

SUSTRATOS Y POLÍMEROS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Pinus cembroides* ZUCC. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

C. Sandoval-Méndez¹; V. M. Cetina-Alcalá²; R. Yeaton¹; L. Mohedano-Caballero²

¹Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, C.P. 78377.

²Especialidad Forestal Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, C.P. 56230.

RESUMEN

En los viveros forestales, un recurso frecuentemente limitante es el agua; con la utilización de polímeros de agua, es posible incrementar el porcentaje germinativo de las semillas y mejorar el consumo de ésta para el crecimiento y desarrollo de las plántulas. El objetivo de la presente investigación es determinar si el uso de polímeros de agua incrementa el porcentaje germinativo, o bien, si se considera al tipo de sustrato y la frecuencia de riego como factores de mayor importancia en la germinación y el crecimiento. Se realizaron los siguientes experimentos: *Porcentaje de germinación*, utilizando cinco porcentajes de materia orgánica turba de musgo (peat moss) mezclada con el sustrato (tierra lama), dos niveles de riego (limitado y no limitado) y la ausencia o presencia de un polímero. *Crecimiento y desarrollo*, para lo cual se emplearon cuatro dosis del polímero (0, 1, 2, 3 g), dos niveles de riego (limitado y no limitado) y dos mezclas del sustrato (tierra lama 100 % y tierra lama 50 % + turba de musgo 50 %). Los resultados obtenidos mostraron, para el primer ensayo, que los mejores porcentajes de germinación se obtuvieron cuando el sustrato presentaba niveles altos de materia orgánica y con un riego no limitado, la eficiencia del polímero fue regular. Para el ensayo de crecimiento y desarrollo de plántulas, evaluado a través de parámetros morfológicos, se determinó que el polímero mostró tener influencia; sin embargo, se considera al riego no limitado un factor de mayor importancia.

PALABRAS CLAVE: germinación, materia orgánica, tierra lama, turba de musgo (peat moss), *Pinus cembroides*.

SUBSTRATES AND POLYMERS IN *Pinus cembroides* Zucc. IN GREENHOUSE PLANT PRODUCTION

SUMMARY

In forest nurseries, a frequently limited resource is water. With the use of water polymers it is possible to increase percentage of seed germination and improve water use for the growth and development of seedlings. The objectives of this research was to determine whether the use of water polymers can increase seed germination and whether to consider the type of substrate and watering frequency the most important factors in germination and growth. The following experiments were carried out: percentage of germination, using five proportions of organic matter (peat moss) mixed with a silt substrate, two levels of irrigation (limited and unlimited) and two substrate mixes (100 % silt and 50 % silt + 50 % peat moss). The results for the first test showed that the best results were obtained when the substrate had high levels of organic matter and unlimited irrigation; efficiency of the polymer was average. For the experiment on seedling growth and development, using morphological parameters, it was found that the polymer had some influence, but unlimited watering is considered the most important factor.

KEY WORDS: organic matter, substrates, peat moss, germination, *Pinus cembroides*.

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la civilización el hombre ha hecho uso de los recursos que brinda la naturaleza; sin embargo, ha sido en épocas recientes en que se ha caído en el abuso de dichos recursos provocando no sólo la escasez de éstos, sino además serias alteraciones del medio, por tal motivo se hacen cada vez más necesarias acciones que contrarresten tal tendencia; las plantaciones forestales son un ejemplo de estas acciones y cada vez se requiere de técnicas y herramientas que aseguren la mayor

supervivencia y rápido desarrollo de las plantas en el campo.

Las prácticas de manejo en vivero, de las plantas forestales, tienen una gran repercusión en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, tanto en su desarrollo inicial dentro del vivero, como en su comportamiento en el sitio de plantación. Daniel *et al* (1983) mencionan que las prácticas normalmente aceptadas en este tipo de manejo resultan anticuadas y en algunos casos ilegales de un decenio a otro, de este modo surgen

problemas cuando se inducen técnicas antes o después de tiempo.

El empleo de los sustratos adecuados, así como la frecuencia de riego son herramientas muy importantes para el buen desarrollo de las plantas, estas prácticas varían de acuerdo con la especie y los objetivos de la producción; sin embargo, el común denominador es el adecuado suministro de requerimientos en las funciones vitales de las plantas. El empleo de polímeros de agua que hagan más eficiente el consumo y la utilización de ésta, es una herramienta alternativa utilizada en áreas productivas como la floricultura y fruticultura, pero que en el campo forestal de nuestro país ha sido poco explorada.

OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación son:

- Evaluar la eficiencia de polímeros de agua en la germinación de semillas de *Pinus cembroides* Zucc., en condiciones de invernadero.
- Determinar la cantidad de materia orgánica, contenida en el sustrato, necesaria para incrementar el porcentaje de germinación de *Pinus cembroides* Zucc., en condiciones de invernadero.
- Determinar la dosis adecuada del polímero y analizar el crecimiento y desarrollo en las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una nave de invernadero perteneciente a la Compañía Industrial Minera México, S.A., localizada en la parte norte de la planta de cobre, en San Luis Potosí, S.L.P. En la investigación se utilizaron semillas de *Pinus cembroides*, colectadas en 1997 en la comunidad La Amapola perteneciente al municipio de San Luis Potosí. La vegetación del área de colecte está conformada principalmente por piñonares puros o mezclados de *Pinus cembroides*, *P. discolor* y encinos (*Quercus* spp); la selección de la semilla fue lo más homogénea posible, procurando que tuviera más o menos el mismo peso, tamaño, sin lesiones causadas por agentes externos (picaduras por insectos, presencia de hongos, quebraduras etc.) y que todas provinieran de un mismo lote, la selección se realizó por observación directa.

El primer experimento, la prueba de germinación (bioensayo que tiene la finalidad de determinar las condiciones del medio que favorecen a la germinación de semillas), se realizó en un invernadero tipo túnel con

cubierta de plástico color blanco traslúcido; se utilizaron contenedores tipo charola forestal de 28 x 28 cm, con una capacidad de 25 recipientes, con profundidad de la cavidad de 18 cm, con diámetro superior de la cavidad de 5 cm y diámetro inferior de la misma de 1.5 cm.

Los factores que se probaron en este primer experimento fueron: cinco mezclas de sustrato (turba de musgo 100 %, turba de musgo 75 % + tierra lama 25 %, turba de musgo 50 % + tierra lama 50 %, turba de musgo 25 % + tierra lama 75 % y tierra lama 100 %), dos niveles de riego (limitado y no limitado) y dos condiciones del polímero (no presencia y presencia). No se aplicó ningún tratamiento previo a la semilla para no interferir con la utilización del polímero utilizado; las semillas se sembraron en los sustratos a una profundidad aproximada de 1 cm. El diseño del experimento fue un factorial (5 x 2 x 2) con un total de 20 tratamientos, cada uno con 10 semillas como unidad experimental, con 10 repeticiones.

El riego limitado consiste en la aplicación de 40 ml de agua a cada contenedor por semana; el riego no limitado equivale al doble, es decir, 2 riegos de 40 ml de agua semanalmente. La cantidad de agua de riego se determinó previamente al ensayar diferentes niveles de humedad en los sustratos, los riegos se efectuaron en un horario comprendido de 9:00 a 10:30 a.m. (Chávez, O.P. *et al.*, 1989) menciona que la cantidad de agua que requieren las semillas para germinar, varía de acuerdo con la especie, pero en términos generales un suelo que contenga un 40 % de humedad es suficiente para que germinen la mayoría las semillas de los pinos. (Boner, 1974; citado por Romero, 1982) menciona que la humedad recomendada para la germinación debe ser del 50 al 60 % de la capacidad de retención del sustrato.

La siembra se realizó en noviembre de 1997, a los 15 días de ésta se aplicó una mezcla de dos fungicidas de contacto, Tecto 60 y Previcur N, en concentración de 250 g/producto en 200 litros de agua, ocho días después se hizo una segunda aplicación de carácter preventivo, por la posible presencia de Damping off. Los contenedores fueron cambiados continuamente de lugar, para que ningún tratamiento presentara ventaja en cuanto a luminosidad, temperatura, efecto de orilla, etc., se realizaron 8 observaciones cada 3 ó 4 días a los contenedores, contabilizando en cada uno la emergencia de plántulas, la cual se considero a la presencia de las hojas cotiledonares. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 28 °C.

Los polímeros utilizados fueron Terra sorb 200 G y Terra sorb AG con las siguientes características:

CARACTERÍSTICA	TERRA SORB 200 G	TERRA SORB AG
Química	Almidón hidrolizado, copolímero de polyacrilonitril con grafito	Copolímero de polyacrilamida de eslabón cruzado
Tamaño de partícula	0.25 mm	1.00 a 3.00 mm
Densidad	0.36	0.75
Olor	Nulo o apenas perceptible	Nulo o apenas perceptible
Toxicidad	Cero	Cero
Capacidad de absorción	140 veces su tamaño	300 a 400 veces su tamaño
Expansión volumétrica	No es aplicable	100 veces su tamaño
Tiempo de absorción	100 % al minuto	50 % en 1 hora, 100 % en 3 horas
Vida efectiva	Hasta la germinación	4 a 5 años
Aplicación típica	Para en recubrimiento de semillas	En cepas de árboles, arbustos y cultivos en general

La germinación y sus resultados se analizaron con estadísticas no paramétricas en tablas de contingencia, los resultados obtenidos fueron analizados a través de una prueba de comparación de medias con el paquete estadístico STATGRAPHICS (Statistical Graphics System).

En el segundo experimento, relativo al crecimiento y desarrollo de plántulas de la misma especie de pino, también se realizó en invernadero; se utilizaron nuevamente semillas de *Pinus cembroides* Zucc., de la misma localidad que en el ensayo anterior, las cuales fueron sembradas al voleo en dos almácigos de 1000 semillas cada uno. La siembra se realizó en una germinadora modelo 1000 MAL a una temperatura promedio de 28 °C. Las plántulas obtenidas de estos almácigos fueron trasplantadas a los treinta días de haber germinado las semillas. Al momento de llenar los contenedores con los sustratos probados, en la parte media de éstos se aplicó el polímero Terra-sorb AG, en diferentes dosis (0, 1, 2 y 3 g del polímero por plántula). Se obtuvieron 16 tratamientos provenientes de dos tipos de sustrato (turba de musgo 50 % + tierra lama 50 % y tierra lama 100 %), cuatro dosis del polímero (0, 1, 2 y 3 g/plántula) y dos niveles de riego (limitado y no limitado), con 25 plántulas cada uno, como unidad experimental, con cuatro repeticiones, en diseño factorial (4 x 2 x 2). Los resultados de este experimento también fueron analizados a través del mismo procedimiento estadístico.

La duración del experimento fue de 4 meses, las variables consideradas se evaluaron cada mes, éstas fueron: *Altura de plántula (cm)*, determinada con una regla del cuello a la yema terminal. *Diámetro del cuello de la plántula (mm)*, obtenido con un Vernier y *Peso seco aéreo, radical y total (g)*, estos determinados a través de una muestra de 10 plántulas seleccionadas al azar, las cuales se extrajeron de los envases, se limpiaron individualmente y se les seccionaron las partes aérea y radical, se guardaron

en bolsas de papel debidamente identificadas. Posteriormente se secaron en un horno eléctrico por 72 hs, una vez transcurrido ese periodo las muestras se pesaron en una báscula analítica Explorer-Ohaus con una precisión de ± 0.0001 g, obteniendo así el peso seco de la parte aérea, de la raíz y el total; los datos obtenidos por cada tratamiento, fueron utilizados para el cálculo de las tasas de crecimiento.

Las tasas de crecimiento para altura (cm/t), diámetro mm/t) y biomasa (g/t) se calcularán con la fórmula:

$$TC = AA / AT$$

Donde:

TC= Tasa de crecimiento

AA= Diferencia en altura, diámetro o peso seco entre muestreos

AT= Diferencia en tiempo transcurridos entre muestreos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1: Determinación del porcentaje de germinación de semillas de *Pinus cembroides* Zucc.

El inicio de la germinación se observó a los 10 días de la siembra. Los resultados muestran una clara tendencia respecto al contenido de materia orgánica (turba de musgo) en el sustrato y el porcentaje de germinación; el mayor porcentaje de germinación fue de 81 % (Cuadro 1) y corresponde al tratamiento 6 (turba de musgo 100 %, con riego no limitado y uso del polímero); a medida que disminuyó el contenido de materia orgánica en el sustrato,

CUADRO 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Pinus cembroides* Zucc., en condiciones de invernadero.

Nivel del Polímero	Nivel de riego	Mezcla del sustrato de germinación	% de Germinación	Número de tratamiento
Polímero presente	Limitado	turba de musgo 100%	63	1
		turba de musgo 75% + tierra lama 25%	68	2
		turba de musgo 50% + tierra lama 50%	57	3
		turba de musgo 25% + tierra lama 75%	46	4
		turba de musgo 100%	26	5
	No limitado	turba de musgo 75% + tierra lama 25%	81	6
		turba de musgo 50% + tierra lama 50%	67	7
		turba de musgo 25% + tierra lama 75%	68	8
		tierra lama 100%	64	9
		tierra lama 100%	43	10
Polímero no presente	Limitado	turba de musgo 100%	67	11
		turba de musgo 75% + tierra lama 25%	53	12
		turba de musgo 50% + tierra lama 50%	48	13
		turba de musgo 25% + tierra lama 75%	31	14
		tierra lama 100%	10	15
	No limitado	turba de musgo 100%	77	16
		turba de musgo 75% + tierra lama 25%	70	17
		turba de musgo 50% + tierra lama 50%	45	18
		turba de musgo 25% + tierra lama 75%	45	19
		tierra lama 100%	21	20

el porcentaje de germinación también disminuyó, esto se observa en el tratamiento 15 (tierra lama 100 %, con riego limitado y sin uso del polímero) el cual sólo arrojó un porcentaje de germinación de 10 %. En estudios hechos con anterioridad (Chavez, O.P. 1989) menciona la importancia de la utilización del sustrato en los almácigos, los cuales presentan un efecto directo en la germinación y desarrollo de los brinzales.

Los tratamientos que presentaron los mayores porcentajes de germinación fueron:

6 turba de musgo 100 %, con riego no limitado y uso del polímero

16 turba de musgo 100 %, con riego no limitado y sin uso del polímero

17 turba de musgo 75 % + tierra lama 25 %, con riego no limitado y sin uso del polímero

2 turba de musgo 75 % + tierra lama 25 %, con riego limitado y uso del polímero

8 turba de musgo 50 % + tierra lama 50 %, con riego no limitado y uso del polímero

7 turba de musgo 75 % + tierra lama 25 %, con riego no limitado y uso del polímero

9 turba de musgo 25 % + tierra lama 75 %, con riego no limitado y uso del polímero

1 turba de musgo 100 %, con riego limitado y uso del polímero

3 turba de musgo 50 % + tierra lama 50 %, con riego limitado y uso del polímero

12 turba de musgo 75 % + tierra lama 25 %, con riego limitado y sin uso del polímero

Todos ellos con valores germinativos superiores al 50 %. Estos tratamientos contienen, en su mayoría, porcentajes altos (50 a 100 %) de materia orgánica (turba de musgo) en la mezcla del sustrato, esto se puede relacionar con la característica de la materia orgánica de retener grandes cantidades de humedad.

En los tratamientos con uso del polímero y riego limitado se observó una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.01$) entre los primeros cuatro tratamientos (1, 2, 3, y 4) y el quinto (5) (Cuadro 1), donde el porcentaje de materia orgánica es nulo.

En los tratamientos con uso del polímero y riego no limitado el análisis estadístico mostró una diferencia significativa entre los tratamientos 6, 7, 8 y 9 con el tratamiento 10 (Cuadro 1), donde al igual que en grupo anterior de tratamientos, el porcentaje de materia orgánica es nulo. A este grupo pertenece el tratamiento con mayor porcentaje germinativo, el 6 con 81 % de la variable.

En el grupo de tratamientos sin uso del polímero y con riego limitado los resultados obtenidos en la estadística presentan diferencias significativas entre los tratamientos 11, 12, 13, y 14, con respecto al 15 (Cuadro 1).

Los tratamientos sin uso del polímero y riego no limitado, mostraron resultados más contrastantes a medida que disminuyó la cantidad de materia orgánica en el sustrato; se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 16 y 17 y los restantes 18, 19 y 20 (Cuadro 1)

El tratamiento 6 (turba de musgo 100 %, con riego no limitado y uso del polímero) fue el que mostró mayor valor de la variable de interés, 81 % (Cuadro 1), en contraparte el tratamiento 15 (tierra lama 100 %, con riego limitado y sin uso del polímero) arrojó el menor valor de la variable, con sólo 10 % de porcentaje de germinación (Cuadro 1).

De la misma manera, en un análisis de grupos de tratamientos también se pueden observar los mayores valores de porcentaje de germinación en aquellos tratamientos donde el agua no fue limitada, lo cual es ciertamente comprensible ya que la humedad es uno de los factores principales que desencadena el proceso de germinación de las semillas. Los tres mejores tratamientos, los que sobrepasaron el 70 % de germinación, corresponden a los grupos de tratamientos con riego no limitado.

Por lo que respecta a la germinación de *Pinus cembroides* Zucc., relacionada con el uso del polímero de

agua, los mejores resultados pertenecen a tratamientos con riego abundante; sin embargo, en condiciones de baja disponibilidad de humedad es donde se justifica el empleo de este tipo de productos, por lo tanto, la comparación de la variable de interés se hizo entre los tratamientos con riego limitado. Los mayores porcentajes de germinación se relacionan directamente con la cantidad de materia orgánica en el sustrato, es decir, que el polímero en combinación con una alta proporción de materia orgánica (50 a 100) mejoran la capacidad de retención de humedad para la germinación. Con los resultados obtenidos en este experimento de germinación, podemos determinar la importancia de utilizar porcentajes altos de materia orgánica en el sustrato de germinación. La utilización del polímero es recomendable si se cuenta con bajos porcentajes de materia orgánica. Rojas (1984) menciona que el sustrato es uno de los factores de mayor influencia en la germinación de semillas, por sus características fisicoquímicas. Niembro y Fierro (1988) mencionan que bajo condiciones de vivero e invernadero poco se conoce acerca del efecto del sustrato en la germinación de las semillas de pino.

Experimento 2. Determinación del crecimiento y desarrollo inicial de plántulas de *Pinus cembroides* Zucc.

Los tratamientos para este segundo experimento se dispusieron de la siguiente manera:

Tipo de riego	Sustrato utilizado	Dosis del polímero (g)	Tratamiento
No limitado	Tierra lama 100 %	0 g	1
		1 g	2
		2 g	3
		3 g	4
	Turba de musgo 50% + Tierra lama 50 %	0 g	5
		1 g	6
		2 g	7
		3 g	8
Limitado	Tierra lama 100%	0 g	9
		1 g	10
		2 g	11
		3 g	12
	Turba de musgo 50% + Tierra lama 50 %	0 g	13
		1 g	14
		2 g	15
		3 g	16

CUADRO 2. Valores promedio de las variables altura, diámetro y peso seco aéreo (P.S.A.), radical (P.S.R.) y total (P.S.T.), en plántulas de 4 meses de edad de *Pinus cembroides* Zucc., cultivadas en invernadero.

Tratamiento	Altura (cm/mes)	Diámetro (mm/mes)	P.S.A. (g/mes)	P.S.R. (g/mes)	P.S.T. (g/mes)
1	11.61	0.24	0.34	0.08	0.42
2	11.25	0.23	0.37	0.1	0.47
3	11.62	0.24	0.42	0.12	0.54
4	11.54	0.25	0.46	0.13	0.59
5	11.48	0.25	0.35	0.1	0.45
6	12.51	0.26	0.47	0.13	0.61
7	12.25	0.26	0.45	0.13	0.58
8	10.43	0.22	0.34	0.09	0.43
9	10.52	0.24	0.24	0.08	0.32
10	11.42	0.23	0.24	0.07	0.31
11	11.39	0.23	0.26	0.07	0.33
12	10.15	0.23	0.21	0.04	0.25
13	8.47	0.22	0.24	0.07	0.31
14	9.88	0.23	0.29	0.09	0.38
15	10.11	0.21	0.24	0.06	0.3
16	9.93	0.21	0.24	0.06	0.3

La altura de las plantas varió desde 8.47 a 12.51 cm, sobresaliendo los tratamientos 6 y 7 con 12.25 cm (Cuadro 3), respectivamente, esto debido quizá a la mezcla del sustrato con el riego no limitado en presencia del polímero a 1 g, en contraparte el tratamiento 13 con 8.47 cm de altura (Cuadro 3) fue el de menor respuesta probablemente debido a la deficiencia de humedad del riego limitado y a la falta de utilización del polímero.

CUADRO 3. Valores de altura y tasa de crecimiento promedio mensual en la variable altura en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., cultivadas en invernadero (*= tres muestreos, **= cuatro muestreos).

Tratamiento	Altura (cm/mes)				Tasa de crecimiento promedio mensual (cm/mes)
	1er. muestreo	2do. muestreo	3er. muestreo	4º. muestreo	
1	9.69	10.52	11.99	14.25	1.52**
2	8.97	8.97	12.02	15.05	2.03**
3	8.87	9.17	12.23	16.2	2.44**
4	8.03	10.16	12.62	15.35	2.44**
5	9.36	9.68	12.61	14.25	1.63**
6	10.37	11.11	13.42	15.15	1.59**
7	9.7	11.19	13.07	15.05	1.78**
8	8.69	10.11	12.48	Plántulas muertas	1.90*
9	9.77	9.94	11.86	Plántulas muertas	1.05*
10	10.8	10.91	12.55	Plántulas muertas	0.88*
11	10.79	11.42	11.95	Plántulas muertas	0.58*
12	9.41	9.45	11.6	Plántulas muertas	1.10*
13	6.79	7.23	11.4	Plántulas muertas	2.31*
14	8.38	9	12.25	Plántulas muertas	1.94*
15	9.39	9.88	11.07	Plántulas muertas	0.85*
16	9.27	9.37	11.15	Plántulas muertas	0.94

Respecto a la tasa de crecimiento en altura, los mayores valores se presentaron en los tratamientos 1, 2 y 3, todos ellos con la constante del riego no limitado; el uso del polímero en estos casos parece no haber influido en el comportamiento de esta variable ya que los valores observados al final del período, fueron los mismos.

Después del tercer mes de muestreo las plantas de los tratamientos del 8 al 16 murieron, esto debido posiblemente a un mal manejo en la incorporación del polímero.

La variable diámetro presentó su mejor resultado en el tratamiento 14 con 0.04 mm/mes y el peor tratamiento fue el número 13 con 0.025 mm/mes (Cuadro 4). Los mayores promedios obtenidos fueron tratamientos con riego no limitado, esto se puede explicar por la disponibilidad de humedad que tiene la plántula. Con respecto a los tratamientos con riego limitado que presentaron los mejores resultados sobresale el número 14 con 0.04 mm (Cuadro 4); se considera que el polímero presentó eficiencia en su utilización.

CUADRO 4. Valores de diámetro y tasa de crecimiento promedio mensual en la variable diámetro en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., cultivadas en invernadero (*= tres muestreos, **= cuatro muestreos).

Tratamiento	Diámetro (mm/mes)				Tasa de crecimiento promedio mensual (mm/mes)
	1er. muestreo	2do. muestreo	3er. muestreo	4º. muestreo	
1	0.2	0.22	0.24	0.29	0.03**
2	0.2	0.2	0.22	0.29	0.03**
3	0.2	0.21	0.25	0.3	0.03**
4	0.22	0.23	0.24	0.29	0.02**
5	0.23	0.23	0.25	0.27	0.01**
6	0.22	0.25	0.27	0.29	0.02**
7	0.23	0.25	0.26	0.29	0.02**
8	0.21	0.22	0.23	Plántulas muertas	0.01*
9	0.23	0.24	0.24	Plántulas muertas	0.005*
10	0.2	0.23	0.26	Plántulas muertas	0.03*
11	0.22	0.23	0.23	Plántulas muertas	0.005*
12	0.21	0.21	0.26	Plántulas muertas	0.03*
13	0.2	0.22	0.25	Plántulas muertas	0.025*
14	0.2	0.22	0.27	Plántulas muertas	0.04*
15	0.2	0.21	0.23	Plántulas muertas	0.015*
16	0.2	0.21	0.23	Plántulas muertas	0.02*

En la variable peso seco de la raíz, los mayores crecimientos se presentaron en el tratamiento 4 con 0.052 g/mes, y el 3 con 0.05 g/mes (Cuadro 5). El peor resultado se

observó en el tratamiento 12 con 0.005 g/mes (Cuadro 5).

Los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos con riego no limitado, consideramos que estos resultados se obtuvieron por la disponibilidad de la humedad en las plántulas.

CUADRO 5. Valores de peso seco radical y tasa de incremento promedio mensual en la variable peso seco radical en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., cultivadas en invernadero (*= tres muestreos, **= cuatro muestreos).

Tratamiento	P.S.R. (g/mes)				Tasa de crecimiento Promedio mensual (g/mes)
	1er. muestreo	2do. muestreo	3er. muestreo	4º. muestreo	
1	0.04	0.07	0.1	0.12	0.03**
2	0.05	0.07	0.13	0.14	0.03**
3	0.04	0.07	0.15	0.19	0.05*
4	0.05	0.11	0.16	0.21	0.05**
5	0.05	0.08	0.11	0.15	0.03**
6	0.07	0.11	0.16	0.2	0.04**
7	0.07	0.12	0.13	0.2	0.04**
8	0.06	0.09	0.14	Plántulas muertas	0.04*
9	0.06	0.08	0.1	Plántulas muertas	0.02*
10	0.04	0.07	0.1	Plántulas muertas	0.03*
11	0.05	0.06	0.09	Plántulas muertas	0.02*
12	0.04	0.04	0.05	Plántulas muertas	0.005*
13	0.04	0.06	0.09	Plántulas muertas	0.03*
14	0.06	0.08	0.12	Plántulas muertas	0.03*
15	0.05	0.06	0.07	Plántulas muertas	0.01*
16	0.05	0.06	0.07	Plántulas muertas	0.01*

Con respecto a las restantes variables de estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos en la tasa de crecimiento promedio el mejor tratamiento correspondió al número 6 y el peor tratamiento fue el 12 (Cuadro 3); sin embargo, para las tasas de crecimiento promedio mensual en diámetro el mejor tratamiento correspondió al 14 y el peor tratamiento fue el 9 ver (Cuadro 4). En cuanto a la variable peso seco aéreo el mejor tratamiento en la tasa de crecimiento promedio mensual lo presentó el 3 y el peor tratamiento fue el 12 (Cuadro 7); la variable peso seco de raíz en la tasa de crecimiento promedio mensual el mejor tratamiento se presentó en el 4 y el peor tratamiento fue el 16; para la variable peso seco total en la tasa de crecimiento promedio mensual corresponde al 3 y el peor tratamiento fue para el 12.

Como se aprecia en el Cuadro 3, la mejor altura fue para el tratamiento 6 (12.51 cm/mes) y la peor altura se obtuvo en el tratamiento 13 (8.47 cm/mes); sin embargo,

del Cuadro 4 se infiere que los tratamientos 3 (2.44 cm/mes) y 4 (2.44 cm/mes) presentaron la mayor tasa de crecimiento promedio mensual en altura, y la peor tasa de crecimiento se presenta en el tratamiento 11 (0.58 cm/mes).

Con base en estos resultados se puede indicar que la utilización del polímero en dosis de 2 y 3 g es eficiente en el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Pinus cembroides* Zucc.; sin embargo, es necesario que el riego no sea limitado. Por su parte el sustrato turba de musgo 50 % + tierra lama 50 % es el más recomendable de utilizar de acuerdo con los resultados obtenidos en la tasa de crecimiento promedio en altura, ya que las características favorables que éste presenta son aprovechadas por las plantas para el crecimiento.

Respecto a los tratamientos con riego limitado, que en el tercer muestreo se presentó una mortalidad de plántulas aproximada entre 30 y 50 %, también se presentó una mayor incidencia en los tratamientos 15 y 16; en el cuarto muestreo se tuvo una mortalidad total de las plántulas, se considera que la alta mortandad de las plántulas se pudo deber a la aplicación física del polímero, ya que éste se colocó en la parte media del contenedor al momento del llenado con el sustrato; la expansión que presenta el polímero al absorber el agua en el contenedor (el polímero se utilizó en seco o en gránulos y no en forma de gel), aunado a un sustrato con escasa humedad propició la separación del cepellón, provocando en la plántula un posible estrés y finalmente la muerte. En las repeticiones que presentaron fallas, no se hizo la reposición de las plántulas para no alterar las mediciones respecto al crecimiento y edad de las mismas, se procuró en lo posible la uniformidad de las plantas.

Crespo (1991) trabajando con *Pinus greggii* en vivero, menciona de los incrementos obtenidos en altura (cm) al utilizar este tipo de polímeros, fueron en promedio 81 % superior al testigo y el incremento en diámetro (cm) fue entre 25 y 75 % superior al testigo, concluyó que el polímero, reduce considerablemente el efecto de sequía en los árboles recién plantados, induciendo al crecimiento en forma notable. Aunque no se coincidió con este autor en los resultados de esta investigación, con respecto a los incrementos presentados en sus variables mencionadas, se coincide que la utilización del polímero en plantaciones forestales, favorece el porcentaje de vivencia de los árboles y que les ayuda a su establecimiento.

CONCLUSIONES

El porcentaje de germinación, la utilización de sustratos con porcentajes altos de materia orgánica (75-100 %) es significativa en germinación, el efecto eficiencia del polímero no es significativo, el efecto de este sólo se presenta si el sustrato es bajo o nulo en materia orgánica.

En el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., la utilización de polímeros de agua es eficiente; sin embargo, los mejores resultados se obtuvieron con el riego no limitado. Respecto a la utilización de las mezclas de sustratos, la correspondiente a turba de musgo 50 % + tierra lama 50 %, fue en la que se presentan las mejores ganancias de biomasa.

En general los tratamientos que tuvieron riego no limitado fueron los mejores y esto se puede explicar a la disposición de humedad sin necesidad del efecto del polímero.

LITERATURA CITADA

CRESPO, M.R. 1991. Posibilidades del uso de polímeros sintéticos como conservadores de la humedad del suelo en reforestaciones

con *Pinus halepensis*. Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hidalgo. México 30 p.

CHÁVEZ, O. P.; VERA, C. G.; RODRÍGUEZ, F. C. 1989. Técnicas de producción de *Pinus cembroides* Zucc en vivero. En 3er. Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp 35-38.

DANIEL R., T. W., HELMS, J. A.; BAKER, F. S. 1983. Principios de silvicultura. Mc. Graw-Hill, México. 492 p.

NIEMBRO R., A.; FIERRO G., A. M. 1988. Factores ambientales que controlan la germinación de la semilla. En: Curso Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales Comerciales. 30 de mayo al 5 de junio. Centro de Genética Forestal. Chapingo. México. 116-134 pp.

ROJAS G., M.; RÓBALO, M. 1984. Fisiología vegetal aplicada. Mc. Graw-Hill. México. 302 p.

ROMERO M., A. 1982. Estudio de tres leguminosas forrajeras arbustiva de los agostaderos del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 254 p.