

GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE *Pinus oocarpa* Schiede UTILIZANDO RIEGO CON AGUA RESIDUAL SEDIMENTADA

Vicente José Calderón Rivera¹

RESUMEN. Como consecuencia del incontrolable crecimiento urbano y del sector industrial, se ha estado atendiendo y soportando un grave problema de salubridad como son los incrementos constantes y masivos de las aguas residuales, por lo que se propone su utilización para el riego en los viveros forestales. El objetivo de esta investigación fue evaluar tres tipos de agua, empleados en el riego para la producción de plántulas de *Pinus oocarpa* en la etapa de vivero, con el fin de determinar cuál de estos presenta mejores resultados en la germinación de la misma. El estudio fue realizado en la planta piloto de tratamiento de aguas residuales “Ing. Arturo Pazos Sosa”, localizada en la colonia Aurora II de la zona 13 de la ciudad de Guatemala. La investigación se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA), de 3 tratamientos con 4 repeticiones. Después de evaluada la germinación, los mejores resultados se obtuvieron al emplear el riego con agua potable (Tratamiento 3).

PALABRAS CLAVE: Agua para riego, Calidad del agua, Plantas de tratamiento, Plántulas, *Pinus oocarpa*, Riego, Siembra, Sustrato.

ABSTRACT. As a result of uncontrolled urban and industrial growth, it has been serving and facing a serious health problem such as constant and massive increases in wastewater, so it is proposed to use it for watering tree nurseries. The aim of this study was to evaluate three types of water, used in irrigation and the production of seedlings of *Pinus oocarpa* in the nursery stage, in order to determine which of these shows better results in the germination. This research was developed at the plant for wastewater treatment “Ing. Arturo Pazos Sosa”, located in Colonia Aurora II Zone 13 of Guatemala City. The research was conducted using a completely randomized design (CRD) by 3 treatments with 4 repetitions. After evaluated germination with the treatments, the best results were obtained by using irrigation with drinking water (Treatment 3).

INTRODUCCIÓN

Con esta investigación se evaluó diferentes tipos de agua empleada en el riego y la producción de plántulas de pino en vivero, con el fin de determinar cuál de estos presenta los mejores resultados en la germinación en cada uno de los tratamientos utilizados. La calidad de agua para el riego es un factor importante en la selección y manejo del vivero forestal. Para garantizar el éxito de las plantaciones forestales, se requiere utilizar plantas de excelente calidad. Honduras posee 7 especies de pino entre ellas el *Pinus oocarpa* Schiede con una amplia distribución geográfica, principalmente, en las zonas mayores de 600 msnm y representa la especie dominante de los bosques de pino en el país (Hernández, 1984). Por las características físicas y mecánicas de la madera, la especie de pino, antes mencionada, ha sido muy utilizada por la industria forestal (Lamprecht, 1990), situación que ha provocado la disminución de su población y ha hecho disminuir la capacidad de producción de madera comercial.

METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación, comprendió las siguientes fases:

Fase de campo

En esta fase fue seleccionado el sitio, diseño de los bancales de acuerdo con el diseño experimental, riego con diferentes tipos de agua en las parcelas experimentales, observaciones diarias en la etapa de germinación y toma de las muestras del agua y los sustratos de los diferentes tratamientos.

Fase de laboratorio

Se realizaron los análisis de agua y suelo de los diferentes tratamientos en el laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” en la facultad de Agronomía, que consistió en determinar la calidad de agua para riego (RAS) y los análisis de suelo. En el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos se realizaron

los análisis químico y bacteriológico del agua, ambos en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Fase de gabinete

En esta parte se hizo la tabulación de datos obtenidos en el campo y laboratorio mediante el programa Excel y Word. En la parte estadística se utilizó el programa MINITAB 15. También se realizó la redacción final de este estudio.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Las semillas de *Pinus oocarpa* se obtuvieron por medio de la empresa SEED EXPORT, EXPORTACION DE SEMILLAS, ubicada en la zona 1 de ciudad Guatemala. Estas semillas, según los registros de esta empresa, tienen su procedencia del sitio denominado Sierra de las Minas, municipio de Gualán, departamento de Zacapa, su germinación estimada es de 80% y cuenta con aproximadamente 42,000 semillas viables/kilo. Se utilizó el sustrato tradicional de tierra+arena a una proporción de 3:1 (Napier, 1985). Para escoger los materiales para la elaboración del sustrato, se tomó en cuenta la disponibilidad de los mismos. En este caso, se utilizó la tierra y la arena que se encuentra dentro de la planta de tratamiento. Se realizó la preparación del sitio (limpieza, nivelación y arreglos adicionales), y el establecimiento de los bancales. Posteriormente, se procedió a la preparación de los sustratos y fueron llenadas las bolsas. Seguidamente, se establecieron los bancales de acuerdo con el arreglo del diseño experimental establecido, el cual es completamente al azar en arreglo factorial, teniendo cuatro repeticiones por tratamiento. Se dividió en 12 bancales pequeños de 0.45 m de ancho por 0.45 m de largo; colocando en cada uno de éstos 16 bolsas; entre cada bancal hay una separación (franja) de 0.5 m (figura 1).

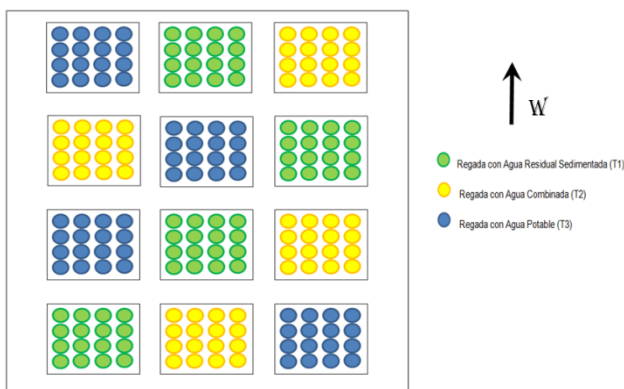


Figura 1. Diagrama de la distribución de los bancales.

Fuente: elaboración propia.

Se evaluaron dos tipos de riego, con agua residual sedimentada, y con agua combinada (agua residual sedimentada+agua potable), los cuales se compararon con el riego de agua potable el cual se considera como testigo.

En forma aleatoria, el arreglo del diseño obtenido fue el siguiente:

Tabla 1. Arreglo del diseño experimental en campo

| | | |
|-------|-------|-------|
| T3-R2 | T1-R3 | T2-R4 |
| T2-R1 | T3-R1 | T1-R1 |
| T3-R4 | T1-R4 | T2-R3 |
| T1-R2 | T2-R2 | T3-R3 |

T= Tratamiento R=Repeticón

Fuente: elaboración propia.

Frecuencia de riego

A partir de la siembra de las semillas, se regó mediante las regaderas que fueron identificadas de acuerdo con el tipo de agua que cada tratamiento requería. El riego se realizó al atardecer, porque así se minimiza la evaporación, se hizo cada dos días debido a que la investigación se hizo en época de verano. Se tomaba el cuidado que, a través del riego el sustrato se humedeciera, pero sin saturación.

Cantidad de agua para riego

Las regaderas que se utilizaron para los diferentes tratamientos tenían una capacidad de 5 litros, por lo que se procedió a llenarlas completamente con el tipo de agua de cada tratamiento y se regó toda la cantidad a las unidades experimentales (5 litros por tratamiento). Aplicando una lamina de 49 mm. Una parte drenaba rápidamente por el tipo de suelo y las características de las bolsas, quedando el sustrato con la humedad adecuada.

Variable de germinación

En este caso como es de 192 bolsas y de acuerdo a las condiciones, la siembra de las semillas se hizo directamente en la bolsa con dos semillas de postura debido a que su germinación estimada es de un 80 %, siendo la siembra de 384 semillas en total.

Procesamiento de datos

Todas las variables medidas se descargaron en la hoja electrónica de Excel para determinar las medias de las variables que se midieron en cada una de las fases que se llevó a cabo desde la instalación del ensayo, hasta la última medición; posteriormente, se hicieron los cálculos estadísticos con el programa de MINITAB 15.

Análisis del agua y sustrato

Se enviaron al laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana", en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, unas muestras de los diferentes tipos de agua que se utilizó para riego, con el fin de determinar la concentraciones de sodio, calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, hierro y manganeso para hacer los análisis de la calidad del agua, para fines de riego (tabla 8). Se hizo un análisis químico y físico del suelo del lugar donde se obtuvo el material para los sustratos (tabla 2 y 3).

Tabla 2. Análisis químico de la muestra de suelo tomada en el sitio

| Identificación | pH | ppm | | Meq/100gr | | ppm | | | | | % | |
|----------------|-----|-----|-----|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|------|--|
| | | P* | K* | Ca* | Mg* | Cu* | Zn* | Fe* | Mn* | M.O | NT | |
| M-1 | 7.3 | 109 | 425 | 14.04 | 2.78 | 0.10 | 8.00 | 10.00 | 48.00 | 10.43 | 0.22 | |

Fuente: laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana".

Tabla 3. Análisis físico de la muestra de suelo tomada en el sitio

| IDENTIFICACION | % | | | CLASE TEXTURAL |
|----------------|---------|-------|-------|----------------|
| | Arcilla | Limo | Arena | |
| M-1 | 17.72 | 18.14 | 64.14 | FRANCO ARENOSO |

Fuente: laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana".

Se realizó el análisis de calidad para los diferentes tipos de agua, de acuerdo con los siguientes: sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, pH (lectura en el campo), temperatura (lectura en el campo), nitrógeno, fósforo, análisis bacteriológico, DBO Y DQO. Estos análisis se realizaron en el laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Universidad de San Carlos de Guatemala (tabla 4 y 5).

Tabla 4. Análisis de la calidad del agua

| | Tipo de Agua | pH | Temperatura C | Sólidos totales disueltos mg/L | Sólidos suspendidos g | DQO mg/L | Fósforo mg/L | Nitrógeno(mg/L) | DBOS (mg/L) |
|---|----------------|------|---------------|--------------------------------|-----------------------|----------|--------------|-----------------|-------------|
| 1 | Agua Residual | 7.35 | 19.9 | 399 | 0.0043 | 302 | 5.4 | 6 | 249 |
| 2 | Agua Combinada | 7.64 | 21.1 | 277 | 0.0022 | 154 | 2.5 | 1.3 | 121 |
| 3 | Agua Normal | 7.9 | 18.8 | 172 | ND | ND | ND | ND | ND |

ND= No se determino

Fuente: laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina".

Tabla 5. Análisis bacteriológico del agua

| | Tipo de Agua | Coliformes Fecales | |
|---|-----------------------|--------------------|--------------------|
| | | Coliformes Totales | Coliformes Fecales |
| 1 | Agua Residual | 1600 MPN/100 ml | 39 MPN/100ml |
| 2 | Agua Combinada | 221 MPN/100 ml | 21 MPN/100 ml |
| 3 | Agua Normal (Potable) | < 2 MPN/100ml | < 2 MPN/100ml |

Fuente: laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el riego con agua potable (T3) empezó la germinación a los 8 días después de la siembra, seguidamente por el riego con agua combinada (T2) que fue a los 9 días y por ultimo germinaron las del riego con agua residual sedimentada (T1) a los 10 días.(tabla 6).

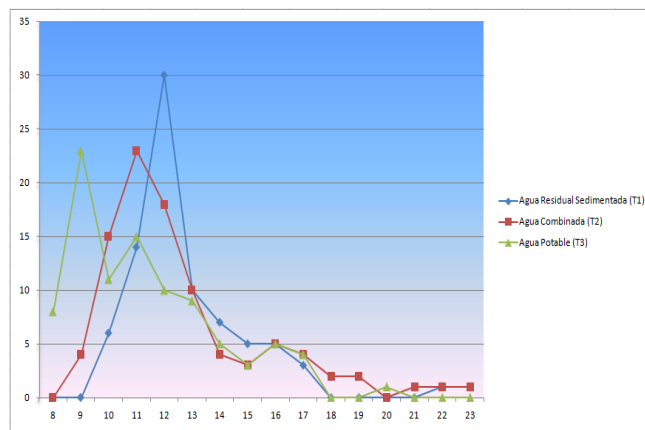
Tabla 6. Tiempo de inicio de la germinación en cada tratamiento

| Tratamientos | Inicio germinación (días) | No. de semillas germinadas |
|--------------|---------------------------|----------------------------|
| T1 | 10 | 6 |
| T2 | 9 | 4 |
| T3 | 8 | 8 |

Fuente: elaboración propia

Después de una semana de haber sembrado las semillas siguió la etapa de germinación, obteniéndose mayor número de semillas germinadas en el tratamiento 1 y 2 a los 11 y 12 días; en el tratamiento 3 a los 9 días. Terminando esta etapa de germinación para los 3 tratamientos, a los 23 días (figura 2).

Figura 2. Semillas germinadas de pino en los tres tratamientos durante 23 días.



Fuente: elaboración propia

Análisis de la varianza para la variable de germinación

A una probabilidad del 5% la interacción de los factores no presentan diferencias significativas en el porcentaje de germinación $p = (0.619)$, lo que indica que los diferentes tipos de riego que se utilizaron no presentaron diferencias (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza para la germinación (ANDEVA)

| Fuentes de variación | SC | M | calc. | >f | gnif. |
|----------------------|-------|----|-------|-----|-------|
| Tratamiento | 2.2 | .1 | 0.51 | 519 | NS |
| Error | 96.8 | .9 | | | |
| total | 118.9 | | | | |

NS= No existe diferencia significativa al 5%

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la calidad del agua

En la clasificación como aguas de riego, el agua residual sedimentada (T1) no es apta debido a que tiene alta salinidad (C3S1).

Tabla 8. Análisis químico del agua que se utilizó de riego

| IDENT | pH | μS/cm C.E. | Meq/litro | | | | Ppm | | | | RAS | CLASE |
|-----------|-----|---------------|-----------|------|------|------|-----|----|-----|-----|------|-------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Cu | Zn | Fe | Mn | | |
| RESIDUAL | 6.8 | 916 | 1.75 | 1.21 | 4.70 | 0.47 | 0 | 0 | 0.2 | 0.1 | 3.85 | C3S1 |
| COMBINADA | 6.6 | 627 | 1.37 | 1.09 | 2.92 | 0.23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.63 | C2S1 |
| NORMAL | 6.7 | 357 | 1.27 | 1.22 | 0.96 | 0.08 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.86 | C2S1 |

Fuente: laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana".

Análisis del porcentaje de germinación

Durante la etapa de germinación se realizó un conteo diario de las semillas que iban germinando por tratamiento, teniendo en cuenta el tipo de riego que se usó y la repetición, durante los 23 días que duró la germinación, iniciando el día en que se sembraron las semillas, estas semillas germinadas fueron etiquetadas para no volver a contar y, además, estos datos obtenidos se anotaron en un formulario e introducidos en una hoja de cálculo electrónico de Excel.

Para medir la variable de germinación (% semillas germinadas) se calculó mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de germinación

$$\%Germinacion = \frac{\sum \text{Semillas germinadas por tratamiento}}{\sum \text{Semillas sembradas}} * 100$$

Tabla 9. Porcentaje de germinación

| TIPO DE RIEGO | % DE GERMINACIÓN |
|---|------------------|
| T1 Agua residual sedimentada | 64.06 |
| T2 Agua residual sedimentada + Agua potable | 72.66 |
| T3 Agua Potable | 73.44 |

Fuente: elaboración propia

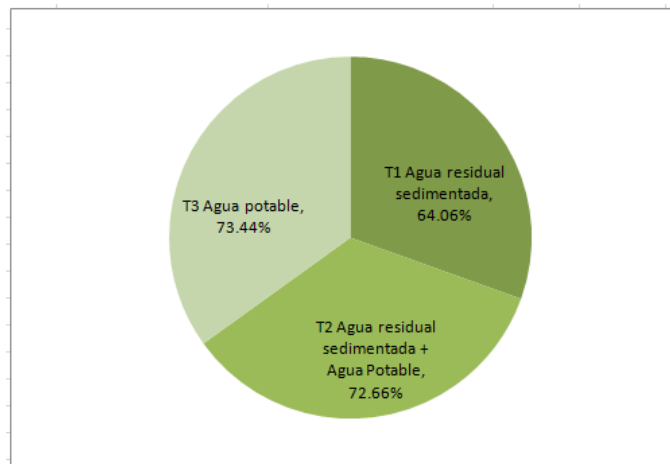


Figura 2. Porcentaje de germinación.

Fuente: elaboración propia

Hubo un mayor porcentaje de germinación en el riego con agua potable (T3), en el caso que se obtuvo menos fue en el riego con agua residual sedimentada (T1) (tabla 9, figura 2), esto debido posiblemente a que el agua con que se regó contenía altas concentraciones de salinidad (tabla 8).

CONCLUSIONES

De los tratamientos evaluados, el que presentó un mayor porcentaje de germinación para *Pinus oocarpa* en condiciones de vivero fue el riego con agua potable (T3), presentando un 73.44%.

Según el análisis químico del agua que se utilizó en el riego, el agua residual sedimentada (T1) tiene altas concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe) y conductividad eléctrica comparado a los otros tratamientos (T2 y T3), por lo que esto influyó en que no hubo mucha germinación usando riego con el T1.

El agua residual sedimentada no es apta para utilizarla en el riego en la fase de germinación; pero se puede usar en la etapa de crecimiento de las plántulas de pino.

AGRADECIMIENTOS

Al servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) se le agradece el apoyo para realizar esta investigación y a los catedráticos de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que a través de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales "Ing. Arturo Pazos Sosa" permite a los estudiantes realizar investigaciones aplicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CALDERON, V. 2011. Reuso de aguas residuales sedimentadas para el riego y la producción de plántulas de *Pinus oocarpa* Schiede en la etapa de vivero. ERIS/USAC. Estudio Especial. Msc. en Recursos Hidráulicos. Guatemala.
- HERNANDEZ, O. 1984. Los pinos en Honduras. Manual para identificación de campo. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Honduras.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. GTZ. República Federal de Alemania.
- NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Honduras.