación total (VGT; semillas d<sup>-1</sup>). Se evaluaron 21 tratamientos con cuatro repeticiones de 100 semillas. Los datos de germinación se transformaron al arcoseno y se analizaron utilizando GLM y Tukey ( $P < 0.05$ ). Para PF y VT, se obtuvieron promedios de 99.1 y 60 %, respectivamente. Para G7, GT, ICT7, ICT14, IG, SPG, NSG, IVG, TMG y VGT los mayores promedios fueron para el método mecánico. Para SM, SNG y SC los mayores valores fueron con la inmersión de la semilla en agua a 90 °C por 5 minutos. El método mecánico mejora el comportamiento germinativo; así mismo uniformiza y sincroniza la germinación.

**Palabras clave:** pureza física, viabilidad, calidad fisiológica, comportamiento germinativo.

---

<sup>a</sup> Información Propia.

## Abstract:

Seed dormancy is a survival mechanism that ensures the species' long-term survival. Breaking dormancy improves both germination performance and field establishment of the species under study. The objective was to evaluate mechanical and hydrothermal methods for breaking dormancy in forage soybean seeds. The study was conducted in August 2025. The physical purity (PP) and viability (VT) of the seed were determined. The physiological variables were: germination seven days after sowing (dds; G7; %); total germination to 14 dds (GT; %); dead seeds (SM; %); hard seeds (SD; %); fresh seeds (SF; %); non-germinable seeds (SNG; %); increase in germination regarding to the control at seven dds (ICT7; #); increase in germination compared to the control at 14 dds (ICT14; #); increase in germination from the first count relative to the total number of days the test lasted (IPCT; %); increase in germination (IG; %); kilograms of pure germinable seed (SPG; kg); number of germinable seeds (NSG; #); kilograms of commercial seed required to obtain one kilogram of SPG (SC; kg); germination rate index (IVG; seeds d<sup>-1</sup>); mean germination time (TMG; days); total germination rate (VGT; seeds d<sup>-1</sup>). Twenty-one treatments were evaluated with four replicates of 100 seeds each. Germination data were transformed using the arcsine function and analyzed using GLM and Tukey (P<0.05). For PF and VT, averages of 99.1% and 60% were obtained, respectively. For G7, GT, ICT7, ICT14, IG, SPG, NSG, IVG, TMG, and VGT, the highest averages were obtained using the mechanical method. For SM, SNG, and SC, the highest values were obtained by immersing the seeds in water at 90 °C for 5 minutes. The mechanical method, although impractical, defines potential germination; it also standardizes and synchronizes germination. Hence, novel practical scarification methods reaching germination potential should be explored.

**Keywords:** physical purity, viability, physiological quality, germination performance.

## INTRODUCCIÓN

Las leguminosas contribuyen en la alimentación humana, siendo excelente fuente de proteína, son mejoradoras del suelo al asociarse con bacterias fijadoras de Nitrógeno, retienen suelo y humedad, se utilizan como cultivos de cobertera; similarmente, contribuyen a los servicios ambientales, reciclaje de nutrientes, aumento en la biodiversidad, conforman buen hábitat para diversas especies, etc. (Ruiz et al., 2015). Otras ventajas de las leguminosas en pastoreo incluyen: reducción de costos de producción durante el año, mayor rendimiento de forraje y disminución de costos por compra de fertilizantes, calidad del forraje, promoción de la actividad del suelo por la fauna en el mismo, fijación de C, etc. (Plascencia et al., 2013).

La soya forrajera [*Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) Verdc.], es una leguminosa que se utiliza como cultivo de cobertera, perteneciente a la subfamilia *Phaseoloideae* y

se caracteriza por presentar latencia física (por capa impermeable) en su semilla, limitando su establecimiento en campo (Reina et al., 2024). La disponibilidad, desconocimiento del tipo de latencia, y la calidad fisiológica y viabilidad de semilla; así como la tecnología disponible para el rompimiento de la latencia, limitan el uso de leguminosas y estos son factores clave para una siembra exitosa (Plascencia et al., 2025).

La presencia de una capa impermeable, en el tegumento de la semilla, es un tipo de latencia que ha permitido a las plantas adaptarse a los cambios ambientales a lo largo de su evolución; sin embargo, en la agricultura, la presencia de latencia severa es un problema que limita la germinación oportuna y uniforme de las semillas; por tanto, es necesario establecer una metodología para promover su mayor germinación (Wen et al., 2024). Determinar los mecanismos de germinación de las especies de interés contribuye a la regeneración de poblaciones; así como, en la recuperación y conservación de comunidades vegetales (Sánchez et al., 2019).

La semilla de *N. wightii* se escarifica para mejorar su germinación y establecimiento en campo. Reina-García et al. (2024) utilizaron ácido sulfúrico al 98% con inmersión por 20 minutos; el cual, superó a tratamientos con hipoclorito de sodio al 5.4% (24 horas), agua sola, 15 minutos de lijado y ácido giberético (100 ppm). Acosta et al. (2020), evaluaron inmersión por 20 minutos, de semilla de *N. wightii*, contenida en viales, en nitrógeno líquido, con resultados sobresalientes. Tanto el manejo de ácido sulfúrico como el nitrógeno líquido son de difícil manejo para el productor; por su parte, el ácido giberético es costoso y requiere condiciones adecuadas de conservación y manejo; por tanto. Establecer métodos eficientes y prácticos como la escarificación mecánica e hidrotérmica, es de importancia para el mejor establecimiento de esta especie. Por tanto, el objetivo fue evaluar los métodos mecánico e hidrotérmicos para romper latencia e incrementar la germinación en semilla de Soya Forrajera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó manualmente semilla de Soya Forrajera [*Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) Verdc.], en marzo de 2025, en el Sitio Experimental “El Verdineño”, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Santiago

Ixcuintla, Nayarit, a 40 msnm. El clima es tropical subhúmedo ( $Aw_2$ ) con precipitación promedio de 1201 mm y temperatura media anual de 24 °C (SEMAN 2007). Se colectaron al azar vainas maduras (color oscuro) como marcador morfológico; las cuales, se depositaron en costales para promover dehiscencia. Posteriormente, se eliminaron hojas y ramas. La semilla se depositó en bolsas de tela a temperatura ambiente, para su análisis posterior y se almacenó en San Pedro Lagunillas, Nayarit a 1283 msnm, durante cuatro meses. Se determinó calidad física y fisiológica, en respuesta a métodos de escarificación, y viabilidad de semilla en el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados *Campus Montecillo*. Las pruebas se efectuaron en agosto de 2025. Previo a los análisis de calidad fisiológica en laboratorio la semilla se desinfectó en Hipoclorito de sodio al 10%, durante un minuto y se enjuagó en tres ocasiones en agua destilada, por tres minutos. Las variables de calidad física incluyeron: pureza física (PF; %), se determinó con una muestra de trabajo de 100 g en promedio con cuatro repeticiones; para esto, se separó y pesó la semilla pura, otras semillas (cultivos, variedades y maleza) y materia inerte (semilla rota o dañada y residuos vegetales). Se calculó porcentaje por componente, a partir de su peso en gramos (ISTA 2018). A la semilla resultante de PF, se le determinó viabilidad (VT; %), se evaluaron cuatro repeticiones de 100 semillas. Se colocó semilla en osmoacondicionamiento en agua destilada por 18 h a temperatura constante de 25 °C; posteriormente, se removió la testa de esta y se desechó uno de los cotiledones, conservando un cotiledón junto con el embrión. Estos últimos se colocaron en vaso de precipitado, depositando solución de cloruro-2-3, 5-trifenil tetrazolio (1% p/v; Plascencia-Jiménez y Quero-Carrillo, 2025) de tal forma que las semillas se cubrieron por completo con dicha solución. Los vasos de precipitado conteniendo semilla y solución, se colocaron en estufa a 25 °C, en oscuridad, por 18 h; posteriormente, la semilla se enjuagó con agua destilada y se depositó en cajas Petri con agua destilada, para evitar su deshidratación y realizar rápidamente la evaluación de tinción de semillas y proceder con su clasificación: viables y no viables. Las observaciones se realizaron en estructuras del embrión y cotiledón con apoyo de microscopio estereoscópico.

Para evaluar la calidad fisiológica de semilla se utilizó la germinación estándar (GE); para este proceso, se contabilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas, las pruebas se establecieron utilizando el método “sobre papel” (ISTA, 2018), las semillas se colocaron en cajas Petri usando como sustrato papel toalla tipo “sanitas”. El sustrato de germinación fue humedecido inicialmente con agua destilada y, durante el ensayo, se mantuvo constante el nivel de humedad. Las pruebas se realizaron en cámara germinadora de ambiente controlado, con temperatura constante ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

Se efectuaron dos conteos de plántulas germinadas a siete (G7) y germinación acumulada, a 14 días después de siembra (dds; G14; considerada germinación total; GT). Se registraron plántulas normales (PN; consideradas para evaluar G7 y GT y ajustadas a viabilidad). El porcentaje reportado como germinado resultó únicamente de las semillas viables calculadas a partir de la información de tinción con tetrazolio. Esto es, el porcentaje se calculó en base a 60 semillas vivas por repetición; de los 100 propágulos sembrados por repetición, solamente 60 estaban vivos y, por tanto, el cálculo del efecto de la escarificación se ajustó a 60 semillas vivas, como promedio.

Las plántulas normales fueron aquellas que presentaron raíz y plúmula bien desarrolladas, sanas y libres de malformaciones. Las variables fisiológicas evaluadas incluyeron: germinación a 7 dds (G7; %); germinación acumulada a 14 dds (GT; %); semilla muerta (SM14; %); semillas duras (SD14; %); semillas frescas (SF, %; estas tres últimas variables no ajustadas a viabilidad); semillas no germinadas (SNG; %), la resta entre el porcentaje total de viabilidad menos el porcentaje de germinación total; incremento de germinación respecto al testigo a 7 dds (ICT7); incremento de germinación, comparado con el testigo a 14 dds (ICT14); incremento de la germinación del primer conteo, respecto al total de días que duró la prueba (IPCT; %); incremento de germinación (IG; %), se determinó multiplicando la  $GT \times IPCT$ , dividido entre 100; kilogramos de semilla pura germinable (SPG; kg), determinada al multiplicar la fracción del porcentaje de pureza por la fracción del porcentaje de germinación, en un kilogramo de semilla comercial; número de semillas germinables (NSG; #), como el número de semillas germinables, en un kilogramo de semilla comercial ajustado a su viabilidad; kilogramos de semilla

comercial para obtener un kilogramo de SPG (SC; kg), al dividir el kilogramo que se desea obtener de SPG, entre SPG obtenido; índice de velocidad de germinación (IVG; semillas d<sup>-1</sup>), donde;

$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{Gi}{Ni}$ ;  $Gi$ = número de semillas germinadas el  $i$ -ésimo día;  $Ni$ = número de días de muestreo (Maguire 1962); tiempo medio de germinación (TMG; días);

$TMG = \frac{\sum(ni \cdot di)}{\sum N}$ ;  $ni$ =número de semillas germinadas;  $di$ =número de días en germinación;  $N$ =número total de semillas en la prueba; velocidad de germinación total (VGT; semillas d<sup>-1</sup>),

$VGT = \frac{\sum(ni \cdot di)}{NTD}$ ; donde:  $ni$ =número de semillas germinadas;  $di$ =número de días en germinación;  $NTD$ =número total de días de duración de la prueba (14 dds).

Los métodos de escarificación evaluados (21 Tratamientos) incluyeron el método mecánico que consistió en realizar una muesca a cada semilla (individual), al lado opuesto del hilio, utilizando pinzas. El método hidrotérmico se basó en la modificación de temperatura y periodo de inmersión en agua caliente. En todos los tratamientos se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas (ISTA, 2018). Se utilizó un diseño completamente al azar y se empleó el procedimiento GLM y Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparación de medias; previamente, para cumplir el supuesto de normalidad, los datos de porcentaje se transformaron al arco seno (SAS, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un valor para PF, de 99.1 %, considerado elevado. Esta variable es fundamental para garantizar la calidad visual de semilla y, en parte, el establecimiento de la especie deseada, reduciendo maleza, material inerte y residuos vegetales. Para VT, se documentó en 60 %, valor considerado bajo; por tanto, es necesario mejorar las condiciones de producción, cosecha, almacenamiento y beneficio de semilla, para conservar óptima esta variable. Para G7, los mayores valores se obtuvieron con el tratamiento mecánico (uso de pinzas;  $P < 0.01$ ; Cuadro 1) comparado con los demás tratamientos. El uso de pinzas incrementó la germinación a pocos días después de la siembra; sin embargo, este es impráctico; sin embargo, establece los valores de germinación

a lograr con tratamientos prácticos. La germinación entre los diferentes tratamientos osciló entre el 15 y 93 %; para el método hidrotérmico, esta mostró un rango entre 15 y 54 %; por tanto, los métodos de escarificación deben evaluarse hasta lograr el máximo (93 %), observado con el uso de pinzas. Para GT, se observaron diferencias ( $P<0.01$ ; Cuadro 1), El método mecánico presentó los mayores porcentajes de germinación (93 %). Humaña y Valdivia (2024) reportaron 58 % de germinación en *Neltuma alba* mediante escarificación con lija, mientras que el testigo alcanzó 39 %, valores inferiores a los obtenidos en este estudio con el uso de pinzas. Por su parte, Plascencia et al. (2025) registraron 14 % de germinación en semillas no escarificadas de *Leucaena* y hasta 80 % con escarificación en agua a 80 °C durante 3 min, acorde con su viabilidad. En *Cratylia*, estos autores obtuvieron 99 % de germinación mediante inmersión en ácido giberélico (AG3 al 0.1 %). Asimismo, Illescas et al. (2021) evaluaron seis leguminosas y reportaron entre 80 y 100 % de germinación con escarificación mecánica mediante lija.

Zambrano et al. (2019), evaluaron métodos químicos y uno mecánico (uso de lija) e indican que la mayor germinación (54 %) se obtuvo al sumergir la semilla en ácido sulfúrico al 98 %, por 15 minutos; por otra parte, el uso de lija solo alcanzó 35 % de germinación. Estos mismos autores, observaron 65 % de latencia en diferentes lotes de la semilla evaluada. Lo anterior, es indicativo de que cada especie requiere una metodología específica para romper la latencia; mientras que, con el método mecánico se obtienen resultados variables al eliminar la latencia (lija y pinzas).

Para SM, se observaron diferencias significativas ( $P<0.01$ ; Cuadro 1), los mayores valores se observaron con la inmersión de semilla a 90 °C por 5 minutos (70 %); por tanto, la semilla perdió viabilidad en este tratamiento. El porcentaje de SM en todos los tratamientos hidrotérmicos evaluados fue elevado. Es muy importante establecer el tipo de latencia de la semilla de interés, para determinar el método adecuado para alcanzar máxima germinación. Plascencia et al. (2025), observaron 100 % de SM en *Cratylia*, al sumergir su semilla en agua a 80 °C por 3 minutos. Para SD, el mayor valor (41 %) se observó en el tratamiento de inmersión de semilla en agua a 50 °C por 3 minutos ( $P<0.01$ ; Cuadro 1), respecto

a los demás tratamientos; por otro lado, con el método mecánico (pinzas) se elimina el 100 % de la latencia. Plascencia et al. (2025), obtuvieron 86 % de SD en semilla de *Leucaena* sin escarificar. Illescas et al. (2021), evaluaron diferentes métodos para romper latencia en seis especies de dos géneros de leguminosas (*Vachellia* spp. y *Prosopis* spp.) y observaron valores desde 1.2 hasta 53.7 % de SD. Para SF, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ; Cuadro 1) entre tratamientos.

**Cuadro 1.** Respuesta germinativa de soya forrajera a diferentes métodos de ruptura de latencia.

**Table 1.** Germination response of forage soybean to different dormancy-breaking methods.

| Trat            | G7 (%)              | GT (%)              | SM (%)            | SD (%)            | SF (%)          | SNG (%)           | ICT7 (#)            | ICT14 (#)           |
|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| T <sub>1</sub>  | 33.3 <sup>bc</sup>  | 38.3 <sup>bc</sup>  | 53 <sup>ab</sup>  | 24 <sup>bc</sup>  | 0 <sup>NS</sup> | 37 <sup>ab</sup>  | ----                | ----                |
| T <sub>2</sub>  | 91.7 <sup>a**</sup> | 93.3 <sup>a**</sup> | 43 <sup>ab</sup>  | 0 <sup>d</sup>    | 1               | 4 <sup>c</sup>    | 3.08 <sup>a**</sup> | 2.95 <sup>a**</sup> |
| T <sub>3</sub>  | 26.7 <sup>bc</sup>  | 38.3 <sup>bc</sup>  | 47 <sup>ab</sup>  | 26 <sup>bc</sup>  | 4               | 37 <sup>ab</sup>  | 0.83 <sup>b</sup>   | 1.03 <sup>b</sup>   |
| T <sub>4</sub>  | 23.3 <sup>bc</sup>  | 31.7 <sup>bc</sup>  | 37 <sup>b</sup>   | 41 <sup>a**</sup> | 3               | 41 <sup>ab</sup>  | 0.73 <sup>b</sup>   | 0.90 <sup>b</sup>   |
| T <sub>5</sub>  | 25.0 <sup>bc</sup>  | 31.7 <sup>bc</sup>  | 47 <sup>ab</sup>  | 32 <sup>bc</sup>  | 2               | 41 <sup>ab</sup>  | 0.80 <sup>b</sup>   | 0.90 <sup>b</sup>   |
| T <sub>6</sub>  | 40.0 <sup>bc</sup>  | 41.7 <sup>bc</sup>  | 54 <sup>ab</sup>  | 21 <sup>bc</sup>  | 0               | 35 <sup>ab</sup>  | 1.40 <sup>ab</sup>  | 1.38 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>7</sub>  | 33.4 <sup>bc</sup>  | 36.7 <sup>bc</sup>  | 48 <sup>ab</sup>  | 29 <sup>bc</sup>  | 1               | 38 <sup>ab</sup>  | 1.10 <sup>b</sup>   | 1.15 <sup>b</sup>   |
| T <sub>8</sub>  | 33.4 <sup>bc</sup>  | 38.3 <sup>bc</sup>  | 40 <sup>b</sup>   | 36 <sup>ab</sup>  | 1               | 37 <sup>ab</sup>  | 1.20 <sup>ab</sup>  | 1.33 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>9</sub>  | 50.0 <sup>bc</sup>  | 55.0 <sup>abc</sup> | 47 <sup>ab</sup>  | 20 <sup>bc</sup>  | 0               | 27 <sup>abc</sup> | 1.75 <sup>ab</sup>  | 1.83 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>10</sub> | 36.7 <sup>bc</sup>  | 43.3 <sup>bc</sup>  | 43 <sup>ab</sup>  | 26 <sup>bc</sup>  | 5               | 34 <sup>ab</sup>  | 1.10 <sup>b</sup>   | 1.18 <sup>b</sup>   |
| T <sub>11</sub> | 33.3 <sup>bc</sup>  | 40.0 <sup>bc</sup>  | 49 <sup>ab</sup>  | 25 <sup>bc</sup>  | 2               | 36 <sup>ab</sup>  | 1.00 <sup>b</sup>   | 1.10 <sup>b</sup>   |
| T <sub>12</sub> | 51.7 <sup>bc</sup>  | 51.7 <sup>bc</sup>  | 47 <sup>ab</sup>  | 19 <sup>bc</sup>  | 3               | 29 <sup>ab</sup>  | 1.78 <sup>ab</sup>  | 1.68 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>13</sub> | 48.3 <sup>bc</sup>  | 55.0 <sup>abc</sup> | 46 <sup>ab</sup>  | 20 <sup>bc</sup>  | 1               | 27 <sup>abc</sup> | 1.60 <sup>ab</sup>  | 1.70 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>14</sub> | 53.4 <sup>b</sup>   | 60.0 <sup>ab</sup>  | 35 <sup>b</sup>   | 27 <sup>bc</sup>  | 2               | 24 <sup>bc</sup>  | 1.83 <sup>ab</sup>  | 1.85 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>15</sub> | 38.3 <sup>bc</sup>  | 41.7 <sup>bc</sup>  | 52 <sup>ab</sup>  | 23 <sup>bc</sup>  | 0               | 35 <sup>ab</sup>  | 1.13 <sup>b</sup>   | 1.20 <sup>b</sup>   |
| T <sub>16</sub> | 43.3 <sup>bc</sup>  | 48.3 <sup>bc</sup>  | 48 <sup>ab</sup>  | 18 <sup>bc</sup>  | 5               | 31 <sup>ab</sup>  | 1.50 <sup>ab</sup>  | 1.60 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>17</sub> | 35.0 <sup>bc</sup>  | 40.0 <sup>bc</sup>  | 56 <sup>ab</sup>  | 20 <sup>bc</sup>  | 0               | 36 <sup>ab</sup>  | 1.18 <sup>b</sup>   | 1.23 <sup>b</sup>   |
| T <sub>18</sub> | 33.4 <sup>bc</sup>  | 38.3 <sup>bc</sup>  | 53 <sup>ab</sup>  | 21 <sup>bc</sup>  | 3               | 37 <sup>ab</sup>  | 1.05 <sup>b</sup>   | 1.10 <sup>b</sup>   |
| T <sub>19</sub> | 48.3 <sup>bc</sup>  | 50.0 <sup>bc</sup>  | 52 <sup>ab</sup>  | 14 <sup>c</sup>   | 5               | 30 <sup>ab</sup>  | 1.60 <sup>ab</sup>  | 1.53 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>20</sub> | 41.7 <sup>bc</sup>  | 43.4 <sup>bc</sup>  | 50 <sup>ab</sup>  | 23 <sup>bc</sup>  | 2               | 34 <sup>ab</sup>  | 1.30 <sup>ab</sup>  | 1.23 <sup>ab</sup>  |
| T <sub>21</sub> | 15.0 <sup>c</sup>   | 15.0 <sup>c</sup>   | 70 <sup>a**</sup> | 17 <sup>bc</sup>  | 4               | 51 <sup>a**</sup> | 0.50 <sup>b</sup>   | 0.48 <sup>b</sup>   |

Los porcentajes de germinación se ajustaron a 60 semillas viables según la prueba de tetrazolio. Tratamientos (Trat). Testigo (T<sub>1</sub>), escarificación mecánica (Uso de pinzas); T<sub>2</sub>) agua a 50 °C, 1' (minuto); T<sub>3</sub>) agua a 50 °C, 3' (T<sub>4</sub>); agua a 50 °C, 5' (T<sub>5</sub>); agua a 50 °C, 7' (T<sub>6</sub>); agua a 60 °C, 1' (T<sub>7</sub>); agua a 60 °C 3' (T<sub>8</sub>); agua a 60 °C, 5' (T<sub>9</sub>); agua a 60 °C, 7' (T<sub>10</sub>); agua a 70 °C, 1' (T<sub>11</sub>); agua a 70 °C, 3' (T<sub>12</sub>); agua a 70 °C, 5' (T<sub>13</sub>); agua a 70 °C, 7' (T<sub>14</sub>); agua a 80 °C, 1' (T<sub>15</sub>); agua a 80 °C, 3' (T<sub>16</sub>); agua a 80 °C, 5' (T<sub>17</sub>); agua a 80 °C 7' (T<sub>18</sub>); agua a 90 °C, 1' (T<sub>19</sub>); agua a 90 °C, 3' (T<sub>20</sub>); agua a 90 °C, 5' (T<sub>21</sub>). Germinación a 7 dds (G7; %); germinación total a 14 dds (GT; %); semillas muertas (SM; %); semillas duras (SD; %); semillas frescas (SF; %); semillas no germinables (SNG; %); incremento de la germinación comparado con el testigo a 7 dds (ICT7; #); incremento de la germinación comparado con el testigo a 14 dds (ICT14; #). \*\* Literales diferentes, dentro de columna, indican diferencia significativa ( $P<0.01$ ).

Para SNG, se observaron diferencias ( $P<0.01$ ; Cuadro 1) entre tratamientos, los mayores valores se observaron para inmersión de semilla en agua a 90 °C por 5 minutos (51 %); por el contrario, los menores valores se observaron con el uso de pinzas (4 %). En los tratamientos hidrotérmicos, los valores son elevados para esta variable, lo que demuestra el potencial para incrementar la germinación al establecer un método adecuado de escarificación. Zamorano et al. (2019), observaron valores de (57 %) de SNG con el uso de lija, valores muy superiores a los encontrados en el presente estudio con el uso de pinzas (método mecánico); lo anterior, a pesar del uso del método mecánico; por tanto, utilizar diferente herramienta para romper la latencia, resulta en diferencias para SNG. Para ICT7, el mayor valor se observó con el uso de pinzas; 3.08; ( $P<0.01$ ; Cuadro 1) veces mayores respecto a los demás tratamientos. Para ICT14, se observaron diferencias entre tratamientos ( $P<0.01$ ; Cuadro 1) y los mayores valores se observaron con el uso de pinzas (2.95 veces).

Para IPCT, no se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ; Cuadro 2) entre tratamientos; lo anterior, demuestra que, en todos los tratamientos, la mayor cantidad de semilla germinada se observa a 7 dds y esta no se incrementa después de esta fecha. Para IG, se observaron diferencias ( $P<0.01$ ; Cuadro 2), los mayores valores se observaron con el uso de pinzas (92 %); lo anterior, en comparación con otros tratamientos. Existe un rango amplio para incrementar germinación con diferentes tratamientos hidrotérmicos; los cuales, son fáciles de aplicar; por tanto, es necesario evaluar estos tratamientos, en asociación con otros, para alcanzar el potencial de germinación establecido por el uso de pinzas. Esta variable es importante, dado que indica el porcentaje de semilla germinada con relación al número total de semillas germinadas esperadas.

Para SPG, los mayores valores se observaron al romper la testa con el uso de pinzas (0.92 kg;  $P<0.01$ ; Cuadro 2), respecto a los otros tratamientos. En la mayoría de tratamientos evaluados, se requiere de 2 a 2.5 kg de semilla para alcanzar la misma cantidad de SPG (y plantas en campo), respecto al método mecánico (pinzas). Romper la testa de semilla con el uso de pinzas incrementó la eficiencia de la germinación. Con esto se garantiza utilizar únicamente la

semilla requerida para establecer un área determinada, reduciendo costos al productor y mejorando su eficacia en el establecimiento de la especie de interés.

Para NSG, se observaron diferencias ( $P<0.01$ ; Cuadro 2) entre tratamientos. El método mecánico mostró el mayor NSG (15 701 semillas  $\text{kg}^{-1}$ ). Esta variable es de mucha importancia; con este valor, podemos determinar la cantidad de semilla requerida para establecer la densidad de población pretendida en un área determinada. Suponiendo que deseamos establecer 70 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , esta variable indica la cantidad de semilla que se requiere en cada uno de los tratamientos de escarificación evaluados y alcanzar la densidad mencionada. Para SC, los menores valores se obtuvieron con el uso de pinzas (1.13 kg;  $P<0.01$ ; Cuadro 2) y respecto a los demás tratamientos. Al mejorar la germinación, eliminando latencia, se requiere menor cantidad de semilla; lo anterior, repercute en la economía del productor, reduce costos de establecer praderas, incrementa la certidumbre para el establecimiento de praderas y puede ser un detonador del establecimiento de las áreas necesarias. Para IVG, los mayores promedios se obtuvieron con el método mecánico (13.4 plantas  $\text{día}^{-1}$ ;  $P<0.01$ ; Cuadro 2) y respecto a otros tratamientos; este valor fluctuó entre 1.6 y 6.1 veces más. Esta variable indica al mejor tratamiento, en el que la semilla manifiesta rapidez de germinación y, similarmente, evalúa vigor de semilla. Plascencia et al. (2025), utilizando semilla de *Leucaena* escarificada por inmersión en agua a 80 °C por tres minutos, observaron valores de 15 plantas  $\text{día}^{-1}$ , superiores a los valores encontrados en el presente estudio. Como se mencionó, cada especie y lote, dentro de especie, requiere condiciones específicas para incrementar la germinación y manifestar su potencial. Para TMG, se observaron diferencias ( $P<0.01$ ; Cuadro 2), el mejor tratamiento, en comparación con el resto, fue el uso de pinzas. Para VGT, el mayor número de plántulas germinadas se observó con la escarificación mecánica (46.7 semillas  $\text{día}^{-1}$ ) y respecto al resto de tratamientos; lo anterior, indica la velocidad de semillas germinadas totales en un tiempo determinado.



**Cuadro 2.** Cuadro 2. Calidad fisiológica de semilla de soya forrajera en respuesta a diferentes métodos de ruptura de latencia.

**Table 2.** Physiological seed quality of forage soybean in response to different dormancy-breaking methods.

| Trat            | IPCT<br>(%)        | IG (%)              | SPG<br>(kg)         | NSG (#)              | SC<br>(kg)          | IVG<br>(Plantas<br>día <sup>-1</sup> ) | TMG<br>(días)       | VGT<br>(semillas<br>día <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 90.3 <sup>NS</sup> | 33.3 <sup>bc</sup>  | 0.38 <sup>bc</sup>  | 6449 <sup>bc</sup>   | 3.08 <sup>ab</sup>  | 5.5 <sup>bc</sup>                      | 2.68 <sup>bc</sup>  | 19.18 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>2</sub>  | 98.3               | 91.7 <sup>a**</sup> | 0.92 <sup>a**</sup> | 15701 <sup>a**</sup> | 1.13 <sup>b</sup>   | 13.4 <sup>a**</sup>                    | 6.53 <sup>a**</sup> | 46.68 <sup>a**</sup>                    |
| T <sub>3</sub>  | 70.6               | 26.7 <sup>bc</sup>  | 0.38 <sup>bc</sup>  | 6449 <sup>bc</sup>   | 3.05 <sup>ab</sup>  | 5.5 <sup>bc</sup>                      | 2.68 <sup>bc</sup>  | 19.18 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>4</sub>  | 77.5               | 23.3 <sup>bc</sup>  | 0.31 <sup>bc</sup>  | 5327 <sup>bc</sup>   | 3.40 <sup>ab</sup>  | 4.6 <sup>bc</sup>                      | 2.20 <sup>bc</sup>  | 15.85 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>5</sub>  | 84.4               | 25.0 <sup>bc</sup>  | 0.31 <sup>bc</sup>  | 5327 <sup>bc</sup>   | 3.65 <sup>ab</sup>  | 4.5 <sup>bc</sup>                      | 2.23 <sup>bc</sup>  | 15.83 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>6</sub>  | 97.2               | 40.0 <sup>bc</sup>  | 0.41 <sup>bc</sup>  | 7009 <sup>bc</sup>   | 2.55 <sup>b</sup>   | 6.0 <sup>bc</sup>                      | 2.90 <sup>bc</sup>  | 20.85 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>7</sub>  | 91.9               | 33.4 <sup>bc</sup>  | 0.36 <sup>bc</sup>  | 6168 <sup>bc</sup>   | 5.50 <sup>ab</sup>  | 5.3 <sup>bc</sup>                      | 2.55 <sup>bc</sup>  | 18.35 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>8</sub>  | 79.4               | 33.4 <sup>bc</sup>  | 0.38 <sup>bc</sup>  | 6449 <sup>bc</sup>   | 3.60 <sup>ab</sup>  | 5.5 <sup>bc</sup>                      | 2.65 <sup>bc</sup>  | 19.20 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>9</sub>  | 90.8               | 50.0 <sup>bc</sup>  | 0.54 <sup>abc</sup> | 9252 <sup>abc</sup>  | 1.95 <sup>b</sup>   | 7.9 <sup>abc</sup>                     | 3.85 <sup>abc</sup> | 27.50 <sup>abc</sup>                    |
| T <sub>10</sub> | 87.2               | 36.7 <sup>bc</sup>  | 0.43 <sup>bc</sup>  | 7290 <sup>bc</sup>   | 2.80 <sup>b</sup>   | 6.2 <sup>bc</sup>                      | 3.03 <sup>bc</sup>  | 21.68 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>11</sub> | 86.6               | 33.3 <sup>bc</sup>  | 0.39 <sup>bc</sup>  | 6729 <sup>bc</sup>   | 3.50 <sup>ab</sup>  | 5.7 <sup>bc</sup>                      | 2.80 <sup>bc</sup>  | 20.0 <sup>bc</sup>                      |
| T <sub>12</sub> | 100.0              | 51.7 <sup>bc</sup>  | 0.51 <sup>bc</sup>  | 8692 <sup>bc</sup>   | 2.08 <sup>b</sup>   | 7.4 <sup>bc</sup>                      | 3.60 <sup>bc</sup>  | 25.85 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>13</sub> | 88.6               | 48.3 <sup>bc</sup>  | 0.54 <sup>abc</sup> | 9252 <sup>abc</sup>  | 2.03 <sup>b</sup>   | 7.9 <sup>abc</sup>                     | 3.83 <sup>abc</sup> | 27.53 <sup>abc</sup>                    |
| T <sub>14</sub> | 86.5               | 53.4 <sup>b</sup>   | 0.59 <sup>ab</sup>  | 10093 <sup>ab</sup>  | 1.80 <sup>b</sup>   | 8.6 <sup>ab</sup>                      | 4.20 <sup>ab</sup>  | 30.0 <sup>ab</sup>                      |
| T <sub>15</sub> | 90.0               | 38.3 <sup>bc</sup>  | 0.41 <sup>bc</sup>  | 7009 <sup>bc</sup>   | 2.48 <sup>b</sup>   | 6.0 <sup>bc</sup>                      | 2.90 <sup>bc</sup>  | 20.85 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>16</sub> | 90.1               | 43.3 <sup>bc</sup>  | 0.48 <sup>bc</sup>  | 8131 <sup>bc</sup>   | 2.20 <sup>b</sup>   | 6.9 <sup>bc</sup>                      | 3.38 <sup>bc</sup>  | 24.18 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>17</sub> | 90.9               | 35.0 <sup>bc</sup>  | 0.40 <sup>bc</sup>  | 6729 <sup>bc</sup>   | 3.00 <sup>ab</sup>  | 5.8 <sup>bc</sup>                      | 2.80 <sup>bc</sup>  | 20.0 <sup>bc</sup>                      |
| T <sub>18</sub> | 89.5               | 33.4 <sup>bc</sup>  | 0.38 <sup>bc</sup>  | 6449 <sup>bc</sup>   | 2.88 <sup>b</sup>   | 5.5 <sup>bc</sup>                      | 2.68 <sup>bc</sup>  | 19.18 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>19</sub> | 96.4               | 48.3 <sup>bc</sup>  | 0.49 <sup>bc</sup>  | 8411 <sup>bc</sup>   | 2.20 <sup>b</sup>   | 7.2 <sup>bc</sup>                      | 3.50 <sup>bc</sup>  | 25.0 <sup>bc</sup>                      |
| T <sub>20</sub> | 96.4               | 41.7 <sup>bc</sup>  | 0.43 <sup>bc</sup>  | 7290 <sup>bc</sup>   | 2.63 <sup>b</sup>   | 6.2 <sup>bc</sup>                      | 3.05 <sup>bc</sup>  | 21.65 <sup>bc</sup>                     |
| T <sub>21</sub> | 100.0              | 15.0 <sup>c</sup>   | 0.15 <sup>c</sup>   | 2523 <sup>c</sup>    | 8.55 <sup>a**</sup> | 2.2 <sup>c</sup>                       | 1.05 <sup>c</sup>   | 7.50 <sup>c</sup>                       |

Los porcentajes de germinación se ajustaron a 60 semillas viables según la prueba de tetrazolio. Tratamientos (Trat); testigo (T<sub>1</sub>); escarificación mecánica (Uso de pinzas; T<sub>2</sub>); agua a 50 °C por 1' (minuto; T<sub>3</sub>); agua a 50 °C, 3' (T<sub>4</sub>); agua a 50 °C, 5' (T<sub>5</sub>); agua a 50 °C 7' (T<sub>6</sub>); agua a 60 °C, 1' (T<sub>7</sub>); agua a 60 °C, 3' (T<sub>8</sub>); agua a 60 °C por 5' (T<sub>9</sub>); agua a 60 °C, 7' (T<sub>10</sub>); agua a 70 °C, 1' (T<sub>11</sub>); agua a 70 °C, 3' (T<sub>12</sub>); agua a 70 °C, 5' (T<sub>13</sub>); agua a 70 °C, 7' (T<sub>14</sub>); agua a 80 °C, 1' (T<sub>15</sub>); agua a 80 °C, 3' (T<sub>16</sub>); agua a 80 °C, 5' (T<sub>17</sub>); agua a 80 °C, 7' (T<sub>18</sub>); agua a 90 °C, 1' (T<sub>19</sub>); Agua a 90 °C, 3' (T<sub>20</sub>); agua a 90 °C, 5' (T<sub>21</sub>). Incremento de germinación, del primer conteo con relación al total de días de prueba (IPCT; %); incremento de germinación (IG; %); kgs. de semilla pura germinable (SPG; kgs); número de semillas germinables (NSG; #); kgs. de semilla comercial para obtener un kg de SPG (SC; kg); índice de velocidad de germinación (IVG; semillas d<sup>-1</sup>); tiempo medio de germinación (TMG; días); velocidad de germinación total (VGT; semillas d<sup>-1</sup>). \*\* Literales diferentes, dentro de columna, indican diferencia significativa ( $P<0.01$ ).

## CONCLUSIÓN

La semilla de Soya Forrajera presentó 62 % de latencia en el lote evaluado. El método mecánico, con uso de pinzas, alcanzó el mayor porcentaje de germinación (92 %) respecto a todos los tratamientos; por otro lado, el método hidrotérmico, con el uso de agua a 70 °C por 7 minutos, solo alcanzó 60 % de la germinación potencial. El método mecánico es un método impráctico para lotes de semilla comercial; sin embargo, experimentalmente, establece valores alcanzables, mediante la aplicación de métodos de escarificación. En el método hidrotérmico es necesario evaluar otras temperaturas y tiempos de inmersión. El uso de pinzas, al romper la testa, mejoró G7, GT, SD, SNG, ICT7, ICT14, IG, SPG, NSG, IVG, TMG y VGT. Conocer las características de semilla de la especie de interés, ayuda a seleccionar el método apropiado para romper su latencia.

## LITERATURA CITADA

- Acosta, Y., Santiago, F., Escalante, D., Mazorra, C., Cejas, I., Martínez-Montero, M. E., ... Fontes, D. (2020). Cryo-exposure of *Neonotonia wightii* Wight and Am seeds enhances field performance of plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42, 13. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-3010-y>
- Humaña, A. J., & Valdivia, C. E. (2024). La escarificación mecánica aumenta la germinación de semillas de *Neltuma alba* (Fabaceae), un árbol amenazado del desierto de Atacama. *Revista Peruana de Biología*, 31(2), e26571. <https://doi.org/10.15381/rpb.v31i2.26571>
- Illescas-Gallegos, E., Rodríguez-Trejo, D. A., Villanueva-Morales, A., Borja-de La Rosa, M. A., Ordóñez-Candelaria, V. R., & Ortega-Aragón, L. A. (2021). Factors influencing physical dormancy and its elimination in two legumes genus. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 27(3), 413-429. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.06.041>
- International Seed Testing Association (ISTA). (2018). International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Switzerland. 298 p.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for Seedling Emergences and Vigor. *Crop Science*, 2, 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Plascencia-Jiménez, R., & Quero-Carrillo, A. R. (2025). Germinación de cariósides de *Tripsacum dactyloides* L., en respuesta a envejecimiento acelerado. *Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 6(2), 254-263. <https://doi.org/10.15174/cia.v6i12.89>

- Plascencia-Jiménez, R., Quero-Carrillo, A. R., Vega-Loera, M. A., & Hernández-Livera, A. (2025). Calidad física y fisiológica de semilla de Guaje y *Cratylia*. *Fitotecnica Mexicana*, 48(4), 381-389. <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.4.381>
- Plascencia-Jiménez, R., Quintero-Elizaola, R., & Quero-Carrillo, A. R. (2013). Fijación de Nitrógeno en gramíneas de pastizal. In Quero-Carrillo, A. R. (Ed.), *Gramíneas introducidas. Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos* (pp. 25-43). Serie Biblioteca Básica de Agricultura. BBA.
- Reina-García, J. D., Almaguer-Vargas, G., Cruz-Castillo, J. G., Guerra-Ramírez, D., & Castañeda-Vildozola, A. (2024). Sulfuric acid as a germination stimulator in forage soybean seeds (*Neonotonia wightii*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 77(3), 10833-10838. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v77n3.109179>
- Ruiz, T. E., Febles, G., & Alonso, J. (2015). Estudios con leguminosas, un informe a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 433-241.
- Sánchez, J. A., Pernús, M., Torres-Arias, Y., Barrios, D., & Dupuig, Y. (2019). Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica. *Acta Botánica Cubana*, 218(2), 77-108.
- SAS. (2010). *SAS/STAT 9.4 User's Guide: Statistics*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Sistema Estatal de Monitoreo Agroclimático Nayarit (SEMAN). (2007). Estación Meteorológica: El Verdineño-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit.
- Wen, Z., Lu, X., Wen, J., Wang, Z., & Chai, M. (2024). Physical Seed Dormancy in Legumes: Molecular Advances and Perspectives. *Plants*, 13, 1473. <https://doi.org/10.3390/plants13111473>
- Zambrano-Marcos, A., Figueroa-Serrudo, C., & Rojas-Rojas, V. (2019). Superación de la latencia en semilla de Kúdzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth). *Aporte Santiaguino*, 12(1), 59-69. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n1.607>

