



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

---

**Efecto del fuego sobre la germinación de cinco  
especies arbóreas de una selva mediana  
subcaducifolia en Cozumel, México.**

---

TESIS

Para obtener el grado de

**Lic. Manejo de Recursos Naturales**

PRESENTA

**Ronnie Miranda Hernández**

DIRECTOR DE TESIS

**Dr. Alejandro Collantes Chávez-Costa**

ASESORES

**Dr. Eduardo Alanís Rodríguez**

**Dr. Sergio Francisco Juárez Cerrillo**

Cozumel Quintana Roo, México, marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO


Motivo: **Carta de cesión de derechos.**

Por medio de la presente yo, Ronnie Miranda Hernández egresado de la Licenciatura de Manejo de Recursos Naturales, otorgo el permiso a la Universidad de Quintana Roo para reproducir y distribuir de forma institucionalizada, copias de forma completa o en partes del documento de tesis, que lleva por título Efecto del fuego sobre la germinación de cinco especies arbóreas de una Selva Mediana Subcaducifolia en Cozumel, México.

Cozumel, Quintana Roo a 22 de marzo de 2021.

Br. Ronnie Miranda Hernández

Dr. Alejandro Luis Collantes Chávez-Costa, Universidad de Quintana Roo.  
Director de tesis  
E-mail: [collants@uqroo.edu.mx](mailto:collants@uqroo.edu.mx)



---

---

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN: .....	11
Los incendios forestales.....	11
La ecología del fuego.....	12
Las selvas en México.....	15
ANTECEDENTES .....	19
JUSTIFICACIÓN .....	25
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	30
HIPÓTESIS .....	30
OBJETIVOS: .....	30
Objetivo general .....	30
Objetivos específicos .....	30
ÁREA DE ESTUDIO: .....	31
Clima.....	32
Vegetación .....	32
Fauna.....	32
Geología .....	33
Edafología.....	33
MATERIALES Y METODO .....	35
Recolección y selección de semillas .....	35
Diseño experimental .....	35
Prueba de viabilidad de semillas.....	38
Análisis de datos de germinación.....	38
Pruebas estadísticas.....	39
RESULTADOS .....	40
DISCUSIÓN .....	58
CONCLUSIONES .....	63
LITERATURA CITADA.....	64
ANEXOS .....	70

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incendio de tipo superficial.....	12
Figura 2. Incendio de tipo subterráneo.....	12
Figura 3. Incendio de tipo Copa .....	12
Figura 4. Ubicación de Cozumel .....	31
Figura 5. Invernadero de la Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel	36
Figura 6. Crecimiento de plántula de <i>B. bucidaefolia</i> en el tratamiento 80°C/5min .....	36
Figura 8. Plántulas de <i>L. latisiliquum</i> en el tratamiento 60°C/5min .....	37
Figura 7. Plántulas de <i>L. latisiliquum</i> y <i>C. arborecens</i> .....	37
Figura 9. Plántulas de <i>B. bucidaefolia</i> en el Control.....	37
Figura 10. Plántulas de <i>B. bucidaefolia</i> en diferentes tratamientos.....	37
Figura 11. Formato de hojas de registro de germinaciones de plántulas.....	37
Figura 12. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>P.</i> <i>piscipula</i> en diferentes tratamientos aplicados.....	40
Figura 13. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$ desviación estándar) de <i>P.</i> <i>piscipula</i> en diferentes tratamientos aplicados.....	41
Figura 14. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>P. piscipula</i> en diferentes tratamientos aplicados. ....	42
Figura 15. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de <i>P. piscipula</i> a través del periodo de estudio .....	43
Figura 16. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>B.</i> <i>bucidaefolia</i> en diferentes tratamientos aplicados.....	44
Figura 17. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$ desviación estándar) de <i>B.</i> <i>bucidaefolia</i> en diferentes tratamientos aplicados.....	45
Figura 18. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>B. bucidaefolia</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	46
Figura 19. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de <i>B.</i> <i>bucidaefolia</i> a través del periodo de estudio .....	47
Figura 20. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>L.</i> <i>latisiliquum</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	48

---

Figura 21. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$ desviación estándar) de <i>L. latisiliquum</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	49
Figura 22. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>L. latisiliquum</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	50
Figura 23. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de <i>L. latisiliquum</i> a través del periodo de estudio .....	51
Figura 24. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>C. arborecens</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	52
Figura 25. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$ desviación estándar) de <i>C. arborecens</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	53
Figura 26. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$ desviación estándar) de <i>C. arborecens</i> en diferentes tratamientos aplicados .....	54
Figura 27. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de <i>C. arborecens</i> a través del periodo de estudio .....	55
Figura 28. Porcentajes de germinación promedio de las cuatro especies de estudio en los diferentes tratamientos aplicados .....	56

---

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperaturas registradas en el suelo en incendios forestales de diferentes estudios de manera cronológicamente.....	14
Cuadro 2. Especies florísticas representativas de una selva mediana subcaducifolia .....	16
Cuadro 3. Estudios relativos al efecto de las temperaturas de incendio sobre la germinación.....	26
Cuadro 4. Nombre científico y común de las especies de estudio .....	35
Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso <i>P. piscipula</i> .....	41
Cuadro 6. Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso <i>P. piscipula</i> .....	42
Cuadro 7. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso <i>P. piscipula</i> .....	43
Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso <i>B. bucidaefolia</i> .....	44
Cuadro 9. Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso <i>B. bucidaefolia</i> .....	45
Cuadro 10. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso <i>B. bucidaefolia</i> .....	46
Cuadro 11. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso <i>L. latisiliquum</i> .....	48
Cuadro 12. Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso <i>L. latisiliquum</i> .....	49
Cuadro 13. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso <i>L. latisiliquum</i> .....	50
Cuadro 14. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso <i>C. arborecens</i> .....	52
Cuadro 15. Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso <i>C. arborecens</i> .....	53
Cuadro 16. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso <i>C. arborecens</i> .....	54

Cuadro 17. Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 60°C de temperatura (diferencia significativa \*) ..... 56

Cuadro 18. Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 80°C de temperatura (diferencia significativa \*) ..... 56

Cuadro 19. Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 100°C de temperatura (diferencia significativa \*) ..... 57

Cuadro 20. Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 120°C de temperatura (diferencia significativa \*). ..... 57

---

---

## ANEXOS

Cuadro 21. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso P. piscipula.....	70
Cuadro 22. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso P. piscipula.....	70
Cuadro 23. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso P. piscipula.....	72
Cuadro 24. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso P. piscipula.....	73
Cuadro 25. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso P. piscipula.....	73
Cuadro 26. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso P. piscipula.....	75
Cuadro 27. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso P. piscipula.....	76
Cuadro 28. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso P. piscipula.....	76
Cuadro 29. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso P. piscipula.....	78
Cuadro 30. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia.....	78
Cuadro 31. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia.....	79
Cuadro 32. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia.....	81
Cuadro 33. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso B. bucidaefolia.....	81
Cuadro 34. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso B. bucidaefolia.....	81
Cuadro 35. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso B. bucidaefolia.....	83

---



---

Cuadro 36. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso B. bucidaefolia .....	84
Cuadro 37. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso B. bucidaefolia .....	84
Cuadro 38. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso B. bucidaefolia .....	86
Cuadro 39. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso L. latisiliquum .....	87
Cuadro 40. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso L. latisiliquum .....	87
Cuadro 41. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso L. latisiliquum .....	89
Cuadro 42. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso L. latisiliquum .....	90
Cuadro 43. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso L. latisiliquum .....	90
Cuadro 44. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso L. latisiliquum .....	92
Cuadro 45. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso L. latisiliquum .....	92
Cuadro 46. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso L. latisiliquum .....	92
Cuadro 47. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso L. latisiliquum .....	95
Cuadro 48. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso C. arborecens .....	95
Cuadro 49. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso C. arborecens .....	95
Cuadro 50. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso C. arborecens .....	101
Cuadro 51. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso C. arborecens .....	101
Cuadro 52. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso C. arborecens .....	102

---

Cuadro 53. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso C. arborecens..... 104

Cuadro 54. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso C. arborecens..... 104

Cuadro 55. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso C. arborecens..... 105

Cuadro 56. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso C. arborecens..... 107

---

---

## RESUMEN

Los incendios forestales siempre se han presentado durante la historia del hombre en el planeta. Este fenómeno ha deteriorado los recursos naturales, y paralelamente ha influido en la selección y adaptación de las especies de plantas. El paso de un incendio forestal arrasa normalmente con la vegetación que se encuentra a su paso, y su capacidad de recuperación y regeneración depende en buena medida de la capacidad de rebrotar de las plantas, de la llegada de nuevas semillas de fuentes externas a la zona incendiada, y de la presencia y persistencia de un banco de semillas diverso; con semillas cuya capacidad germinativa no se vea afectada por las altas temperaturas ni por los periodos de exposición al calor. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta germinativa de cinco especies arbóreas *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Colubrina arborecens* y *Bursera simaruba* de una Selva mediana Subcaducifolia en Cozumel, México. Para ello se aplicaron tratamientos a las semillas simulando temperaturas de un incendio forestal 60, 80, 100 y 120°C a dos diferentes tiempos de exposición de calor 5 y 15 minutos en un horno mufla. Las semillas se recolectaron dentro la Universidad de Quintana Roo Campus Cozumel en los meses de mayo, junio, julio y noviembre del 2018, durante su etapa de fructificación. Para cada especie, se usaron tres réplicas con 30 semillas para cada tratamiento más tres réplicas de semillas no expuestas al calor como tratamiento control. El monitoreo de germinación se realizó cada dos días en el invernadero de la misma institución por cuatro meses y se regaron diario dos veces al día por aspersión. Mediante un análisis de ANOVA, se compararon los datos de porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación, tiempo de latencia, sobrevivencia de plántulas. Asimismo, mediante la Prueba de comparaciones múltiples de Tukey, se determinaron las diferencias significativas entre tratamientos y especies. Las semillas de *B. simaruba* no pasaron las pruebas de viabilidad, a pesar de ello se utilizaron para el estudio y en el periodo de monitoreo no se presentó alguna germinación lo cual se excluyen sus resultados. A diferencia de las demás especies de estudio, estas presentaron variabilidad en las germinaciones dependiendo de la temperatura y tiempo de exposición, cabe destacar que *B. bucidaefolia* y *P. piscipula* germinaron aun a una temperatura de 100°C cuando fueron expuestas a 5 minutos, sin presentar diferencias significativas con sus "Controles". En cambio, *L. latisiliquum* y *C. arborecens* obtuvieron bajos porcentajes donde presentaron germinación; en la primera demostró cierta resistencia a una temperatura de 60°C sin importar el tiempo de exposición, pero cuando fue expuesta a mayores temperaturas, la germinación decreció presentando diferencias significativas, en la segunda especie su

---

comportamiento fue tolerable en las temperaturas 60 y 80°C en tiempos de exposición de 5 minutos. Los resultados demostraron que las temperaturas aplicadas no estimularon la germinación de manera significativa, sin embargo, se sugiere que son resistentes o tolerantes a rangos de temperaturas de entre 60-100°C dependiendo del tiempo expuesto al calor extremo. El tiempo de exposición fue un factor relevante ya que cuando las semillas fueron expuestas a 15 minutos a partir de temperaturas 80-120°C no se observó germinación a excepción de *B. bucidaefolia*, fue la única en germinar en el tratamiento 80°C/15 minutos, esta cualidad lo hace tener una ventaja competitiva respecto a las demás especies de estudio para sobrevivir a incendios más prolongados.

**Palabras clave:** Plántulas, germinación, tratamiento, regeneración, incendio forestal.

---

## INTRODUCCIÓN

### Los incendios forestales

Los incendios forestales son producidos por la combustión de la vegetación a partir de un fuego originado por causas humanas o naturales dentro de una determinada área. Se comprende por incendio forestal a la propagación no controlada del fuego sobre la vegetación que encuentra a su paso los estratos arbustivos, arbóreos y herbáceos (Plana Bach, Font Bernet y Serra Davos, 2016).

Los primeros incendios forestales que se tiene registro se remontan a casi 470 millones de años atrás, en el periodo Silúrico; este fenómeno ha presentado altas y bajas incidencias en la historia del planeta, principalmente con los cambios en los niveles de humedad y concentración de oxígeno atmosférico. La presencia de los incendios ha tenido picos en el Carbonífero, Jurásico, Cretácico, Cuaternario y particularmente después de la aparición del hombre. Cuando las plantas colonizaron la superficie terrestre, se presentaron las primeras adaptaciones al fuego. Con la separación de Pangea en el Triásico, el clima inicia su paso hacia los patrones actuales y con ello comienza a perfilar las temporadas de incendios anuales y la configuración de regímenes de fuego a los de la actualidad (Rodríguez Trejo, 2012).

En la literatura forestal se reconocen tres tipos de incendios. Los superficiales, que consumen los restos vegetales del suelo, y se propagan quemando hierbas y arbustos, y afectan también a los troncos de los árboles adultos, y son los incendios más frecuentes de México (Figura 1). Los incendios subterráneos, que se propagan bajo la superficie del suelo, y queman raíces y la materia orgánica que integra el suelo. Son lentos, y carecen de flama por lo que los hacen difíciles de detectar (Figura 2). Y los incendios de copa, que se forman en bosques densos donde el fuego se propaga de una copa de a otra; son incendios rápidos y pueden consumir por completo el arbolado, y en algunos casos se originan a partir de un incendio superficial (Figura 3) (Sosa et al., 1999 citado por Peña Ramírez y Bonfil, 2003).

---



Figura 1. Incendio de tipo superficial  
(tomado de Anónimo, 2010)



Figura 2. Incendio de tipo subterráneo  
(tomado de Anónimo, 2010)



Figura 3. Incendio de tipo Copa (tomado de Anónimo, 2010)

Los incendios forestales han contribuido en el mundo al deterioro de los recursos naturales, y a pérdidas económicas y de vidas humanas (Ressl y Cruz, 2012). El centro mundial para el monitoreo de incendios estima que los incendios forestales y el fuego utilizado para cambios de uso de la tierra, consumen en promedio unos 9,000 millones de toneladas de biomasa vegetativa cada año en todo el mundo (FAO, 2005). En México esta situación no es la excepción, y cada año se presentan incendios forestales de diversas magnitudes. De 1970 a 2006 han ocurrido en promedio unos 7,000 incendios forestales por año, afectando unas 221,179 hectáreas. Las causas de estos fenómenos en México han sido principalmente a actividades humanas, de las que aproximadamente un 98% del total nacional y el 2% se debe a causas naturales como erupciones volcánicas o descargas eléctricas (Ressl y Cruz, 2012).

### **La ecología del fuego**

En muchos ecosistemas los incendios forestales tienden a provocar un impacto negativo por la degradación que sufren el suelo y la cobertura vegetal. Este fenómeno ha sido como una herramienta de uso extensivo para la remoción de selvas y bosques. Los impactos a los sistemas forestales no siempre son negativos. En los bosques templados, después de un incendio se propicia el rebrote de pasto tierno que sirve

para la alimentación del ganado y de la fauna silvestre; se facilita la germinación de las semillas de algunas especies de árboles se controlan ciertas plagas, enfermedades y vegetación indeseable, se incorporan nutrientes al suelo y se disminuye la presencia de incendios de grandes magnitudes (Ressl y Cruz, 2012). En el caso anteriormente expuesto, el fuego es un factor ecológico importante, tanto como el viento, el suelo, la temperatura o la precipitación, ya que determina la estructura y funcionalidad del ecosistema (Granados Sánchez y López Ríos, 1998).

Sin embargo, la regeneración del medio natural quemado tras dicho fenómeno depende fundamentalmente de la capacidad de rebrote de las especies, así como de las semillas, almacenadas en el suelo (banco de semillas) y su capacidad regenerativa (Casal et al. 2011). El banco de semillas está constituido por las semillas viables que se encuentran alojadas en el suelo y hojarasca, y que han permanecido ahí más de un año. Su formación es parte del mecanismo natural de regeneración en diferentes ambientes y comunidades vegetales alrededor del mundo, siendo esta fuente de regeneración más o menos importante de acuerdo con el sistema. Gran parte de las investigaciones se han centrado en el rol que juega el banco de semillas en la regeneración después de un disturbio. Sus atributos (densidad, riqueza de especies, composición y diversidad) han permitido ser indicadores efectivos de la capacidad regenerativa de la comunidad o ecosistema vegetal, debido a estos factores son impactados por diferentes disturbios (Zuloaga Aguilar, 2010), y el fuego altera sus valores y afecta así la respuesta germinativa de las semillas protegidas en el banco de semillas (Casal et al., 2011).

Las temperaturas que alcanzan el suelo son variadas, dependiendo de la profundidad del incendio, y los tipos y cantidad de combustibles. En general el suelo es un mal conductor del calor, las temperaturas que se alcanzan en capas profundas del suelo son bajas a comparación a las llamas sobre pasando los 1400°C (DeBano et al., 1998 citado por Mataix Solera y Guerrero, 2007). Varios estudios identifican que en superficie se alcanzan temperaturas entre 500-800°C (Cuadro 1). En profundidad la variabilidad de registros es muy amplia, desde una variación irrelevante a 5 cm de profundidad a máximos de entre 100-300°C (Cuadro 1).

---

Cuadro 1. Temperaturas registradas en el suelo en incendios forestales de diferentes estudios de manera cronológicamente (tomado de Mataix Solera y Guerrero, 2007).

<b>Autor (año)</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Profundidad cm</b>	<b>Tipo de vegetación</b>
<b>Heyward (1938)</b>	135	0.32-0.64	Pinar
<b>Cook (1939)</b>	550	Superficie	Prado
<b>Beadle (1940)</b>	250	2.5	Bosque denso
	105	7.5	
	60	1.5	
<b>Sampson (1944)</b>	538	Superficie	Garriga
	149	3.8	
<b>Masson (1949)</b>	700	Superficie	Sabana
	438	Superficie	
<b>Uggla (1958)</b>	27	3	Bosque de coníferas
	17	7	
	590	Superficie	
<b>Bentley &amp; Fenner (1958)</b>	399	1	Garriga
	177	Superficie	
	93	1.3	
	1150	Superficie	
<b>Uggla (1960)</b>	500	3	Pinar
	900	Superficie	
<b>Humphreys &amp; Lambert (1965)</b>	100	5	Eucaliptos
	400-200	Superficie	
<b>Smith &amp; Sparling (1966)</b>		Superficie	Matorral
<b>Floyd (1966)</b>	510	Superficie	Bosque denso
	44		
<b>DeBano &amp; Rice (1971)</b>	716	Superficie	Bosque denso (por la noche)
	166	2.5	
	66	5	Bosque denso (por la noche)
	316	Superficie	
	66	2.5	
	43	7.6	
<b>Agee (1973)</b>	93	Superficie	Pinar
<b>Dunn &amp; DeBano (1977)</b>	800	Superficie	Matorral
	500	1	
<b>Sanchez et al. (1994)</b>	340	Superficie	Pinar
	740	Superficie	Estepa
	280	Superficie	Gramíneas
	51	Superficie	Sin vegetación
<b>Ubeda (1998)</b>	600	Superficie	Prado
	50	1	
<b>Mataix Solera (1999)</b>	702	Superficie	Aulogar (Ulex paviflorus)
	22	5	



## Las selvas en México

Las selvas son comunidades compuestas por vegetación arbórea de origen meridional, normalmente de climas cálido húmedo, subhúmedo y semi-seco. Están compuestas por una mezcla de muchas especies arbóreas y arbustivas. Poseen también bejucos, lianas, plantas epífitas; aquellas de climas semisecos normalmente presentan árboles y arbustos espinosos entre las especies dominantes (FAO, 2005). De acuerdo con Miranda y Hernández-Xolocotzli (1963), estas están clasificadas de acuerdo con sus características fisonómicas, como lo son la persistencia o caducidad de hoja durante la época más seca del año y su altura. De acuerdo con estos atributos su clasificación es la siguiente: Selva alta perennifolia; selva alta subperennifolia; selva mediana perennifolia; selva mediana subperennifolia; selva mediana subcaducifolia; selva baja perennifolia; selva baja subperennifolia; selva mediana caducifolia; selva baja subcaducifolia; selva baja caducifolia; selva baja espinosa; y selva de galería (Miranda y Hernandez-Xolocotzli, 1963)

En particular, el 50% de los árboles que componen a la selva mediana subcaducifolia pierden las hojas en la época de estiaje, temporada que dura entre cinco o siete meses, y en la cual se presenta baja humedad atmosférica, mientras que en el resto del año se registran precipitaciones abundantes, temperaturas en promedio altas y no ocurren heladas. Posee una estructura compleja debido a su alta diversidad y a su dinámica estacional. La altura de su estrato arbóreo oscila entre 15 y 40 m, aunque pueden presentar árboles de mayor altura. Su distribución no se conoce con certeza debido a que ocurren como manchones discontinuos formando mosaicos. Complejos con la selva tropical perennifolia, selva caducifolia y otras variantes de vegetación (Aguilera Gómez et al., 2016).

En México, la selva mediana subcaducifolia se distribuye a lo largo de la vertiente del pacífico, aunque se encuentra en áreas pequeñas del centro de Veracruz, en la parte central y norte de la península de Yucatán y en la depresión central de Chiapas. Su composición florística es característica de cada lugar (Pennington y Sarukhan, 2005). Son muchas las especies representativas de este tipo de vegetación entre las cuales se presentan a continuación y otras más (Cuadro 2).

---

Cuadro 2. Especies florísticas representativas de una selva mediana subcaducifolia (elaboración propia con datos de estudios de Zamora-Crescencio et al., 2008 y Gutierrez-Baez et al., 2012)

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
<b>ANACARDIACEAE</b>	<i>Astronium graveolens</i> Jaq.
	<i>Metopium brownei</i> (Jack.) Urb
	<i>Spondias bombín</i> L.
<b>ANNONACEAE</b>	<i>Malmea depressa</i> (Baillon) R.E.Fr
	<i>Sapranthus campechianus</i> (Kunth) Standl.
<b>APIACEAE</b>	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.
<b>ARECACEAE</b>	<i>Sabal japa</i> C. Wright ex Becc.
<b>ASTERACEAE</b>	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) KM Becker
<b>BIGNONIACEAE</b>	<i>Arrabidaea</i> sp.
<b>BORAGINACEAE</b>	<i>Bourreria pulchra</i> (Millsp.) Millsp.
	<i>Cordia gerasacanthus</i> L.
	<i>Ehretia tinifolia</i> L.
<b>BRASSICACEAE</b>	<i>Capparis pachaca</i> Kunth
	<i>Forchhaeria trifoliata</i> Radlk.
<b>BURSERACEAE</b>	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
<b>EBENACEAE</b>	<i>Diospyros anisandra</i> S.F Blake.
	<i>Diospyros campechiana</i> Lundell
	<i>Diospyros cuneata</i> Standl.
	<i>Diospyros salicifolia</i> Humbl. & Bonpl. Ex Willd.
	<i>Diospyros verae crucis</i> (Standl) Standl
	<i>Diospyros yatesiana</i> Standl.
<b>FABACEAE</b>	<i>Acacia dolychostachya</i> S.F Blake
	<i>Acacia cornígera</i> (L.) Willd.
	<i>Acacia gaumeri</i> S.F Blake.
	<i>Lonchocarpus</i> sp.
	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth

	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.
	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.
	<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P. Wilson.) Standl.
	<i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) SM Hern.
<b>LAMIACEAE</b>	<i>Callicarpa acuminata</i> Kunth.
	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.
<b>MALPIGHIACEAE</b>	<i>Bunchosia glandulosa</i> (Cav.) DC
	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb
	<i>Byrsonima bucidaefolia</i> Standl.
	<i>Hirea reclinata</i> Jacq.

A continuación, se detallan algunas de ellas, mismas que dispersan sus semillas enero y noviembre

*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth

Árbol que crece hasta 20 m de altura y 70 cm de diámetro, su corteza es de color gris y lisa. Presenta hojas compuestas bipinadas de a 4 o 5 pares de pinnas opuestas. Las inflorescencias son globosas en conjunto en las axilas de las hojas, el cáliz es verde y la corola rojiza. Los frutos de esta planta se presentan en vainas entre 9 y 15 cm de largo y 2 a 4 cm de ancho aplanadas de color oscuro. Esta especie es típica de las selvas medianas subcaducifolias, pero igual se presentan en las selvas subperennifolias. Su madera tiene una densidad básica alta y es fácil de trabajar es usada como elemento estructural en techos, muros y pisos al igual que muebles de alta calidad y artesanías (Navarro Martínez y Vester, 2007).

*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.

Esta especie presenta alturas de 20 m y 50 cm de diámetro, las ramas son ascendentes y la parte terminal es horizontal, presenta hojas compuestas alternas, pinnadas con 3 a 4 pares de foliolos y uno terminal. Los frutos son vainas con alas onduladas con color verde a amarillo. Su madera se utiliza para la fabricación de barcos, postes y en construcción en general al igual que se puede utilizar para la fabricación de mangos de cuchillería, decoración de interiores y construcción de casas. Su distribución se presenta en centro América y en los estados de Campeche,

Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Nayarit e Hidalgo. Son abundantes en selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias (Navarro Martínez y Vester, 2007).

*Colubrina arborecens* (Mill.) Sarg.

Esta especie puede alcanzar una altura de 6 m o más, esta planta crece en racimos densos en lugares soleados o parcialmente sombreados. Sus hojas se sostienen en finas ramitas cubiertas de pelos de color óxido (Gilman, 1999). Su distribución en México va de Veracruz a Quintana Roo y Yucatán. Esta especie se usa en Tabasco para mantener fresco el ambiente y para proporcionar sombra en los cacaotales; su madera es utilizada como materia prima para construcción de casas (Fernández Nava, 2010). Se puede encontrar en hábitats como manglares, selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia y selva alta perennifolia (Anónimo, 2020).

*Byrsonima bucidaefolia* Standl.

Árbol o arbusto que alcanza una altura entre 6 a 7 m, conocido como nance agrio, esta especie arbórea se presenta en vegetaciones como sabanas y selvas medianas o bajas (Perennifolias, subperennifolias, subcaducifolias y caducifolias); es cultivada en huertos; su distribución abarca los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche. Su fruto es comestible se prepara en vinagre y en conservas (Arellano Rodríguez et al, 2003) (Anónimo 2020). De acuerdo con Castillo-Avila et al. (2009) esta planta se utiliza para el tratamiento de varias enfermedades como asma, infecciones en la piel y fiebre, dado el caso los mismos autores estudiaron los extractos de sus hojas, y encontraron propiedades antioxidantes (metil galato y metil m-trigallato) deduciendo que poseen una acción antioxidante más fuerte que la vitamina C.

*Bursera simaruba* (L.) Sarg

Esta especie llega a alcanzar 30 m de alto con diámetros aproximados de 100 cm. Generalmente presenta torceduras en su tronco debido a su crecimiento. Sus hojas compuestas con 3-5 pares de folíolos y uno terminal, su haz es de color verde brillante. Su distribución es amplia desde Florida, el Caribe y Mesoamérica hasta el norte de América del sur con Colombia Venezuela y Guyanas. Es abundante en la península de Yucatán en bosques maduros y secundarios desde las más secas como húmedas (Navarro Martínez y Vester, 2007).

---

## ANTECEDENTES

Para conocer la respuesta germinativa de las semillas de distintas semillas luego de un evento de incendio forestal se han desarrollados diversas investigaciones. Cobar Carranza et al. (2015) realizaron un estudio para conocer la respuesta germinativa y tolerancia de las semillas de *Pinus contorta* especie muy invasora en las latitudes templadas y dos especies nativas *Araucaria araucana* y *Nothofagus antarctica* de la reserva nacional Malalcahuelo, Chile. Aplicando tratamientos de calor extremo, simulando temperaturas de incendios forestales 80, 100 y 120°C por 5 min a estas, con el fin de conocer la respuesta potencial de la regeneración de estas especies post-incendios. De su estudio se sugiere que, en las semillas de *P. contorta* presentan una ventaja competitiva sobre *A. araucana* y *N. antarctica* en incendios de alta intensidad, ya que no presentó efectos negativos a las altas temperaturas; por otro lado, la germinación de *A. araucana* presento una inhibición a temperaturas mayores a 100°C y la germinación de *N. antarctica* fue nula inclusive en el control.

En Galicia, España, Casal et al. (2011) estudiaron la respuesta germinativa de las especies leguminosas como *Ulex europaeus*, *Ulex galli* y *Adenocarpus lainzii* que son especies abundantes en esa región. En éste los autores realizaron tratamientos con una temperatura de 80°C con exposiciones de 5 y 15 minutos de calor en una estufa de aire forzado con su respectiva muestra control, y por otro lado se realizó un tratamiento de humo en un aplicador de humo FUME 2000, para explorar si este tenía algún efecto sobre la germinación de las semillas en el suelo. Las tasas de germinación obtenidas en este estudio fueron de 51% *U. galli*, 24% *U. europeus* y 5% *A. lainzii* en el tratamiento 80°C por 5 min; mientras que en el tratamiento de 80°C por 15 min, *U. galli* obtuvo 44%, *U. europeus* 20% y 2% *A. lainzii*. Además, se observó una diferencia importante entre las especies del género *Ulex*, que presentan una estimulación mayor por el efecto del fuego a comparación de *A. lainzii*. La especie *U. galli* resultó la más beneficiada en los tratamientos térmicos a comparación de su control con una tasa de 14% en 80°C por 5 min y 12% en 80°C por 15 min. En los tratamientos de humo la especie con mayor tasa de germinación fue *U. europeus* con un 21%.

Por otro lado, Valbuena et al. (1992) estudiaron las especies *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer* para determinar si el aumento de temperaturas en el suelo durante los incendios favorece la germinación bajo tratamientos de calor con diferentes rangos de temperaturas, a saber: 75, 100, 150, 200 y 300°C con diferentes tiempos de exposición 1, 5 y 15 minutos con la ayuda de un horno mufla. Paralelamente

estudiaron la regeneración de ambas especies en condiciones de campo en parcelas experimentales sometidas a quema controlada y corta de la biomasa aérea. Para *C. ladanifer* obtuvieron un incremento significativo respecto al control superando el 95% de germinación a 100°C por 1 y 5 minutos y a 150°C por 1 minuto. Sólo a 100°C durante 15 minutos descendió ligeramente la germinación. Para *Cistus laurifolius*, el incremento de su tasa de germinación respecto al control fue significativo a 75°C y 15 minutos de exposición; 100°C, 5 y 15 minutos y 150°C y 200°C durante 1 minuto con valores superiores al 70% de germinación. En la cual concluyen que *C. ladanifer* tiene una mejor respuesta germinativa que *C. laurifolius* tanto en la aplicación de los tratamientos y sin tratamiento térmico (59% y 21%).

En Argentina, Ernst et al. (2015) estudiaron el comportamiento del banco de semillas de gramíneas antes y después bajo el método de quemas controladas en una región denominada el caldenal. El trabajo consistió en elegir 5 parches forrajeros, 5 no forrajeros ambos denominados por gramíneas y 5 denominados por arbustos. En cada parche se obtuvieron 5 muestras de suelo al azar antes y después de las quemas controladas, mediante un cilindro metálico de 7 cm de diámetro y 4 cm de altura, el material obtenido fue monitoreado en un invernáculo en bandejas de germinación para observar la respuesta germinativa. Las especies que se registraron fueron *Bromus catharticus*, *Hordeum stenostachys*, *Jarava ichu*, *Nasella tenuissima*, *Nasella trichotoma*, *Piptochaetium napostaense*, *Poa ligularis* y *Seteria leucopila*. De los resultados obtenidos, *P. napostaense* registró un aumento de plántulas luego de la quema a una profundidad de 0-2 cm con 5150 plántulas, en comparación a lo registrado antes de la quema con (2179); *P. ligularis* presentó una disminución en el número de diásporas germinadas de 0-2 cm de profundidad después de la quema con 83 y antes de la quema con 2658; *J. ichu* presentó similitud en el número de plántulas antes y después de la quema, mientras que para *N. tenuissima* y *N. trichotoma* tuvieron sus máximos valores luego de la quema con profundidad de 0-2 cm con 314 y 1205 plántulas por m<sup>2</sup>, en comparación con lo observado antes de la quema 148 y 314. Las demás especies no fueron estudiadas por el hecho de que no presentaron un número suficientes para considerarse en el estudio.

Labbe Olguin (2013) estudió las especies de *Armeria maritima*, *Dactylis glomerata*, *Embotrhium coccineum*, *Holcus lanatus*, *Junellia tridens*, *Osmorhiza chilensis*, *Rumex acetosella* y *Senecio patagonicus* para lo cual aplicó tratamientos térmicos con temperaturas de 60, 90 y 120°C por una exposición de 5 minutos al calor, y un tiempo de exposición adicional 90°C por 10 minutos, en el cual se aplicó un baño térmico seco

digital (Accu Block™, Labnet International Inc, New Jersey, EE. UU) para llevar a cabo los tratamientos. En los porcentajes de germinación que obtuvo, se observó que *A. maritima* no presentó diferencias significativas entre el tratamiento 60°C por 5 min y su control (89% y 86% respectivamente), y sí con los otros tratamientos 90°C por 5 min (0%), 90°C por 10 min (1%) y 120°C por 5 min (0%).

Para *D. glomerata* no se observaron diferencias significativas entre 60°C por 5 min (35.13%) y su control (31.54%), mientras que en 90°C por 10 min el porcentaje de germinación fue significativamente inferior (20.43%), al igual que a los 90°C por 5 min (15.43%) y 120°C por 10 min (0%).

Para *E. coccineum* obtuvo un porcentaje de 74% en 60°C por 5 min, ligeramente menor al control (84%); por otro lado, los porcentajes en los demás tratamientos fueron nulos, por lo que concluye que hubo diferencias significativas a comparación a su control.

En el caso de *H. lanatus* sus porcentajes de germinación no presentan diferencias significativas en 60°C por 5 min (72%), 90°C por 5 min (77%), 90°C por 10 min (75%) respecto a su control (71%); pero sí en 120°C por 50 min (44%) con un porcentaje menor al control. De manera similar, *J. tridens* y *O. chilensis*, en 60°C por 5 min (con porcentajes de germinación de 62% y 12%), no mostraron diferencias significativas en la probabilidad de germinación respecto al control (73% y 6%), mientras que en 90°C por 5 min, 90°C por 10 min y 120°C por 5 min sí se detectaron diferencias significativas, ya que, en estos tratamientos, el porcentaje de germinación de estas especies fue nula.

En el caso de *R. acetosella*, no mostró diferencias significativas entre el 60°C por 5 min (71%) y el control (80%), mientras que en el caso de 90°C por 5 min (6%), 90°C por 10 min (12%) y 120°C por 5 min (0%) hubo diferencias significativas, debido al bajo porcentaje de germinación respecto al control. Finalmente, *S. patagonicus*, en todos los tratamientos mostró un porcentaje nulo, excepto en 60°C por 5 min con germinaciones de 84%, lo cual presentó diferencias significativas de la probabilidad de germinación en relación al control (96%).

Otro estudio respecto a esta línea de investigación realizada por Tavsanoğlu et al. (2015) en la estepa de Anatolia Central, Turquía donde analizaron 21 especies de herbáceas con tratamientos térmicos (60, 80, 100, 120 y 140 ° C durante 5 minutos) y un tratamiento de humo para probar si el porcentaje de germinación, el tiempo medio de germinación, el crecimiento de las plántulas y el vigor de las plántulas aumentan o disminuyen los tratamientos en comparación con los controles. Las semillas de todas las especies pudieron tolerar choques de calor bajo (60, 80°C por 5 min) pero los

choques de calor moderado (100°C) disminuyeron significativamente el porcentaje de germinación en más de la mitad de las especies estudiadas, mientras que en el alto (120 y 140°C), se observó un impacto negativo en germinación y crecimiento de las plántulas dieron como resultado cero y una mortalidad de las semillas.

Existen pocos estudios sobre el efecto del fuego sobre la respuesta germinativa contra incendios de especies tropicales y subtropicales.

Santos Fichino et al. (2016) realizaron un estudio para analizar la respuesta germinativa de los productos del calor y humo de las especies *Vellozia glauca* Pohl (Velloziaceae), *Chamaecrista* sp. (Fabaceae), *Abolboda poarchon* Seub (Xyridaceae), *Xyris hymenachne* Mart. (Xyridaceae), *Hyptis velutina* (Lamiaceae) y *Hyptis crenata* Pohl (Lamiaceae) recolectadas de una sabana tropical llamado "El Cerrado" en Brasil. En este trabajo se aplicaron tratamientos térmicos (choques de calor) a temperaturas 60 °C, 100 °C, 150 °C y 200 °C en diferentes exposiciones (1, 3 y 5 min) en un horno precalentado con temperatura controlada. También se usó un tratamiento con soluciones de líquido y humo para inferir si los químicos del humo estimulan la germinación de dichas especies, para lo cual se empleó un tratamiento combinado de choques térmicos y de solución líquida de humo. Los principales resultados obtenidos en los choques térmicos fue que cuatro especies mostraron bajas tasas de germinación (<40%) en las condiciones de control, y solo dos especies tuvieron germinación (> 65%) *Vellozia glauca* (4.9%) y *Xyris hymenachne* (0.9%), los porcentajes de germinación se vieron afectados entre las temperaturas de 100°C y 200°C independientemente del tiempo de exposición; las especies con mayores porcentajes de germinación (*Vellozia glauca*, *Xyris hymenachne* e *Hyptis crenata*) mostraron reducciones drásticas cuando se expusieron a temperaturas de 150 °C; *Chamaecrista* sp. mostró una baja germinación (control 6.3%), y las semillas mostraron una menor germinación cuando se expusieron a 100 °C durante 3 y 5 minutos. Sin embargo, esta fue la única especie que mostró una tendencia a aumentar la germinación cuando se expuso a 60 °C durante 3 y 5 min. En el caso del tratamiento con solución líquida de humo, este no mejoró significativamente la germinación en ninguna de las especies estudiadas. Para el tratamiento combinado, este presentó una tendencia igual al del tratamiento de choques térmicos, es decir, una disminución general de las tasas de germinación con temperaturas altas. De acuerdo con la investigación, los autores infieren que las especies estudiadas son resistentes al fuego a pesar de que no fueron estimuladas por este factor o el humo, pues pudieron germinar incluso después de la exposición a temperaturas de hasta 150 °C.



En Florida, Estados Unidos unos investigadores (King & Menges, 2018) estudiaron los efectos del fuego (calor y humo) sobre la germinación de semillas de seis especies de matorral (*Chrysopsis highlandsensis*, *Eryngium cuneifolium*, *Hypericum cumulicola*, *Lechea cernua*, *Liatris tenuifolia* y *Polygonella poligama*). En esta investigación se aplicaron tratamientos de calor seco, calor húmedo y humo acuoso. Las temperaturas del tratamiento térmico fueron de 100 °C durante 5 min, 60 °C durante 30 min, los tratamientos de calor húmedo se aplicaron colocando las semillas en agua. Para el tratamiento de humo, se creó una disolución de agua con los compuestos de este, y se dividió en concentraciones alta y baja. Los resultados relevantes fueron que las seis especies utilizadas en el estudio mostraron una germinación exitosa en tratamientos múltiples. El humo aumentó significativamente el éxito de la germinación en *C. highlandsensis*, *E. cuneifolium* y *L. cernua*. Todas las especies tuvieron una germinación nula o baja en condiciones de calor húmedo, y el tiempo para germinar aumentó en tres especies (una que responde y dos sembradoras obligadas) con tratamientos de calor húmedo. Cuatro especies (*E. cuneifolium*, *L. cernua*, *L. tenuifolia* y *P. poligama*) mostraron respuestas negativas a los tratamientos de calor más altos, tanto húmedos como secos, lo que sugiere que el calor mató algunas de las semillas. Los autores concluyeron que el fuego puede desempeñar un papel importante en la germinación de varias especies de matorral de Florida, un ecosistema pirogénico. Asimismo, de acuerdo con sus resultados los autores proponen que el humo juega un papel importante en la germinación posterior al fuego de al menos tres de las especies estudiadas, mientras que casi todas las especies del estudio mostraron tolerancia a los tratamientos térmicos potencialmente dañinos.

En México, Suloaga Aguilar et al. (2010), estudiaron 23 especies de las vegetaciones de bosques nubosos montañosos y pino-roble. Estas especies fueron *Acacia angustissima*, *Calliandra longipedicellata*, *Citharexylum mocinni*, *Crotalaria longiristrata*, *Desmodium sumichrastii*, *Eupatorium arsenei*, *Eupatorium sp*, *Fuchsia encliandra*, *Lupinus exaltatus*, *Magnolia iltisiana*, *Mimosa galeotti*, *Monnina xalapensis*, *Myrsine jurgensenii*, *Phytolacca icosandra*, *Pinus douglasiana*, *Prunus serotina*, *Rhamnus hintonii*, *Rhus schmidelioides*, *Salvia iodantha*, *Salvia lavanduloides*, *Salvia thyriflora*, *Solanum aphyodendron* y *Tigridia mexicana*. Las semillas de cada especie se expusieron a temperaturas de 60, 80, 100 y 120°C durante 5 y 60 minutos en arena seca y húmeda. El efecto del calor durante 5 min promovió la germinación de estas especies, mientras que en 100°C en arena indujo la germinación de 10 especies. Los autores concluyen que las temperaturas de 70-120°C aumentan la respuesta

---

germinativa de la mayoría de estas especies. Indican también que las semillas hidratadas antes de la aplicación de los tratamientos mostraron una baja o nula germinación, de lo que infieren que las quemadas prescritas al final de la temporada de lluvias pueden ser dañinas para estas especies.

## JUSTIFICACIÓN

Los estudios enfocados al entendimiento de la ecología del fuego han sido específicamente amplios en ecosistemas mediterráneos y en comunidades boscosas templadas en Australia, Europa y Norteamérica (Zuloaga Aguilar, 2010). Sin embargo, luego de una búsqueda exhaustiva en la literatura científica, se reconoce la falta de información sobre el efecto que las temperaturas extremas, equivalentes a las producidas en los incendios forestales, tienen sobre la germinación de especies forestales en latitudes tropicales, con lo que se abren vacíos en el conocimiento a este respecto. Este trabajo propone generar conocimiento sobre este tema.

En México el alto nivel de diversidad y endemismo se debe, al estar geográficamente entre las dos zonas biogeográficas; el neotropical y neártica, esto ha propiciado una gran variedad de seres vivos en la zona transicional; sin embargo, las especies de estudio provienen de una selva estacional (selvas bajas o medianas dependiendo de la altura y subperennifolia, subcaducifolia y caducifolia, dependiendo de la época de estiaje), estos tipos de biomas son de los más importantes del Neotrópico-México. Poseen más del 40% de plantas endémicas en el país, y es el tipo de vegetación que provee el mayor número de plantas medicinales en el mismo. A pesar de ello ha presentado una alta vulnerabilidad ante los impactos del ser humano para actividades relacionadas con la agricultura, infraestructura, ganadería y la extracción de especies maderables (De Nova-Vasquez et al., 2018; Arias et al., 2002; Zamora-Crescencio et al., 2008)

La regeneración del medio natural tras un incendio depende fundamentalmente de las especies presentes y de sus características regenerativas (Casal et al., 2011). Por lo tanto, con los resultados de esta investigación se podría inferir la viabilidad de regeneración que tienen estas especies abundantes dentro una selva estacional después de un incendio forestal.

En Quintana Roo, se registraron 40 incendios acumulados del 1 de enero al 2 de agosto del 2018 afectando unas 5,462 hectáreas de superficie vegetal entre sus estratos se vieron afectados 2,126 ha de estrato herbáceo, 2,935 ha de estrato arbustivo y 400 ha de estrato arbóreo (Anónimo, 2018). De manera similar, de acuerdo con datos de Anónimo (2019a), (2020b) y (2021c), entre 1 de enero del 2019 al 04 de marzo del 2021, se vieron afectadas unas 54,422 hectáreas de superficie vegetal. Los estratos que se vieron afectados en este periodo corresponden a 15,482 ha de estrato herbáceo; 36,569 ha de estrato arbustivo; y 2,371 ha de estrato arbóreo. Dada la

---

afectación referida, es relevante conocer sobre el comportamiento de germinación de las especies después de eventos de fuego. Esto permitirá comprender la respuesta del banco de semillas y regeneración post-incendio, situación que es también importante para las acciones de conservación de especies nativas, el manejo y restauración de ecosistemas tropicales impactados por incendios forestales.

Cuadro 3. Estudios relativos al efecto de las temperaturas de incendio sobre la germinación.

Título	Año	Autor	Lugar	Tipo de vegetación	Diseño de investigación (temperaturas, tiempos y otras variables)	Principales hallazgos	Fuerza de la evidencia
Efecto de la alta temperatura en germinación y supervivencia de semillas de la especie invasora <i>Pinus contorta</i> y dos especies nativas del sur de Chile	2015	Cobar-Carranza, A.J et. al	Malalcahuello, Chile	Bosque (Latitud templada)	Temperaturas: 80, 100 y 120°C Tiempos de exposición: 5 minutos	<i>Pinus contorta</i> presenta una ventaja competitiva en comparación a las dos especies nativas estudiadas, ya que sus semillas toleran temperaturas de hasta 120°C.	Significativa
Influencia del calor y del aclarado sobre la germinación de <i>Cistus laurifolius</i> y <i>Cistus ladanifer</i>	1992	Valbuena, L. et. al	Destriana	Matorral mediterráneo	Temperaturas: 75, 100, 150, 200 y 300°C. Tiempos de exposición: 1, 5 y 15 minutos. Quema controlada y corte de vegetación a ras de suelo en parcelas de 100m <sup>2</sup>	Las dos especies de <i>Cistus</i> presentan una mejor respuesta tanto en condiciones de laboratorio o campo	Significativa
Efecto del fuego en la germinación de <i>Cistus laurifolius</i>	2005	Herrero-Bravo, C. y San-Martin, F.	España	Matorral mediterráneo	Temperaturas: 70, 90, 110, 130, 150, 170 y 190 °C. Tiempos de exposición: 1 y 5 minutos. Disolución de ceniza.	<i>Cistus laurifolius</i> se ve favorecida en temperaturas entre 110-130°C a cortos tiempos (1 min) y a 70-100°C sin importar el tiempo de exposición (1-5 min)	Significativa
Efectos del fuego sobre la germinación de varias especies leguminosas	2001	Casal, M., et. al	Galicia, España	Matorral	Temperaturas: 80°C Tiempos de exposición: 5 y 15 minutos Humo	Entre las tres especies estudiadas <i>Ulex galli</i> resulto una mayor estimulación a comparación de su testigo y tratamiento de humo en la	Significativa

arbustivas						temperatura 80°C sin importar el tiempo expuesto (5-15 min)	
Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors	2019	Daibes, L. F., et. al	Cerrado, Brasil	Sabana/Bosque Tropical	Temperaturas: 100 y 200°C Tiempos de exposición: 1 y 3 minutos. Rasgos de semilla: masa de semilla, contenido de agua, forma de semilla.	En general los choques térmicos aplicados a las 46 especies estudiadas no se vieron afectadas, sin embargo, las semillas con menor masa presentaron una mayor mortalidad a comparación de las semillas arbóreas (mayor masa)	Significativo
Seed germination of montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico	2011	Zuloaga-Aguilar, S., et. al	Jalisco, México	Bosque encino (subtropical)	Temperaturas: 60, 80, 100 y 120°C Tiempos de exposición: 5 minutos. Humo Ceniza	La mayoría de las especies analizadas tuvieron una respuesta positiva a los productos de fuego, donde la germinación de las semillas se mejoró con agua de humo, ceniza, choque térmico y combinaciones de estos.	Significativo
Effects of heat and smoke on the germination of six Florida scrub species	2018	King, R. A., Menges, E. S.	Florida	Matorral (Subtropical-húmedo)	Temperaturas: 60 y 100°C Tiempos de exposición: 30 y 5 minutos. Humo Calor seco y húmedo	El calor no aumento la germinación de las especies de estudio, sin embargo, mostraron tolerancia	Neutral
Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species	2016	Fichino, B. S, Dombrosky, J.R., Pivello, V.R. y Fidelis, A.	Cerrado, Brasil	Sabana (subtropical-mediterráneo)	Temperatura: 60, 100, 150 y 200°C. Tiempos de exposición: 1, 3 y 5 minutos. Solución de líquido y humo.	Las especies de estudio no fueron estimuladas a germinar por los tratamientos aplicados, sin embargo, mostraron resistencia incluso a germinar a 150°C.	Neutral
Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock	2015	Jaureguiberry, P, & Diaz, S.	Chaco, Argentina	Bosque-seco (Mediterráneo)	Temperaturas: 70, 100, 120 y 180°C. Tiempos de exposición: 60 y 5 minutos.	La mayoría de las especies de estudio mostraron una tolerancia a los choques de calor a baja y media temperatura.	Neutral
Fire-related germination and early seedling growth in 21	2015	Tavsanoglu C., et al.	Turquía	Pastizal (latitud templada)	Temperaturas: 60, 80, 100, 120 y 140°C. Tiempos de exposición: 5	Todas las especies resistieron choques térmicos bajos (60-80°C). Mientras que 100°C disminuyo	Significativa

herbaceous species in Central Anatolia steppe					minutos. Solución acuosa de humo.	significativamente la germinación en más de la mitad de las especies. Los choques intensos 120-140°C resultado letal para las semillas, presentando una total mortalidad de las semillas.	
The Effect of Seasonal Ambient Temperatures on Fire-Stimulated Germination of Species with Physiological Dormancy: A Case Study Using <i>Boronia</i> (Rutaceae)	2016	Mackenzie, B.D.E.	Sidney, Australia	Sureste de Australia	Temperaturas: 90°C. Tiempos de exposición: 10 minutos. Humo.	Sugieren que la emergencia de plántulas después del incendio no necesariamente ocurre tan pronto como se dispone de la humedad adecuada del suelo. Más bien, la germinación depende de la temperatura ambiente y, por lo tanto, se verá afectada por la temporada de ocurrencia del incendio.	Significativa
Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos ( <i>Quercus liebmanii</i> oerst. y <i>Quercus magnoliifolia</i> née) en la región de la montaña (guerrero), México.	2003	Peña-Ramírez, V. M, Bonfil, C.	Guerrero, México	Bosque tropical caducifolio	Índice de valor de importancia relativa. Incendio forestal (Accidentalmente). Prueba G (de bondad de ajuste). Área basal.	Las estructuras poblacionales de las dos especies de <i>Quercus</i> fueron significativamente modificadas en sus estadios juveniles (arbustos) después del incendio forestal. Mientras en las plántulas y el estrato arbóreo no se vio afecto, manteniendo una estable frecuencia.	Significativa
Efecto del fuego en un bosque tropical de pino y en de una selva baja caducifolia en Villaflores, Chiapas.	2019	Rodríguez-Trejo, D.,A, Martínez Muñoz, P., Martínez Lara, P., J.	Villaflores, Chiapas	Selva baja caducifolia y bosque tropical de <i>Pinus oocarpa</i>	Medidas gasométricas: especie, diámetro en la base (cm), diámetro normal (cm), altura total (m), altura a la base de la copa original (m) y grosor de corteza (mm). Variables relacionadas de la severidad del fuego. Mortalidad	Las variables indican que <i>Pinus oocarpa</i> presenta adaptaciones al fuego. Las 37 especies estudiadas en la selva baja caducifolia resistieron o toleraron el fuego de baja intensidad.	Significativa

					VIR Abundancia Frecuencia Área basal Probabilidad de rebotación		
To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grassland	2016	Fidelis, A., et al.	Brasil	Pastizal (Subtropical)	Temperaturas: 60, 90, 120 y 150°C. Tiempos de exposición: 1 minuto.	Las especies de estudio no rompieron la latencia de las semillas, excepto para <i>Stylosanthes montevidensis</i> cuando esta fue expuesta a 120°C.	Neutral
Tolerancia al fuego de <i>Alnus arguta</i> (Schl.) Spach. y <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth, en Singuilucan, Hidalgo	Sin año	Diaz-Hernández, D., et al.	Singuilucan, Hidalgo	Bosque templado	Capacidad de rebrote: número de rebrotes por individuo, altura (m), diámetro (cm). Mortalidad. Cicatriz del fuego (cm)	<i>Arbutus xalapensis</i> y <i>Alnus arguta</i> son tolerantes al fuego de baja intensidad, al generarse un mayor número de brotes epicórmicos, tanto por individuo como por hectárea.	Significativa

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la falta de información acerca de la germinación de especies tropicales post-incendios, así como y a la problemática que esto genera en la aplicación de acciones de manejo del fuego, se plantea el siguiente cuestionamiento a resolver en este trabajo:

¿Qué efecto produce el fuego sobre la germinación de semillas de las cinco especies arbóreas: *Lysiloma latisiliquum*, *Colubrina arborecens*, *Piscidia piscipula*, *Byrsinoma bucidaefolia* y *Bursera simaruba* de una selva mediana subcaducifolia?

## HIPÓTESIS

En el presente estudio se plantearon las siguientes hipótesis:

1. El incremento de la temperatura y del tiempo de exposición, afecta de forma desfavorable el porcentaje de germinación
2. El incremento de la temperatura y del tiempo de exposición, afecta de forma desfavorable la sobrevivencia

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar la respuesta germinativa y sobrevivencia de cinco especies arbóreas a cuatro temperaturas equivalentes a las registradas en incendios forestales, en dos tiempos de exposición.

### Objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de germinación de cinco especies arbóreas para cada temperatura y tiempo de exposición aplicado.
  - Determinar el tiempo promedio de germinación de cada especie y tratamiento.
  - Determinar el tiempo de latencia entre tratamientos.
  - Determinar el porcentaje de sobrevivencia entre cada tratamiento aplicado.
  - Determinar si se presentan diferencias significativas entre tratamientos y especies.
-



## ÁREA DE ESTUDIO

La isla de Cozumel formada de roca caliza proveniente de los arrecifes. Se ubica al noroeste de la península de Yucatán, en el Mar Caribe. Sus coordenadas son al norte  $20^{\circ}36'$ , al sur  $20^{\circ}16'$  de latitud norte, al este  $86^{\circ}44'$  y oeste  $87^{\circ}20'$  de longitud oeste. Tiene una extensión de  $684.48 \text{ km}^2$  que representa el 1.35% del estado de Quintana Roo. Su separación con la masa continental es de 18 km de longitud (Anónimo, 2013). El relieve que presenta la ínsula es plano y las elevaciones que presenta no exceden los 15 m de altura sobre el nivel del mar (Vivas Valdés, 2008 citado por Palafox Muñoz y Zizumbo Villarreal, 2009). La isla es parte de la unidad geomorfológica de las planicies del Caribe (Xacur Maiza, 1998, citado por Palafox Muñoz y Zizumbo Villarreal, 2009).

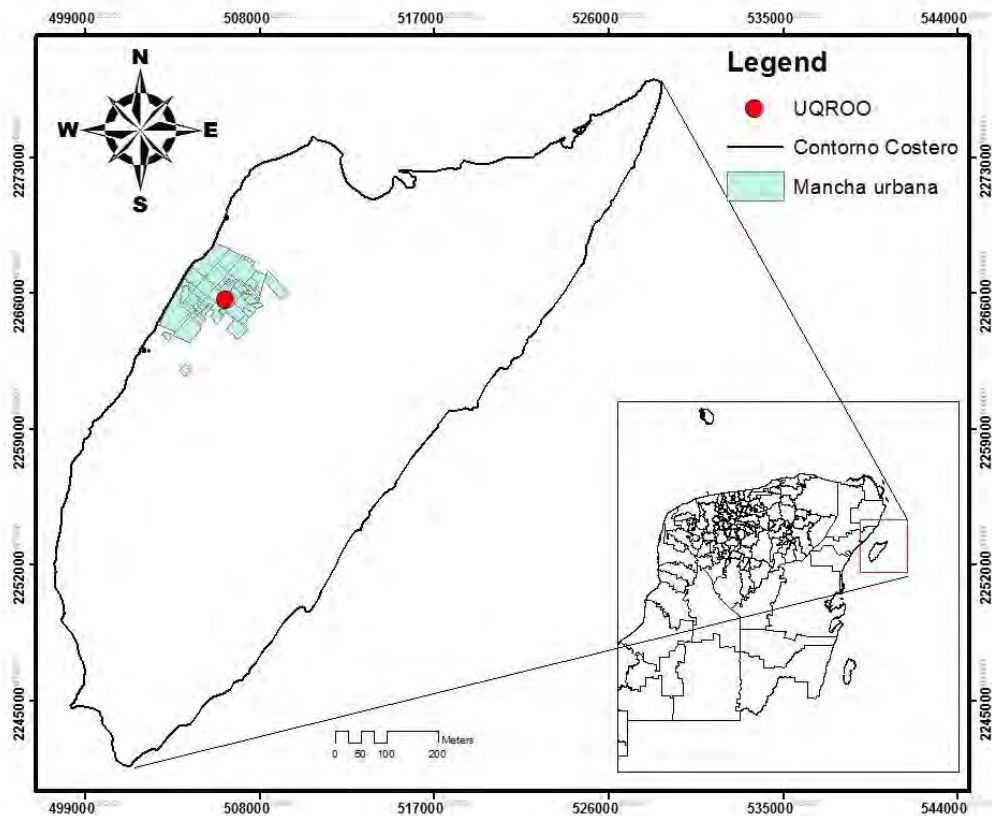


Figura 4. Ubicación de Cozumel.

## Clima

El clima de Cozumel es de tipo Aw2 (cálido subhúmedo con lluvias en verano) de acuerdo con García, 1998. Se han reportado temperaturas entre rangos de 26°C y 27°C, su precipitación anual varía entre 800 y 1500 mm con los meses más secos marzo y abril, el mes con mayor precipitación de lluvia es septiembre, debido en gran medida al paso de huracanes (Orellana, et al., 2007).

## Vegetación

La flora de Cozumel representa el 40% de la flora reportada para todo el estado de Quintana Roo, esto es importante ya que el área de Cozumel representada el 10% de todo el estado. Por lo cual su flora está compuesta por 105 familias de plantas vasculares; de éstas comprenden 2 pteridofitas, 101 angiospermas y 2 gimnospermas (Téllez Valdés et al. 1989, citado por Anónimo, 1998).

Son varios tipos de vegetación que presenta la isla de Cozumel entre las cuales está la selva mediana subcaducifolia que presenta estratos arbóreos entre 8 y 20 m de altura, entre las especies arbóreas que generalmente dominan esta comunidad están *Manilkara zapota* (zapote), *Esenbeckia pentaphylla* (hoocop), *E. berlandieri*, *Calliandra belizensis*, *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Vitex gaumeri*, *Psidium sartorianum* (pichiche), *Bursera simaruba* (chacah), *Metopium brownei* (chechem), *Lysiloma latisiliqua* (tzuk-te), *Pithecellobium platylobum* (chacojo), *Piscidia piscipula*, *Picrammia andicola*, *Pithecellobium sp.*, *Lysiloma latisiliqua*, *Ceiba aesculifolia* (ceiba), *Mastichodendron gaumeri*, *Gliricida sepium*, *Caesalpinia violacea* y *C. gaumeri* (kitamche), y otras. La selva baja caducifolia que presenta generalmente un estrato arbóreo principal y otro arbustivo sin presencia de un estrato herbáceo, mientras que en las planicies inundables se presenta una asociación vegetal llamada Tasistal en el cual se desarrolla en suelos inundables no salinos, por otra parte las comunidades de manglares se desarrollan en suelos inundables salinos y dominadas por especies arbóreas de hojas coriáceas y especies que les permite adaptarse y tolerar la salinidad del suelo (Téllez Valdés et al. 1989 citado por Anónimo, 1998).

## Fauna

En la isla de Cozumel se presentan cuatro tipos de vertebrados; anfibios, aves, reptiles y mamíferos que juntos logran un total de 136 especies. Dentro estos grupos las aves se llevan el mayor número de porcentaje con un 68.38% del total de vertebrados con 93 especies por otro lado el grupo menor diversificado son los anfibios con un 2.94%

---

las especies representativas en este grupo son *Bufo marinus*, *Leptodactylus labialis*, *Hyla staufferi* y *Smilisca baudini*. Respecto a los mamíferos se presentan murciélagos de las especies *Artibeus jamaicensis yucatanicus*, *Micronycteris megalotis mexicana*, *Artibeus literatus palmarum*, *Dermanura phaeotis phaeotis*, *Natalus stramineus saturatus* al igual se presentan especies endémicas y en alguna categoría de riesgo como lo son el tlacuache *Didelphis marsupialis cozumelae*, el roedor *Oryzomys palustris cozumelae*, *Reithrodontomys spectabilis*, *Peromyscus leucopus cozumelae*, el mapache enano *Procyon pygmaeus*, el tejón *Nasua nelsoni* y otras especies no amenazadas como el jabalí de collar *Tajassu tajacu nanus*, el tepezcuintle *Agouti paca*, el sereque *Daspyprocta punctata* y la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*. El grupo de los reptiles no presenta gran diversidad, pero se pueden observar especies como el cocodrilo *Crocodylus acutus*, tortugas dulce acuícolas como *Geomyda areolata* y *Kinostemon cruentatum*, así como *Anolis limifrons*, *Iguana iguana*, y *Mabuya brachypoda* (Anónimo, 1998).

### **Geología**

Cozumel está compuesta por calizas sedimentarias hipotéticamente se presenta, al igual que toda la península de Yucatán, sobre un basamento metamórfico del Paleozoico cubierto por más de 500 m de depósitos, fundamentalmente lechos rojos del Jurásico, que subyacen bajo una sucesión de areniscas y calizas originarias del Cretácico y el Paleoceno, sobre las que son comunes afloramientos del Terciario. La naturaleza kárstica de la isla impide la formación de ríos en su superficie, ya que el agua de lluvia se filtra a través de fracturas y fisuras en el terreno hasta el nivel freático; por lo que los escurrimientos hacia el mar teóricamente no trasladan sólidos en suspensión (Anónimo, 1998).

La ínsula a sus lados este y oeste se extiende una plataforma dividida por escalones y terrazas de la abrasión del Holoceno, la plataforma del este su talud insular baja con interrupciones de hasta 1000 m bajo el nivel del mar y la plataforma del oeste su talud insular empieza a 20 m de profundidad hasta 400 m (Anónimo, 2013).

### **Edafología**

En la isla de Cozumel se distinguen tres tipos de suelos; los primeros son aquellos que se encuentran en partes altas cubiertos por selva mediana subperennifolia, denominado como suelos de mesetas calcáreas, que son suelos no profundos de hasta 40 cm de profundidad, de tipo litosol.

---

Los segundos son suelos de barras costeras y playas, son aquellos ubicados en la zona de transición entre la vegetación de matorral costero, manglar y selva subperennifolia.

Por último, el tercero se presenta es característico de cuencas o bajos aluviales los cuales se originan en zonas de deposición de sedimentos provenientes de la erosión de las mesetas calcáreas, y se dividen en tres unidades de suelos: histosol, gleysol y solonchak. Estos se presentan en zonas inundables, son fangosos y poco compactos, saturados de agua salobre o con una concentración salina superior al agua de mar, presentan poca vegetación y son suelos anaeróbicos (Anónimo, 1998).

---

## MATERIALES Y METODO

El material biológico fue recolectado dentro la Universidad de Quintana Roo Campus Cozumel, ubicado con la siguiente dirección avenida Andrés Quintana Roo s/n, esq. calle 110 Sur. Col. Maravilla, C.P. 77600 (**Figura 4**).

### Recolección y selección de semillas

Para la recolección de semillas se hicieron recorridos alrededor del campus en los meses de mayo, junio y julio del 2018 en el cual se seleccionaron las especies de estudio por su etapa de fructificación en esos meses y por su abundancia dominante en la zona. De acuerdo con Ramos Prado y Porter Bolland (2002) uno de los parámetros necesarios para realizar pruebas de germinación es "...*las semillas o frutos de las especies a estudiar, deben colectarse de al menos cinco arboles seleccionados por sus características morfológicas...*". En este orden de ideas se colectaron los frutos por lo menos de 5 individuos por especie de manera directa y manual con la ayuda de una garrocha de 4 m de alto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Nombre científico y común de las especies de estudio.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Número de individuos colectados por especie</b>
<b><i>Byrsonima bucidaefolia</i></b>	Sak paj, nance agrio	10
<b><i>Piscidia piscipula</i></b>	Jabín	12
<b><i>Lysiloma latisiliquum</i></b>	Tzalam	8
<b><i>Colubrina arborecens</i></b>	Pimienta che	5
<b><i>Bursera simaruba</i></b>	Chaca	5

### Diseño experimental

Para analizar la respuesta germinativa de estas especies al calor, se utilizó una mufla, en donde se aplicaron las temperaturas de 60°C, 80°C, 100°C y 120 °C (Valbuena et al, 1992), y a dos tiempos de exposición de calor: 5 y 15 min. Estas temperaturas y tiempos de exposición se seleccionaron por ser los más frecuentemente seleccionados y documentados en diferentes trabajos que simulan las altas temperaturas de incendios forestales dentro el banco edáfico de semillas (Cobar Carranza et al, 2015; Casal et al., 2011; Valbuena, 1992; Lugo, 2010; y Herrero et al., 2005).

En total se utilizaron 810 semillas por especie en el estudio. En cada tratamiento de temperatura y tiempo de exposición se utilizaron 30 semillas, y cada uno de estos se

replicaron dos veces; asimismo, para cada especie se utilizaron 30 semillas no expuestas al calor como control, y cada control tuvo también dos réplicas respectivas. El número de semillas es similar al utilizado en otros estudios en los que se utilizaron entre 50 y 60 semillas por tratamiento (Cobar Carranza et al, 2015; Herrero et al., 2005).

Cada muestra de 30 semillas se colocó en crisoles de porcelana separados por especie y por tratamientos; estos se situaron en la mufla donde la temperatura ya estaba regulada de acuerdo con los procedimientos explicados y fueron expuestos a sus tiempos ya mencionados (5 y 15min). Una vez sometidos al tratamiento, el material biológico se trasladó al invernadero de la Universidad de Quintana Roo Campus Cozumel donde fueron sembrados a 1 cm de profundidad en bandejas de 25x25 cm previamente etiquetados con claves de dichos tratamientos. El material utilizado como sustrato fue “agrolita” un mineral expandido de origen volcánico, inerte, formado por óxidos de silicio utilizado por su capacidad para retener la humedad. Se utilizó este material en lugar de tierra, para asegurar que las semillas germinadas en las bandejas provengan de los tratamientos, ya que este tipo de sustrato es estéril. Las semillas se monitorearon diariamente para observar el crecimiento de plántulas durante 107 días, se regaron diario por aspersion dos veces al día con una temperatura ambiente promedio de 32°C (Casal et al., 2011; Cobar Carranza et al., 2015).



**Figura 5.** invernadero de la Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel



**Figura 6.** Crecimiento de plántula de *B. bucidaefolia* en el tratamiento 80°C/5min





Figura 7. Plántulas de *L. latisiliquum* y *C. arborecens*



Figura 8. Plántulas de *L. latisiliquum* en el tratamiento 60°C/5min



Figura 9. Plántulas de *B. bucidaefolia* en el Control.



Figura 10. Plántulas de *B. bucidaefolia* en diferentes tratamientos

Bysonima	Fecha	Numero de día (i)	Numero de semillas germinadas en el día (i)	Plantulas sobrevivientes
	20/12/2018	0		
	21/12/2018	1		
	22/12/2018	2		
	23/12/2018	3		
	24/12/2018	4		
	25/12/2018	5		
	26/12/2018	6		
	27/12/2018	7		
	28/12/2018	8		
	29/12/2018	9		
	30/12/2018	10		
	31/12/2018	11		
	01/01/2019	12		
	02/01/2019	13		
	03/01/2019	14		
	04/01/2019	15		
	05/01/2019	16		
	06/01/2019	17		
	07/01/2019	18		
	08/01/2019	19		
	09/01/2019	20		
	10/01/2019	21		
	11/01/2019	22		
	12/01/2019	23		
	13/01/2019	24		
	14/01/2019	25		
	15/01/2019	26		
	16/01/2019	27		
	17/01/2019	28		
	18/01/2019	29		
	19/01/2019	30		
	20/01/2019	31		

Figura 11. Formato de hojas de registro de germinaciones de plántulas

### **Prueba de viabilidad de semillas**

Antes de la realización del experimento en laboratorio se llevó a cabo una prueba de viabilidad por flotación, en la que consiste en colocar las semillas en un recipiente con agua por 24 horas y transcurrido el tiempo, se observan las semillas que flotan y las que se mantienen sumergidas. Las semillas que flotan fueron descartadas debido a su falta de endospermo o embrión, y las viables caerán al fondo del contenedor (Baskin y Baskin, 2001; Suloaga Aguilar et al., 2010; Espinoza Chaves, 2018). Esta prueba se utilizó para garantizar que las semillas utilizadas en el estudio son totalmente óptimas para germinar.

### **Análisis de datos de germinación**

Para evaluar los datos de germinación se usaron métodos descriptivos y analíticos:

*Métodos descriptivos*; son los métodos que te permiten observar una evaluación preliminar de los resultados (González Zertuche y Orosco Segovia, 1996).

- Gráficas de capacidad de germinación: se graficó el número final de semillas germinadas o el porcentaje final de germinación por cada tratamiento en el periodo de estudio. Este tipo de gráfica permite conocer la capacidad germinativa de cada tratamiento (González Zertuche y Orosco Segovia, 1996).

*Métodos analíticos o índices de germinación*; son funciones matemáticas que describen el comportamiento de germinación de las semillas (González Zertuche y Orosco Segovia, 1996)

- Tiempo de latencia: permite conocer el tiempo necesario para que se inicie la germinación o refleja el efecto del tratamiento en el rompimiento de la latencia (González Zertuche y Orosco Segovia, 1996).
- Tiempo promedio de germinación: resistencia a la germinación, es una medida del tiempo promedio que necesitan las semillas para germinar la cual se usara la siguiente fórmula (González Zertuche y Orosco Segovia, 1996) (Cobar Carranza et al, 2015):

$$T = \frac{\sum (n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}$$

---



Donde T= tiempo promedio de germinación,  $t_i$  = número de días después de la siembra,  $n_i$ = número de semillas germinadas el día  $i$ .

- Porcentaje de supervivencia; para este parámetro se usó la siguiente fórmula (Cobar Carranza et al, 2015).

$$\% \text{ supervivencia} = \left( \frac{\text{No. Plántulas supervivientes}}{\text{No. Plántulas germinadas}} \times 100 \right) \times 1$$

### **Pruebas estadísticas**

Para cada especie de estudio se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para cada factor; porcentaje de germinación, porcentaje de sobrevivencia y el tiempo promedio de germinación, con el fin de conocer si se presenta diferencias significativas. Posteriormente, por consecuente se efectuó una Prueba Tukey de comparaciones múltiples con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ), para conocer la diferencia entre los tratamientos. Estos análisis se realizaron mediante el software IBM SPSS Statistics Version 25. Previo a las pruebas estadísticas, se verificó el cumplimiento de los supuestos estadísticos para pruebas paramétricas; los datos se analizaron con pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-wilk para conocer si estos presentan un comportamiento normal, se tomó en cuenta únicamente la prueba de Shapiro-Wilk ya que el número de datos de cada tratamiento es menor a 50. Los datos que no presentaron un comportamiento normal, estos fueron transformados mediante una fórmula logarítmica  $y_i = \log(y + 1.1)$  para lograr homocedasticidad y normalidad de los residuos.

---

## RESULTADOS

De acuerdo a los resultados observados cada especie mostró un comportamiento distinto a cada tratamiento aplicado en su respuesta germinativa.

### *Bursera simaruba*.

De acuerdo con la prueba de viabilidad por flotabilidad, ninguna de las 810 semillas de *B. simaruba* fueron viables. Por lo que los datos experimentales no son reportados.

### *Piscidia piscipula*

**Porcentaje de germinación, tiempo promedio de germinación (TPG) y sobrevivencia.**

Se observó que existe evidencia estadística para considerar que los datos tienen un comportamiento normal, por lo que se procedió a su análisis paramétrico. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró evidencia estadística que apoya la existencia de diferencia entre tratamientos. La germinación promedio en el Control fue la más alta con un  $52\% \pm 4$ , las temperaturas aplicadas en el estudio disminuyeron los porcentajes de germinación en comparación con el tratamiento control. Sin embargo, el tiempo de exposición de temperatura (15 min) afectó severamente los porcentajes de germinación en las temperaturas de 80, 100 y 120°C dando resultados de cero porcentajes de germinación, mientras que en la temperatura 60°C por 15min con un  $44\% \pm 37$  (Figura 12).

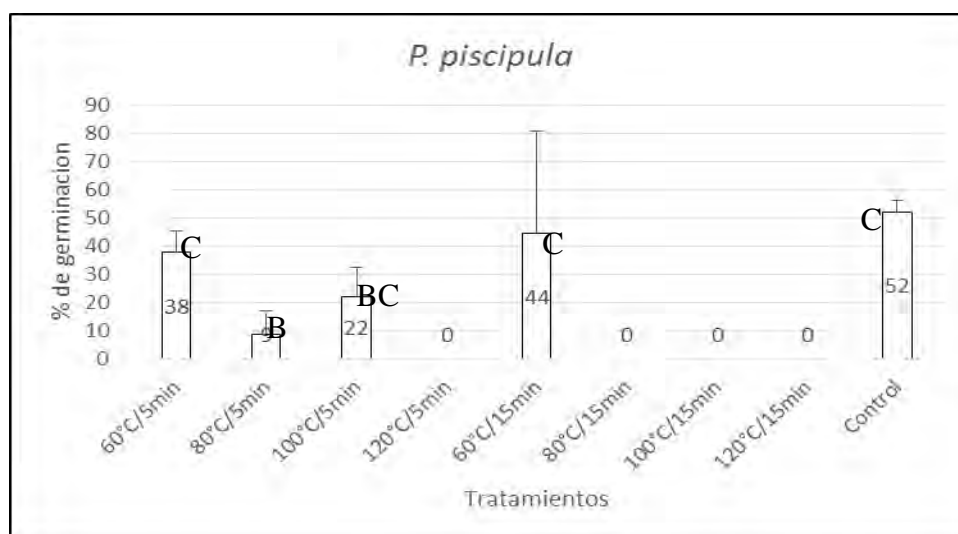


Figura 12. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *P. piscipula* en diferentes tratamientos aplicados.

**Pruebas estadísticas de porcentaje de germinación caso *P. piscipula***

Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso *P. piscipula*.

**ANOVA**

% de germinación

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.994	8	1.749	27.887	0.0
Dentro de grupos	1.129	18	0.063		
Total	15.124	26			

Referente al tiempo promedio de germinación en *P. piscipula*, el tratamiento 80°C/5min fue el que obtuvo el mayor tiempo promedio en germinar con 47 días, seguido de 100°C/5min con 35 días, los tratamientos Control, 60°C/5min y 60°C/15min presentan resultados similares con 26, 29 y 27 días. Los demás casos presentan resultados nulos ya que en esos tratamientos no hubo germinación (Figura 13).

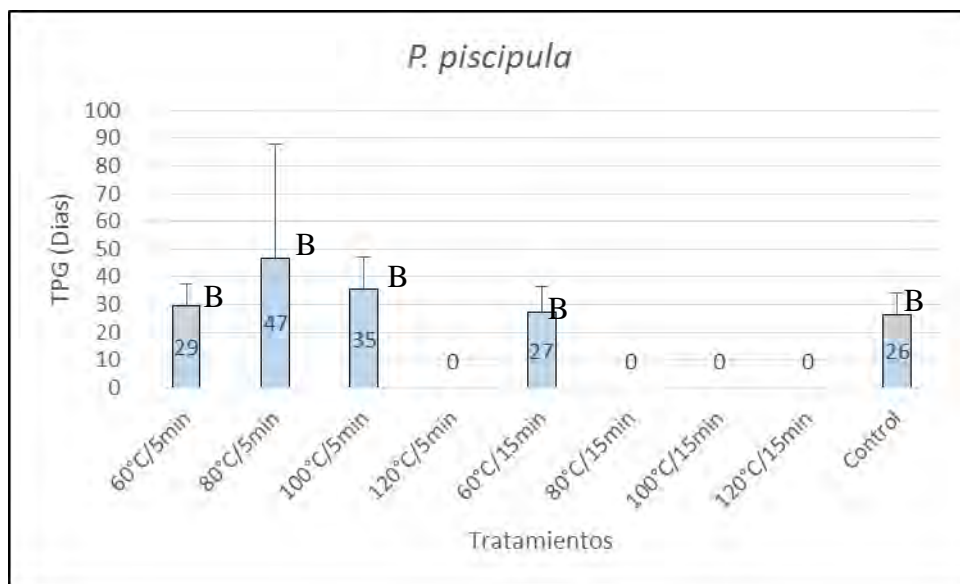


Figura 13. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$  desviación estándar) de *P. piscipula* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso *P. piscipula*

**ANOVA**

TPG (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.551	8	1.694	90.287	0.0
Dentro de grupos	0.319	17	0.019		
Total	13.870	25			

La sobrevivencia en *P. piscipula* respecto al número total de plántulas germinadas y las plántulas sobrevivientes en la fase final del estudio demuestra que las temperaturas 80 y 100°C por 5 min presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia promedio con 61% ± 33 y 53% ± 19, superando a los tratamientos Control 23% ± 3, 60°C/15min 23% ± 28 y 60°C/5min 14% ± 9 (Figura 14).

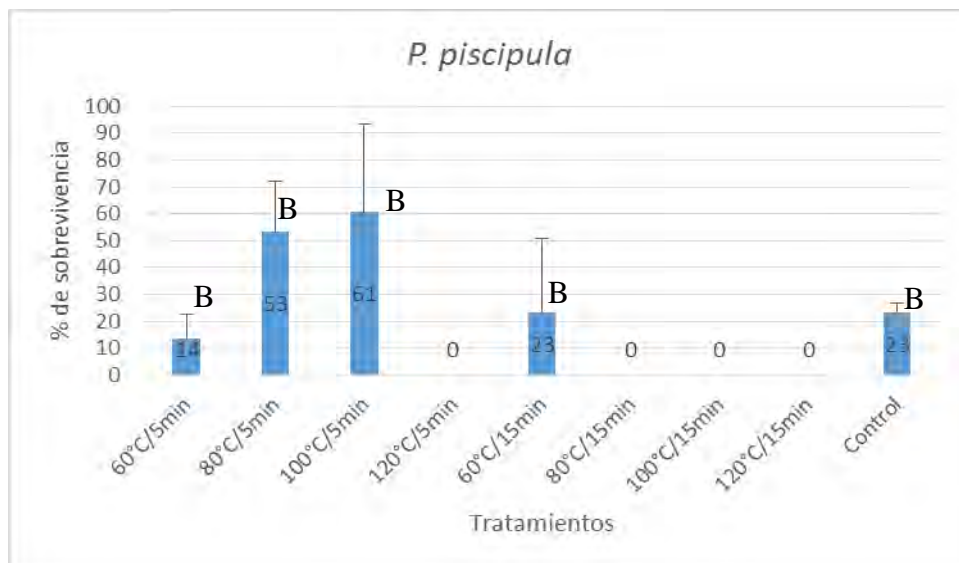


Figura 14. Porcentajes de sobrevivencia promedio (± desviación estándar) de *P. piscipula* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso *P. piscipula*

<b>ANOVA</b>					
Sobrevivencia (trans)		Suma de		Media	
	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12.671	8	1.584	32.765	0.0
Dentro de grupos	0.725	15	0.048		
Total	13.396	23			

En los 5 tratamientos que se presentó la germinación, el tiempo de latencia no se fue afectado por los factores aplicados, ya que estas empezaron a germinar entre los primeros 5 a 8 días después de su siembra. El tratamiento Control obtuvo el mayor pico de germinación y número de plántulas sobrevivientes durante los primeros días que empezó la germinación de ésta, alcanzó su pico máximo hasta el día número 22 después de su siembra con 30 plántulas; sin embargo, ésta empezó a presentar un declive después del día número 25. Para los últimos días del periodo de estudio los tratamientos 100°C/5min y Control fueron los que obtuvieron los mayores números de plántulas sobrevivientes, la primera con 14 plántulas y el segundo 11 plántulas (Figura 15).

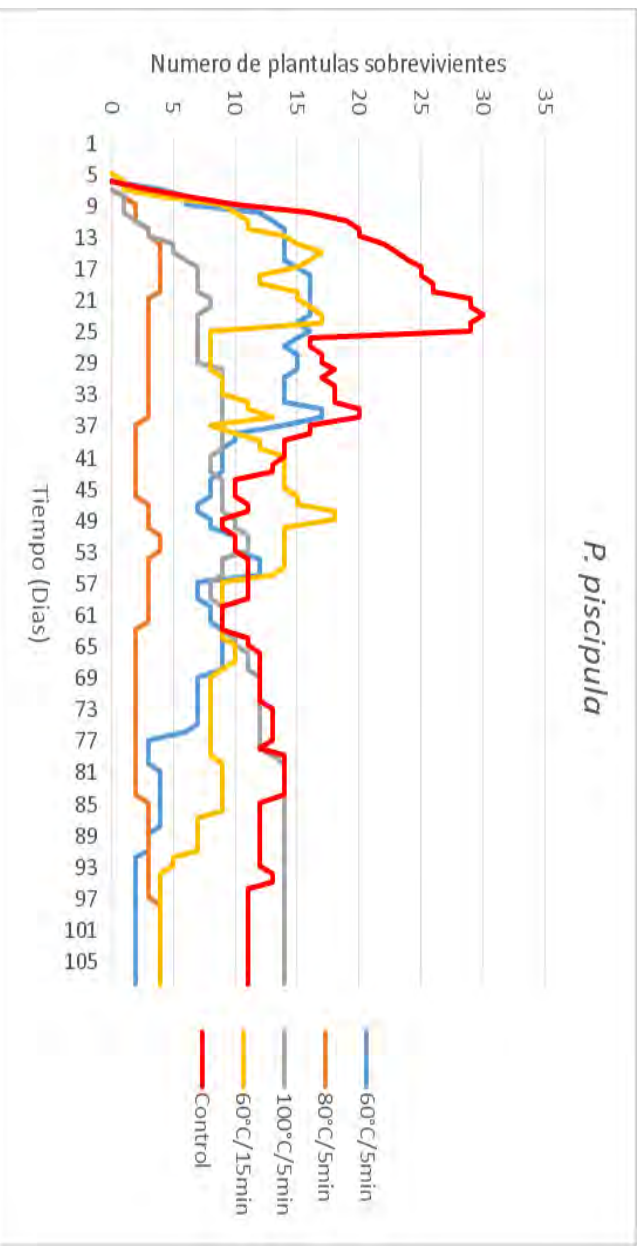


Figura 15. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de *P. piscipula* a través del periodo de estudio

**Porcentaje de germinación, tiempo promedio de germinación (TPG) y sobrevivencia de *B. bucidaefolia*.**

*B. bucidaefolia* obtuvo la mayor germinación promedio en el tratamiento 80°C por 5 min con un 47% ±15 esto indica que la temperatura durante esa exposición de tiempo estimuló la germinación de esta especie ya que en el control se obtuvo un 36% ±8. Incluso sus semillas pudieron germinar hasta 120 °C por 5 min con una escasa germinación promedio de 1%. Sin embargo, se observó que en el tratamiento 100°C por 5 min tuvo un porcentaje de 21% ±15 (Figura 16).

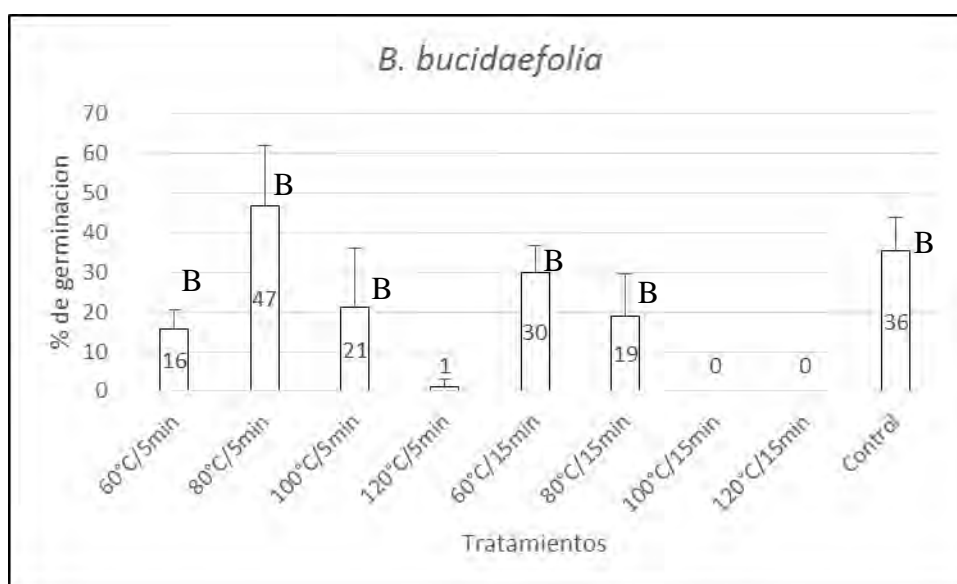


Figura 16. Porcentajes de germinación promedio (± desviación estándar) de *B. bucidaefolia* en diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso *B. bucidaefolia*.

<b>ANOVA</b>					
% de germinacion (trans)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10.682	8	1.335	30.425	0.0
Dentro de grupos	0.790	18	0.044		
Total	11.472	26			

El tiempo promedio de germinación en *B. bucidaefolia* está dentro un rango de 48 a 67 días en la mayoría de los casos. El tratamiento 60°C/5min presenta el mayor tiempo de germinación con 67 días, seguido de 60°C/15min con 59 días, 80°C/15min con 55

días, Control con 52 días, 100°C/5min con 50 días y 80°C/5min con 48 días. El tratamiento con el menor tiempo es 120°C/5min con 25 días. Los demás casos muestran resultados nulos ya que no presentaron germinación (Figura 17).

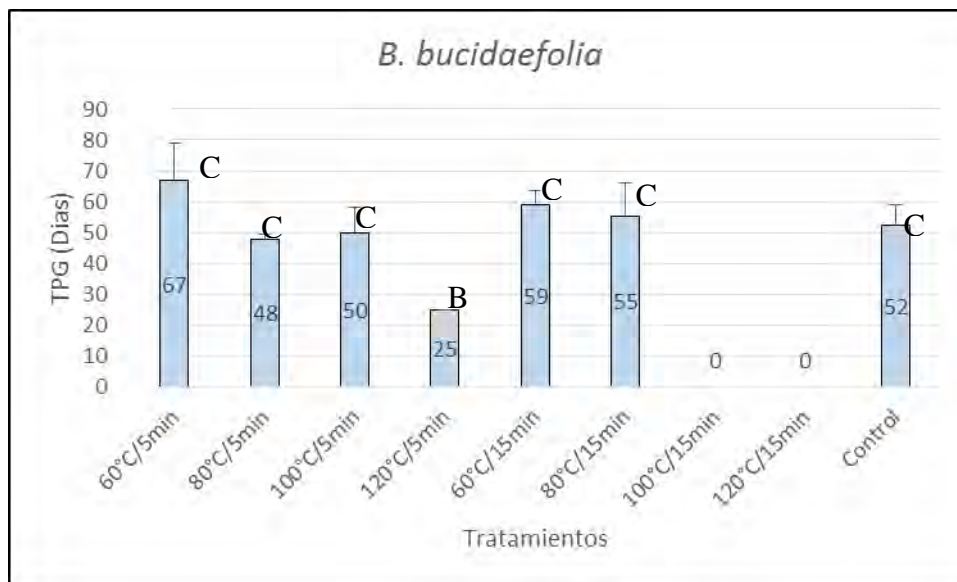


Figura 17. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$  desviación estándar) de *B. bucidaefolia* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso *B. bucidaefolia*.

**ANOVA**

TPG (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.726	8	1.716	29.371	0.0
Dentro de grupos	0.993	17	0.058		
Total	14.719	25			

La sobrevivencia de *B. bucidaefolia* fue variada en términos generales, el tratamiento con el mayor (%) de sobrevivencia promedio fue 80°C/5min con 83%  $\pm$  18, como lo también lo fue en términos de germinación. Este tratamiento superó a su propio Control en cuestiones de Germinación y Sobrevivencia como se muestra en las Figuras 6 y 12. El tratamiento 120°C/5min obtuvo un porcentaje de germinación de 1% y una sobrevivencia de 0% (Figura 18).

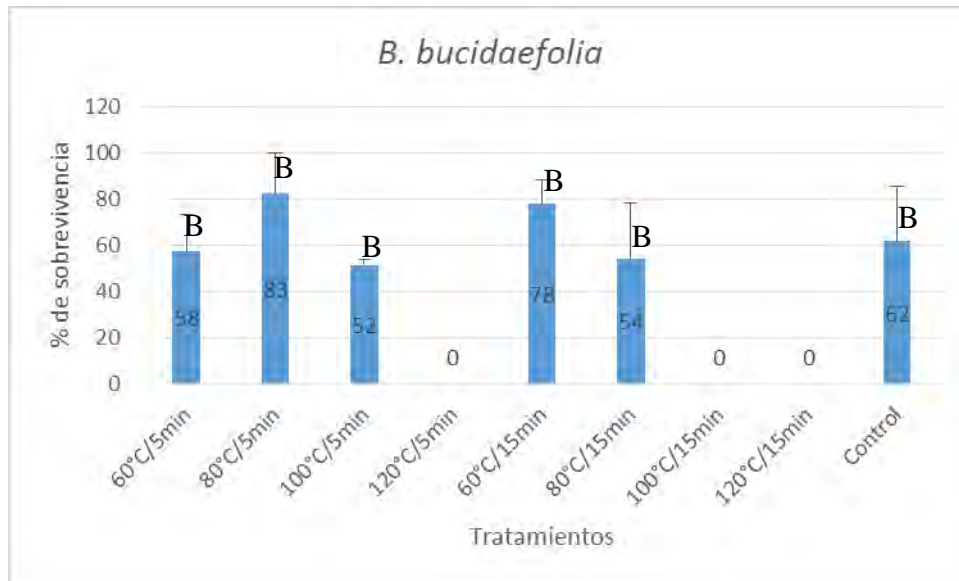


Figura 18. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *B. bucidaefolia* en diferentes tratamientos aplicados

Cuadro 10. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso *B. bucidaefolia*.

### ANOVA

Sobrevivencia (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18.370	8	2.296	248.129	0.0
Dentro de grupos	0.157	17	0.009		
Total	18.527	25			

La germinación de *B. bucidaefolia* empezó a partir de los días número 25 y 32 entre los diferentes tratamientos. El tratamiento con mayor número de plántulas sobrevivientes y germinación fue 80°C/5min alcanzando su pico máximo con 47 plántulas entre los días 69 y 73, siendo también el tratamiento con mayor número de plántulas sobrevivientes al final del periodo de estudio con 42 plántulas, superando al Control con una diferencia de 19 plántulas. El tratamiento con el menor número de plántulas sobrevivientes fue 120°C/5min con la iniciación de una plántula el día 25 y muriendo el día 38 (Figura 19).



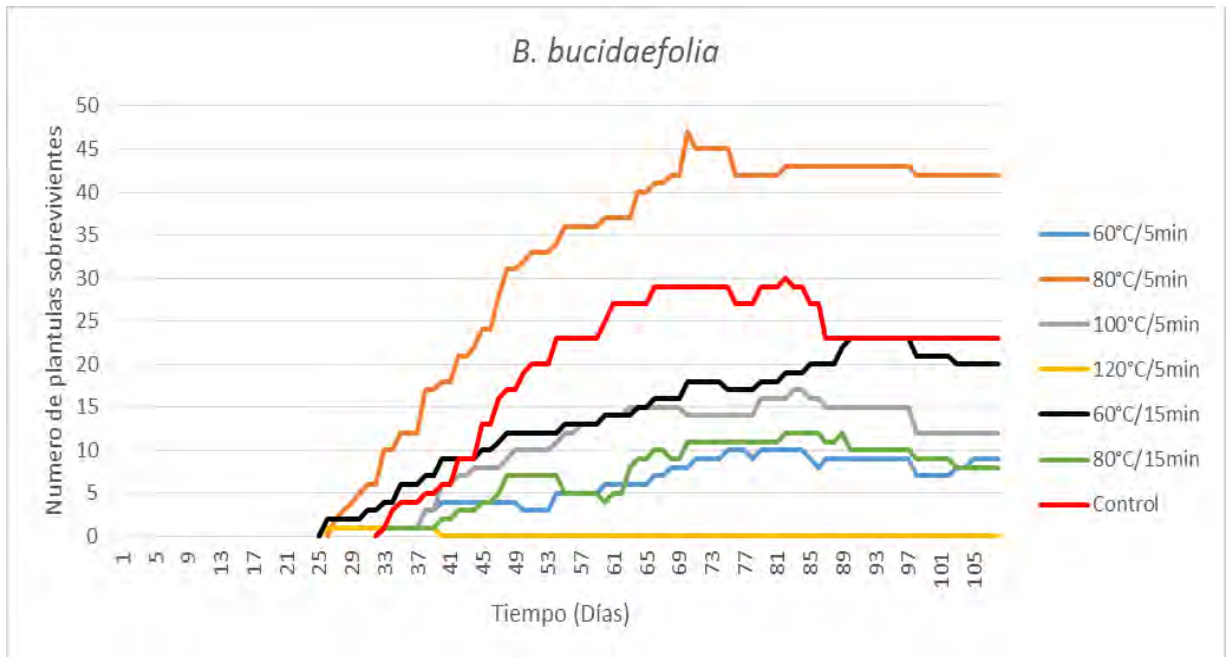


Figura 19. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de *B. bucidaefolia* a través del periodo de estudio.

#### Porcentaje de germinación, tiempo promedio de germinación (TPG) y sobrevivencia de *L. latisiliquum*

En términos generales *L. latisiliquum* presentó porcentajes de germinación en promedio bajos en todos los tratamientos (<20%). Los tratamientos que obtuvieron los mayores porcentajes de germinación fue 60°C por 5 y 15min con 17%  $\pm$ 9 el primero y el segundo con 14%  $\pm$ 5, seguido el Control con 13%  $\pm$ 3, los demás tratamientos presentaron resultados muy escasos con 2% y 1% de germinación. En otros fue nula la germinación. Esto indica que esta especie es tolerable a temperaturas de 60°C, pero ha temperaturas mayores sufre graves daños a la semilla inhibiendo la semilla o destruyéndola (Figura 20).

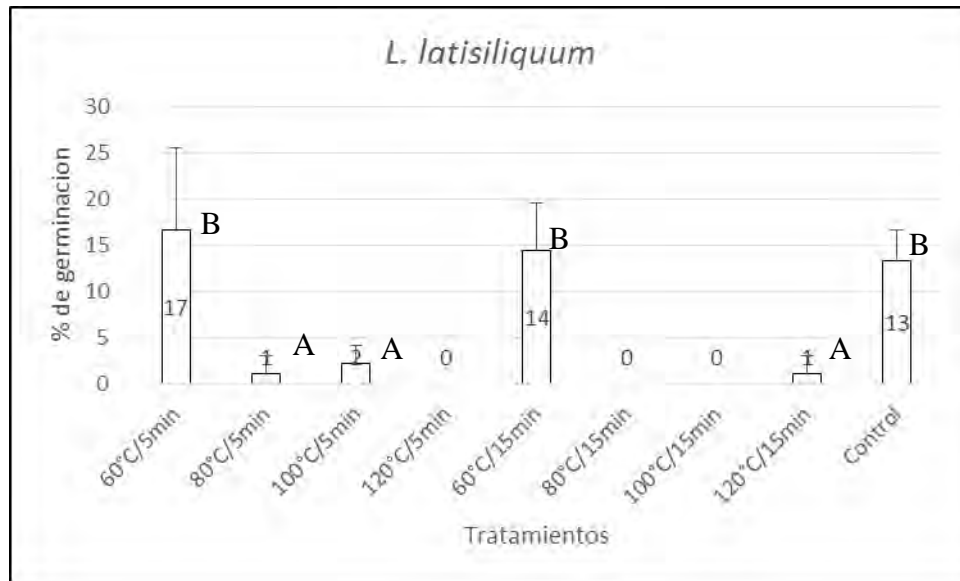


Figura 20. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *L. latisiliquum* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso *L. latisiliquum*

**ANOVA**

% de germinación (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6.414	8	0.802	15.355	0.0
Dentro de grupos	0.940	18	0.052		
Total	7.354	26			

En cuanto al tiempo promedio de germinación, el tratamiento 80°C/5min muestra el mayor tiempo con 81 días, seguido de 100°C/5min con 63 días, los tratamientos 60°C/5min, 60°C/15min presentan resultados de 44 días y 32 días. Los tratamientos con el menor tiempo son Control con 28 días y 120°C/15min 19 días (Figura 21).

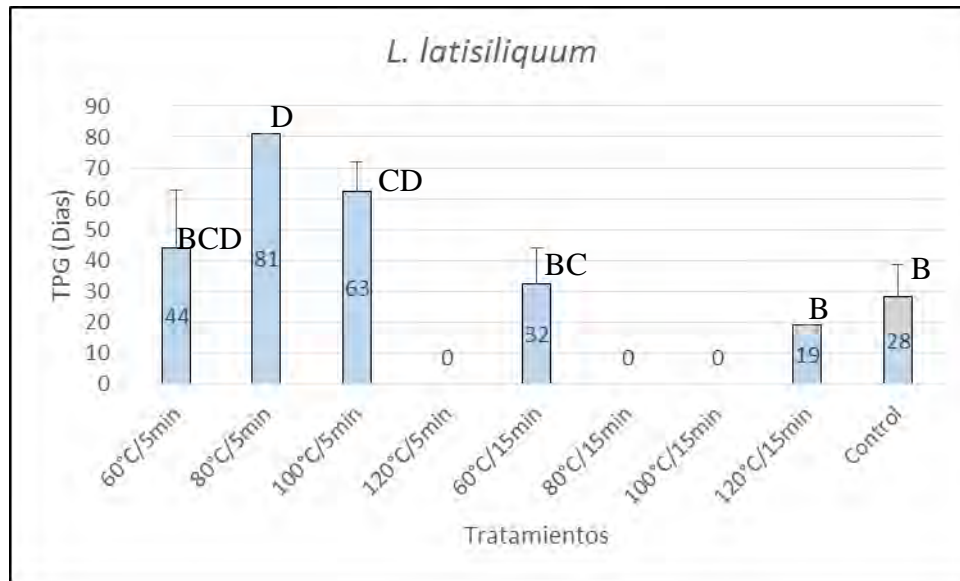


Figura 21. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$  desviación estándar) de *L. latisiliquum* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso *L. latisiliquum*

**ANOVA**

TPG (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.947	8	1.743	156.397	0.0
Dentro de grupos	0.167	15	0.011		
Total	14.114	23			

En esta especie de los seis tratamientos que presentaron germinación solo uno obtuvo un 0% de sobrevivencia la cual fue 120°C/15min. De una perspectiva general los demás tratamientos presentaron porcentajes de sobrevivencia promedio altos, entre estos 80°C/5min y 100°C/5min obtuvieron cada uno un 100%, seguido del Control con 92%  $\pm$ 14 y los tratamientos 60°C/15min y 5 min el primero con 89%  $\pm$  19 y el segundo con 83%  $\pm$  29 (Figura 22).

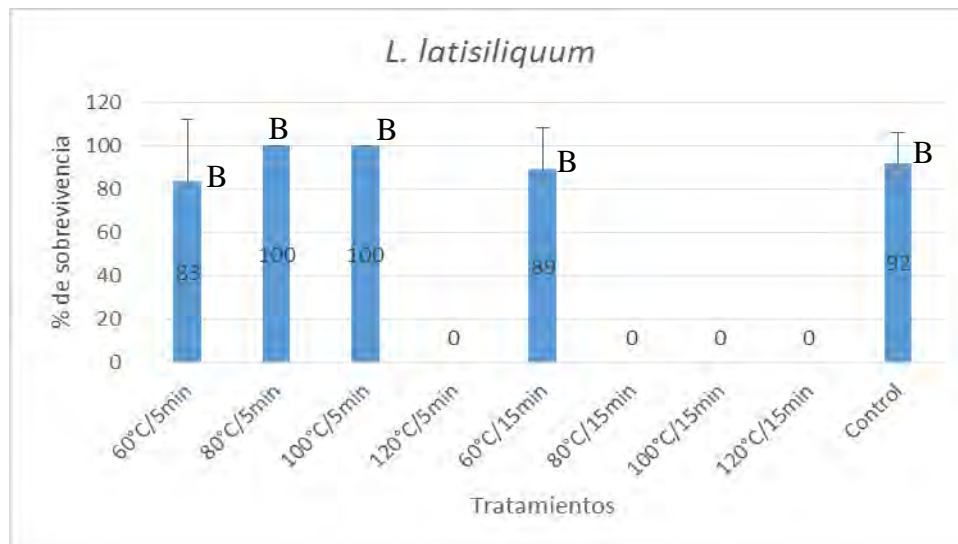


Figura 22. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *L. latisiliquum* en diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso *L. latisiliquum*

**ANOVA**

Sobrevivencia (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22.966	8	2.871	517.186	0.0
Dentro de grupos	0.089	16	0.006		
Total	23.054	24			

Respecto a *L. latisiliquum* el periodo de latencia fue similar a los tratamientos Control y 60°C/5 min y 15 min, iniciando la germinación entre los días número 4 y 7 después de su siembra, sin embargo, a temperaturas más altas la latencia de las semillas se prolongó, causando también una escasa germinación entre estos tratamientos (120°C/15min, 100°C/5min y 80°C/5min). El tratamiento que obtuvo el mayor pico de plántulas sobrevivientes fue 60°C/5min con 14 plántulas entre los días 73 y 91, superando al Control con una diferencia de 3 plántulas. El comportamiento de la germinación y sobrevivencia entre 60°C/5 min y 15 min y Control fue similar hasta el final del periodo de estudio (Figura 23).

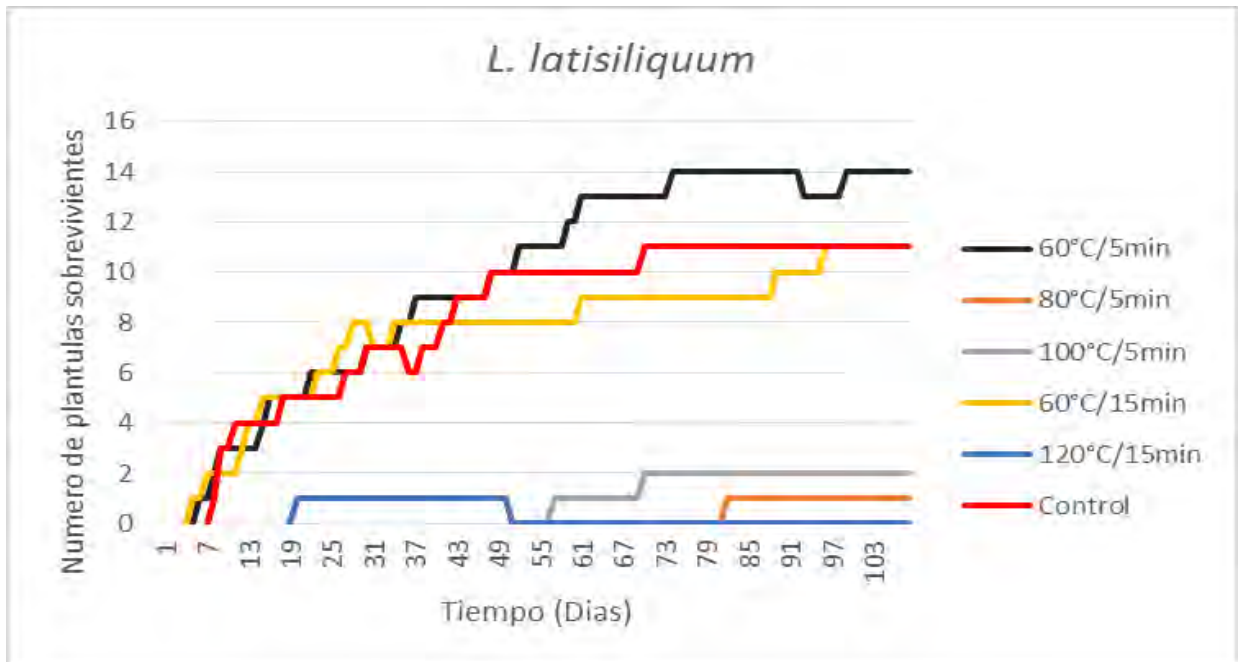


Figura 23. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de *L. latisiliquum* a través del periodo de estudio.

**Porcentaje de germinación, tiempo promedio de germinación (TPG) y sobrevivencia de *C. arborecens*.**

Los resultados conseguidos para *C. arborecens* demuestran porcentajes de germinación bajos (<15%). El tratamiento que obtuvo la mayor germinación promedio fue 80°C por 5min con 9%  $\pm$ 7 superando ligeramente a los tratamientos 60°C por 5/15min y Control. Los demás tratamientos desarrollados tuvieron una nula germinación (Figura 24).

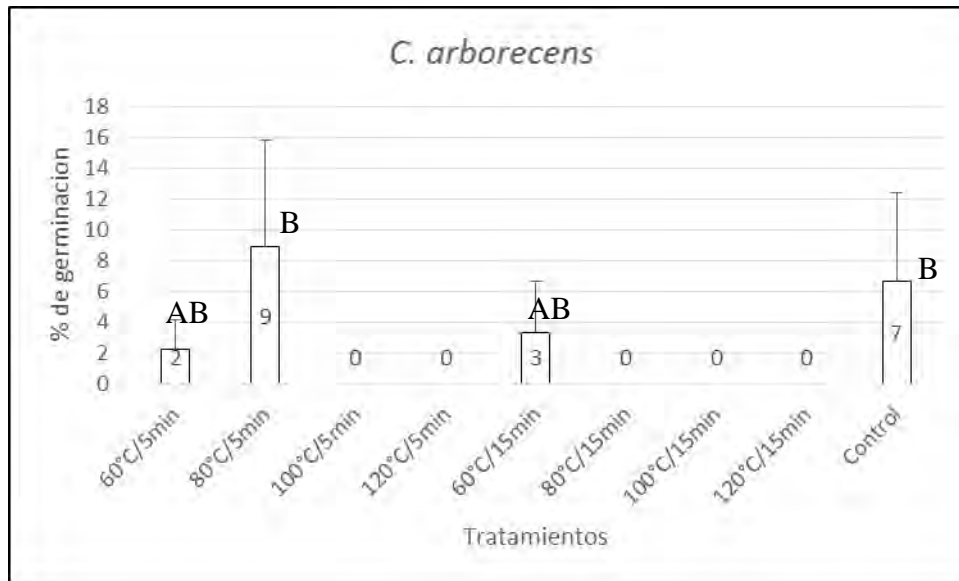


Figura 24. Porcentajes de germinación promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *C. arborecens* en diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 14. Análisis de varianza del porcentaje de germinación caso *C. arborecens*.

**ANOVA**

% de germinación (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.193	8	0.399	7.289	0.0
Dentro de grupos	0.986	18	0.055		
Total	4.178	26			

Entre los cuatro tratamientos que se presentó germinación en esta especie, el tiempo promedio de germinación demuestran similitud entre tres tratamientos, entre estos son; 60°C/5min con 58 días, 80°C/5min con 53 días y Control con 51 días. En 60°C/15min presenta 30 días siendo este el menor tiempo promedio de germinación (Figura 25).

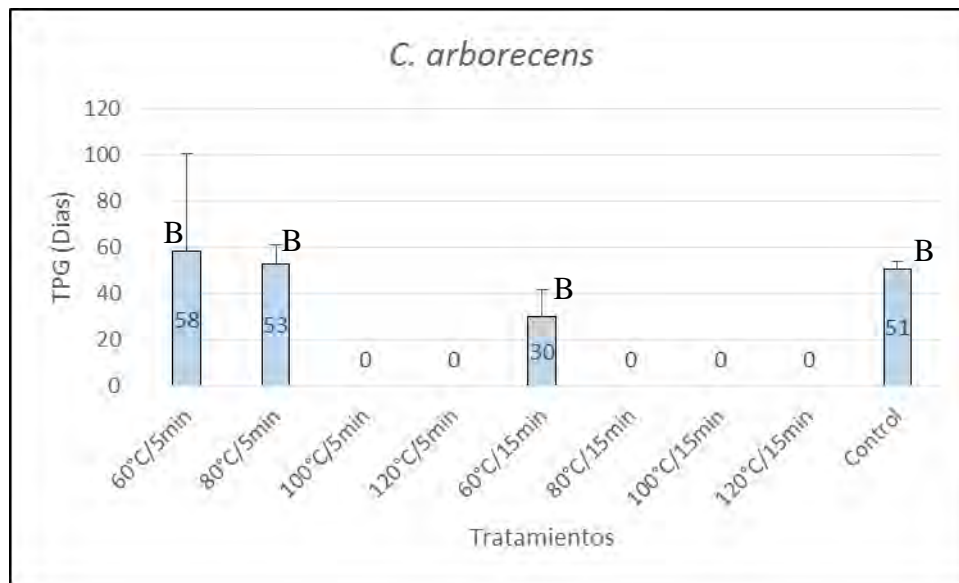


Figura 25. Tiempo promedio de germinación ( $\pm$  desviación estándar) de *C. arborecens* en diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 15. Análisis de varianza del tiempo promedio de germinación caso *C. arborecens*.

**ANOVA**

TPG (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15.979	8	1.997	205.293	0.0
Dentro de grupos	0.156	16	0.010		
Total	16.134	24			

*C. arborecens* presenta porcentajes de germinación bajas, pero se puede observar en la (Figura 26), que muestra datos de porcentajes altos en cuestión de sobrevivencia logrando un 100% de sobrevivencia al final del periodo de estudio en los tratamientos 60°C/15min, 60°C/5min y 80°C/5min superando al Control con una diferencia de 17%.

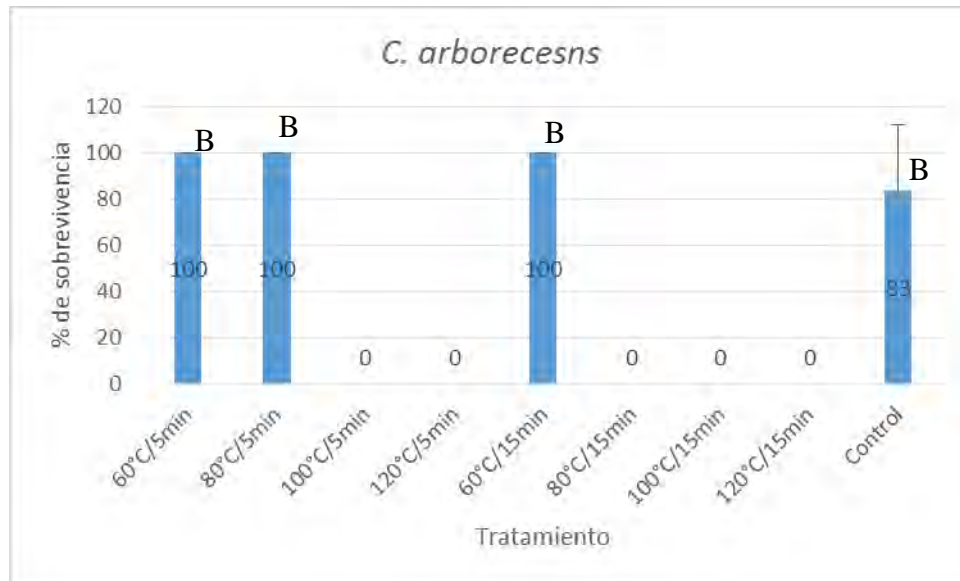


Figura 26. Porcentajes de sobrevivencia promedio ( $\pm$  desviación estándar) de *C. arborecens* en diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 16. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia caso *C. arborecens*.

### ANOVA

Sobrevivencia (trans)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22.456	8	2.807	767.196	0.0
Dentro de grupos	0.059	16	0.004		
Total	22.515	24			

El comportamiento de germinación de *C. arborecens* fue bajo, el tiempo de latencia en que germinó la primera semilla de esta especie fue de 21 días después de su siembra en el tratamiento 60°C/15min, seguido del Control y 60°C/5min en el día 27; para el tratamiento 80°C/5min, su periodo de latencia fue de 40 días cuando esta empezó a germinar, una diferencia de 13 días respecto al Control y al tratamiento 60°C/5min. Sin embargo, la temperatura 80°C por 5min fue la que presentó el mayor pico de plántulas sobrevivientes y germinación entre los días 76 y 107, comportándose de tal manera hasta los últimos días del periodo de estudio. El tratamiento de 60°C/5min presentó la más baja tasa de plántulas sobrevivientes al final de la etapa de estudio con 2 plántulas (Figura 27).



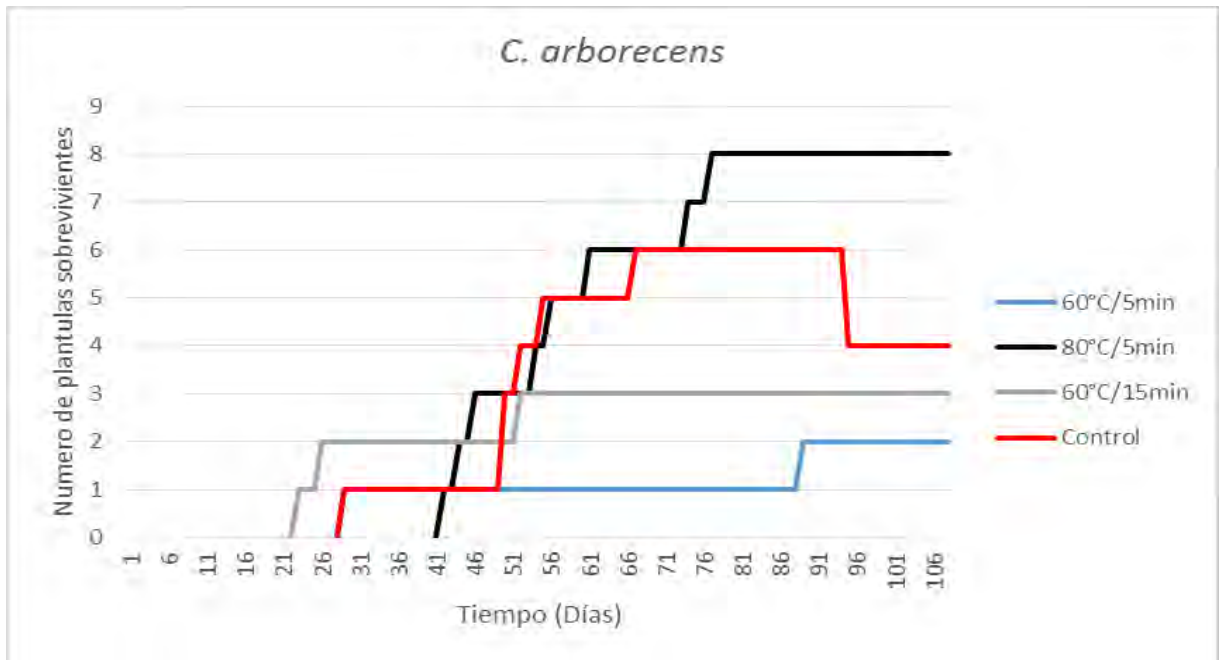


Figura 27. Comportamiento de la germinación y sobrevivencia de *C. arborecens* a través del periodo de estudio.

### Comparativo de germinación entre las cuatro especies de estudio

Desde una perspectiva general, las cuatro especies de estudio presentaron porcentajes de germinación promedio (<60%) en todos sus tratamientos. Las especies con mayores germinaciones fueron *P. piscipula* y *B. bucidaefolia* en la mayoría de los tratamientos. Las especies que presentaron bajos porcentajes de germinaciones fueron *C. arborecens* y *L. latisiliquum*. La especie que obtuvo la mayor germinación entre estas fue *P. piscipula*, con 52% en su Control, seguido de *B. bucidaefolia* con 47% en el tratamiento 80°C/5min. Sin embargo, entre estas dos especies y los tratamientos *B. bucidaefolia* superaron al porcentaje de germinación de su propio "Control", con una diferencia de 11%. Se puede observar que la temperatura y el tiempo de exposición son factores relevantes en los procesos de germinación ya que cada especie presentó diferentes resultados en cada tratamiento aplicado, a partir de los 100°C, las especies *P. piscipula* y *B. bucidaefolia* son tolerantes a tiempos de exposición cortos (5min), pero el tiempo prolongado (15min), afecta de una manera severa presentando bajas o nulas germinaciones. Esto igual aplica para *L. latisiliquum* pero está a partir de 80°C empieza a decrecer la germinación sin importar el tiempo de exposición (Figura 28).

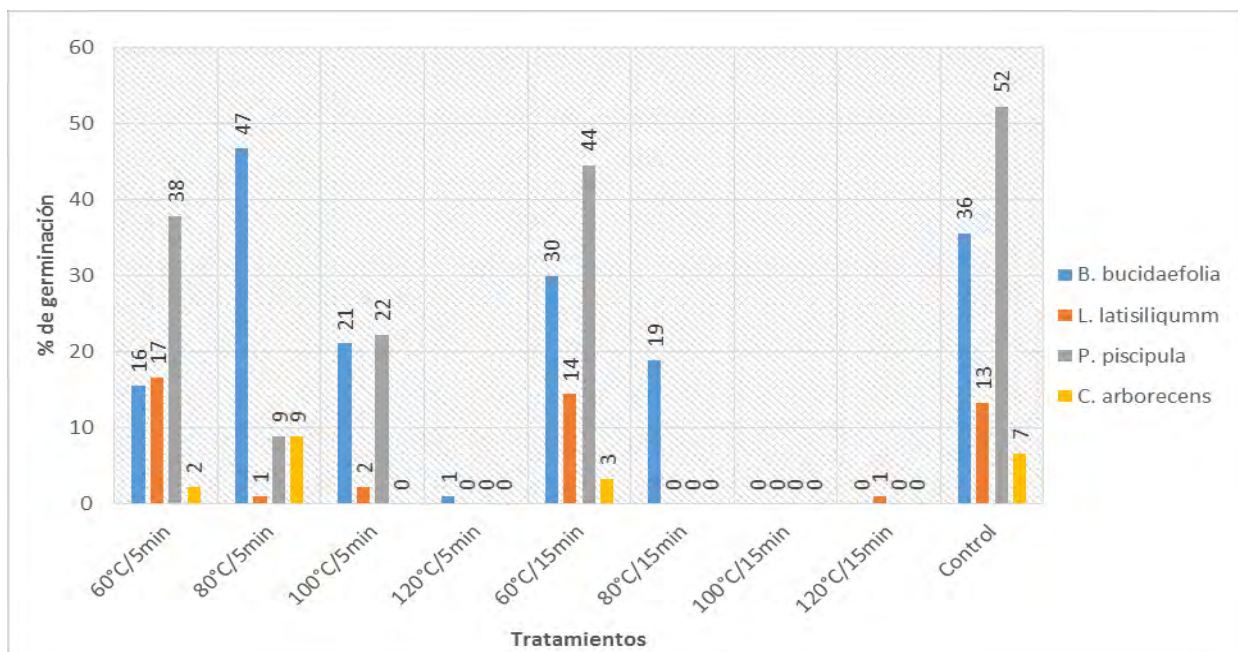


Figura 28. Porcentajes de germinación promedio de las cuatro especies de estudio en los diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 17.** Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 60°C de temperatura (diferencia significativa \*)

Tiempo	Especie			
	<i>B. bucidaefolia</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>P. piscipula</i>	<i>C. arborecens</i>
Control	36 ±8	13 ±3	52 ±4	7±6
5 min	16 ±5	17 ±9	38 ±8	2 ±2
15 min	30 ±7	14 ±5	44 ±37	3 ±3

**Cuadro 18.** Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 80°C de temperatura (diferencia significativa \*)

Tiempo	Especie			
	<i>B. bucidaefolia</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>P. piscipula</i>	<i>C. arborecens</i>
Control	36 ±8	13 ±3 (*) a	52 ±4 (*) c	7 ±6 b
5 min	47 ±15	1 ±2 b	9 ±8 (*) a	9 ±7 b
15 min	19 ±11	0 ±0 b	0 ±0 b	0 ±0 (*) a

**Cuadro 19.** Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 100°C de temperatura (diferencia significativa \*)

<b>Tiempo</b>	<b>Especie</b>			
	<b><i>B. bucidaefolia</i></b>	<b><i>L. latisiliquum</i></b>	<b><i>P. piscipula</i></b>	<b><i>C. arborecens</i></b>
Control	36 ±8 b	13 ±3 (*) a	52 ±4 b	7±6 (*) a
5 min	21 ±15 b	2 ±2 b	22 ±10 b	0 ±0 b
15 min	0 ±0 (*) a	0 ±0 b	0 ±0 (*) a	0 ±0 b

**Cuadro 20.** Porcentajes de germinación de las cuatro especies de estudio en 120°C de temperatura (diferencia significativa \*).

<b>Tiempo</b>	<b>Especie</b>			
	<b><i>B. bucidaefolia</i></b>	<b><i>L. latisiliquum</i></b>	<b><i>P. piscipula</i></b>	<b><i>C. arborecens</i></b>
Control	36 ±8 (*) a	13 ±3 (*) a	52 ±4 (*) a	7±6 (*) a
5 min	1 ±2 b	0 ±0 b	0 ±0 b	0 ±0 b
15 min	0 ±0 b	1 ±2 b	0 ±0 b	0 ±0 b

## DISCUSIÓN

Varios trabajos han sido documentados donde demuestran que las altas temperaturas aplicadas sobre semillas producen un aumento en la germinación de varias especies. El aumento de la temperatura promueve la ruptura de la latencia a través del agrietamiento de la cubierta de la semilla, lo que permite que se produzca la imbibición y germinación (Fidelis, 2016).

De acuerdo con Rodríguez Trejo et al. (2019) hay cuatro categorías de ecosistemas, con base a la relación del fuego entre estos; “mantenidos por el fuego, sensibles al fuego, influenciados por el fuego e independientes del fuego”. Las selvas se catalogan como “sensibles al fuego” por lo que hay menos adaptaciones a ese factor.

Se han documentado pocos estudios referentes al efecto del fuego en latitudes tropicales como los de Zuloaga Aguilar (2010), Zuloaga-Aguilar, et al. (2011), Rodríguez Trejo et al. (2019), Pizano. et al. (2019), los últimos dos se enfocaron a especies de selva estacionales. Los cuales orientan la comprensión de los resultados de este estudio, los cuales discutiremos a continuación para cada especie estudiada.

### ***Piscidia piscipula***

Dzib-Castillo et al. (2012) obtuvieron porcentajes de germinación entre el 40-60% de emergencia de plántulas en *P. piscipula* bajo condiciones de sombra (0, 35, 60 y 90%) en vivero, en este trabajo se obtuvo un 52% de germinación promedio en el Control (sin aplicación de calor) para esta especie, demostrando que se obtuvo un valor similar y natural, los efectos de los tratamientos aplicados a las semillas son convincentes.

Cualidades como latencia física en la semilla, corteza gruesa, regeneración en áreas incendiadas, rebrotación (post-fuego), presencia de órganos rizomatosos y que las especies sean representativas de vegetación secundaria, son indicativos de potencial adaptación al fuego (Rodríguez Trejo et al. ,2019). Estudio realizado por Zamora-Crescencio et al. (2011) identifico como una especie representativa a *P. piscipula* sobre vegetaciones secundarias, perturbadas anteriormente por actividades antropogénicas derivadas de selvas caducifolias. Este rasgo es de tomar en cuenta ya que esta especie de acuerdo a los resultados demuestran que las temperaturas aplicadas, no estimularon la respuesta germinativa ya que ningún tratamiento superó al “Control”. Sin embargo, presento tasas de germinación inferiores en los tratamientos 60, 80 y 100°C por 5 minutos, de acuerdo a la Prueba Tukey de comparaciones múltiples estas diferencias no son significativas respecto al Control  $\alpha=0.05$ . Lo que se infiere que es una especie tolerante a cierta temperatura (60-100°C), no obstante, el tiempo de exposición fue un factor relevante generando una respuesta negativa

---

cuando esta fue expuesta por 15 min, obteniendo germinaciones nulas o 0%, excepto para la temperatura de 60°C.

En contraste con estudios como (Pizano et al., 2019) donde obtuvo germinaciones sin importar el tiempo de exposición (5 y 15 min) expuestas a una temperatura de 100°C, experimentando con 7 especies (*Ceiba pentandra*, *Enterolobium cyclocarpun*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis*, *Pithecellobium dulce*, *Erythrina poeppigiana*, *Sapindus saponaria*) pertenecientes a una selva seca tropical de Colombia. Lo que se deduce que las capas de las semillas de *P. piscipula* no son tan resistentes para tolerar incendios de larga duración.

### ***L. latisiliquum***

Trabajos como (Williams et al., 2003) y (Auld y O'Connell, 1991) estudiaron especies pertenecientes de la familia Fabaceae donde encontraron picos de germinación entre 70-100°C. Fidelis et al. (2016) estudiaron seis especies pertenecientes a esta familia donde encontró una estimulación de *Stylosanthes montevidensis* cuando fue expuesta a 120°C por un minuto. En este trabajo *L. latisiliquum* y *P. piscipula* pertenecen a la familia Fabaceae la cual, las exposiciones a altas temperaturas no fueron suficiente para romper la latencia de las semillas sin embargo mostraron resistencia a ciertas temperaturas, para algunos casos como *L. latisiliquum* presenta un aumento de latencia cuando esta fue expuesta a partir de temperaturas de 80°C, presentando una dormancia, retrasando la germinación a comparación de su Control, presentando bajas germinaciones ( $\leq 2\%$ ).

Los resultados de esta especie presentan cierta analogía con el trabajo de (García Cuervas et al., 1992), en el cual analizaron zonas anteriormente perturbadas por incendios forestales y la afectación de un huracán, con la finalidad de conocer la regeneración natural, estudiaron la composición florística al igual que las características como la altura y el origen de la regeneración (semilla o brote). Ellos presentan dentro su listado florístico a *L. bahemensis* (sinónimo de *L. latisiliquum*) como una de las especies presentes en áreas perturbadas por incendios de magnitud moderada, considerando su regeneración por semilla y la cuantificación de dos mil individuos por hectárea, cabe destacar que entre sus registros en áreas perturbadas por incendios de magnitud intensa esta especie no se encuentra.

Dados los resultados donde se obtienen germinaciones similares en el Control y a temperaturas de 60°C (5 y 15 min) se puede sugerir que esta especie puede subsistir y regenerarse a un post-incendio de magnitud moderada. Dado el caso los escasos

---

porcentajes de germinación a temperaturas más elevadas se puede entender que esta especie es difícil de regenerarse por semilla a incendios severamente intensos.

### ***C. arborecens***

Dentro los resultados se observan porcentajes de germinación bajos ( $\leq 9\%$ ) para esta especie, sin embargo, otros autores como Rodríguez-Sosa et al. (2012) y Salazar et al. (2000) reportan variaciones entre el 40-60% de germinación para esta especie sin tratamiento pre germinativo, dentro el estudio de Rodríguez-Sosa et al. (2012) ellos aplicaron tratamientos pre-germinativos en donde sumergían las semillas en agua por diferentes periodos de tiempos (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, y 27 horas) a temperatura ambiente, en el cual mencionan que la sumersión por 3, 6 y 9 horas aumentan significativamente la capacidad germinadora, del mismo modo, ellos mencionan que "las semillas de esta especie, por más de 12 horas remojadas, acentúa la dormancia de las semillas y aumenta significativamente el número de semillas incapaces de germinar, visto a través de la supresión de la germinación" de tal manera se cree que la baja capacidad germinativa en los resultados de este estudio, es que antes de la siembra se efectuó una prueba de viabilidad de semillas, en la que consistió en remojar las semillas por 24 horas y por consecuente posiblemente se creó un efecto de ahogamiento al repercutir la respiración celular y provocar daños en las funciones del embrión. Dado el caso no se recomienda realizar este tipo de pruebas de viabilidad por más de 9 horas para esta especie en particular.

### ***B. bucidaefolia***

El fuego es una perturbación a nivel global que ha influido en la estructura de las comunidades vegetales a lo largo del tiempo evolutivo, en las comunidades vegetales influenciados por este factor se pueden encontrar los ecosistemas mediterráneos, varias especies de plantas de estos ecosistemas han desarrollado respuestas adaptativas al fuego como la germinación de semillas relacionadas con humo, choque térmico y madera carbonizada (Gómez -González, 2011). No obstante, se desconoce o existe poca información sobre ecosistemas de selva respecto al fuego, un estudio realizado por Rodríguez Trejo et al. (2019) donde estudiaron la composición, estructura y adaptaciones al fuego en áreas posteriormente incendiadas 18 meses antes de la investigación sobre una selva caducifolia, encontraron ciertas características como adaptaciones al fuego en ciertas especies tropicales, entre ellas *Byrsonima crassifolia*, donde esta especie presento varios rasgos adaptativos como; corteza gruesa (12 a 16mm), regeneración por semilla en sitios incendiados, semilla con latencia física, rebrotación.

---

Así mismo en comparación con *B. bucidaefolia* solo se enfocó en la respuesta germinativa expuestas a choques térmicos, donde los resultados nos indican que esta especie es tolerante a ciertas temperaturas 60, 80 y 100°C dependiendo de los tiempos expuestos al calor 5 y 15 minutos, sin alterar la sobrevivencia y el tiempo de germinación de manera inusual, a pesar de ello a temperaturas expuestas a 120°C resulta letal para esta especie presentando muy escasa germinación o nula, alterando la sobrevivencia y el tiempo de germinación, estudios como Moreira et. al (2010) y Thomas et al. (2003) han demostrado que las altas temperaturas por encima de los 100°C pueden disminuir la germinación en algunas especies; en este caso esta especie presentó un 21% de germinación a un tiempo de exposición de 5 minutos sin presentar diferencias significativas sobre el Control, sin embargo cuando esta fue expuesta a 15 minutos presentó una nula germinación, probablemente ocasionando la muerte de las semillas cuando estas interactuaron con mayor tiempo el efecto del calor.

En esta investigación se reporta los resultados obtenidos mediante un análisis de los factores temperatura y tiempo de exposición a pesar de ello, otros trabajos como Zuloaga-Aguilar et al. (2011), King y Menges (2018), Santos Fichino et al. (2016) y Tavsanoğlu et al. (2015) han reportado que los productos del fuego como la ceniza o humo estimulan la germinación de varias especies. Es necesario conocer la respuesta germinativa de estas especies de estudio respectivamente del humo y ceniza ya que se sugiere por Zuloaga Aguilar (2010); “hay especies que son intolerantes a las temperaturas del fuego, pero los componentes activos de la ceniza y humo son señales que promueven la germinación”. De modo que también es fundamental estudiar los efectos combinados de temperatura y ceniza sobre la germinación ya que se evalúa con menos frecuencia que los efectos individuales (Mackenzie et al., 2016).

Otro parámetro por considerar son los rasgos de la cubierta de la semilla. Generalmente los árboles tienen semillas relativamente más grandes a comparación de los arbustos y herbáceas (Daibes et al., 2019). En las semillas permeables el calor debilita las cubiertas provocando una mejor absorción del agua y los nutrientes del humo y ceniza (Zuloaga-Aguilar et al., 2011). En esta investigación no se estudió las características de las semillas para conocer los rasgos permeables e impermeables, sin embargo, el material biológico utilizado fue recolectado de especies arbóreas y los resultados obtenidos demuestran cierta resistencia o tolerancia a ciertas temperaturas aplicadas. Por lo tanto, es indispensable tener en cuenta estos factores para

---

comprender mejor el entendimiento de la ecología del fuego de ciertos tipos de ecosistemas terrestres.

Este tipo de estudios sirven para evaluar la capacidad de respuesta de las semillas ante fenómenos como incendios forestales y así generar conocimiento respecto a la posible trayectoria sucesional de selvas tropicales, después del paso de dicha perturbación por lo tanto producir nueva información es considerable para la inclusión de estrategias o planes de manejo para la restauración de áreas perturbadas por dichos fenómenos.

---



## CONCLUSIONES

- Las altas temperaturas aplicadas no producen un aumento significativo en la respuesta germinativa de las especies de estudio.
  - Aunque no se presenta aumentos significativos en la respuesta germinativa, *B. bucidaefolia* y *P. piscipula* presentan germinaciones no significativas respecto a sus controles cuando estas son expuestas a temperaturas de 60, 80 y 100°C por 5 minutos. Interpretando que estas especies, sus semillas pueden tolerar incendios forestales de cierta magnitud incidente en el suelo por tiempos cortos (5 min). Sin modificar de una manera inusual la sobrevivencia y el tiempo en germinación.
  - El tiempo de exposición en los choques térmicos es relevante, porque en las cuatro especies se observa germinación en el tratamiento 60°C/15min, sin embargo, la única especie en germinar a una mayor temperatura es *B. bucidaefolia* en 80°/15min, esta capacidad provee una ventaja competitiva a contraste de las demás especies en la regeneración post-incendios ya que puede sobrevivir o tolerar incendios más prolongados dentro ese rango de incidencia de temperatura.
  - Dado el caso para las semillas de *L. latisiliquum* se sugiere por los resultados que es tolerable a incendios de baja intensidad calórica, en vez de los incendios de mayor intensidad, en los que sus semillas se verían afectadas provocando la muerte o inhibición de estas.
  - La prueba de viabilidad de semillas resulto desfavorable para *C. arborecens*, al causar una dormancia de estas, de acuerdo a otros autores, sin embargo, las semillas se trataron en las mismas condiciones aplicadas en los tratamientos lo cual produce cierta incertidumbre en los resultados, se sugiere realizar otro estudio con otra prueba de viabilidad para comparar resultados y tener la certeza adecuada respecto a esta especie.
-

## LITERATURA CITADA

- Aguilera Gomez, L., Rivas Manzano, I., y Martinez de la Cruz, I. (2016). El bosque tropical subcaducifolio en dos cañadas en Tlatlaya, Estado de México. *Polibotánica*, 29 pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.41.1>
- Anónimo. (1998). *Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel*. D.F: Instituto Nacional de Ecología, 161 pp.
- Anónimo. (2010). *Incendios forestales: Guía práctica para comunicadores*. Zapopan, Jalisco: CONAFOR, 56 pp.
- Anonimo (Diciembre de 2013). Obtenido de Estudio de Competividad turística del Destino Cozumel: [http://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/turismo/2015/DOC\\_VIG\\_2015/PDF-Cozumel.pdf](http://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/turismo/2015/DOC_VIG_2015/PDF-Cozumel.pdf) (Fecha de obtencion: diciembre 2019).
- Anónimo. (2018 ). *Programa nacional de prevención de incendios forestales* .
- Anónimo. s/f. Flora de la península de Yucatán. Obtenido de: [https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha\\_virtual.php?especie=1710](https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=1710) (Fecha de obtencion: febrero 2020.)
- Anónimo (2019a). Programa de manejo del fuego. Obtenido de : [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre\\_de\\_la\\_Temporada\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre_de_la_Temporada_2019.pdf) (Fecha de obtención: marzo 2021)
- Anónimo (2020b). Reporte semanal nacional de incendios forestales. Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/604834/Cierre\\_de\\_la\\_Temporada\\_2020.PDF](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/604834/Cierre_de_la_Temporada_2020.PDF) (Fecha de obtención: marzo 2021)
- Anónimo (2021c). Reporte semanal nacional de incendios forestales. Obtenido de : [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/620088/Reporte\\_del\\_01\\_de\\_enero\\_al\\_04\\_de\\_marzo\\_de\\_2021.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/620088/Reporte_del_01_de_enero_al_04_de_marzo_de_2021.pdf) (Fecha de obtención: marzo 2021)
- Arellano Rodriguez, J., Flores Guido , J., Tun Garrido, J., y Cruz bojorquez, M. (2003). *Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán*. UADY; México DF, pags: 1-807.
- Auld, T. D., y O’Coneell, M. A. (1991). Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. *Australian Journal of Ecology*, 16(1), 53-70. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01481.x>
- Baskin, C., y Baskin, J. (2001). *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of dormancy and Germination*. San Diego, California: Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1011465920842>

- Casal, M., Prado, S., Reyes, O., y Rivas, M. (2001). *Efectos del fuego sobre la germinación de varias especies leguminosas arbustivas*. In congresos forestales, 6 pp.
- Cobar carranza, A., A. Garcia, R., Pauchard, A., y Peña, E. (2015). Effects of high temperatures in the germination and seed survival of the invasive species *Pinus contorta* and two native species of South of Chile. *BOSQUE*, 53-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000100006>
- Coronado Alvarez, L., Gutierrez Aguirre, M., y Cervantes Martinez, A. (2011). WATER QUALITY IN WELLS FROM COZUMEL ISLAND, MEXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, pags: 233-241.
- Daibes, L. F., Pausas, J. G., Bonani, N., Nunes, J., Silveira, F. A., y Fidelis, A. (2019). Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factor. *Annals of botany*, pags: 1219-1229. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz028>
- DeBano, L., Neary, D., y Ffolliott, P. (1998). *Fire's Effects on Ecosystems*. New York: John Wiley & Sons Inc., 319 pp.
- Dzib-Castillo, B. B., Van der wal, H., Chanatasig-Vaca, C. I., Macario Mendoza, P. A., y Pat Fernandez, J. M. (2012). Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3 (10), 77-87. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i10.527>
- Ernst, R., Morici, E., Estelrich, H., Muiño, W., y Ruiz, M. (2015). Efecto de la quema controlada sobre el banco de semillas de gramíneas de diferentes parches del bosque de calden en la región semiárida central Argentina. *Archivos de zootecnia*, 245-253. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v64i247.404>
- Espinoza Chaves, J. S. (2016). *Protocolo para conocer la viabilidad de PLATYMISCIUM PINNATUM con fines de conservación y restauración ecológica*, 12 pp.
- Estrada, A., Coates Estrada, R. (2011). *Las selvas tropicales húmedas de México*. D.F., México: Fondo de cultura Económica, 191 pp.
- F. Gilman, E. (1999). *Colubrina arborecens*. University of florida, 2 pp.
- FAO. (2005). *Evaluación de los recursos mundiales*. Obtenido de Informe Nacional : <http://www.fao.org/forestry/8957-0e10ab399363dae72998f24e44bf250a0.pdf> (Fecha de obtención: diciembre 2018).
- FAO. (2005). *Situación de los bosques del mundo, 2005*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 129 pp.

- Fernandez Nava, R. (2010). *Nombres comunes, etnobotánica y distribución geográfica del género Colubrina (Rhamnaceae) en México*. DF, México: Instituto Revista Científica UDO Agrícola , 10(1), 7-22.
- Fidelis, A., Daibes, L. F., y Martins, A. R. (2016). To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. *Acta Botanica Brasílica*, 30(1): 147-151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062015abb0187>
- García Cuevas, X., Rodríguez, S. B., & Chavelas Polito, J. (1992). Regeneración natural en sitios afectados por el huracán Gilberto e incendios forestales en Quintana Roo. *Ciencia Forestal en México (México) v. 17 (72) p. 75-99*.
- Gonzalez Zertuche , L., y Orosco Segovia, A. (1996). Metodos de analisis de datos de germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya. *Boletín de la sociedad Botánica de México*, 15-30. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Gómez-González, S., Torres-Díaz, C., Bustos-Schindler, C., y Gianoli, E. (2011). Anthropogenic fire drives the evolution of seed traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(46), 18743-18747. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1108863108>
- Granados Sanchez, D., y Lopez Rios, G. (1998). Ecología del fuego. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 4, 193-206.
- Herrero, C., Bravo, F., y San martin , R. (2005). *Efecto del fuego en la germinacion de Cistus laurifolius*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 7 pp.
- King, R., y Menges, E. (2018). Effects of heat and smoke on the germination of six Florida scrub species. *South African Journal of Botany*, 223-230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.009>
- Labbe Olguin, D. (2013). *Efecto del fuego sobre la viabilidad y germinación de semillas en ecosistemas Patagónicos, (Tesis de ingeniería)*, Universidad Austral de Chile, 25pp.
- Rodriguez Lugo, A. I. (2010). *Efecto del fuego sobre la germinacion y el banco de semillas edafico de Ericaceas de Galicia* (Tesis doctoral). Santiago de Compostela : Universidad de Santiago de Compostela, 285 pp.
- Mackenzie, B. D., Auld, T. D., Keith, D. A., Hui, F. K., y Ooi, M. K. (2016). The Effect of Seasonal Ambient Temperatures on Fire-Stimulated Germination of Species with Physiological Dormancy: A Case Study Using Boronia (Rutaceae). *PLoS ONE*, 11(5). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156142>
- Mataix Solera, J., y Guerrero, C. (2007). *Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Caja Mediterráneo CEMACAM Font Roja-Alcoi, Alicante, 5-40*.
-

- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E., y Pausas, J. G. (2010). Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Annals of botany*, 105 (4), 627-635. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq017>
- Morfin-Rios, J. E., Peláez, J., Fuentes, M. (2012). *Caracterización y cuantificación de combustibles forestales*. Guadalajara, Jalisco, México: Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara, 10-94. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.3342.4326>
- Navarro Martínez, A., y M. Vester, H. (2007). *Fichas ecológicas de árboles maderables de Quintana Roo*. Quintana Roo, México: Ecosur, (No. 634.9 V4.).
- Orellana, R., Nava, F., y Espadas, C. (2007). *El clima de Cozumel y la Riviera Maya. Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel*, 23-32.
- Palafox Muñoz, A., Zizumbo Villarreal, L. (2009). *Distribución Territorial y turismo en Cozumel, Estado de Quintana Roo, México*. México: Universidad de Quintana Roo. 69-88. DOI: <https://doi.org/10.4206/gest.tur.2009.n11-04>
- Pennington, T., Sarukhan, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. México: UNAM. Cd de México.
- Peña Ramírez, V., & Bonfil, C. (2003). Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus liebmani* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Nee) En la región de la montaña (Guerrero) México. *Boletín de la sociedad botánica de México*, 5-20. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1668>
- Pizano, C., y Salgado, J. C. C. (2019). Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical. *Colombia forestal*, 22(2), 55-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/2256201x.14702>.
- Plana Bach, E., Font Bernet, M., Serra Davos, M. (2016). *Los incendios forestales guía para comunicadores y periodistas*. Ediciones CTFC.
- Ramos Prado, J. M., Porter Bolland, L. (2002). *Manual de germinación y establecimiento de plantas en la Reserva Ecológica el Eden A.C.* Quintana Roo: CONACYT, 37 pp.
- Ressler, R., & Cruz, I. (2012). *Detención y monitoreo de incendios forestales mediante imágenes de satélite*. Biodiversitas: CONABIO, 100, 12-13.
- Rodríguez Trejo, D. A. (2012). Genesis de los incendios forestales. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.12.091>
- Rodríguez Trejo, D. A., Martínez Muñoz, P., y Lara, P. J. M. (2019). Efectos del fuego en el arbolado de un bosque tropical de pino y en el de una selva baja caducifolia en Villaflores, Chiapas. *Ciência Florestal*, 29(3), 1033-1047. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509833952>

- Rodríguez-Sosa, J. L.-R. (2012). Tratamientos a semillas para mejorar la germinación de *Colubrina ferruginosa* Brong. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 18 (1) 27-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.01.001>
- Salazar, R., Soheit, C., Mendez, J. M. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de America Latina*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, Vol. 1, 203pp.
- Santos Fichino, B., G. Dombroski, J., R. Pivello, V., Fidelis, A. (2016). Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. *Biotropica*, 48(2), 181-187. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12276>
- Sosa, C., Cedeño, O., Rodríguez, E., Martínez, R., Raygoza, A. (1999). *Incendios forestales*. México, D.F: SEGOB y SEMARNAT.
- Suloaga Aguilar, S., Briones, O., Orozco Segovia, A. (2010). Effect of heat shock on germination of 23 plant species in pine-oaks and montane cloud forest in western Mexico. En M. Suloaga Aguilar, *EFFECTO DEL FUEGO SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL BANCO DE SEMILLAS DE BOSQUES TEMPLADOS DEL OCCIDENTE DE MEXICO* (págs. 46-90). Xalapa, Veracruz: International Journal of Wildland Fire. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF08092>
- Tavsanoglu, C., Serter Catav, S., Ozudogru, B. (2015). Fire-related germination and early seedling growth in 21 herbaceous species in Central Anatolian steppe. *Journal of Arid Environments*, 122, 109-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.06.017>
- Téllez Valdes, O. (1989). *Las plantas de Cozumel, Guía botánico-turística de la isla de Cozumel, Quintana Roo*. Instituto de Biología: UNAM, 75 pp.
- Thomas, P., Morris, E., Auld, T. (2003). Interactive effects of heat shock and smoke on germination of nine species forming soil seed banks within the Sydney region. *Austral Ecology*, 28 (6) 674-683. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.1330.doc.x>
- Valbuena, L., Alonso, I., Tarrega, R., Luis, E. (1992). Influencia del calor y del aclarado sobre "La Germinación de *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer*". *Pirineos*, 109-118. DOI: <https://doi.org/10.3989/pirineos.1992.v140.175>
- Vivas Valdes, V. (2008). *Travesía por la historia de Cozumel*. México: Gobierno Municipal de Cozumel, 191 pp.
- Williams, P. R., Congdon, R. A., Grice, A. C., Clarke, P. J. (2003). Fire-related cues break seed dormancy of six legumes of tropical eucalypt savannas in north-eastern Australia. *Austral Ecology*, 28(5), 507-514. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01307.x>

Xacur Maiza, J. (1998). *Enciclopedia de Quintana Roo*. México : Tomo 8 .

Zuloaga Aguilar, M. (2010). *Efecto del fuego sobre la germinación y dinámica del banco de semillas en bosques subtropicales del occidente de México*. Xalapa,Veracruz: Instituto de Ecología A.C.

Zuloaga-Aguilar, S., Briones, O., Orozco-Segovia, A. (2011). Seed germination of montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico. *Acta Oecologica*, 37(3), 256-262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.02.009>

---



## ANEXOS

### Pruebas estadísticas de porcentaje de germinación caso *P. piscipula*

Cuadro 21. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso *P. piscipula*.

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de germinación	.266	27	.000	.798	27	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 22. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso *P. piscipula*.

#### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: % de germinación

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.011263	.204496	1.000	-.70526	.72779
	80°C/5min	.805587*	.204496	.021	.08906	1.52211
	80°C/15min	1.542968*	.204496	.000	.82644	2.25950
	100°C/5min	.244152	.204496	.948	-.47238	.96068
	100°C/15min	1.542968*	.204496	.000	.82644	2.25950
	120°C/5min	1.542968*	.204496	.000	.82644	2.25950
	120°C/15min	1.542968*	.204496	.000	.82644	2.25950
	Control	-.141812	.204496	.998	-.85834	.57471
60°C/15min	60°C/5min	-.011263	.204496	1.000	-.72779	.70526
	80°C/5min	.794324*	.204496	.023	.07780	1.51085
	80°C/15min	1.531706*	.204496	.000	.81518	2.24823
	100°C/5min	.232889	.204496	.960	-.48364	.94942
	100°C/15min	1.531706*	.204496	.000	.81518	2.24823
	120°C/5min	1.531706*	.204496	.000	.81518	2.24823
	120°C/15min	1.531706*	.204496	.000	.81518	2.24823
	Control	-.153075	.204496	.997	-.86960	.56345
80°C/5min	60°C/5min	-.805587*	.204496	.021	-1.52211	-.08906
	60°C/15min	-.794324*	.204496	.023	-1.51085	-.07780
	80°C/15min	.737381*	.204496	.041	.02085	1.45391
	100°C/5min	-.561436	.204496	.199	-1.27796	.15509
	100°C/15min	.737381*	.204496	.041	.02085	1.45391



	120°C/5min	.737381*	.204496	.041	.02085	1.45391
	120°C/15min	.737381*	.204496	.041	.02085	1.45391
	Control	-.947399*	.204496	.005	-1.66393	-.23087
80°C/15min	60°C/5min	-1.542968*	.204496	.000	-2.25950	-.82644
	60°C/15min	-1.531706*	.204496	.000	-2.24823	-.81518
	80°C/5min	-.737381*	.204496	.041	-1.45391	-.02085
	100°C/5min	-1.298817*	.204496	.000	-2.01534	-.58229
	100°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	120°C/5min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	120°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	Control	-1.684780*	.204496	.000	-2.40131	-.96825
	100°C/5min	60°C/5min	-.244152	.204496	.948	-.96068
60°C/15min		-.232889	.204496	.960	-.94942	.48364
80°C/5min		.561436	.204496	.199	-.15509	1.27796
80°C/15min		1.298817*	.204496	.000	.58229	2.01534
100°C/15min		1.298817*	.204496	.000	.58229	2.01534
120°C/5min		1.298817*	.204496	.000	.58229	2.01534
120°C/15min		1.298817*	.204496	.000	.58229	2.01534
Control		-.385964	.204496	.630	-1.10249	.33056
100°C/15min		60°C/5min	-1.542968*	.204496	.000	-2.25950
	60°C/15min	-1.531706*	.204496	.000	-2.24823	-.81518
	80°C/5min	-.737381*	.204496	.041	-1.45391	-.02085
	80°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	100°C/5min	-1.298817*	.204496	.000	-2.01534	-.58229
	120°C/5min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	120°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	Control	-1.684780*	.204496	.000	-2.40131	-.96825
	120°C/5min	60°C/5min	-1.542968*	.204496	.000	-2.25950
60°C/15min		-1.531706*	.204496	.000	-2.24823	-.81518
80°C/5min		-.737381*	.204496	.041	-1.45391	-.02085
80°C/15min		.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
100°C/5min		-1.298817*	.204496	.000	-2.01534	-.58229
100°C/15min		.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
120°C/15min		.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
Control		-1.684780*	.204496	.000	-2.40131	-.96825
120°C/15min		60°C/5min	-1.542968*	.204496	.000	-2.25950
	60°C/15min	-1.531706*	.204496	.000	-2.24823	-.81518
	80°C/5min	-.737381*	.204496	.041	-1.45391	-.02085
	80°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	100°C/5min	-1.298817*	.204496	.000	-2.01534	-.58229
	100°C/15min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653

	120°C/5min	.000000	.204496	1.000	-.71653	.71653
	Control	-1.684780*	.204496	.000	-2.40131	-.96825
Control	60°C/5min	.141812	.204496	.998	-.57471	.85834
	60°C/15min	.153075	.204496	.997	-.56345	.86960
	80°C/5min	.947399*	.204496	.005	.23087	1.66393
	80°C/15min	1.684780*	.204496	.000	.96825	2.40131
	100°C/5min	.385964	.204496	.630	-.33056	1.10249
	100°C/15min	1.684780*	.204496	.000	.96825	2.40131
	120°C/5min	1.684780*	.204496	.000	.96825	2.40131
	120°C/15min	1.684780*	.204496	.000	.96825	2.40131

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 23. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso P. piscipula.

### % de germinacion

HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
80°C/15min	3	.04139		
100°C/15min	3	.04139		
120°C/5min	3	.04139		
120°C/15min	3	.04139		
80°C/5min	3		.77877	
100°C/5min	3		1.34021	1.34021
60°C/15min	3			1.57310
60°C/5min	3			1.58436
Control	3			1.72617
Sig.		1.000	.199	.630

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Pruebas estadísticas del tiempo promedio de germinación caso P. piscipula**

Cuadro 24. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso P. piscipula.

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TPG (trans)	.314	26	.000	.741	26	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 25. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso P. piscipula

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: TPG (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.040659	.111837	1.000	-.35401	.43533
	80°C/5min	-.105615	.125038	.993	-.54687	.33564
	80°C/15min	1.433810*	.111837	.000	1.03914	1.82848
	100°C/5min	-.073015	.111837	.999	-.46769	.32166
	100°C/15min	1.433810*	.111837	.000	1.03914	1.82848
	120°C/5min	1.433810*	.111837	.000	1.03914	1.82848
	120°C/15min	1.433810*	.111837	.000	1.03914	1.82848
	Control	.047766	.111837	1.000	-.34690	.44244
60°C/15min	60°C/5min	-.040659	.111837	1.000	-.43533	.35401
	80°C/5min	-.146274	.125038	.953	-.58753	.29498
	80°C/15min	1.393151*	.111837	.000	.99848	1.78782
	100°C/5min	-.113674	.111837	.979	-.50834	.28100
	100°C/15min	1.393151*	.111837	.000	.99848	1.78782
	120°C/5min	1.393151*	.111837	.000	.99848	1.78782
	120°C/15min	1.393151*	.111837	.000	.99848	1.78782
	Control	.007108	.111837	1.000	-.38756	.40178
80°C/5min	60°C/5min	.105615	.125038	.993	-.33564	.54687
	60°C/15min	.146274	.125038	.953	-.29498	.58753
	80°C/15min	1.539425*	.125038	.000	1.09817	1.98068
	100°C/5min	.032600	.125038	1.000	-.40866	.47386
	100°C/15min	1.539425*	.125038	.000	1.09817	1.98068

	120°C/5min	1.539425*	.125038	.000	1.09817	1.98068
	120°C/15min	1.539425*	.125038	.000	1.09817	1.98068
	Control	.153381	.125038	.939	-.28787	.59464
80°C/15min	60°C/5min	-1.433810*	.111837	.000	-1.82848	-1.03914
	60°C/15min	-1.393151*	.111837	.000	-1.78782	-.99848
	80°C/5min	-1.539425*	.125038	.000	-1.98068	-1.09817
	100°C/5min	-1.506825*	.111837	.000	-1.90150	-1.11215
	100°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	120°C/5min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	120°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	Control	-1.386043*	.111837	.000	-1.78071	-.99137
	100°C/5min	60°C/5min	.073015	.111837	.999	-.32166
60°C/15min		.113674	.111837	.979	-.28100	.50834
80°C/5min		-.032600	.125038	1.000	-.47386	.40866
80°C/15min		1.506825*	.111837	.000	1.11215	1.90150
100°C/15min		1.506825*	.111837	.000	1.11215	1.90150
120°C/5min		1.506825*	.111837	.000	1.11215	1.90150
120°C/15min		1.506825*	.111837	.000	1.11215	1.90150
Control		.120781	.111837	.970	-.27389	.51545
100°C/15min		60°C/5min	-1.433810*	.111837	.000	-1.82848
	60°C/15min	-1.393151*	.111837	.000	-1.78782	-.99848
	80°C/5min	-1.539425*	.125038	.000	-1.98068	-1.09817
	80°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	100°C/5min	-1.506825*	.111837	.000	-1.90150	-1.11215
	120°C/5min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	120°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	Control	-1.386043*	.111837	.000	-1.78071	-.99137
	120°C/5min	60°C/5min	-1.433810*	.111837	.000	-1.82848
60°C/15min		-1.393151*	.111837	.000	-1.78782	-.99848
80°C/5min		-1.539425*	.125038	.000	-1.98068	-1.09817
80°C/15min		.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
100°C/5min		-1.506825*	.111837	.000	-1.90150	-1.11215
100°C/15min		.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
120°C/15min		.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
Control		-1.386043*	.111837	.000	-1.78071	-.99137
120°C/15min		60°C/5min	-1.433810*	.111837	.000	-1.82848
	60°C/15min	-1.393151*	.111837	.000	-1.78782	-.99848
	80°C/5min	-1.539425*	.125038	.000	-1.98068	-1.09817
	80°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	100°C/5min	-1.506825*	.111837	.000	-1.90150	-1.11215
	100°C/15min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467

	120°C/5min	.000000	.111837	1.000	-.39467	.39467
	Control	-1.386043*	.111837	.000	-1.78071	-.99137
Control	60°C/5min	-.047766	.111837	1.000	-.44244	.34690
	60°C/15min	-.007108	.111837	1.000	-.40178	.38756
	80°C/5min	-.153381	.125038	.939	-.59464	.28787
	80°C/15min	1.386043*	.111837	.000	.99137	1.78071
	100°C/5min	-.120781	.111837	.970	-.51545	.27389
	100°C/15min	1.386043*	.111837	.000	.99137	1.78071
	120°C/5min	1.386043*	.111837	.000	.99137	1.78071
	120°C/15min	1.386043*	.111837	.000	.99137	1.78071

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 26. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso P. piscipula.

### TPG (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
Control	3		1.42744
60°C/15min	3		1.43454
60°C/5min	3		1.47520
100°C/5min	3		1.54822
80°C/5min	2		1.58082
Sig.		1.000	.907

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.842.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de sobrevivencia caso P. piscipula

Cuadro 27. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso P. piscipula.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sobrevivencia	.257	24	.000	.743	24	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 28. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso P. piscipula.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	-.048468	.219863	1.000	-.83778	.74084
	80°C/5min	-.602249	.219863	.213	-1.39156	.18706
	80°C/15min	1.078787*	.200707	.002	.35825	1.79933
	100°C/5min	-.615545	.200707	.125	-1.33608	.10499
	100°C/15min	1.078787*	.200707	.002	.35825	1.79933
	120°C/5min	1.078787*	.200707	.002	.35825	1.79933
	120°C/15min	1.078787*	.200707	.002	.35825	1.79933
	Control	-.266240	.200707	.908	-.98678	.45430
60°C/15min	60°C/5min	.048468	.219863	1.000	-.74084	.83778
	80°C/5min	-.553780	.219863	.296	-1.34309	.23553
	80°C/15min	1.127256*	.200707	.001	.40672	1.84779
	100°C/5min	-.567076	.200707	.186	-1.28761	.15346
	100°C/15min	1.127256*	.200707	.001	.40672	1.84779
	120°C/5min	1.127256*	.200707	.001	.40672	1.84779
	120°C/15min	1.127256*	.200707	.001	.40672	1.84779
	Control	-.217772	.200707	.968	-.93831	.50277
80°C/5min	60°C/5min	.602249	.219863	.213	-.18706	1.39156
	60°C/15min	.553780	.219863	.296	-.23553	1.34309
	80°C/15min	1.681036*	.200707	.000	.96050	2.40157
	100°C/5min	-.013296	.200707	1.000	-.73383	.70724
	100°C/15min	1.681036*	.200707	.000	.96050	2.40157
	120°C/5min	1.681036*	.200707	.000	.96050	2.40157
	120°C/15min	1.681036*	.200707	.000	.96050	2.40157
	Control	.336009	.200707	.752	-.38453	1.05655

80°C/15min	60°C/5min	-1.078787*	.200707	.002	-1.79933	-.35825
	60°C/15min	-1.127256*	.200707	.001	-1.84779	-.40672
	80°C/5min	-1.681036*	.200707	.000	-2.40157	-.96050
	100°C/5min	-1.694332*	.179518	.000	-2.33880	-1.04986
	100°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	120°C/5min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	120°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	Control	-1.345027*	.179518	.000	-1.98950	-.70056
100°C/5min	60°C/5min	.615545	.200707	.125	-.10499	1.33608
	60°C/15min	.567076	.200707	.186	-.15346	1.28761
	80°C/5min	.013296	.200707	1.000	-.70724	.73383
	80°C/15min	1.694332*	.179518	.000	1.04986	2.33880
	100°C/15min	1.694332*	.179518	.000	1.04986	2.33880
	120°C/5min	1.694332*	.179518	.000	1.04986	2.33880
	120°C/15min	1.694332*	.179518	.000	1.04986	2.33880
	Control	.349305	.179518	.597	-.29516	.99377
100°C/15min	60°C/5min	-1.078787*	.200707	.002	-1.79933	-.35825
	60°C/15min	-1.127256*	.200707	.001	-1.84779	-.40672
	80°C/5min	-1.681036*	.200707	.000	-2.40157	-.96050
	80°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	100°C/5min	-1.694332*	.179518	.000	-2.33880	-1.04986
	120°C/5min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	120°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	Control	-1.345027*	.179518	.000	-1.98950	-.70056
120°C/5min	60°C/5min	-1.078787*	.200707	.002	-1.79933	-.35825
	60°C/15min	-1.127256*	.200707	.001	-1.84779	-.40672
	80°C/5min	-1.681036*	.200707	.000	-2.40157	-.96050
	80°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	100°C/5min	-1.694332*	.179518	.000	-2.33880	-1.04986
	100°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	120°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	Control	-1.345027*	.179518	.000	-1.98950	-.70056
120°C/15min	60°C/5min	-1.078787*	.200707	.002	-1.79933	-.35825
	60°C/15min	-1.127256*	.200707	.001	-1.84779	-.40672
	80°C/5min	-1.681036*	.200707	.000	-2.40157	-.96050
	80°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	100°C/5min	-1.694332*	.179518	.000	-2.33880	-1.04986
	100°C/15min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	120°C/5min	.000000	.179518	1.000	-.64447	.64447
	Control	-1.345027*	.179518	.000	-1.98950	-.70056
Control	60°C/5min	.266240	.200707	.908	-.45430	.98678

60°C/15min	.217772	.200707	.968	-.50277	.93831
80°C/5min	-.336009	.200707	.752	-1.05655	.38453
80°C/15min	1.345027*	.179518	.000	.70056	1.98950
100°C/5min	-.349305	.179518	.597	-.99377	.29516
100°C/15min	1.345027*	.179518	.000	.70056	1.98950
120°C/5min	1.345027*	.179518	.000	.70056	1.98950
120°C/15min	1.345027*	.179518	.000	.70056	1.98950

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 29. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso P. piscipula.

### Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
60°C/5min	2		1.12018
60°C/15min	2		1.16865
Control	3		1.38642
80°C/5min	2		1.72243
100°C/5min	3		1.73573
Sig.		1.000	.104

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.571.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia

Cuadro 30. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia.

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% de germinacion	.161	27	.070	.895	27	.010

a. Corrección de significación de Lilliefors



Cuadro 31. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso B. *bucidaefolia*.

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: % de germinacion (trans)

		HSD Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	-.279547	.171047	.775	-.87887	.31978
	80°C/5min	-.458196	.171047	.222	-1.05752	.14113
	80°C/15min	-.034177	.171047	1.000	-.63350	.56515
	100°C/5min	-.057471	.171047	1.000	-.65680	.54185
	100°C/15min	1.165011*	.171047	.000	.56569	1.76434
	120°C/5min	.963232*	.171047	.001	.36391	1.56256
	120°C/15min	1.165011*	.171047	.000	.56569	1.76434
	Control	-.349710	.171047	.535	-.94904	.24962
60°C/15min	60°C/5min	.279547	.171047	.775	-.31978	.87887
	80°C/5min	-.178649	.171047	.975	-.77797	.42068
	80°C/15min	.245370	.171047	.870	-.35396	.84470
	100°C/5min	.222075	.171047	.919	-.37725	.82140
	100°C/15min	1.444558*	.171047	.000	.84523	2.04388
	120°C/5min	1.242779*	.171047	.000	.64345	1.84210
	120°C/15min	1.444558*	.171047	.000	.84523	2.04388
	Control	-.070163	.171047	1.000	-.66949	.52916
80°C/5min	60°C/5min	.458196	.171047	.222	-.14113	1.05752
	60°C/15min	.178649	.171047	.975	-.42068	.77797
	80°C/15min	.424019	.171047	.303	-.17531	1.02334
	100°C/5min	.400724	.171047	.368	-.19860	1.00005
	100°C/15min	1.623207*	.171047	.000	1.02388	2.22253
	120°C/5min	1.421428*	.171047	.000	.82210	2.02075
	120°C/15min	1.623207*	.171047	.000	1.02388	2.22253
	Control	.108486	.171047	.999	-.49084	.70781
80°C/15min	60°C/5min	.034177	.171047	1.000	-.56515	.63350
	60°C/15min	-.245370	.171047	.870	-.84470	.35396
	80°C/5min	-.424019	.171047	.303	-1.02334	.17531
	100°C/5min	-.023295	.171047	1.000	-.62262	.57603
	100°C/15min	1.199188*	.171047	.000	.59986	1.79851
	120°C/5min	.997408*	.171047	.000	.39808	1.59673
	120°C/15min	1.199188*	.171047	.000	.59986	1.79851
	Control	-.315533	.171047	.655	-.91486	.28379
100°C/5min	60°C/5min	.057471	.171047	1.000	-.54185	.65680
	60°C/15min	-.222075	.171047	.919	-.82140	.37725

	80°C/5min	-.400724	.171047	.368	-1.00005	.19860
	80°C/15min	.023295	.171047	1.000	-.57603	.62262
	100°C/15min	1.222483*	.171047	.000	.62316	1.82181
	120°C/5min	1.020703*	.171047	.000	.42138	1.62003
	120°C/15min	1.222483*	.171047	.000	.62316	1.82181
	Control	-.292239	.171047	.735	-.89156	.30709
100°C/15min	60°C/5min	-1.165011*	.171047	.000	-1.76434	-.56569
	60°C/15min	-1.444558*	.171047	.000	-2.04388	-.84523
	80°C/5min	-1.623207*	.171047	.000	-2.22253	-1.02388
	80°C/15min	-1.199188*	.171047	.000	-1.79851	-.59986
	100°C/5min	-1.222483*	.171047	.000	-1.82181	-.62316
	120°C/5min	-.201779	.171047	.951	-.80110	.39755
	120°C/15min	.000000	.171047	1.000	-.59933	.59933
	Control	-1.514721*	.171047	.000	-2.11405	-.91540
120°C/5min	60°C/5min	-.963232*	.171047	.001	-1.56256	-.36391
	60°C/15min	-1.242779*	.171047	.000	-1.84210	-.64345
	80°C/5min	-1.421428*	.171047	.000	-2.02075	-.82210
	80°C/15min	-.997408*	.171047	.000	-1.59673	-.39808
	100°C/5min	-1.020703*	.171047	.000	-1.62003	-.42138
	100°C/15min	.201779	.171047	.951	-.39755	.80110
	120°C/15min	.201779	.171047	.951	-.39755	.80110
	Control	-1.312942*	.171047	.000	-1.91227	-.71362
120°C/15min	60°C/5min	-1.165011*	.171047	.000	-1.76434	-.56569
	60°C/15min	-1.444558*	.171047	.000	-2.04388	-.84523
	80°C/5min	-1.623207*	.171047	.000	-2.22253	-1.02388
	80°C/15min	-1.199188*	.171047	.000	-1.79851	-.59986
	100°C/5min	-1.222483*	.171047	.000	-1.82181	-.62316
	100°C/15min	.000000	.171047	1.000	-.59933	.59933
	120°C/5min	-.201779	.171047	.951	-.80110	.39755
	Control	-1.514721*	.171047	.000	-2.11405	-.91540
Control	60°C/5min	.349710	.171047	.535	-.24962	.94904
	60°C/15min	.070163	.171047	1.000	-.52916	.66949
	80°C/5min	-.108486	.171047	.999	-.70781	.49084
	80°C/15min	.315533	.171047	.655	-.28379	.91486
	100°C/5min	.292239	.171047	.735	-.30709	.89156
	100°C/15min	1.514721*	.171047	.000	.91540	2.11405
	120°C/5min	1.312942*	.171047	.000	.71362	1.91227
	120°C/15min	1.514721*	.171047	.000	.91540	2.11405

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 32. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso B. bucidaefolia.

**% de germinación (trans)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100°C/15min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.24317	
60°C/5min	3		1.20640
80°C/15min	3		1.24058
100°C/5min	3		1.26388
60°C/15min	3		1.48595
Control	3		1.55611
80°C/5min	3		1.66460
Sig.		.951	.222

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Pruebas estadísticas del tiempo promedio de germinación caso B. bucidaefolia**

Cuadro 33. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso B. bucidaefolia.

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo promedio de germinación	.241	25	.001	.829	25	.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 34. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso B. bucidaefolia.

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: TPG (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.048071	.043116	.964	-.10409	.20023
	80°C/5min	.137961	.043116	.092	-.01420	.29012

	80°C/15min	.082073	.043116	.620	-.07008	.23423
	100°C/5min	.125332	.043116	.155	-.02682	.27749
	100°C/15min	1.785158*	.043116	.000	1.63300	1.93731
	120°C/5min	.409910*	.048206	.000	.23979	.58003
	120°C/15min	1.785158*	.043116	.000	1.63300	1.93731
	Control	.101872	.043116	.361	-.05028	.25403
60°C/15min	60°C/5min	-.048071	.043116	.964	-.20023	.10409
	80°C/5min	.089889	.043116	.513	-.06227	.24205
	80°C/15min	.034002	.043116	.996	-.11816	.18616
	100°C/5min	.077261	.043116	.687	-.07490	.22942
	100°C/15min	1.737086*	.043116	.000	1.58493	1.88924
	120°C/5min	.361838*	.048206	.000	.19172	.53195
	120°C/15min	1.737086*	.043116	.000	1.58493	1.88924
Control	.053801	.043116	.933	-.09836	.20596	
80°C/5min	60°C/5min	-.137961	.043116	.092	-.29012	.01420
	60°C/15min	-.089889	.043116	.513	-.24205	.06227
	80°C/15min	-.055887	.043116	.919	-.20804	.09627
	100°C/5min	-.012628	.043116	1.000	-.16479	.13953
	100°C/15min	1.647197*	.043116	.000	1.49504	1.79935
	120°C/5min	.271949*	.048206	.001	.10183	.44207
	120°C/15min	1.647197*	.043116	.000	1.49504	1.79935
	Control	-.036088	.043116	.994	-.18825	.11607
80°C/15min	60°C/5min	-.082073	.043116	.620	-.23423	.07008
	60°C/15min	-.034002	.043116	.996	-.18616	.11816
	80°C/5min	.055887	.043116	.919	-.09627	.20804
	100°C/5min	.043259	.043116	.980	-.10890	.19542
	100°C/15min	1.703084*	.043116	.000	1.55093	1.85524
	120°C/5min	.327837*	.048206	.000	.15772	.49795
	120°C/15min	1.703084*	.043116	.000	1.55093	1.85524
	Control	.019799	.043116	1.000	-.13236	.17196
100°C/5min	60°C/5min	-.125332	.043116	.155	-.27749	.02682
	60°C/15min	-.077261	.043116	.687	-.22942	.07490
	80°C/5min	.012628	.043116	1.000	-.13953	.16479
	80°C/15min	-.043259	.043116	.980	-.19542	.10890
	100°C/15min	1.659825*	.043116	.000	1.50767	1.81198
	120°C/5min	.284577*	.048206	.000	.11446	.45469
	120°C/15min	1.659825*	.043116	.000	1.50767	1.81198
Control	-.023460	.043116	1.000	-.17562	.12870	
100°C/15min	60°C/5min	-1.785158*	.043116	.000	-1.93731	-1.63300
	60°C/15min	-1.737086*	.043116	.000	-1.88924	-1.58493
	80°C/5min	-1.647197*	.043116	.000	-1.79935	-1.49504

	80°C/15min	-1.703084*	.043116	.000	-1.85524	-1.55093
	100°C/5min	-1.659825*	.043116	.000	-1.81198	-1.50767
	120°C/5min	-1.375248*	.048206	.000	-1.54536	-1.20513
	120°C/15min	.000000	.043116	1.000	-.15216	.15216
	Control	-1.683285*	.043116	.000	-1.83544	-1.53113
120°C/5min	60°C/5min	-.409910*	.048206	.000	-.58003	-.23979
	60°C/15min	-.361838*	.048206	.000	-.53195	-.19172
	80°C/5min	-.271949*	.048206	.001	-.44207	-.10183
	80°C/15min	-.327837*	.048206	.000	-.49795	-.15772
	100°C/5min	-.284577*	.048206	.000	-.45469	-.11446
	100°C/15min	1.375248*	.048206	.000	1.20513	1.54536
	120°C/15min	1.375248*	.048206	.000	1.20513	1.54536
	Control	-.308037*	.048206	.000	-.47815	-.13792
120°C/15min	60°C/5min	-1.785158*	.043116	.000	-1.93731	-1.63300
	60°C/15min	-1.737086*	.043116	.000	-1.88924	-1.58493
	80°C/5min	-1.647197*	.043116	.000	-1.79935	-1.49504
	80°C/15min	-1.703084*	.043116	.000	-1.85524	-1.55093
	100°C/5min	-1.659825*	.043116	.000	-1.81198	-1.50767
	100°C/15min	.000000	.043116	1.000	-.15216	.15216
	120°C/5min	-1.375248*	.048206	.000	-1.54536	-1.20513
	Control	-1.683285*	.043116	.000	-1.83544	-1.53113
Control	60°C/5min	-.101872	.043116	.361	-.25403	.05028
	60°C/15min	-.053801	.043116	.933	-.20596	.09836
	80°C/5min	.036088	.043116	.994	-.11607	.18825
	80°C/15min	-.019799	.043116	1.000	-.17196	.13236
	100°C/5min	.023460	.043116	1.000	-.12870	.17562
	100°C/15min	1.683285*	.043116	.000	1.53113	1.83544
	120°C/5min	.308037*	.048206	.000	.13792	.47815
	120°C/15min	1.683285*	.043116	.000	1.53113	1.83544

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 35. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso B. *bucidaefolia*.

### TPG (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
100°C/15min	3	.04139		
120°C/15min	3	.04139		
120°C/5min	2		1.41664	
80°C/5min	3			1.68859

100°C/5min	3			1.70122
Control	3			1.72468
80°C/15min	3			1.74448
60°C/15min	3			1.77848
60°C/5min	3			1.82655
Sig.		1.000	1.000	.108

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.842.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de sobrevivencia caso B. bucidaefolia

Cuadro 36. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso B. bucidaefolia

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sobrevivencia	.235	26	.001	.855	26	.002

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 37. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso B. bucidaefolia.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	-.137461	.078545	.711	-.41465	.13972
	80°C/5min	-.157697	.078545	.558	-.43488	.11949
	80°C/15min	.035076	.087816	1.000	-.27483	.34498
	100°C/5min	.037868	.078545	1.000	-.23932	.31505
	100°C/15min	1.717232*	.078545	.000	1.44005	1.99442
	120°C/5min	1.717232*	.078545	.000	1.44005	1.99442
	120°C/15min	1.717232*	.078545	.000	1.44005	1.99442
	Control	-.018307	.078545	1.000	-.29549	.25888
60°C/15min	60°C/5min	.137461	.078545	.711	-.13972	.41465
	80°C/5min	-.020236	.078545	1.000	-.29742	.25695
	80°C/15min	.172537	.087816	.584	-.13737	.48244
	100°C/5min	.175329	.078545	.429	-.10186	.45251

	100°C/15min	1.854693*	.078545	.000	1.57751	2.13188
	120°C/5min	1.854693*	.078545	.000	1.57751	2.13188
	120°C/15min	1.854693*	.078545	.000	1.57751	2.13188
	Control	.119154	.078545	.833	-.15803	.39634
80°C/5min	60°C/5min	.157697	.078545	.558	-.11949	.43488
	60°C/15min	.020236	.078545	1.000	-.25695	.29742
	80°C/15min	.192773	.087816	.449	-.11713	.50268
	100°C/5min	.195565	.078545	.301	-.08162	.47275
	100°C/15min	1.874929*	.078545	.000	1.59774	2.15211
	120°C/5min	1.874929*	.078545	.000	1.59774	2.15211
	120°C/15min	1.874929*	.078545	.000	1.59774	2.15211
	Control	.139390	.078545	.697	-.13780	.41658
80°C/15min	60°C/5min	-.035076	.087816	1.000	-.34498	.27483
	60°C/15min	-.172537	.087816	.584	-.48244	.13737
	80°C/5min	-.192773	.087816	.449	-.50268	.11713
	100°C/5min	.002791	.087816	1.000	-.30711	.31269
	100°C/15min	1.682156*	.087816	.000	1.37225	1.99206
	120°C/5min	1.682156*	.087816	.000	1.37225	1.99206
	120°C/15min	1.682156*	.087816	.000	1.37225	1.99206
	Control	-.053383	.087816	.999	-.36329	.25652
100°C/5min	60°C/5min	-.037868	.078545	1.000	-.31505	.23932
	60°C/15min	-.175329	.078545	.429	-.45251	.10186
	80°C/5min	-.195565	.078545	.301	-.47275	.08162
	80°C/15min	-.002791	.087816	1.000	-.31269	.30711
	100°C/15min	1.679364*	.078545	.000	1.40218	1.95655
	120°C/5min	1.679364*	.078545	.000	1.40218	1.95655
	120°C/15min	1.679364*	.078545	.000	1.40218	1.95655
	Control	-.056174	.078545	.998	-.33336	.22101
100°C/15min	60°C/5min	-1.717232*	.078545	.000	-1.99442	-1.44005
	60°C/15min	-1.854693*	.078545	.000	-2.13188	-1.57751
	80°C/5min	-1.874929*	.078545	.000	-2.15211	-1.59774
	80°C/15min	-1.682156*	.087816	.000	-1.99206	-1.37225
	100°C/5min	-1.679364*	.078545	.000	-1.95655	-1.40218
	120°C/5min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719
	120°C/15min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719
	Control	-1.735539*	.078545	.000	-2.01272	-1.45835
120°C/5min	60°C/5min	-1.717232*	.078545	.000	-1.99442	-1.44005
	60°C/15min	-1.854693*	.078545	.000	-2.13188	-1.57751
	80°C/5min	-1.874929*	.078545	.000	-2.15211	-1.59774
	80°C/15min	-1.682156*	.087816	.000	-1.99206	-1.37225
	100°C/5min	-1.679364*	.078545	.000	-1.95655	-1.40218

	100°C/15min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719	
	120°C/15min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719	
	Control	-1.735539*	.078545	.000	-2.01272	-1.45835	
120°C/15min	60°C/5min	-1.717232*	.078545	.000	-1.99442	-1.44005	
	60°C/15min	-1.854693*	.078545	.000	-2.13188	-1.57751	
	80°C/5min	-1.874929*	.078545	.000	-2.15211	-1.59774	
	80°C/15min	-1.682156*	.087816	.000	-1.99206	-1.37225	
	100°C/5min	-1.679364*	.078545	.000	-1.95655	-1.40218	
	100°C/15min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719	
	120°C/5min	.000000	.078545	1.000	-.27719	.27719	
	Control	-1.735539*	.078545	.000	-2.01272	-1.45835	
	Control	60°C/5min	.018307	.078545	1.000	-.25888	.29549
		60°C/15min	-.119154	.078545	.833	-.39634	.15803
80°C/5min		-.139390	.078545	.697	-.41658	.13780	
80°C/15min		.053383	.087816	.999	-.25652	.36329	
100°C/5min		.056174	.078545	.998	-.22101	.33336	
100°C/15min		1.735539*	.078545	.000	1.45835	2.01272	
120°C/5min		1.735539*	.078545	.000	1.45835	2.01272	
120°C/15min		1.735539*	.078545	.000	1.45835	2.01272	

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 38. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso B. *bucidaefolia*.

### Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
100°C/5min	3		1.72076
80°C/15min	2		1.72355
60°C/5min	3		1.75862
Control	3		1.77693
60°C/15min	3		1.89609
80°C/5min	3		1.91632
Sig.		1.000	.332

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.842.



b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de germinación de *L. latisiliquum*

Cuadro 39. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso *L. latisiliquum*

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% de germinacion	.284	27	.000	.748	27	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 40. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso *L. latisiliquum*.

#### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: % de germinacion (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.024509	.186578	1.000	-.62923	.67825
	80°C/5min	.957661*	.186578	.002	.30392	1.61140
	80°C/15min	1.159441*	.186578	.000	.50570	1.81318
	100°C/5min	.755882*	.186578	.017	.10214	1.40962
	100°C/15min	1.159441*	.186578	.000	.50570	1.81318
	120°C/5min	1.159441*	.186578	.000	.50570	1.81318
	120°C/15min	.957661*	.186578	.002	.30392	1.61140
	Control	.049401	.186578	1.000	-.60434	.70314
60°C/15min	60°C/5min	-.024509	.186578	1.000	-.67825	.62923
	80°C/5min	.933152*	.186578	.002	.27941	1.58689
	80°C/15min	1.134931*	.186578	.000	.48119	1.78867
	100°C/5min	.731373*	.186578	.022	.07763	1.38512
	100°C/15min	1.134931*	.186578	.000	.48119	1.78867
	120°C/5min	1.134931*	.186578	.000	.48119	1.78867
	120°C/15min	.933152*	.186578	.002	.27941	1.58689
	Control	.024892	.186578	1.000	-.62885	.67863
80°C/5min	60°C/5min	-.957661*	.186578	.002	-1.61140	-.30392
	60°C/15min	-.933152*	.186578	.002	-1.58689	-.27941
	80°C/15min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	100°C/5min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196

	100°C/15min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	120°C/5min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	120°C/15min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	Control	-.908260*	.186578	.003	-1.56200	-.25452
80°C/15min	60°C/5min	-1.159441*	.186578	.000	-1.81318	-.50570
	60°C/15min	-1.134931*	.186578	.000	-1.78867	-.48119
	80°C/5min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
	100°C/5min	-.403558	.186578	.466	-1.05730	.25018
	100°C/15min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	120°C/5min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	120°C/15min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
	Control	-1.110039*	.186578	.000	-1.76378	-.45630
	100°C/5min	60°C/5min	-.755882*	.186578	.017	-1.40962
60°C/15min		-.731373*	.186578	.022	-1.38512	-.07763
80°C/5min		.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
80°C/15min		.403558	.186578	.466	-.25018	1.05730
100°C/15min		.403558	.186578	.466	-.25018	1.05730
120°C/5min		.403558	.186578	.466	-.25018	1.05730
120°C/15min		.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
Control		-.706481*	.186578	.029	-1.36022	-.05274
100°C/15min		60°C/5min	-1.159441*	.186578	.000	-1.81318
	60°C/15min	-1.134931*	.186578	.000	-1.78867	-.48119
	80°C/5min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
	80°C/15min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	100°C/5min	-.403558	.186578	.466	-1.05730	.25018
	120°C/5min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	120°C/15min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
	Control	-1.110039*	.186578	.000	-1.76378	-.45630
	120°C/5min	60°C/5min	-1.159441*	.186578	.000	-1.81318
60°C/15min		-1.134931*	.186578	.000	-1.78867	-.48119
80°C/5min		-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
80°C/15min		.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
100°C/5min		-.403558	.186578	.466	-1.05730	.25018
100°C/15min		.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
120°C/15min		-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196
Control		-1.110039*	.186578	.000	-1.76378	-.45630
120°C/15min		60°C/5min	-.957661*	.186578	.002	-1.61140
	60°C/15min	-.933152*	.186578	.002	-1.58689	-.27941
	80°C/5min	.000000	.186578	1.000	-.65374	.65374
	80°C/15min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	100°C/5min	-.201779	.186578	.970	-.85552	.45196

	100°C/15min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	120°C/5min	.201779	.186578	.970	-.45196	.85552
	Control	-.908260*	.186578	.003	-1.56200	-.25452
Control	60°C/5min	-.049401	.186578	1.000	-.70314	.60434
	60°C/15min	-.024892	.186578	1.000	-.67863	.62885
	80°C/5min	.908260*	.186578	.003	.25452	1.56200
	80°C/15min	1.110039*	.186578	.000	.45630	1.76378
	100°C/5min	.706481*	.186578	.029	.05274	1.36022
	100°C/15min	1.110039*	.186578	.000	.45630	1.76378
	120°C/5min	1.110039*	.186578	.000	.45630	1.76378
	120°C/15min	.908260*	.186578	.003	.25452	1.56200

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 41. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso L. latisiliquum.

### % de germinacion (trans)

HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
80°C/5min	3	.24317	
120°C/15min	3	.24317	
100°C/5min	3	.44495	
Control	3		1.15143
60°C/15min	3		1.17632
60°C/5min	3		1.20083
Sig.		.466	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Pruebas estadísticas del tiempo promedio de germinación caso L. latisiliquum**

Cuadro 42. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso L. latisiliquum

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo promedio de germinacion	.209	24	.008	.858	24	.003

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 43. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso L. latisiliquum

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: TPG (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.126617	.086206	.853	-.18286	.43610
	80°C/5min	-.286473	.096382	.147	-.63248	.05954
	80°C/15min	1.586477*	.086206	.000	1.27700	1.89596
	100°C/5min	-.173307	.096382	.683	-.51932	.17270
	100°C/15min	1.586477*	.086206	.000	1.27700	1.89596
	120°C/5min	1.586477*	.086206	.000	1.27700	1.89596
	120°C/15min	.324674	.096382	.074	-.02134	.67068
	Control	.180058	.086206	.513	-.12942	.48954
60°C/15min	60°C/5min	-.126617	.086206	.853	-.43610	.18286
	80°C/5min	-.413090*	.096382	.014	-.75910	-.06708
	80°C/15min	1.459860*	.086206	.000	1.15038	1.76934
	100°C/5min	-.299924	.096382	.116	-.64593	.04609
	100°C/15min	1.459860*	.086206	.000	1.15038	1.76934
	120°C/5min	1.459860*	.086206	.000	1.15038	1.76934
	120°C/15min	.198057	.096382	.533	-.14795	.54407
	Control	.053442	.086206	.999	-.25604	.36292
80°C/5min	60°C/5min	.286473	.096382	.147	-.05954	.63248
	60°C/15min	.413090*	.096382	.014	.06708	.75910
	80°C/15min	1.872950*	.096382	.000	1.52694	2.21896
	100°C/5min	.113166	.105581	.970	-.26587	.49220
	100°C/15min	1.872950*	.096382	.000	1.52694	2.21896
	120°C/5min	1.872950*	.096382	.000	1.52694	2.21896
	120°C/15min	.611147*	.105581	.001	.23211	.99018
	Control	.466532*	.096382	.005	.12052	.81254

80°C/15min	60°C/5min	-1.586477*	.086206	.000	-1.89596	-1.27700
	60°C/15min	-1.459860*	.086206	.000	-1.76934	-1.15038
	80°C/5min	-1.872950*	.096382	.000	-2.21896	-1.52694
	100°C/5min	-1.759784*	.096382	.000	-2.10579	-1.41377
	100°C/15min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	120°C/5min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	120°C/15min	-1.261803*	.096382	.000	-1.60781	-.91579
	Control	-1.406418*	.086206	.000	-1.71590	-1.09694
100°C/5min	60°C/5min	.173307	.096382	.683	-.17270	.51932
	60°C/15min	.299924	.096382	.116	-.04609	.64593
	80°C/5min	-.113166	.105581	.970	-.49220	.26587
	80°C/15min	1.759784*	.096382	.000	1.41377	2.10579
	100°C/15min	1.759784*	.096382	.000	1.41377	2.10579
	120°C/5min	1.759784*	.096382	.000	1.41377	2.10579
	120°C/15min	.497981*	.105581	.006	.11895	.87702
	Control	.353366*	.096382	.044	.00736	.69938
100°C/15min	60°C/5min	-1.586477*	.086206	.000	-1.89596	-1.27700
	60°C/15min	-1.459860*	.086206	.000	-1.76934	-1.15038
	80°C/5min	-1.872950*	.096382	.000	-2.21896	-1.52694
	80°C/15min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	100°C/5min	-1.759784*	.096382	.000	-2.10579	-1.41377
	120°C/5min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	120°C/15min	-1.261803*	.096382	.000	-1.60781	-.91579
	Control	-1.406418*	.086206	.000	-1.71590	-1.09694
120°C/5min	60°C/5min	-1.586477*	.086206	.000	-1.89596	-1.27700
	60°C/15min	-1.459860*	.086206	.000	-1.76934	-1.15038
	80°C/5min	-1.872950*	.096382	.000	-2.21896	-1.52694
	80°C/15min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	100°C/5min	-1.759784*	.096382	.000	-2.10579	-1.41377
	100°C/15min	.000000	.086206	1.000	-.30948	.30948
	120°C/15min	-1.261803*	.096382	.000	-1.60781	-.91579
	Control	-1.406418*	.086206	.000	-1.71590	-1.09694
120°C/15min	60°C/5min	-.324674	.096382	.074	-.67068	.02134
	60°C/15min	-.198057	.096382	.533	-.54407	.14795
	80°C/5min	-.611147*	.105581	.001	-.99018	-.23211
	80°C/15min	1.261803*	.096382	.000	.91579	1.60781
	100°C/5min	-.497981*	.105581	.006	-.87702	-.11895
	100°C/15min	1.261803*	.096382	.000	.91579	1.60781
	120°C/5min	1.261803*	.096382	.000	.91579	1.60781
	Control	-.144615	.096382	.839	-.49063	.20139
Control	60°C/5min	-.180058	.086206	.513	-.48954	.12942

60°C/15min	-.053442	.086206	.999	-.36292	.25604
80°C/5min	-.466532*	.096382	.005	-.81254	-.12052
80°C/15min	1.406418*	.086206	.000	1.09694	1.71590
100°C/5min	-.353366*	.096382	.044	-.69938	-.00736
100°C/15min	1.406418*	.086206	.000	1.09694	1.71590
120°C/5min	1.406418*	.086206	.000	1.09694	1.71590
120°C/15min	.144615	.096382	.839	-.20139	.49063

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 44. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso L. latisiliquum

### TPG (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
80°C/15min	3	.04139			
100°C/15min	3	.04139			
120°C/5min	3	.04139			
120°C/15min	2		1.30320		
Control	3		1.44781		
60°C/15min	3		1.50125	1.50125	
60°C/5min	3		1.62787	1.62787	1.62787
100°C/5min	2			1.80118	1.80118
80°C/5min	2				1.91434
Sig.		1.000	.060	.096	.123

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.571.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de sobrevivencia caso L. latisiliquum

Cuadro 45. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso L. latisiliquum

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sobrevivencia	.319	25	.000	.703	25	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 46. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso L. latisiliquum.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Supervivencia (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	-.040865	.060831	.999	-.25727	.17554
	80°C/5min	-.098777	.068011	.861	-.34072	.14317
	80°C/15min	1.864582*	.060831	.000	1.64818	2.08099
	100°C/5min	-.098777	.068011	.861	-.34072	.14317
	100°C/15min	1.864582*	.060831	.000	1.64818	2.08099
	120°C/5min	1.864582*	.060831	.000	1.64818	2.08099
	120°C/15min	1.864582*	.060831	.000	1.64818	2.08099
	Control	-.057655	.060831	.986	-.27406	.15875
60°C/15min	60°C/5min	.040865	.060831	.999	-.17554	.25727
	80°C/5min	-.057912	.068011	.993	-.29986	.18404
	80°C/15min	1.905447*	.060831	.000	1.68904	2.12185
	100°C/5min	-.057912	.068011	.993	-.29986	.18404
	100°C/15min	1.905447*	.060831	.000	1.68904	2.12185
	120°C/5min	1.905447*	.060831	.000	1.68904	2.12185
	120°C/15min	1.905447*	.060831	.000	1.68904	2.12185
	Control	-.016790	.060831	1.000	-.23319	.19961
80°C/5min	60°C/5min	.098777	.068011	.861	-.14317	.34072
	60°C/15min	.057912	.068011	.993	-.18404	.29986
	80°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	100°C/5min	.000000	.074502	1.000	-.26504	.26504
	100°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	120°C/5min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	120°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	Control	.041122	.068011	.999	-.20082	.28307
80°C/15min	60°C/5min	-1.864582*	.060831	.000	-2.08099	-1.64818
	60°C/15min	-1.905447*	.060831	.000	-2.12185	-1.68904
	80°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	100°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	100°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	120°C/5min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	120°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	Control	-1.922236*	.060831	.000	-2.13864	-1.70583
100°C/5min	60°C/5min	.098777	.068011	.861	-.14317	.34072
	60°C/15min	.057912	.068011	.993	-.18404	.29986
	80°C/5min	.000000	.074502	1.000	-.26504	.26504

	80°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	100°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	120°C/5min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	120°C/15min	1.963358*	.068011	.000	1.72141	2.20531
	Control	.041122	.068011	.999	-.20082	.28307
100°C/15min	60°C/5min	-1.864582*	.060831	.000	-2.08099	-1.64818
	60°C/15min	-1.905447*	.060831	.000	-2.12185	-1.68904
	80°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	80°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	100°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	120°C/5min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	120°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	Control	-1.922236*	.060831	.000	-2.13864	-1.70583
120°C/5min	60°C/5min	-1.864582*	.060831	.000	-2.08099	-1.64818
	60°C/15min	-1.905447*	.060831	.000	-2.12185	-1.68904
	80°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	80°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	100°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	100°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	120°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	Control	-1.922236*	.060831	.000	-2.13864	-1.70583
120°C/15min	60°C/5min	-1.864582*	.060831	.000	-2.08099	-1.64818
	60°C/15min	-1.905447*	.060831	.000	-2.12185	-1.68904
	80°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	80°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	100°C/5min	-1.963358*	.068011	.000	-2.20531	-1.72141
	100°C/15min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	120°C/5min	.000000	.060831	1.000	-.21640	.21640
	Control	-1.922236*	.060831	.000	-2.13864	-1.70583
Control	60°C/5min	.057655	.060831	.986	-.15875	.27406
	60°C/15min	.016790	.060831	1.000	-.19961	.23319
	80°C/5min	-.041122	.068011	.999	-.28307	.20082
	80°C/15min	1.922236*	.060831	.000	1.70583	2.13864
	100°C/5min	-.041122	.068011	.999	-.28307	.20082
	100°C/15min	1.922236*	.060831	.000	1.70583	2.13864
	120°C/5min	1.922236*	.060831	.000	1.70583	2.13864
	120°C/15min	1.922236*	.060831	.000	1.70583	2.13864

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.



Cuadro 47. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso L. latisiliquum

### Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
60°C/5min	3		1.90597
60°C/15min	3		1.94684
Control	3		1.96363
80°C/5min	2		2.00475
100°C/5min	2		2.00475
Sig.		1.000	.821

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.700.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### Pruebas estadísticas del porcentaje de germinación caso C. arborecens

Cuadro 48. Pruebas de normalidad del porcentaje de germinación caso C. arborecens

#### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% de germinacion	.341	27	.000	.620	27	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 49. Prueba Tukey entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso C. arborecens.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: % de germinacion (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior

60°C/5min	60°C/15min	- .0811680933529 78	.1910536447427 48	1.000	- .7505937115263 08	.5882575248203 52
	80°C/5min	- .4839058497358 73	.1910536447427 48	.280	- 1.153331467909 203	.1855197684374 57
	80°C/15min	.4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- .2658671507805 32	1.072984085566 128
	100°C/5min	.4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- .2658671507805 32	1.072984085566 128
	100°C/15min	.4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- .2658671507805 32	1.072984085566 128
	120°C/5min	.4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- .2658671507805 32	1.072984085566 128
	120°C/15min	.4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- .2658671507805 32	1.072984085566 128
	Control	- .3726579854918 26	.1910536447427 48	.592	- 1.042083603665 156	.2967676326815 04
	60°C/15min	60°C/5min	.0811680933529 78	.1910536447427 48	1.000	- .7505937115263 52
80°C/5min		- .4027377563828 95	.1910536447427 48	.498	- 1.072163374556 225	.2666878617904 35
80°C/15min		.4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- .1846990574275 54	1.154152178919 106
100°C/5min		.4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- .1846990574275 54	1.154152178919 106
100°C/15min		.4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- .1846990574275 54	1.154152178919 106
120°C/5min		.4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- .1846990574275 54	1.154152178919 106

120°C/15min	.4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- .1846990574275 54	1.154152178919 106	
	Control	- .2914898921388 48	.1910536447427 48	.830	- .9609155103121 78	.3779357260344 82
80°C/5min	60°C/5min	.4839058497358 73	.1910536447427 48	.280	- .1855197684374 57	1.153331467909 203
	60°C/15min	.4027377563828 95	.1910536447427 48	.498	- .2666878617904 35	1.072163374556 225
	80°C/15min	.8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	.2180386989553 41	1.556889935302 001
	100°C/5min	.8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	.2180386989553 41	1.556889935302 001
	100°C/15min	.8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	.2180386989553 41	1.556889935302 001
	120°C/5min	.8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	.2180386989553 41	1.556889935302 001
	120°C/15min	.8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	.2180386989553 41	1.556889935302 001
	Control	.1112478642440 47	.1910536447427 48	.999	- .5581777539292 83	.7806734824173 77
	80°C/15min	60°C/5min	- .4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- 1.072984085566 128
60°C/15min		- .4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- 1.154152178919 106	.1846990574275 54
80°C/5min		- .8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	- 1.556889935302 001	- .2180386989553 41
100°C/5min		.0000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
100°C/15min		.0000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30

	120°C/5min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	Control	- .7762164528846 24*	.1910536447427 48	.016	- 1.445642071057 954	- .1067908347112 94
100°C/5min	60°C/5min	- .4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- 1.072984085566 128	.2658671507805 32
	60°C/15min	- .4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- 1.154152178919 106	.1846990574275 54
	80°C/5min	- .8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	- 1.556889935302 001	- .2180386989553 41
	80°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	100°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/5min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	Control	- .7762164528846 24*	.1910536447427 48	.016	- 1.445642071057 954	- .1067908347112 94
	100°C/15min	60°C/5min	- .4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- 1.072984085566 128
60°C/15min		- .4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- 1.154152178919 106	.1846990574275 54
80°C/5min		- .8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	- 1.556889935302 001	- .2180386989553 41

	80°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	100°C/5min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/5min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	Control	- .7762164528846 24*	.1910536447427 48	.016	- 1.445642071057 954	- .1067908347112 94
120°C/5min	60°C/5min	- .4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- 1.072984085566 128	.2658671507805 32
	60°C/15min	- .4847265607457 76	.1910536447427 48	.278	- 1.154152178919 106	.1846990574275 54
	80°C/5min	- .8874643171286 71*	.1910536447427 48	.005	- 1.556889935302 001	- .2180386989553 41
	80°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	100°C/5min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	100°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	120°C/15min	.000000000000 00	.1910536447427 48	1.000	- .6694256181733 30	.6694256181733 30
	Control	- .7762164528846 24*	.1910536447427 48	.016	- 1.445642071057 954	- .1067908347112 94
120°C/15min	60°C/5min	- .4035584673927 98	.1910536447427 48	.495	- 1.072984085566 128	.2658671507805 32

	60°C/15min	- .1910536447427 .4847265607457 76	48	.278	- .1846990574275 1.154152178919 106	54
	80°C/5min	- .1910536447427 .8874643171286 71*	48	.005	- .2180386989553 1.556889935302 001	41
	80°C/15min	.0000000000000 00	48	1.000	- .6694256181733 .6694256181733 30	30
	100°C/5min	.0000000000000 00	48	1.000	- .6694256181733 .6694256181733 30	30
	100°C/15min	.0000000000000 00	48	1.000	- .6694256181733 .6694256181733 30	30
	120°C/5min	.0000000000000 00	48	1.000	- .6694256181733 .6694256181733 30	30
	Control	- .1910536447427 .7762164528846 24*	48	.016	- .1067908347112 1.445642071057 954	94
Control	60°C/5min	.3726579854918 26	48	.592	- 1.042083603665 .2967676326815 04	156
	60°C/15min	.2914898921388 48	48	.830	- .9609155103121 .3779357260344 82	78
	80°C/5min	- .1910536447427 .1112478642440 47	48	.999	- .5581777539292 .7806734824173 77	83
	80°C/15min	.7762164528846 24*	48	.016	.1067908347112 94	1.445642071057 954
	100°C/5min	.7762164528846 24*	48	.016	.1067908347112 94	1.445642071057 954
	100°C/15min	.7762164528846 24*	48	.016	.1067908347112 94	1.445642071057 954
	120°C/5min	.7762164528846 24*	48	.016	.1067908347112 94	1.445642071057 954
	120°C/15min	.7762164528846 24*	48	.016	.1067908347112 94	1.445642071057 954

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 50. Subconjuntos homogéneos entre los tratamientos de porcentaje de germinación caso C. arborecens

**% de germinacion (trans)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.041392685158 226	
100°C/5min	3	.041392685158 226	
100°C/15min	3	.041392685158 226	
120°C/5min	3	.041392685158 226	
120°C/15min	3	.041392685158 226	
60°C/5min	3	.444951152551 024	.444951152551 024
60°C/15min	3	.526119245904 002	.526119245904 002
Control	3		.817609138042 850
80°C/5min	3		.928857002286 897
Sig.		.278	.280

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Pruebas estadísticas del tiempo promedio de germinación caso C. arborecens**

Cuadro 51. Pruebas de normalidad del tiempo promedio de germinación caso C. arborecens

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo promedio de germinacion	.366	25	.000	.739	25	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 52. Prueba Tukey entre los tiempos promedios de germinación caso C. arborecens

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: TPG (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.228991	.098637	.384	-.12191	.57989
	80°C/5min	-.019849	.090043	1.000	-.34017	.30048
	80°C/15min	1.665493*	.090043	.000	1.34517	1.98582
	100°C/5min	1.665493*	.090043	.000	1.34517	1.98582
	100°C/15min	1.665493*	.090043	.000	1.34517	1.98582
	120°C/5min	1.665493*	.090043	.000	1.34517	1.98582
	120°C/15min	1.665493*	.090043	.000	1.34517	1.98582
	Control	-.005272	.090043	1.000	-.32560	.31505
60°C/15min	60°C/5min	-.228991	.098637	.384	-.57989	.12191
	80°C/5min	-.248840	.090043	.201	-.56916	.07148
	80°C/15min	1.436502*	.090043	.000	1.11618	1.75683
	100°C/5min	1.436502*	.090043	.000	1.11618	1.75683
	100°C/15min	1.436502*	.090043	.000	1.11618	1.75683
	120°C/5min	1.436502*	.090043	.000	1.11618	1.75683
	120°C/15min	1.436502*	.090043	.000	1.11618	1.75683
	Control	-.234263	.090043	.258	-.55459	.08606
80°C/5min	60°C/5min	.019849	.090043	1.000	-.30048	.34017
	60°C/15min	.248840	.090043	.201	-.07148	.56916
	80°C/15min	1.685341*	.080537	.000	1.39883	1.97185
	100°C/5min	1.685341*	.080537	.000	1.39883	1.97185
	100°C/15min	1.685341*	.080537	.000	1.39883	1.97185
	120°C/5min	1.685341*	.080537	.000	1.39883	1.97185
	120°C/15min	1.685341*	.080537	.000	1.39883	1.97185
	Control	.014577	.080537	1.000	-.27193	.30108
80°C/15min	60°C/5min	-1.665493*	.090043	.000	-1.98582	-1.34517
	60°C/15min	-1.436502*	.090043	.000	-1.75683	-1.11618
	80°C/5min	-1.685341*	.080537	.000	-1.97185	-1.39883
	100°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	Control	-1.670764*	.080537	.000	-1.95727	-1.38426
100°C/5min	60°C/5min	-1.665493*	.090043	.000	-1.98582	-1.34517
	60°C/15min	-1.436502*	.090043	.000	-1.75683	-1.11618



	80°C/5min	-1.685341*	.080537	.000	-1.97185	-1.39883
	80°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	Control	-1.670764*	.080537	.000	-1.95727	-1.38426
100°C/15min	60°C/5min	-1.665493*	.090043	.000	-1.98582	-1.34517
	60°C/15min	-1.436502*	.090043	.000	-1.75683	-1.11618
	80°C/5min	-1.685341*	.080537	.000	-1.97185	-1.39883
	80°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	Control	-1.670764*	.080537	.000	-1.95727	-1.38426
120°C/5min	60°C/5min	-1.665493*	.090043	.000	-1.98582	-1.34517
	60°C/15min	-1.436502*	.090043	.000	-1.75683	-1.11618
	80°C/5min	-1.685341*	.080537	.000	-1.97185	-1.39883
	80°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	Control	-1.670764*	.080537	.000	-1.95727	-1.38426
120°C/15min	60°C/5min	-1.665493*	.090043	.000	-1.98582	-1.34517
	60°C/15min	-1.436502*	.090043	.000	-1.75683	-1.11618
	80°C/5min	-1.685341*	.080537	.000	-1.97185	-1.39883
	80°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	100°C/15min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	120°C/5min	.000000	.080537	1.000	-.28651	.28651
	Control	-1.670764*	.080537	.000	-1.95727	-1.38426
Control	60°C/5min	.005272	.090043	1.000	-.31505	.32560
	60°C/15min	.234263	.090043	.258	-.08606	.55459
	80°C/5min	-.014577	.080537	1.000	-.30108	.27193
	80°C/15min	1.670764*	.080537	.000	1.38426	1.95727
	100°C/5min	1.670764*	.080537	.000	1.38426	1.95727
	100°C/15min	1.670764*	.080537	.000	1.38426	1.95727
	120°C/5min	1.670764*	.080537	.000	1.38426	1.95727
	120°C/15min	1.670764*	.080537	.000	1.38426	1.95727

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 53. Subconjuntos homogéneos entre los tiempos promedios de germinación caso C. arborecens.

**TPG (trans)**

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/5min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
60°C/15min	2		1.47789
60°C/5min	2		1.70689
Control	3		1.71216
80°C/5min	3		1.72673
Sig.		1.000	.153

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.700.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

**Pruebas estadísticas del porcentaje de sobrevivencia caso C. arborecens**

Cuadro 54. Pruebas de normalidad del porcentaje de sobrevivencia caso C. arborecens

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sobrevivencia	.383	25	.000	.644	25	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 55. Prueba Tukey entre los porcentajes de sobrevivencia caso C. arborecens

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Sobrevivencia (trans)

HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60°C/5min	60°C/15min	.000000	.060488	1.000	-.21518	.21518
	80°C/5min	.000000	.055218	1.000	-.19644	.19644
	80°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	100°C/5min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	100°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	120°C/5min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	120°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	Control	.098777	.055218	.688	-.09766	.29521
60°C/15min	60°C/5min	.000000	.060488	1.000	-.21518	.21518
	80°C/5min	.000000	.055218	1.000	-.19644	.19644
	80°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	100°C/5min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	100°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	120°C/5min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	120°C/15min	1.963358*	.055218	.000	1.76692	2.15979
	Control	.098777	.055218	.688	-.09766	.29521
80°C/5min	60°C/5min	.000000	.055218	1.000	-.19644	.19644
	60°C/15min	.000000	.055218	1.000	-.19644	.19644
	80°C/15min	1.963358*	.049388	.000	1.78766	2.13906
	100°C/5min	1.963358*	.049388	.000	1.78766	2.13906
	100°C/15min	1.963358*	.049388	.000	1.78766	2.13906
	120°C/5min	1.963358*	.049388	.000	1.78766	2.13906
	120°C/15min	1.963358*	.049388	.000	1.78766	2.13906
	Control	.098777	.049388	.564	-.07692	.27447
80°C/15min	60°C/5min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	60°C/15min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	80°C/5min	-1.963358*	.049388	.000	-2.13906	-1.78766
	100°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	Control	-1.864582*	.049388	.000	-2.04028	-1.68888
100°C/5min	60°C/5min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	60°C/15min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	80°C/5min	-1.963358*	.049388	.000	-2.13906	-1.78766

	80°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	Control	-1.864582*	.049388	.000	-2.04028	-1.68888
100°C/15min	60°C/5min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	60°C/15min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	80°C/5min	-1.963358*	.049388	.000	-2.13906	-1.78766
	80°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	Control	-1.864582*	.049388	.000	-2.04028	-1.68888
120°C/5min	60°C/5min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	60°C/15min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	80°C/5min	-1.963358*	.049388	.000	-2.13906	-1.78766
	80°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	Control	-1.864582*	.049388	.000	-2.04028	-1.68888
120°C/15min	60°C/5min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	60°C/15min	-1.963358*	.055218	.000	-2.15979	-1.76692
	80°C/5min	-1.963358*	.049388	.000	-2.13906	-1.78766
	80°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	100°C/15min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	120°C/5min	.000000	.049388	1.000	-.17570	.17570
	Control	-1.864582*	.049388	.000	-2.04028	-1.68888
Control	60°C/5min	-.098777	.055218	.688	-.29521	.09766
	60°C/15min	-.098777	.055218	.688	-.29521	.09766
	80°C/5min	-.098777	.049388	.564	-.27447	.07692
	80°C/15min	1.864582*	.049388	.000	1.68888	2.04028
	100°C/5min	1.864582*	.049388	.000	1.68888	2.04028
	100°C/15min	1.864582*	.049388	.000	1.68888	2.04028
	120°C/5min	1.864582*	.049388	.000	1.68888	2.04028
	120°C/15min	1.864582*	.049388	.000	1.68888	2.04028

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Cuadro 56. Subconjuntos homogéneos entre los porcentajes de sobrevivencia caso C. arborecens.

**Sobrevivencia (trans)**HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80°C/15min	3	.04139	
100°C/5min	3	.04139	
100°C/15min	3	.04139	
120°C/5min	3	.04139	
120°C/15min	3	.04139	
Control	3		1.90597
60°C/5min	2		2.00475
60°C/15min	2		2.00475
80°C/5min	3		2.00475
Sig.		1.000	.625

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.700.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.