



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

**ESFUERZO REPRODUCTIVO E INTERACCIONES ECOLÓGICAS DE PARASITISMO
EN LA POBLACIÓN DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*) DE LA ZONA
ARQUEOLÓGICA DE TEOTIHUACÁN, MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:
SARAHÍ AGUILAR SALGADO**

**DIRECTOR: BIÓL. MOISÉS ADRIÁN RODRÍGUEZ IBARRA
INVESTIGADOR CNCPC-INAH**



Ciudad de México, marzo de 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"Dame la perseverancia de las olas del mar, que hacen de cada retroceso un punto de partida para un nuevo avance"

Gabriela Mistral

“Todo llega a mí con facilidad, gozo y gloria”

Gary Douglas

Agradecimientos

Quiero agradecer al **Instituto Nacional de Antropología e Historia**, a la **Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural** y a la **zona arqueológica de Teotihuacán** por todo el apoyo brindado tanto de materiales como de resguardo del material científico y fotográfico de este trabajo; por abrirme las puertas para llevar a cabo este proyecto de investigación y brindarme todas las facilidades dentro de la zona.

Al **Biól. Moisés Adrián Rodríguez Ibarra** quien como director me apoyó desde el inicio, creyó en mí y me alentó a creer en mí misma para llevar a cabo y concluir este proyecto.

Al **Dr. Pablo Torres Soria** por su apoyo y consejos a lo largo de este trabajo, de quien me llevo toda la dedicación y amor por la biología. De quien además aprendí que cuando algo te apasiona, dedicas tu vida a ello.

A mi casa de estudios la **Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza** por todo el conocimiento y experiencia adquirido a lo largo de la carrera.

Al **Dr. Arcadio Monroy Ata** por el apoyo académico a lo largo de esta etapa.

Al proyecto **PAPIIT IN218121** por la beca brindada como apoyo parcial para este proyecto.

Dedicatoria

A mi mamá **Esther**, el pilar más importante en mi vida, quien me ha levantado cuando he caído y me sostiene cuando siento que ya no puedo más. A quien crecí viendo trabajar duro todos los días para sacarnos a mis hermanos y a mí adelante; quien siempre nos puso a nosotros como prioridad. La heroína de mi infancia por demostrarme que el ser mujer no es impedimento para luchar y alcanzar mis sueños. Por enseñarme lo que es amor incondicional, lealtad, humildad y que la grandeza de las personas no se mide de los pies a la cabeza sino de la cabeza al infinito.

Si existe otra vida después de esta, quiero que seas tú quien guíe y cuide de nuevo mis pasos. Eres mi luz, mi guía y mi hogar. Te amo siempre.

A mis hermanos por ser un gran regalo que la vida me dio; **Odette** por ti he aprendido a ser una mejor hermana; cada día es una nueva aventura a tu lado y quiero que al igual que yo, descubras que eres capaz de comerte el mundo. **Martín** por las experiencias de vida.

A mi tía **Sandra** por hacerme consciente de mis capacidades y por apoyarme siempre en todo momento. Por estar en las buenas y sobre todo en las malas. Por abrazarme fuerte, ayudarme a crecer y a cumplir mis metas. Eres parte de todo esto, eres maestra de vida y no hay tía más maravillosa que tú en este planeta.

A mis primos **Samantha y Luis** por regalarme los mejores momentos de la vida, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas. Estoy orgullosa de ustedes.

A mi papá **Gabriel** por enseñarme a perdonar, a comenzar de cero y por apoyarme en esta etapa de mi vida.

Al director de este trabajo el **Biól. Moisés** por brindarme todo su apoyo, por compartir su conocimiento científico conmigo, por la entrega, paciencia y dedicación hacia este trabajo, por no dejarme caer y alentarme a mejorar todos los días. Esto no habría sido posible sin su apoyo y confianza. Espero poder seguir aprendiendo de usted.

Índice

I. Resumen	
II. Abstract	
III. Introducción	1
IV. Marco teórico	2
4.1 El género <i>Prosopis</i>	2
4.2 El mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>)	2
4.3 Características generales	3
4.3.1 Hojas	4
4.3.2 Flor	4
4.3.3 Fruto	5
4.3.4 Semilla	6
4.3.5. Fenología	6
4.4 Importancia ecológica	6
4.5 Importancia económica y usos	7
4.6 Importancia cultural	7
4.7 Dispersores de semillas	8
4.8 Plagas presentes en el mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>)	8
4.8.1 <i>Tillandsia recurvata</i>	8
4.8.1.1 Establecimiento de <i>Tillandsia recurvata</i>	10
4.8.1.2 Método de control y erradicación de <i>Tillandsia recurvata</i> (heno bolita)	10
4.8.2 El barrenador del mezquite	11
4.8.2.1 Descripción del barrenador y sus interacciones con el mezquite	11
4.8.3 Descripción del gorgojo de las semillas y sus interacciones con el mezquite	12
5. Control biológico	12
6. Esfuerzo reproductivo	13
7. Cálculo de biomasa en árboles	14
8. Alcohol	14

9. Canasol	15
V. Planteamiento del problema	15
VI. Hipótesis	16
VII.VII Objetivo general	16
12.1 Objetivos particulares	16
VIII. Zona de estudio	16
IX. Material y método	18
9.1 Toma de muestras para realizar el estudio de esfuerzo reproductivo	19
9.2 Toma de medidas y peso de las vainas de <i>Prosopis laevigata</i>	21
9.3 Colecta de excretas para la identificación de dispersores	22
9.4. Control de <i>Tillandsia recurvata</i>	23
9.4.1 Marcaje de individuos de <i>Tillandsia recurvata</i>	23
9.4.2 Pruebas de hidratación de <i>Tillandsia recurvata</i> y preparación de los tratamientos para su control	23
9.5. Aplicación de tratamientos en <i>Prosopis laevigata</i>	24
X. Resultados	25
10.1 Vainas y semillas de <i>Prosopis laevigata</i> con perforaciones	25
10.2 Gráficas de los datos recabados de las vainas de <i>Prosopis laevigata</i>	26
10.3 Biomasa y esfuerzo reproductivo de <i>Prosopis laevigata</i>	32
10.4 Identificación de dispersores de semillas	33
10.5 Observación del control biológico para el barrenador del mezquite.	34
10.6 Capacidad de hidratación de <i>Tillandsia recurvata</i> .	35
10.7 Porcentaje de mortalidad del heno bolita por tratamiento	37
10.8 Efectividad de tratamientos contra <i>Tillandsia recurvata</i>	38
10.9 Correlación entre el porcentaje de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> y el esfuerzo reproductivo de la población de mezquites	42
XI. Discusión de resultados	43
XII. Conclusiones	46
XIII. Recomendaciones	47
XIV. Referencias	48
Apéndice	57

Índice de figuras

Figura 1. <i>Prosopis laevigata</i> , zona arqueológica de Teotihuacán (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	2
Figura 2. Hojas compuestas bipinnadas (Moisés Rodríguez, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	4
Figura 3. Nectarios extra florales en pecíolo (Dáttilo <i>et al.</i> , 2014).	4
Figura 4. Inflorescencia en forma de espiga de <i>Prosopis laevigata</i> (Moisés Rodríguez, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	5
Figura 5. Vainas de <i>Prosopis laevigata</i> (Moisés Rodríguez, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX	5
Figura 6. Capas estructurales de la vaina de <i>Prosopis laevigata</i> (Reyes, 2018).	6
Figura 7. <i>Tillandsia recurvata</i> en las ramas (Sarahi Aguilar, 2021) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX	9
Figura 8. Reconstrucción del ciclo de vida del gorgojo de las semillas familia Bruchidae. Tomado de FAO, (2021 ²).	12
Figura 9. Mapa de la zona arqueológica de Teotihuacán con la zona de estudio delimitada.	17
Figura 10. Diagrama de flujo de la metodología empleada (Sarahi Aguilar, 2022).	18
Figura 11. Individuo de <i>Prosopis laevigata</i> con infestación de <i>Tillandsia recurvata</i> mayor al 50% (Sarahi Aguilar, 2021) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	19
Figura 12. Marcaje y recolecta de vainas de <i>Prosopis laevigata</i> con base en su nivel de infestación de <i>Tillandsia recurvata</i> (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	20
Figura 13. Obtención de la altura del árbol con un distanciómetro (Moises Rodríguez, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	21
Figura 14. Vainas deshidratadas (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	21

Figura 15. Medición de vaina de mezquite con cinta métrica (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	22
Figura 16. Pesaje de 10 vainas en balanza digital y 100 semillas de cada árbol (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	22
Figura 17. Excretas sobre el tronco de mezquite con presencia de semillas de mezquite y pirúl (Moisés Rodríguez, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	23
Figura 18. Peso e hidratación con bicarbonato de sodio al 10% de <i>Tillandsia recurvata</i> (Sarahi Aguilar, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	24
Figura 19. Aplicación de tratamiento número 5 contra <i>Tillandsia recurvata</i> (Moisés Rodríguez, 2021)	25
Figura 20. Izquierda: vaina; derecha: semillas con perforación causada por el gorgojo de las semillas (4x) (Sarahi Aguilar, 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	25
Figura 21. Altura de cada uno de los mezquites, ordenado de menor a mayor.	26
Figura 22. Media de la altura de los árboles. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).	26
Figura 23. Número de vainas por mezquite, ordenado de menor a mayor.	27
Figura 24. Media del número de vainas por árbol. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).	27
Figura 25. Promedio del número de semillas en cada vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba y por debajo de la media es la desviación estándar (DE).	28
Figura 26. Media de la cantidad de semillas por vaina. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).	28
Figura 27. Peso promedio de la vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba de la media es la desviación estándar (DE).	29
Figura 28. Media del peso de la vaina. La barra de error sobre	

y debajo de la media es la desviación estándar (DE).	29
Figura 29. Longitud promedio de la vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba y por debajo de la media significan la desviación estándar (DE).	30
Figura 30. Media de la longitud de la vaina. La barra de error sobre y debajo de la media significa desviación estándar (DE).	30
Figura 31. Peso de 100 semillas por mezquite.	31
Figura 32. Media del peso de 100 semillas por árbol. La barra de error sobre y debajo de la media significa desviación estándar (DE).	31
Figura 33. Shapiro-Wilks modificado para la longitud de la vaina de la población de <i>Prosopis laevigata</i> .	63
Figura 34. Shapiro-Wilks modificado para el peso de la vaina de <i>Prosopis laevigata</i>	64
Figura 35. Shapiro-Wilks modificado de la cantidad de semillas por vaina de <i>Prosopis laevigata</i>	65
Figura 36. Excretas de Tlacuache (<i>Didelphimorphia</i>) con presencia de semillas de mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>) y pirul (<i>Schinus</i> sp.) (4x) (Sarahi Aguilar 2021). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	33
Figura 37. Hormiguero a un costado de un individuo de <i>Prosopis laevigata</i> (Sarahi Aguilar, 2021).	33
Figura 38. Pájaro carpintero (<i>Dryobates scalaris</i>) perforando la corteza del mezquite (Moises Rodríguez, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	34
Figura 39. Corteza de mezquite con perforaciones ocasionadas por la extracción de larvas por el carpintero (<i>Dryobates scalaris</i>) (Moises Rodríguez, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	34
Figura 40. Ejemplares de <i>T. recurvata</i> con estructuras y semillas liberadas de las capsulas después del tratamiento con bicarbonato al 10% (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	36
Figura 41. Deshidratación y mortalidad de <i>Tillandsia recurvata</i> (Sarahi Aguilar, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	36
Figura 42. Observación de la epidermis de <i>Tillandsia recurvata</i> impregnadas	

con bicarbonato de sodio al estereoscopio óptico (4x) (Sarahi Aguilar, 2022).	
Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	37
Figura 43. Mezquite #1 con 16.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> (Sarahi Aguilar, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	66
Figura 44. Mezquite #2 con 30.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	66
Figura 45. Mezquite #3 con 30.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	67
Figura 46. Mezquite #4 con 22.4% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	67
Figura 47. Mezquite #5 con 22.2% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	68
Figura 48. Mezquite #6 con 11.2% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	68
Figura 49. Mezquite #7 con 47.2% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	69
Figura 50. Mezquite #8 con 5.6% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	69
Figura 51. Mezquite #9 con 14% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	70
Figura 52. Mezquite #10 con 11.2% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	70
Figura 53. Mezquite #11 con 8.4% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	71
Figura 54. Mezquite #12 con 48.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	71
Figura 55. Mezquite #13 con 28% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	72
Figura 56. Mezquite #14 con 14% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> . (Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	72
Figura 57. Mezquite #15 con 56% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	

(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 58. Mezquite #16 con 70% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	73
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 59. Mezquite #17 con 16.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	73
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 60. Mezquite #18 con 33.6% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i>	74
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 61. Mezquite #19 con 14% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	74
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 62. Mezquite #20 con 14% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	75
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 63. Mezquite #21 con 16.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	75
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 64. Mezquite #22 con 19.6% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	76
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 65. Mezquite #23 con 16.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	76
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 66. Mezquite #24 con 2.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	77
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 67. Mezquite #25 con 8.4% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	77
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 68. Mezquite #26 con 19.6% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	78
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 69. Mezquite #27 con 92.4% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	78
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 70. Mezquite #28 con 86.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	79
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 71. Mezquite #29 con 22.4% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	79
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX. Figura 72. Mezquite #30 con 44.8% de infestación por <i>Tillandsia recurvata</i> .	80
(Sarahi Aguilar, 2022) Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	80

Figura 73. Shapiro-Wilks (modificado) para <i>Tillandsia recurvata</i> vivos por tratamiento.	81
Figura 74. Prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para la mortalidad de henos bolita por tratamiento.	81
Figura 75. Gráfica de individuos de <i>Tillandsia recurvata</i> vivos antes del tratamiento y eliminados después de la aplicación.	41
Figura 76. Mezquite después del tratamiento con bicarbonato de sodio + alcohol + canasol. <i>Tillandsia recurvata</i> después del tratamiento con bicarbonato de sodio (Moisés Rodríguez, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	41
Figura 77. Crecimiento de brotes nuevos en rama, invadida por heno bolita después del tratamiento y mortalidad de <i>T. recurvata</i> (Sarahi Aguilar, 2022). Secretaría de Cultura-INAH-Fototeca de la CNCPC-MEX.	42
Figura 78. Correlación de esfuerzo reproductivo (ER) respecto al porcentaje de infestación.	43
Figura 79. Diagrama de flujo de las interacciones ecológicas de <i>Prosopis laevigata</i> .	45

Índice de cuadros

Cuadro 1. Tratamientos para cada ejemplar de <i>Prosopis laevigata</i>	24
Cuadro 2. Cantidad de vainas por cada árbol de mezquite	57
Cuadro 3. Cálculo de biomasa, esfuerzo reproductivo y porcentaje de infestación de la población de mezquites	58
Cuadro 4. Datos de los árboles de mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>)	59
Cuadro 5. Prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para la longitud de la vaina	60
Cuadro 6. Prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para el peso de la vaina	61
Cuadro 7. Prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para la cantidad de semillas por vaina	62
Cuadro 8. Capacidad de hidratación de individuos de <i>Tillandsia recurvata</i> bajo condiciones controladas	35
Cuadro 9. Henos marcados vs henos muertos	38
Cuadro 10. Henos marcados vs henos muertos	38
Cuadro 11. Henos marcados vs henos muertos	39
Cuadro 12. Henos marcados vs henos muertos	39
Cuadro 13. Henos marcados vs henos muertos	40

Resumen

A pesar de que se han hecho algunas investigaciones acerca del mezquite (*Prosopis laevigata*) no se han estudiado las interacciones ecológicas de plagas para encontrar una solución que contribuya a la preservación y conservación de esta especie, por su valor ecológico, económico y cultural. Es una especie endémica que se distribuye ampliamente en México, principalmente en el centro y norte del territorio.

El objetivo general de este trabajo es determinar el esfuerzo reproductivo y las interacciones ecológicas (polinizadores, dispersores de semillas y plagas) de la población de mezquites de la zona arqueológica de Teotihuacán, México.

Dentro de la zona de estudio existe una población de 57 árboles de mezquite, establecida sobre suelo antropogénico, de los cuales al menos 45 de ellos se encuentran plagados en un 50% por *Tillandsia recurvata*, una bromelia parásita estructural conocida comúnmente como heno bolita.

Los resultados mostraron que no existe una correlación entre el esfuerzo reproductivo de los árboles con respecto al porcentaje de infestación provocado por *Tillandsia recurvata*. Para el control de la parásita se aplicaron cinco tratamientos con el fin de determinar su efectividad; uno de los tratamientos alcanzó un porcentaje de mortalidad del 72.50% con una sola aplicación.

Abstract

Although some research has been done on mesquite (*Prosopis laevigata*), the ecological interactions of pests have not been studied to find a solution that contributes to the maintenance and conservation of this species, due to its ecological, economic and cultural value. It is an endemic species that is widely distributed in Mexico, mainly in the center and north of the territory.

The general objective of this work is to determine the reproductive effort and the ecological interactions (pollinators, seed dispersers and pests) of the mesquite population of the archaeological zone of Teotihuacán, Mexico.

Within the study area there is a population of 57 mesquite trees, established on anthropogenic soil, of which at least 45 of them are 50% plagued by *Tillandsia recurvata*, a structural parasitic bromeliad commonly known as hay ball.

The results showed that there is no correlation between the reproductive effort of the trees with respect to the percentage of infestation caused by *Tillandsia recurvata*. To control the parasite, five treatments were applied in order to determine their effectiveness; one of the treatments reached a mortality rate of 72.50% with a single application.

III. Introducción

Prosopis laevigata, conocido como mezquite comúnmente, es un árbol perteneciente a Fabaceae; en general, las especies de esta familia pueden ser arbustivas o arbóreas (López, 2017). Con base en Barros (2010) las especies que pertenecen a esta familia son conocidas por ofrecer diferentes productos, como son: madera, leña, carbón, alimento, forraje e incluso productos químicos. Ecológicamente proporciona protección ante la erosión y fija el nitrógeno al suelo; en términos culturales ha servido para fabricar instrumentos de labranza, música, juguetes o restaurar retablos dañados, gracias a las características de su madera. Esta especie de mezquite se distribuye ampliamente en México, principalmente en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Palacios *et al.*, 2016). Vázquez *et al.* (2014), menciona la presencia de *Prosopis laevigata* dentro de la zona arqueológica de Teotihuacán. Esta era una ciudad prehispánica, que concentró una población de más de 100 mil habitantes y se le considera uno de los centros urbanos más grandes del mundo antiguo. Además, es conocida en el mundo como un símbolo que representa a la cultura mexicana. La vegetación presente dentro del área de estudio es secundaria ya que se encuentra en suelo antropogénico, o sea perturbado por el hombre (INAH, 2021¹).

Es común ver a los árboles de *Prosopis* cubiertos densamente de las ramas por *Tillandsia recurvata* (Rzedowski, 2006) la cual se ubica en la familia Bromeliaceae; esta planta se postra sobre las ramas del mezquite, compitiendo con éste por la luz (Flores *et al.*, 2014). Por tal motivo se lleva a cabo esta investigación, donde se tomó una muestra poblacional de 30 árboles y se dividió en 5 grupos de 6 individuos cada uno, de los cuales se recolectaron en total 1875 vainas durante el fin del ciclo reproductivo de los individuos en el mes de septiembre. Para datar cantidad de vainas, longitud, peso, cantidad de semillas y peso de 100 semillas por árbol; este procedimiento permitió determinar el esfuerzo reproductivo de cada ejemplar. Además, se tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de cada ejemplar para poder obtener la biomasa de estos. Para el control de *Tillandsia recurvata* se aplicaron cinco tratamientos diferentes en grupos de 6 árboles.

IV. Marco teórico

4.1 El género *Prosopis*

Prosopis es un género de divergencia temprana, perteneciente al clado Mimosoideae; sin embargo, las especies de este género se distinguen del resto de este clado debido a sus vainas carnosas indehiscentes y a la liberación de granos de polen de manera individual. Von Linneo, describió al género *Prosopis* L. y lo publicó en *System Naturae* ed. 12 2: 282, 293 en el año 1767 (Fontana *et al.*, 2018).

El género *Prosopis* pertenece a la familia de las leguminosas (Fabaceae) y a la subfamilia Mimosoideae. Contiene alrededor de 44 especies, las cuales son nativas de regiones tanto áridas como semiáridas y se localizan presentes tanto en el norte y sur de América, como en Asia y África. De estas especies, once se distribuyen en México: *Prosopis articulata*, *P. velutina*, *P. mezcalana*, *P. tamaulipana*, *P. juliflora*, *P. vidaliana*, *P. glandulosa*, *P. mayana*, *P. odorata*, *P. yaquiana* y *P. laevigata*; esta última presente en la mayor parte de la República Mexicana y dentro de la zona arqueológica de Teotihuacán (Palacios, 2006; López, 2017).

4.2 El mezquite (*Prosopis laevigata*)

Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston. (Figura 1) Nombres comunes: mezquite, útih (huasteco); chúcata, tirtzecua (Michoacán) y algarrobo en Colima, Jalisco y Nayarit (CONAFOR, 2021³).



Figura 1. *Prosopis laevigata*, Zona Arqueológica de Teotihuacan (Sarahi Aguilar, 2021).

Conocido como mezquite que proviene del náhuatl “micuitl”; es una de las especies con mayor número de individuos distribuidos a lo largo del territorio mexicano (De la Torre Almanza *et al.*, 2009) principalmente en los estados de Nuevo León, Durango, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, Ciudad de México, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Palacios, 2006).

4.3 Características generales

Árboles o arbustos, frecuentemente ramificados desde la base, las cuales poseen espinas (Narváez *et al.*, 2017). Por otro lado, Román Pérez (2016) menciona que los arbustos generalmente son de tamaño mediano (8 metros en promedio) y los árboles alcanzan tamaños mayores a los 20 m, con un DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 1 m, pero esta característica sobre el crecimiento depende mucho de la disponibilidad de agua del sitio. Característica que de igual manera menciona Ríos *et al.* (2011) donde el crecimiento de *P. laevigata* se encuentra sujeto a la disponibilidad de agua y profundidad del suelo; de tal manera que, los ejemplares que poseen mayor tamaño y grosor en el fuste son aquellos que se localizan en los valles de suelos profundos, arenosos y con buen drenaje, cerca de ríos y arroyos. También es posible que su desarrollo se lleve a cabo en zonas donde el suelo no es tan profundo, es arcilloso y la disponibilidad de agua escasea, pero el crecimiento se dará de forma arbustiva más que arbórea.

El tronco es simple, debido a su tendencia de dominancia monopodica lo cual ocasiona una copa grande y frondosa. Con base en Rodríguez *et al.* (2014) la corteza de *P. laevigata* es gruesa de color café muy oscuro (negruzco) y ligeramente fisurada.

De acuerdo con Talavera (1985) el ciclo de vida del mezquite se caracteriza por tres etapas de desarrollo: 1) Germinación de semilla, 2) Desarrollo de plántulas y 3) Planta joven y planta madura. Siendo la primera etapa la más crítica para el desarrollo de la planta.

4.3.1 Hojas

Sus hojas van de los 7 a los 13 cm de longitud, son compuestas y presentan de 1 a 2 pares de folíolos primarios, los cuales se encuentran divididos en hojas secundarias de 8 a 30 pares (Figura 2). Además, las hojas de *Prosopis laevigata* poseen nectarios elevados con forma de copa, ya sea en el pecíolo y/o raquis de la hoja (Figura 3) (Dáttilo *et al.*, 2014).



Figura 2. Hojas compuestas bipinnadas (Moises Rodríguez, 2021).



Figura 3. Nectarios extraflorales en pecíolo (Dáttilo *et al.*, 2014).

4.3.2 Flor

Ramírez y Villanueva (1998) mencionan que presenta flores pequeñas agrupadas en inflorescencias. Arnero (2015) en racimo o espiga, flores de color verde-amarillentas (Figura 4), las cuales producen aroma y néctar que atraen polinizadores.



Figura 4. Inflorescencia en forma de espiga de *Prosopis laevigata* (Moise Rodríguez, 2021).

4.3.3 Fruto

Legumbres (Figura 5) de forma alargadas, rectas, en ocasiones arqueadas, indehiscentes, de 3 a 30 cm, pueden ser planas o cilíndricas; contienen de 12 a 20 semillas. La fructificación de semillas es en los meses de mayo a agosto (Román, 2016), la producción promedio es de 16.3 semillas por fruto (Vázquez, 1994). De acuerdo con Reyes (2018), la vaina se encuentra constituida por tres capas: la capa externa (pericarpio o exocarpio) la capa media o mesocarpio, la capa interna o endocarpio.



Figura 5. Vainas de *Prosopis laevigata* (Moises Rodríguez, 2021).

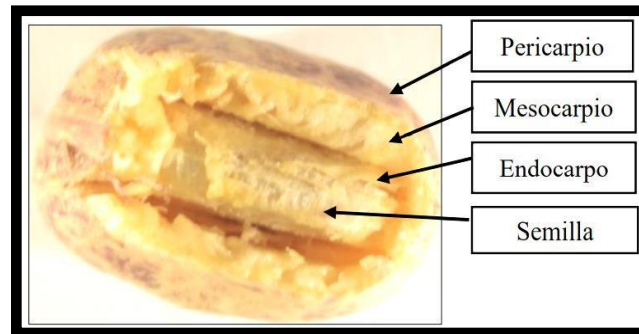


Figura 6. Capas estructurales de la vaina de *Prosopis laevigata* (Reyes, 2018).

4.3.4 Semilla

La semilla posee una cubierta dura e impermeable, que impide la entrada de agua (Villarreal *et al.*, 2013). De acuerdo con Reyes (2018) se encuentra rodeada de una capa protectora hasta su cotiledón llamada casquillo o casco, correspondiente al epispermo (Figura 6). La dispersión es endozoocorial (por animales) por ejemplo, los burros permiten la liberación de semillas, estas se encuentran protegidas en la excreta donde posee nutrimentos y humedad suficientes para el crecimiento, producción de biomasa y supervivencia de la plántula.

4.3.5. Fenología

Presenta una sola floración alcanzando su maduración a los 110 días aproximadamente (Vázquez, 1994). Con base en CONAFOR⁴ la época de floración inicia en los meses de febrero a marzo y concluye en abril a mayo. La recolección de los frutos se lleva a cabo en los meses de abril a noviembre (Guevara, 2016). Con base en INECC, (2021⁵) la semilla es recolectada en los meses de julio a septiembre.

4.4 Importancia ecológica

El mezquite brinda protección a suelos y mantos acuíferos, alberga fauna silvestre y sirve como alimento para ganado (CONAFOR⁴). Con base en Silva (2015), Guevara (2016) y García (2019) los frutos de *Prosopis laevigata* brinda algunos nutrimentos necesarios para animales de granja, como son: bovinos, vacas en engorda, ganado caprino y ovino; debido a su contenido proteico y de minerales. Asimismo, Arnero (2015) señaló que pese a la importancia ecológica que representa el mezquite dentro

de ciertas poblaciones en las zonas áridas y semiáridas, la explotación de este no ha sido de manera sustentable y la población del mezquite ha disminuido con el paso de los años. Valenzuela *et al.* (2013) argumentan que el mezquite contaba con abundantes poblaciones en las zonas del centro y el norte del país, pero con las actividades antropogénicas las poblaciones han disminuido. Se le ha utilizado para reforestar zonas áridas o semiáridas, debido a su capacidad para evitar la desertificación del suelo al protegerlo de la erosión y fijándolo para evitar inundaciones en la zona (Guzmán, 2009).

4.5 Importancia económica y usos

La madera del mezquite es dura y densa, duramen café o negro; presenta una gran resistencia debido a su consistencia y dureza (Hernández *et al.*, 2020) dicha durabilidad es entendida cómo la resistencia que presenta la madera ante el deterioro ambiental. Carrillo *et al.* (2011) destacan que, debido a las características en su madera, esta se aprovecha en la elaboración de postes para cerca, muebles artesanales, tablas, tablonos, leña, mangos para herramientas, duelas y carbón. También se le da un uso medicinal al crear una infusión con sus hojas las cuales han sido utilizadas para combatir afecciones en los ojos (INECC, 2021⁶).

Existe una amplia gama de productos que se obtienen de todas sus partes (hojas, tallos, flores y frutos) cómo alimento, pegamento y barnices a base de resina exudada por el árbol, miel, entre otros (Guevara, 2016).

4.6 Importancia cultural

Debido a las características de la madera del mezquite, algunos usos que se le han atribuido son para la restauración de retablos en templos, como es el caso del Templo de la Asunción en Santa María Acapulco en San Luis Potosí, obra novohispana de mediados del siglo VXIII. El daño fue causado por un rayo y la restauración se llevó a cabo para rehabilitar la estructura del Templo, se construyeron ventanas y puertas utilizando madera de mezquite (INAH, 2010⁷). De igual manera, en el Templo de San Francisco Javier en Tepotzotlán, se realizó una restauración utilizando madera de mezquite, para este caso se utilizó en los pisos de madera para aportar resistencia y durabilidad (Ramos *et al.*, 2014). El uso de leña o carbón que se obtiene de la madera

de mezquite es utilizado por varias comunidades que se encuentran lejos de las ciudades, siendo estos productos la fuente de combustible principal (Hernández *et al.*, 2020). El mezquite se considera como un símbolo de espiritualidad; debido a la dureza de su madera, representa la fortaleza espiritual y forma diaria de vivir para la comunidad de Los Mayos (Ortega *et al.*, 1996).

4.7 Dispersores de semillas

Es el proceso mutualista por el cual se consumen los frutos y se benefician de la pulpa nutritiva y a la vez se realiza la dispersión de las semillas es el inicio de la relación planta-dispersor. Las plantas producen aromas cuando los frutos se encuentran en un estado de maduración que atrae tanto a insectos como a mamíferos a través del olor. Una vez consumidas las semillas inicia la deposición y la fase de dispersión lo cual da comienzo a desarrollo de procesos pots-dispersivos supervivencia, germinación y establecimiento de las plántulas etc (González *et al.* 2015).

4.8 Plagas presentes en el mezquite (*Prosopis laevigata*)

Se han llevado a cabo estudios sobre las plagas que parasitan al mezquite. Un parásito es un organismo que depende de otro organismo vivo (un hospedero), ya sea de manera interna o externa para poder sobrevivir o bien para llevar a cabo parte de su ciclo de vida (Pardo y Buitrago, 2005). Los insectos barrenadores más comunes reportados pertenecen a la familia Cerambycidae (Anaya, 2007) y la planta parásita más común en el mezquite, es *Tillandsia recurvata* (Flores *et al.*, 2014).

4.8.1 *Tillandsia recurvata*

Uno de los primeros trabajos reportados sobre plantas parásitas en *Prosopis laevigata* fue realizado por Vázquez (1994), donde estudió al muérdago verdadero del género *Psittacanthus*, así mismo menciona que es uno de los principales problemas de *Prosopis laevigata* y de otros árboles, pudiendo causar la muerte de este.

Tillandsia recurvata (Figura 7) es una planta epífita que pertenece a la familia Bromeliaceae. Se distribuye en una amplia región que va desde el sur de los Estados Unidos hasta el centro de Argentina (Fernández *et al.*, 1989). Castellanos *et al.* (2009)

describen que posee un sistema rudimentario de raíces, por lo general no le quitan al hospedero agua y nutrimentos, sino que se adhieren a las ramas, por lo que la competencia entre el hospedero y la planta es principalmente por la luz del sol. Presenta un tamaño de 8 cm aproximadamente, semillas muy pequeñas (2-3 mm), fusiformes; las cuales presentan tricomas escamosos blanquecinos que les ayudan a la adherencia y fotosíntesis de tipo C3. La floración se presenta en verano, donde se generan entre 25 y 35 cápsulas por planta aproximadamente, con 40 semillas cada una. La reproducción es sexual y asexual. Las semillas pueden dispersarse por el viento, aves y otros organismos, al momento de entrar en contacto con una superficie que presente las condiciones favorables, las semillas germinan con facilidad (Fernández *et al.*, 1989; Amaro, 2017).

Chilpa (2015) indicó que para que se alcance la edad reproductiva y de descendencia influyen diversos factores ontogénicos, fisiológicos, ambientales y ecológicos. Flores *et al.* (2014) reportaron en su estudio que la presencia de *Tillandsia recurvata* trae consigo un posible aumento en la fertilidad del suelo donde perecían; cabe mencionar que dicho suceso se cree que es en porcentajes menores al 50% en cuanto a cobertura de esta bromelia sobre las ramas del hospedero. No obstante, cuando la cobertura es mayor al 50% los efectos negativos sobre *Prosopis laevigata* son notables.



Figura 7. *Tillandsia recurvata* en las ramas (Sarahi Aguilar, 2021).

4.8.1.1 Establecimiento de *Tillandsia recurvata*

Existe una serie de condiciones en las que el hospedero debe de encontrarse para que *Tillandsia recurvata* se establezca exitosamente (Zavala, 2019); por lo general clima templado - frío, árboles de corteza rugosa, alta humedad y en condiciones de deterioro (bifurcados, jóvenes, huecos y/o viejos).

Diversos estudios sugieren que esta bromelia produce cambios funcionales y estructurales en su hospedero, en particular en el xilema, además de cambios en la forma de las ramas del hospedero. Cuando se presenta una fijación mayor, es posible que se presenten patógenos directamente en el xilema y floema. Por otro lado, los resultados de García *et al.* (2018) muestran que esta bromelia adquiere por cuenta propia agua y nutrimentos con la ayuda de tricomas; en el año 2016 ocasionó la muerte de *Prosopis laevigata*, al dificultar la entrada de luz solar al hospedero e impidiendo el proceso de fotosíntesis.

4.8.1.2 Método de control y erradicación de *Tillandsia recurvata* (heno bolita)

La forma conocida más común para retirar a *Tillandsia recurvata* es mediante la poda de ramas secas con ayuda de machete, hacha, motosierra o incluso de manera manual. Sin embargo, no son 100% efectivos y la eliminación es un porcentaje bajo, ya que se realiza en el 40% de la copa. Por ello el INIFAP (2013⁸) sugiere aplicar bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 80 g/L, poda de ramas secas y el retiro manual de las borlas en las ramas verdes más jóvenes y tallos en todo el árbol, para retirar al 100% a la epífita. De igual manera, Velázquez (2011) concluyó un año antes que al aplicar bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en dos dosis con concentraciones de 80 g/L y 100 g/L, el primero obtuvo la mayor efectividad con 77.5% de mortalidad ante *T. recurvata* en árboles de *Pinus cembroides* Zucc.

Rentería (2014) sugirió métodos para controlar el establecimiento de *Tillandsia recurvata*; entre ellos están: manejo silvícola del bosque, aclareos para reducir la densidad del arbolado, eliminar árboles de riesgo, fortalecer predios/sitios, monitoreo constante respecto a la población de la epífita, proteger a los consumidores naturales de esta y finalmente, evitar el transporte de materiales infestados con la bromelia.

4.8.2 El barrenador del mezquite

Los invertebrados que se alimentan de las semillas y frutos de árboles del género *Prosopis* son insectos que se dividen en dos grupos: los que se alimentan de manera externa como son adultos y ninfas de hemípteros, así como larvas de lepidópteros; por otro lado, los que se alimentan internamente, como larvas de lepidópteros y coleópteros de las familias Curculionidae, Cerambycidae y Brucidae (Rodríguez *et al.*, 2014).

Reyes *et al.* (2012) observaron la presencia de larvas en la troza del mezquite con daño únicamente en la albura y un escarabajo identificado como *Megacyllene antennata* de la familia Cerambycidae, el cual ataca a los mezquites que tienen pocos meses de haber sido cortados. De igual manera, SENASICA (2021⁹) reportó la presencia del escarabajo *Euwallacea* sp. de la familia Curculionidae. Además, observó que el ataque es iniciado por las hembras, generalmente en el tallo principal y las ramas más grandes del árbol; este presenta una serie de síntomas en la parte externa de la corteza, en donde es posible observar orificios de la entrada y salida del adulto, gomosis, excretas del insecto, entre otros síntomas. UCANR (2021¹⁰) afirma que la mayoría de estos ataques se efectúan en árboles debilitados por falta de agua, enfermedades y lesiones, entre otros.

4.8.2.1 Descripción del barrenador y sus interacciones con el mezquite

Para el caso de *Euwallacea* sp. los huevos son de color blanquecino, ovalados, translucidos de 0.5 - 0.6 mm de largo. La pupa se desarrolla en las galerías y también es blanquecino. El adulto presenta dimorfismo sexual, ya que, las hembras son de pardo - oscuros a negruzcos con una longitud de 1.7 a 2.5 mm. Mientras los machos miden 1.2 - 1.67 mm, no tienen alas y son pardos. Por la ausencia de alas es poco común observar a los machos fuera de las galerías (SENASICA, 2021⁹).

Por otro lado, Reyes *et al.* (2012) reportaron que el barrenador del mezquite *Megacyllene antennata* mide hasta 22 mm de largo, blanca cremosa, cabeza marrón oscuro. El cuerpo del adulto se divide en tres segmentos, cabeza, tórax y abdomen. Este insecto participa en la circulación de los minerales hacia el suelo, debido a que proporciona las condiciones adecuadas en la madera para el establecimiento de hongos xilófagos quienes la descomponen.

4.8.3 Descripción del gorgojo de las semillas y sus interacciones con el mezquite

El gorgojo de las semillas de *Prosopis* pertenece a la familia Bruchidae; éstos son de forma ovalada, antenas con 11 segmentos, cabeza se alarga con trompa ancha (FAO, 2021²). Los estadios larvarios se desarrollan en las cavidades excavadas en la semilla debido al alto contenido proteico de ésta. El adulto atraviesa las paredes de la vaina con su aparato bucal, cuando se trata de semillas indehiscentes; estos orificios de salida son circulares de contorno fino (Romero *et al.*, 2009) (Figura 8).

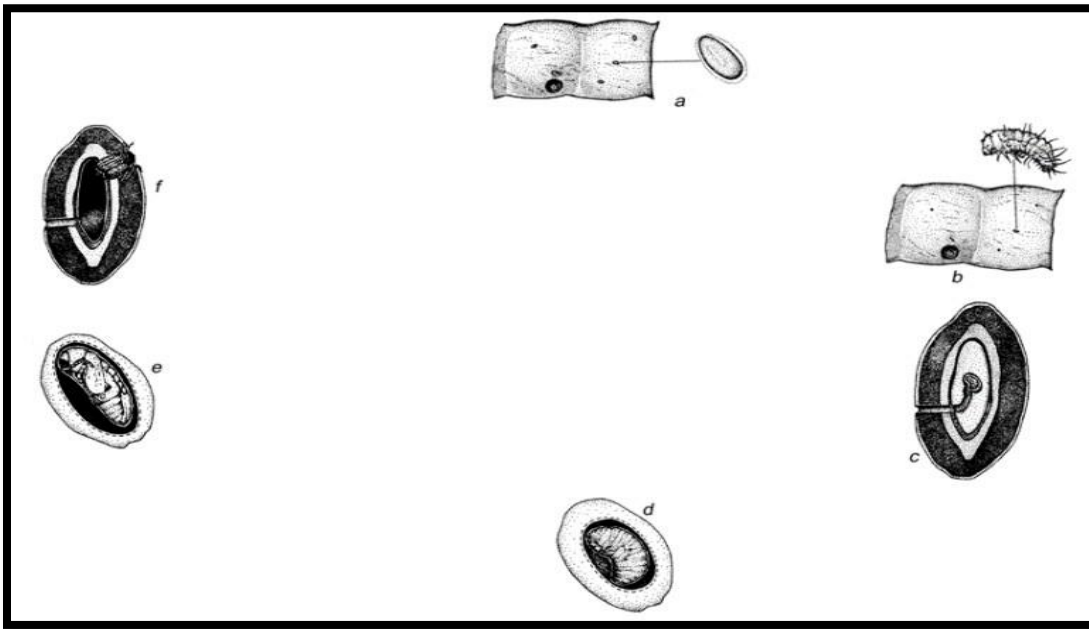


Figura 8. Reconstrucción del ciclo de vida del gorgojo de las semillas familia Bruchidae.

Tomado de FAO, (2021²)

5. Control biológico

Se define como organismo que consume a cierta población de organismos que se podrían considerar como plagas en un determinado ecosistema (CCA, 2021¹¹). Moraes *et al.* (2019) mencionan tres tipos de controles biológicos: control biológico clásico, el cual se define como la introducción de pequeñas poblaciones de enemigos naturales exóticos para regular determinadas plagas; control biológico natural, el que se da de

manera natural en los agroecosistemas; y finalmente el control biológico aplicado, donde se liberan parásitos o depredadores.

El pájaro carpintero ha sido considerado como un controlador biológico de insectos barrenadores, los cuales se encuentran dentro de la madera; así mismo se alimentan de hormigas, nueces, bayas, algunos frutos y savia (Berrocal, 2007).

6. Esfuerzo reproductivo

Se define como la cantidad de recursos que invierte un individuo para su reproducción (Fernández, 2014). De igual manera, López *et al.* (1997) definen este concepto como la fracción de la energía total orientada a la reproducción. Por otro lado, Avedaño (2016) señaló que el gasto energético de este esfuerzo de reproducción se relaciona con la reproducción de las plantas ya sea de manera sexual o asexual; para la vía sexual este esfuerzo se refleja en la formación de flores, polen o frutos, mientras que, de la vía clonal, el establecimiento de nuevos individuos mediante estructuras vegetativas.

Jiménez (2004) indicó que para estimar el esfuerzo reproductivo en plantas se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo reproductivo neto estimado (\%)} = \frac{\text{peso seco total de los propágulos}}{\text{biomasa total a la madurez}}$$

Por otro lado, Fernández y Verona (1984) determinaron el esfuerzo reproductivo en flores de *Senecio madagascariensis* calculando la proporción de la biomasa total (aérea y subterránea) en peso seco, que corresponde a las inflorescencias. Las partes florales se secaron a 60 - 70 °C durante 48 h. De igual manera, Elizalde *et al.* (1998) determinaron el esfuerzo reproductivo de *Eryngium paniculatum* mediante la colecta de hojas, raíz + rizomas, brotes, vara floral, brácteas, capítulos y frutos, determinando el peso seco en estufa a 80° C hasta peso constante y las cenizas (mufla a 450 °C durante 3 h) por gravimetría.

7. Cálculo de biomasa en árboles

Se entiende como biomasa forestal a la materia orgánica que se utiliza como fuente de energía (Lucas, 2020). El valor de la biomasa forestal permite conocer las concentraciones de carbono presentes en la vegetación. El 50% de la biomasa está constituida por carbono. Con este parámetro se obtiene la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se tala o se incendia un bosque (Vidal *et al.*, 2004).

La estimación de la biomasa de los árboles generalmente se lleva a cabo de dos maneras: directa, cosechando a los individuos o indirecta, por medio de ecuaciones alométricas. Para determinar la ecuación de la biomasa es necesario contar con datos relacionados con la precipitación de la zona de estudio, altura de los árboles y los parámetros que especifique cada ecuación (Pérez, 2005).

Razo *et al.* (2013) utilizaron fórmulas a partir de la medición de la altura total de los árboles y el diámetro, para estimar la biomasa en árboles de oyamel. Ferrere *et al.* (2014) emplearon el mismo método para determinar la biomasa en árboles de *Eucalyptus* spp. Por otro lado, Chou y Gutiérrez (2013) analizaron cuatro ecuaciones en un bosque tropical de Costa Rica con un modelo ajustado que permite obtener la biomasa con mayor precisión. El modelo ajustado es el siguiente:

$$B^{2/5} = 0.1438 + 0.2051 \cdot \text{DAP} + 0.3216 \cdot \text{DAP} \cdot \delta - 0.0744(\text{DAP} - 50) \cdot X$$

B = biomasa (kg)

DAP = diámetro (cm) medio a 1.3 m de altura

δ = peso específico básico (g/cm^3)

X = variable dicotómica (1 si $\text{DAP} \geq 50\text{cm}$ y 0 si $\text{DAP} < 50\text{cm}$)

8. Alcohol

Los alcoholes tienen un grupo lipofílico y otro hidrofílico (hidroxilo), se dividen en cadena larga y cadena corta, cada uno de ellos teniendo diferentes efectos a nivel molecular. (Elvir, 1993). Se ha reportado el uso de alcohol concentrado (96%) en la preservación de material botánico (Calzada y Perales, 1910).

9. Canasol

Químico que actúa como desengrasante y emulsificante, se emplea para la limpieza general; se ha utilizado también en materiales históricos como la “Carta de amor”, documento proveniente del archivo histórico de Tepapayeca, Puebla en donde se utilizó el canasol para lavar dicho documento (Aguilar y Buentello, 2012).

V. Planteamiento del problema

Dentro de la Zona Arqueológica de Teotihuacán, se localiza una población de 57 mezquites (*Prosopis laevigata*) cuya población se ha mantenido desde el año 2001 hasta 2021. Se carece de información adicional con respecto a su biología y ecología, al menos 45 de ellos se encuentran severamente plagados tanto por *Tillandsia recurvata* como por barrenadores *Euwallacea* sp. y el gorgojo de la semilla de la familia Bruchidae. El presente estudio contribuirá con la actualización de la información ecológica y biológica de esta población. También se estudiará si la presencia de *Tillandsia recurvata* afecta en la estructura arbórea y el esfuerzo reproductivo de los ejemplares; y se determinará un tratamiento para eliminar y controlar esta planta, mediante técnicas actualizadas.

El mezquite ha sido estudiado debido a la importancia ecológica que representa; proporciona protección a los suelos, mantos acuíferos, albergan vida silvestre, es fuente de alimento tanto para animales como para humanos, entre otros productos. En los últimos años la explotación desmedida sin métodos de sustentabilidad y la muerte provocada por plagas ha ido disminuyendo su población dentro del territorio mexicano. Por lo que resulta importante su preservación y conservación dentro de la zona de estudio debido a la importancia de la especie.

Para este estudio se busca responder las siguientes preguntas:

- ¿Hay una relación negativa entre el esfuerzo reproductivo y la presencia de *Tillandsia recurvata* sobre los ejemplares de *Prosopis laevigata*?
- ¿En qué porcentaje se genera la mortalidad de *Tillandsia recurvata* en los tratamientos aplicados?

VI. Hipótesis

El esfuerzo reproductivo de *Prosopis laevigata* disminuirá proporcionalmente conforme aumenta el nivel de infestación por *Tillandsia recurvata*.

VII Objetivo general

Establecer el esfuerzo reproductivo y las interacciones ecológicas (dispersores de semillas y plagas) de la población de mezquites en la zona arqueológica de Teotihuacán, México.

12.1 Objetivos particulares

- a) Estimar la biomasa de 30 árboles.
- b) Calcular el esfuerzo reproductivo de 30 árboles, mediante la biomasa de las vainas.
- c) Determinar a los polinizadores y dispersores de semilla.
- d) Controlar a *Tillandsia recurvata* cómo especie parásita de los mezquites.
- e) Determinar la efectividad de cada uno de los tratamientos para la eliminación de *Tillandsia recurvata*.

VIII. Zona de estudio

La zona arqueológica de Teotihuacán se ubica en el municipio de Teotihuacán estado de México; latitud 19,6918 y longitud -98,8592. Abarca 264 hectáreas. (Figura 9) (INAH, 2021¹).

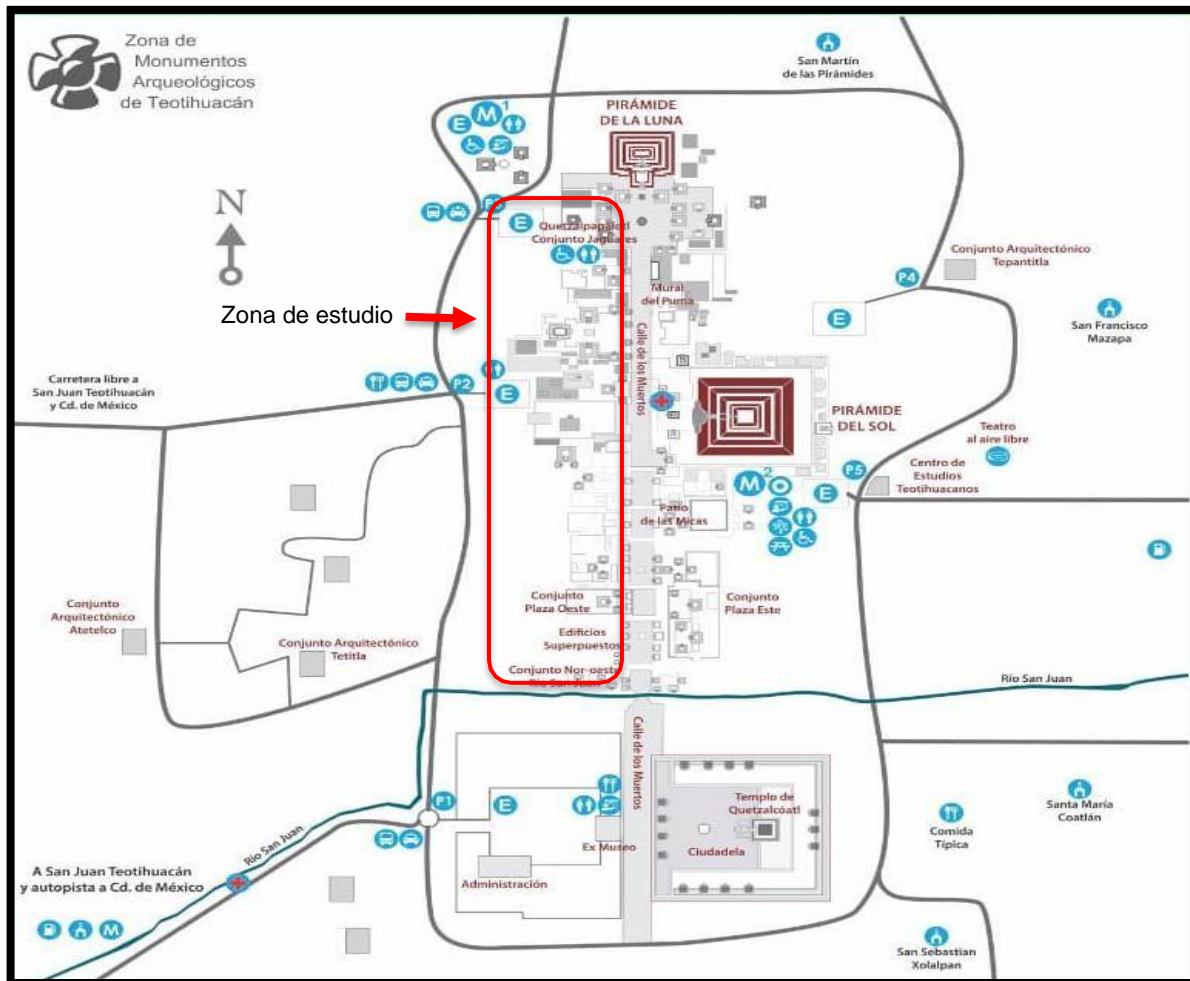


Figura 9. Mapa de la zona arqueológica de Teotihuacán con la zona de estudio delimitada.

Tomado de: <https://www.viajaporlibre.com/mexico/teotihuacan-piramides-mexico-mapa>

La ciudad arqueológica de Teotihuacán está ubicada en una zona de transición entre un ambiente semiárido y subhúmedo. La temperatura promedio es de 12 a 18 °C por debajo de los 2,800 msnm y entre 5 a 15 °C a mayor altitud. La precipitación media anual es de 500 - 600 mm (TDX, 2022¹³). Los ríos más importantes ubicados en la zona son los del Río San Juan y el Río San Lorenzo; ambos cruzan todo el municipio (INAFED, 2022¹⁴). La vegetación es secundaria, las familias que presentan mayor abundancia son Compositae (47 spp.), Gramineae (30 spp.) y Leguminosae con un total de 18 especies (INAFED, 2022¹⁴). La fauna silvestre está constituida por cacomiztle, zorrillo, conejo de campo, tuza, ardilla, tlacuache, etc. (INAFED, 2022¹⁴).

IX. Material y método

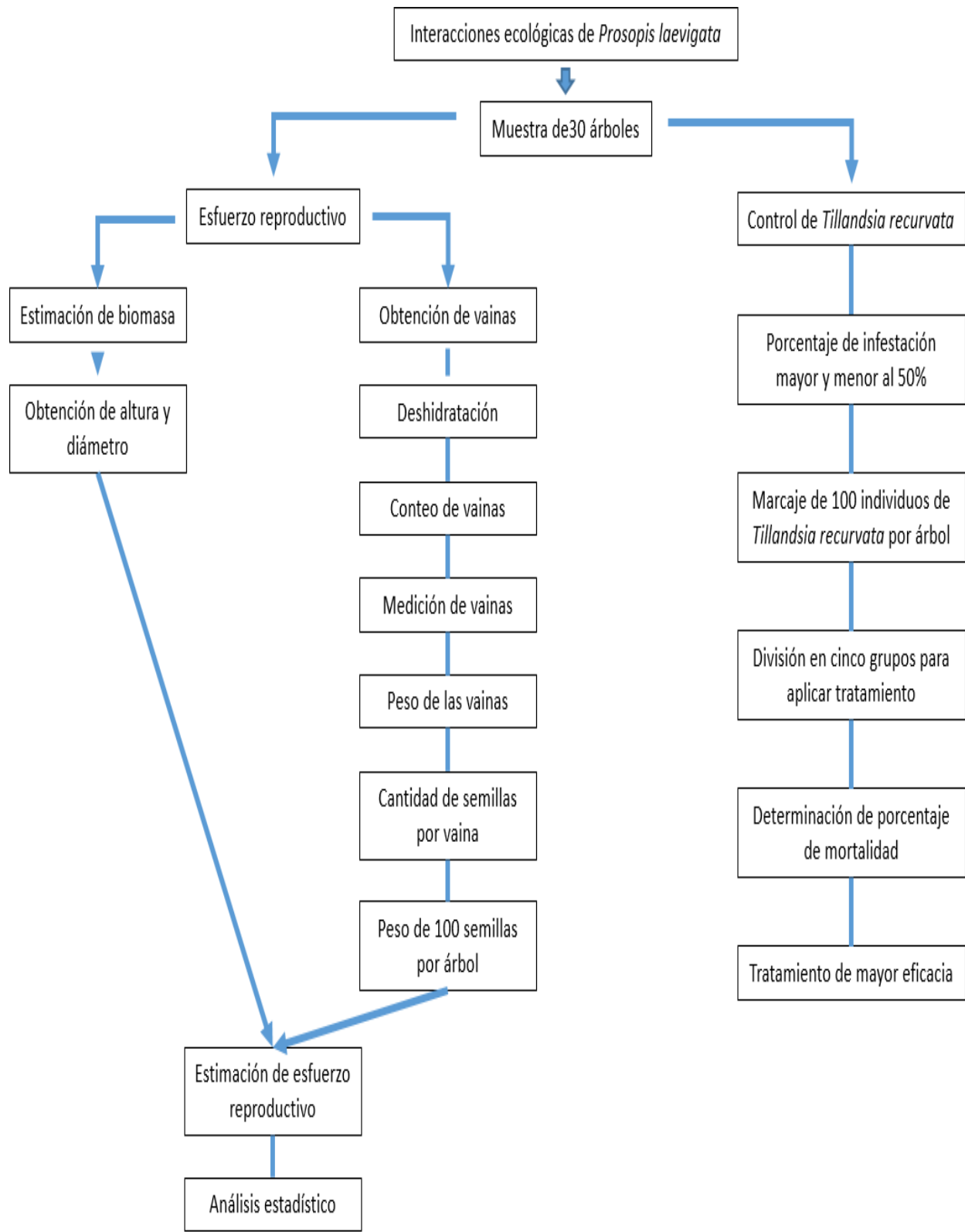


Figura 10. Diagrama de flujo de la metodología empleada (Sarahi Aguilar, 2022).

Para iniciar este trabajo de investigación fue necesario realizar un dictamen con el apoyo del área de investigación de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia y con el aval de la Zona Arqueológica de Teotihuacán. Para esto se llevó a cabo una revisión previa en el sitio para evaluar las condiciones (porcentaje de infestación por *Tillandsia recurvata*) en las que se encontraba la población de mezquites (*Prosopis laevigata*) dentro en la zona de estudio. (Figura 11).



Figura 11. Individuo de *Prosopis laevigata* con infestación de *Tillandsia recurvata* mayor al 50% (Sarahi Aguilar, 2021).

9.1 Toma de muestras para realizar el estudio de esfuerzo reproductivo

Para evaluar el esfuerzo reproductivo se llevó a cabo un muestreo al azar de 100 vainas por árbol en un tamaño de muestra de 30 árboles de mezquite en el mes de septiembre de 2021; la muestra se dividió en dos grupos, 15 ejemplares por grupo, basados en el nivel de infestación por heno bolita (*Tillandsia recurvata*) (Figura 12). El primer grupo se determinó bajo el 50% de infestación y el segundo grupo mayor al 50%. Se recolectaron 100 vainas para determinar la biomasa, número de vainas por árbol, número de semillas por vaina, largo y peso de la vaina y el peso de 100 semillas por cada árbol.



Figura 12. Marcaje y recolecta de vainas de *Prosopis laevigata* con base en su nivel de infestación de *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2021).

Además, se tomaron medidas de la altura con un distanciómetro digital STABILA de la muestra de árboles (Figura 13), con el fin de determinar la biomasa de cada uno de los ejemplares.

Los frutos colectados en campo se trasladaron al Laboratorio de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia y se fumigaron con fosfuro de aluminio durante 72 horas.



Figura 13. Obtención de la altura del árbol con un distanciómetro (Moises Rodríguez, 2021).

9.2 Toma de medidas y peso de las vainas de *Prosopis laevigata*

Para evaluar el tamaño y obtener el peso de las vainas recolectadas de mezquite, éstas se deshidrataron en charolas de aluminio durante 72 h expuestas al sol (Figura 14). Una vez deshidratadas se midieron las vainas con una cinta métrica flexible de extremo a extremo (Figura 15).



Figura 14. Vainas deshidratadas (Sarahi Aguilar, 2021).



Figura 15. Medición de vaina de mezquite con cinta métrica (Sarahi Aguilar, 2021).

Se pesaron las vainas en una balanza digital Tefal con capacidad de 2 kg en grupos de 10 vainas. Por último, se eligieron 100 semillas de cada árbol en condiciones de viabilidad que no presentaran agujeros ni hongos, en seguida se pesaron para obtener su promedio (Figura 16).



Figura 16. Pesaje de 10 vainas en balanza digital y 100 semillas de cada árbol (Sarahi Aguilar, 2021).

9.3 Colecta de excretas para la identificación de dispersores

Durante la recolección de las vainas en la zona de estudio se realizó la recolección de excretas que se localizaron cerca de donde se habían consumido las vainas, éstas se guardaron en un recipiente de plástico esterilizado para evitar su contaminación, después fueron trasladadas al laboratorio de biología de la Coordinación Nacional Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia para su análisis. Se realizó la separación de las semillas presentes con ayuda de agujas y pinzas de disección, se observó en el microscopio estereoscópico Reichert star 580 (Figura 17).



Figura 17. Excretas sobre el tronco de mezquite con presencia de semillas de mezquite y pirúl (Moises Rodríguez, 2021).

9.4. Control de *Tillandsia recurvata*

9.4.1 Marcaje de individuos de *Tillandsia recurvata*

Se realizó un marcaje en promedio de 100 individuos de esta bromelia en la población muestra, dicho marcaje se llevó a cabo con la aplicación de pintura en aerosol sobre los individuos.

9.4.2 Pruebas de hidratación de *Tillandsia recurvata* y preparación de los tratamientos para su control

Antes de la aplicación de los cinco tratamientos para el control del heno bolita, se realizaron pruebas de laboratorio con una solución de bicarbonato de sodio al 10%, con el fin de determinar si existía hidratación y mortalidad por parte de estas plantas.

Para dicho proceso se tomaron 30 ejemplares de *Tillandsia recurvata* procedentes de los mezquites infestados en la zona de estudio. Se etiquetaron cinco grupos de seis ejemplares, se pesó cada uno en seco, posteriormente los ejemplares fueron sumergidos en un cristizador durante 15 minutos y nuevamente se volvieron a pesar (Figura 18).



Figura 18. Peso e hidratación con bicarbonato de sodio al 10% de *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

9.5. Aplicación de tratamientos en *Prosopis laevigata*

Se aplicaron cinco tratamientos diferentes en grupos de seis individuos (Cuadro 1) con ayuda de una parigueta (Figura 19). Éstas se deben aplicar solamente en época de secas que comprende el periodo de invierno de diciembre a marzo, ya que la lluvia no interfiere en la funcionalidad del bicarbonato, así mismo en ausencia de viento de 7 a 11 de la mañana para permitir una impregnación idónea y no desperdiciar la solución.

Cuadro 1. Tratamientos para cada ejemplar de *Prosopis laevigata*.

<i>Prosopis laevigata</i>	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Tratamiento	M-	M-B	M-BC	M-BA	M-BCA
Aplicación	% de mortalidad	% de mortalidad	% de mortalidad	% de mortalidad	% de mortalidad

Factor I: Cinco niveles (formulación de tratamientos).

Factor II: Una aplicación por tratamiento.

Después de 30 días de la primera aplicación, se corroboró cuantos individuos marcados de *Tillandsia recurvata* permanecieron sobre las ramas de los individuos de *Prosopis laevigata*. Este parámetro permitió obtener el porcentaje de mortalidad de cada tratamiento.



Figura 19. Aplicación de tratamiento número 5 contra *Tillandsia recurvata* (Moisés Rodríguez, 2021).

X. Resultados

10.1 Vainas y semillas de *Prosopis laevigata* con perforaciones

Se observaron perforaciones en forma de tiro de munición, tanto en las vainas como en las semillas; este daño es causado por el gorgojo de las semillas (Coleoptera: Bruchidae) (Figura 20).

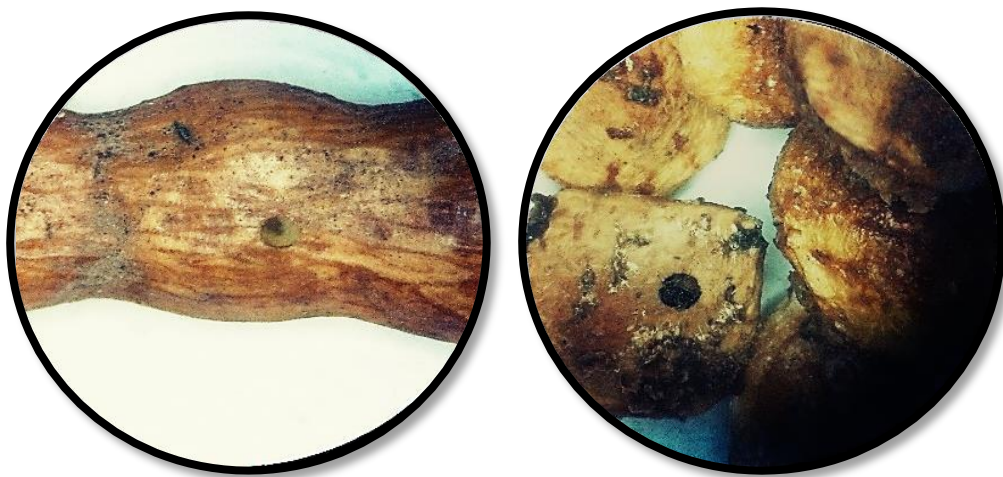


Figura 20. Izquierda: vaina; derecha: semillas con perforación causada por el gorgojo de las semillas (4x) (Sarahi Aguilar, 2021).

10.2 Gráficas de los datos recabados de las vainas de *Prosopis laevigata*

La altura de la población de mezquites se ordenó de menor a mayor (Figura 21), siendo el árbol N° 11 el de menor altura con 1.78 m y el de mayor altura el N° 28 con 8.16 m. La altura promedio de la población de mezquites es de 3.97 metros (Figura 22).

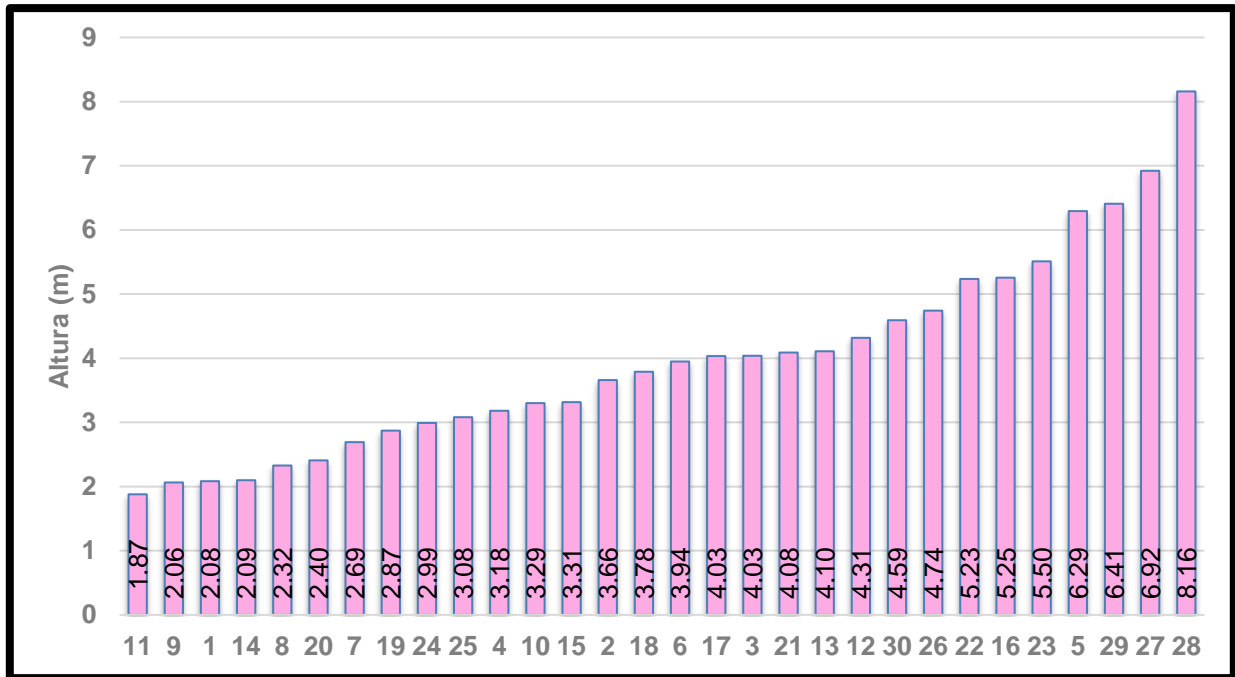


Figura 21. Altura de cada uno de los mezquites, ordenado de menor a mayor.

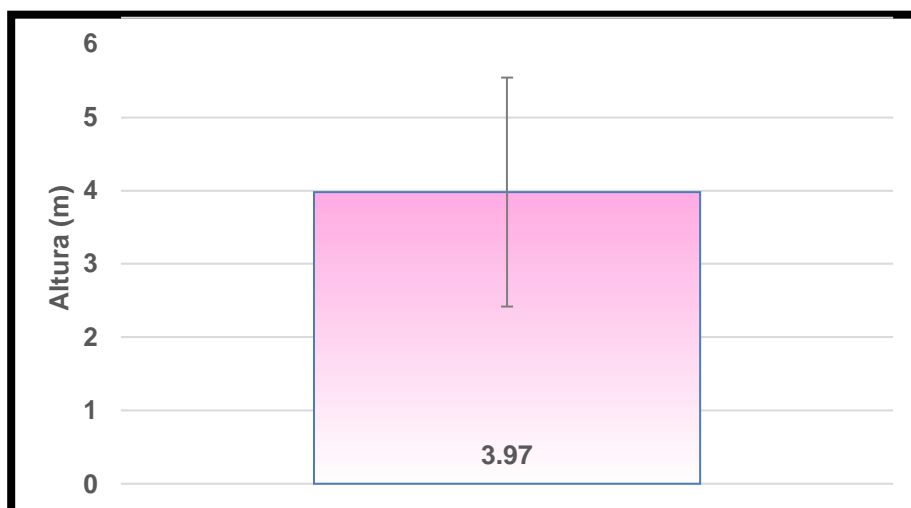


Figura 22. Media de la altura de los árboles. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).

La cantidad de vainas por mezquite se ordenó de menor a mayor (Figura 23), siendo el mezquite N° 25 el menor con un total de 8 y el N° 26 con 118. La media poblacional de cantidad de vainas es de 62.5 (Figura 24).

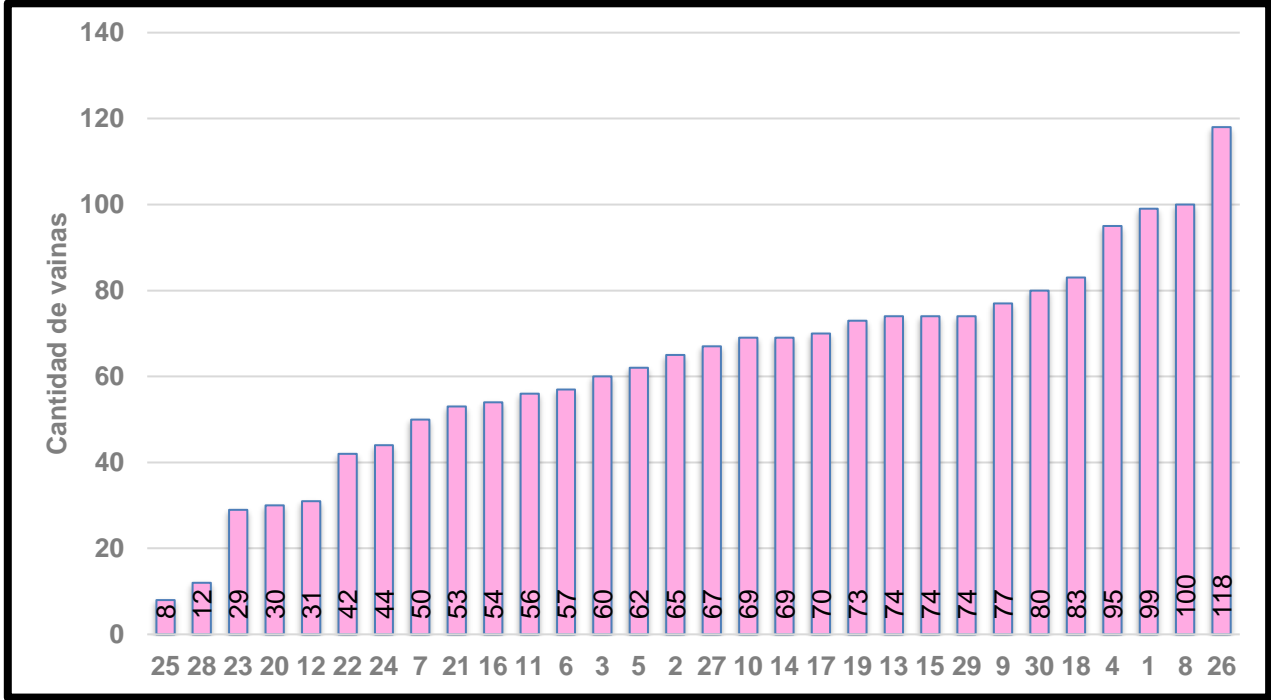


Figura 23. Número de vainas por mezquite, ordenado de menor a mayor.

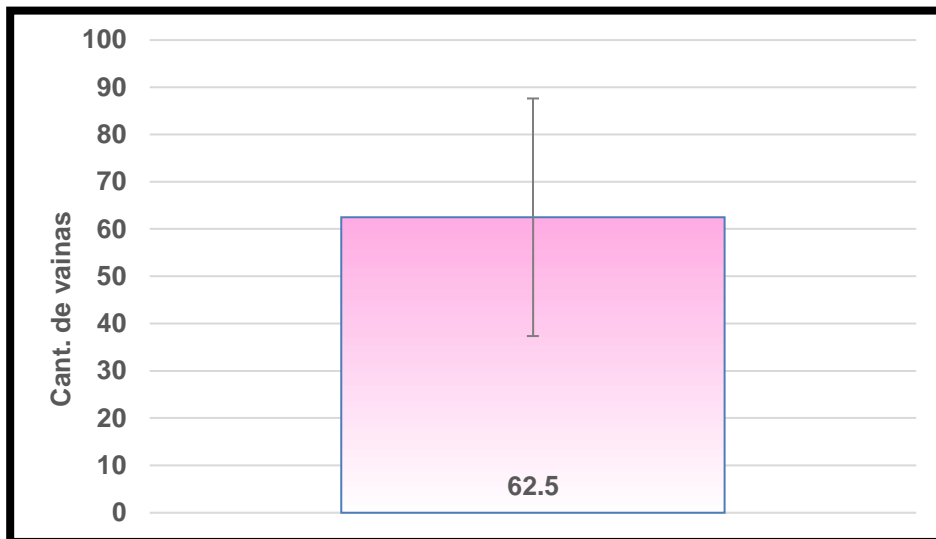


Figura 24. Media del número de vainas por árbol. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).

Con los datos obtenidos de semillas por vaina para cada mezquite se realizó el promedio donde se marcaron barras de error con la desviación estándar para cada caso (Figura 25). La media de esos datos es 10.11 (Figura 26).

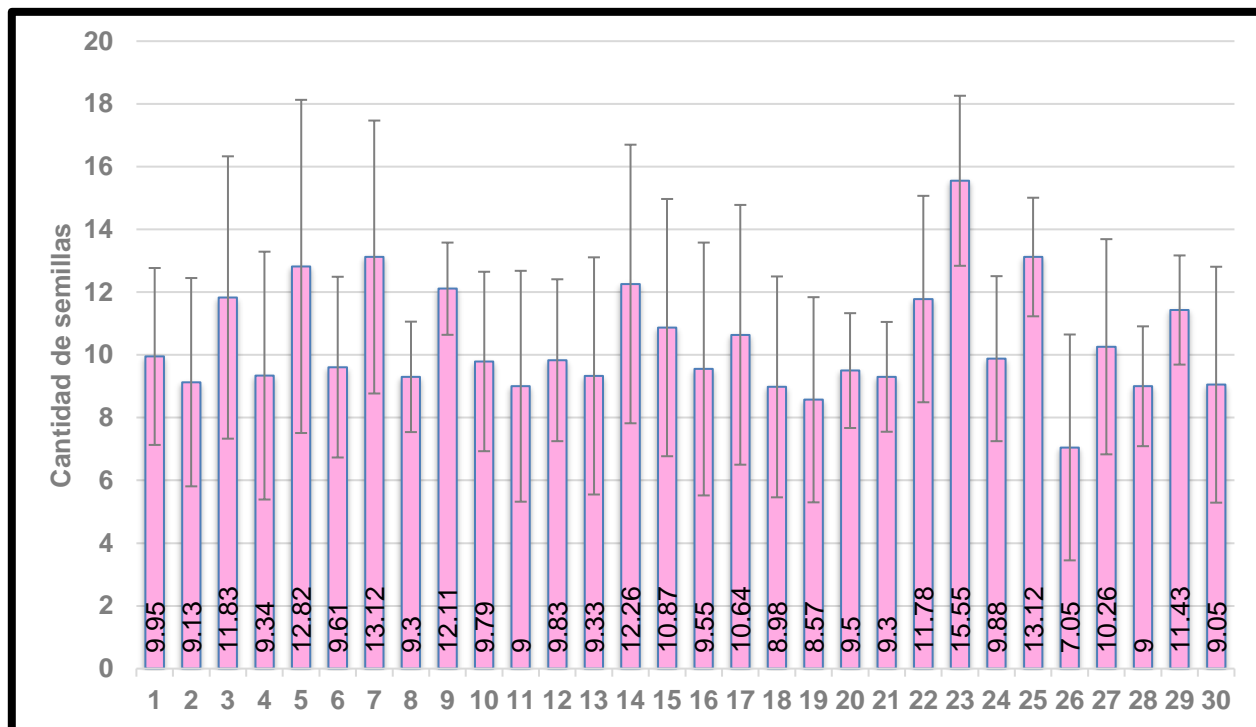


Figura 25. Promedio del número de semillas en cada vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba y por debajo de la media es la desviación estándar (DE).

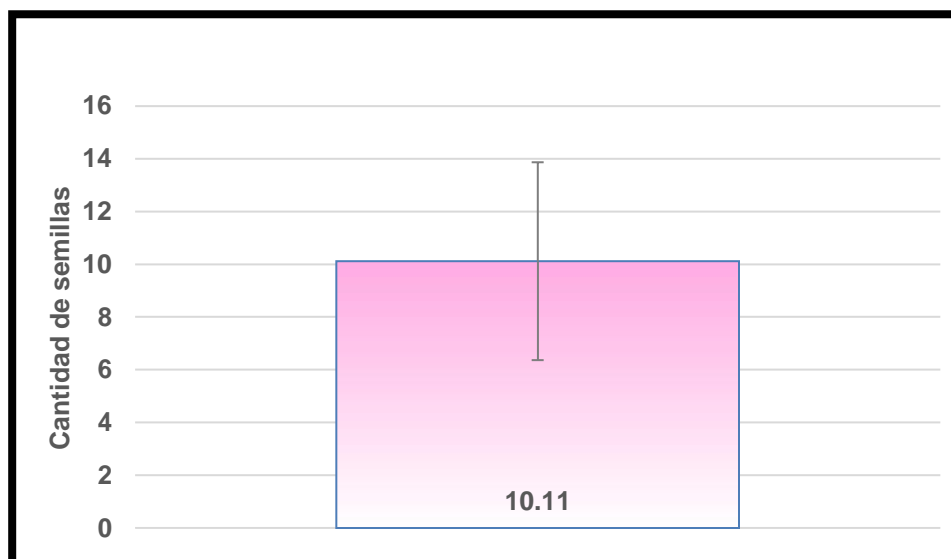


Figura 26. Media de la cantidad de semillas por vaina. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).

Para el caso del peso de las vainas se obtuvo un promedio de éste para cada mezquite (Figura 27), donde se marcó la desviación estándar mediante barras de error. Se obtuvo una media de 2.32 g del peso promedio (Figura 28).

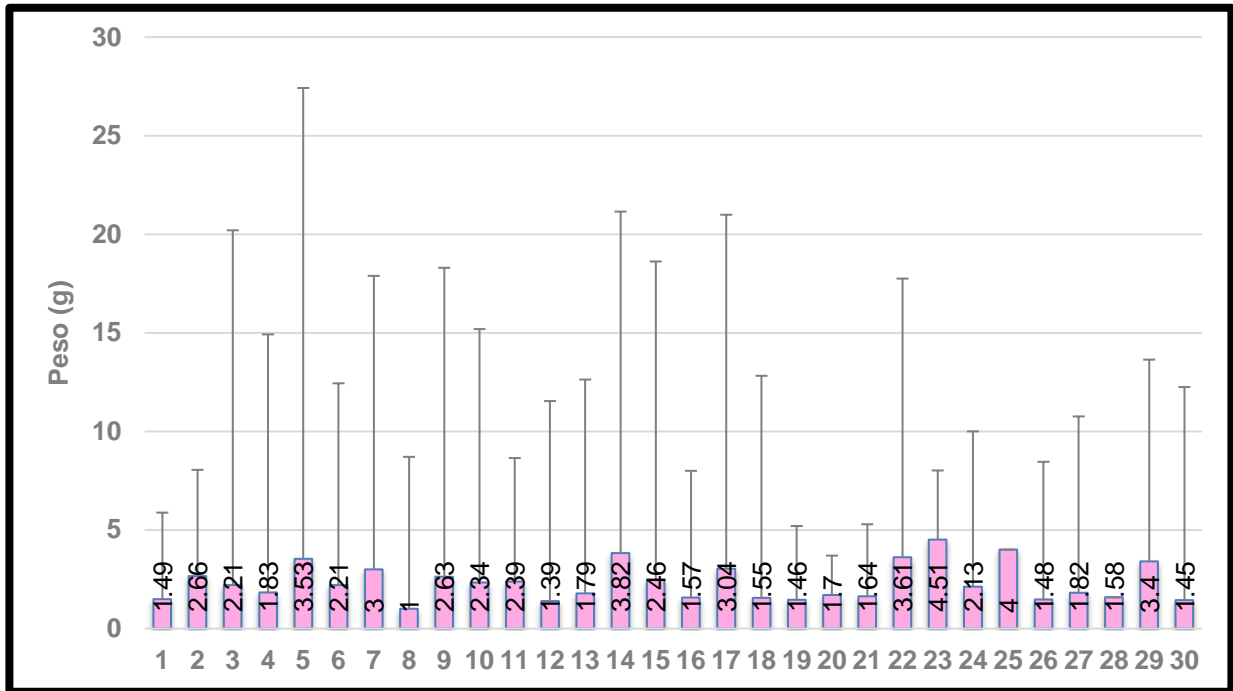


Figura 27. Peso promedio de la vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba de la media es la desviación estándar (DE).

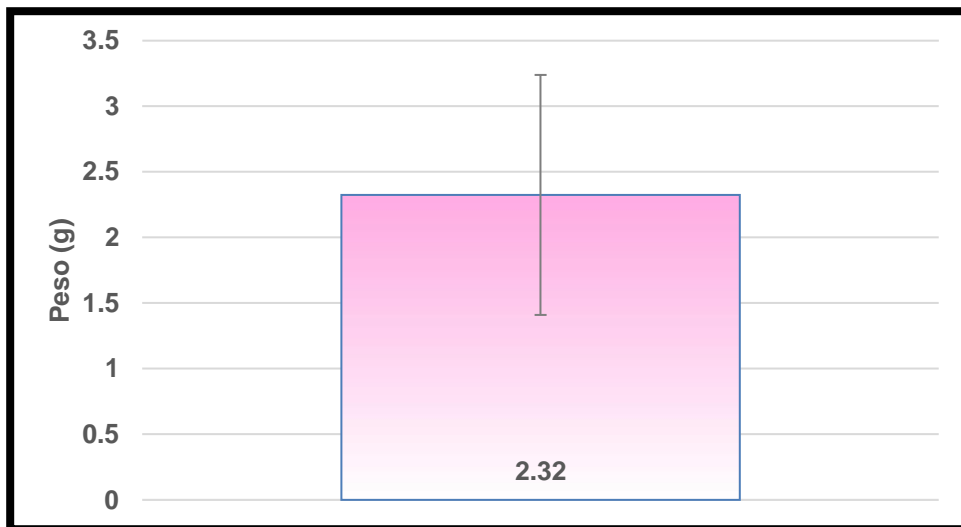


Figura 28. Media del peso de la vaina. La barra de error sobre y debajo de la media es la desviación estándar (DE).

Se obtuvo un promedio en la longitud de la vaina de mezquite (Figura 29) con la desviación estándar, donde el mezquite N°23 obtuvo un promedio de 13.96 cm, mientras que el de menor longitud lo obtuvo el mezquite N°26 con 7.39 cm de longitud. La media de la longitud poblacional fue de 9.64 cm (Figura 30).

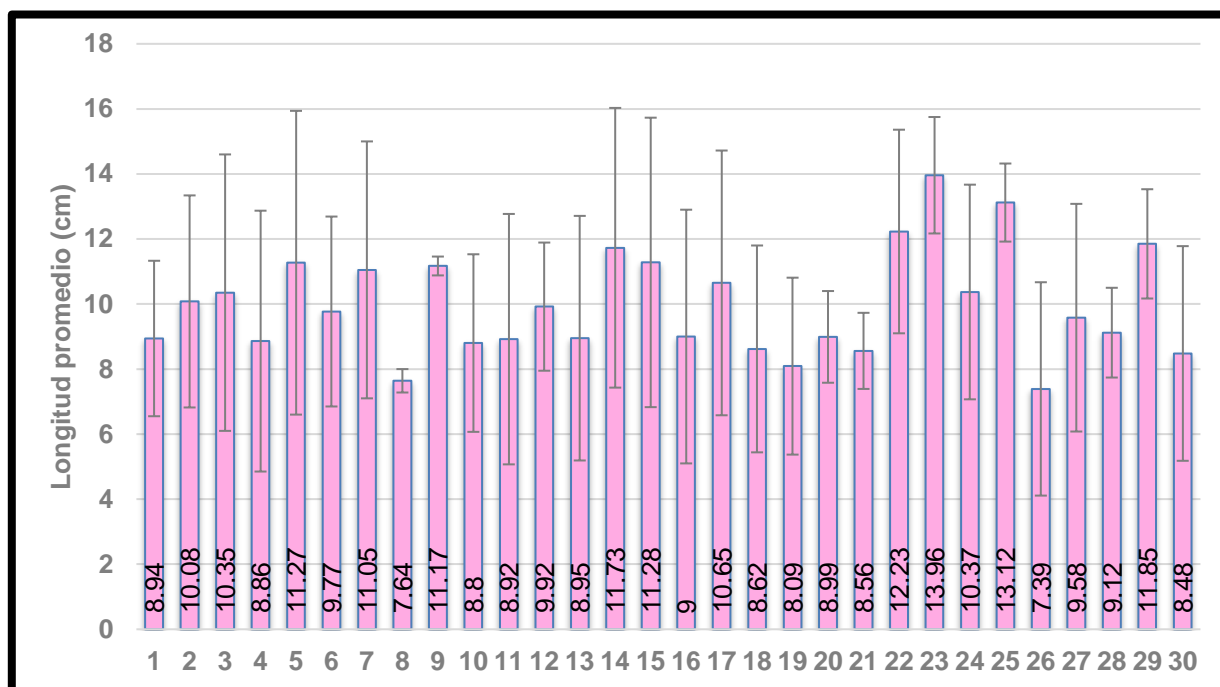


Figura 29. Longitud promedio de la vaina por mezquite. Las barras de error marcadas por arriba y por debajo de la media significan la desviación estándar (DE).

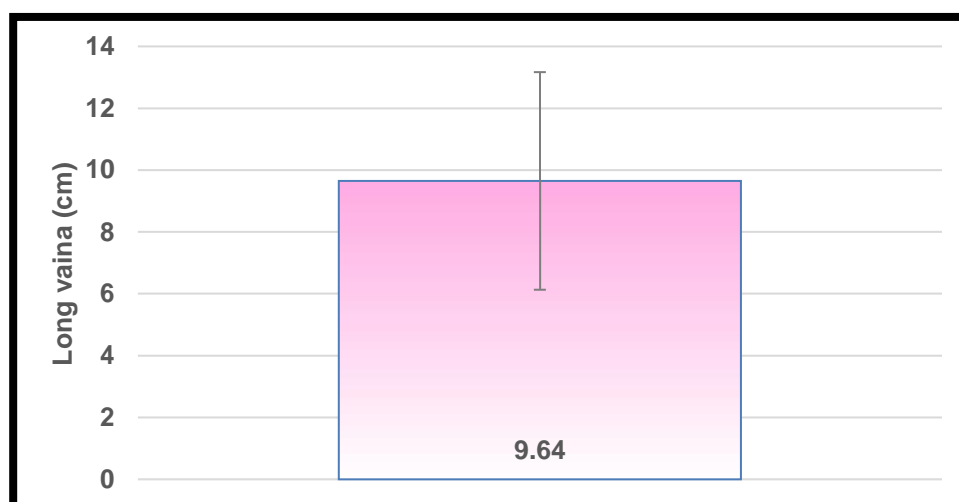


Figura 30. Media de la longitud de la vaina. La barra de error sobre y debajo de la media significa desviación estándar (DE).

De cada árbol se obtuvo el peso de 100 semillas (Figura 31) donde las semillas del N° 20 obtuvo únicamente 10 g, mientras que las semillas del N°17 obtuvo un peso de 34 g. De los treinta datos se obtuvo una media de 18.96 g (Figura 32).

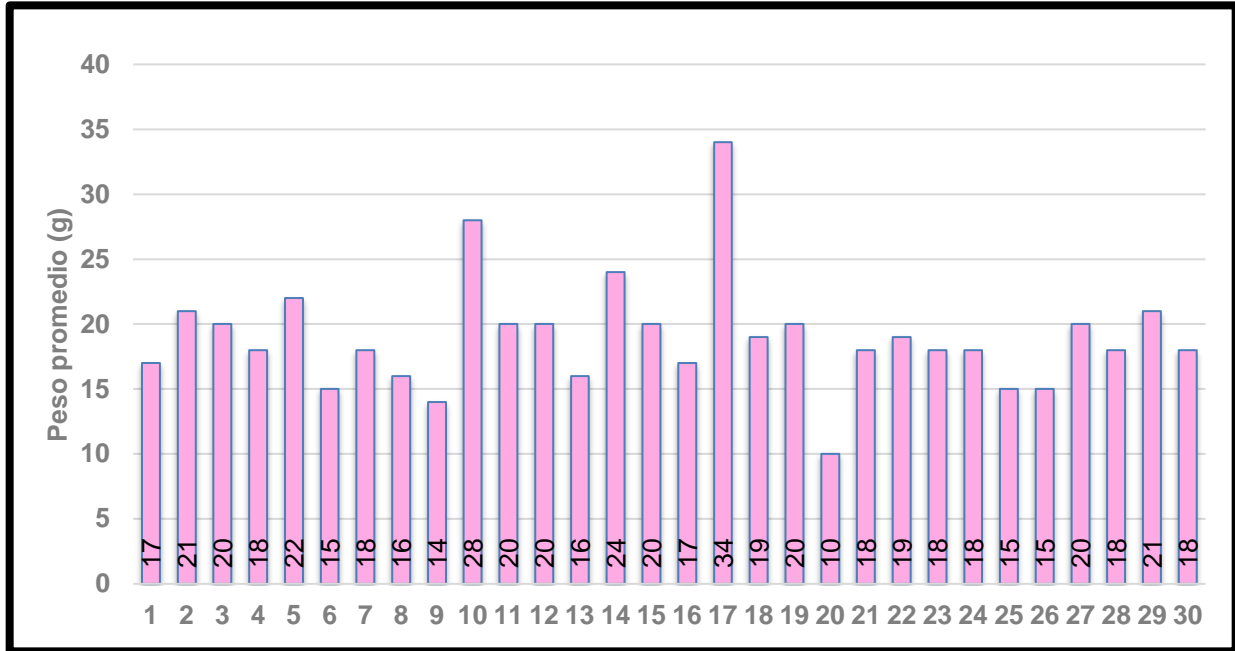


Figura 31. Peso de 100 semillas por mezquite.

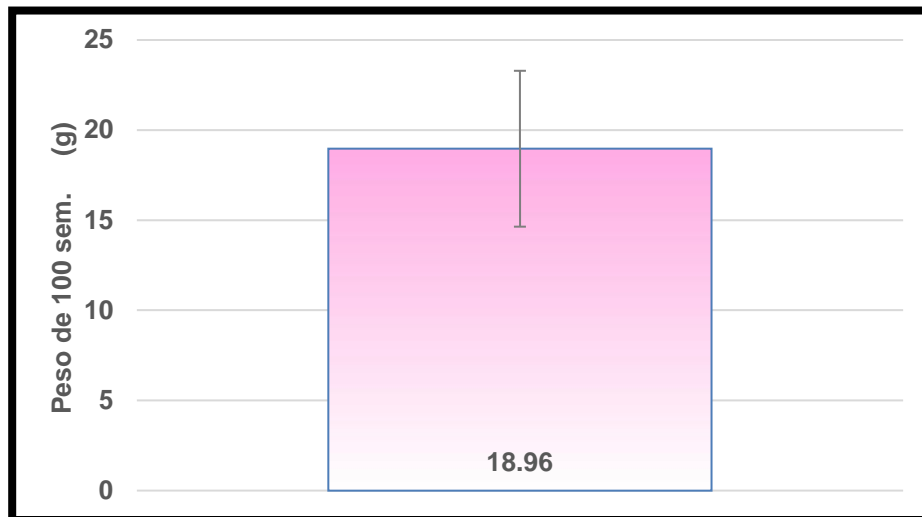


Figura 32. Media del peso de 100 semillas por árbol. La barra de error sobre y debajo de la media significa desviación estándar (DE).

Se aplicaron pruebas estadísticas para determinar la normalidad de los datos, para ello se utilizó el programa InfoStat 2020, donde se procesaron tres parámetros: longitud de la vaina (Figura 33), peso de la vaina (Figura 34) y cantidad de semillas por vaina (Figura 35). Al aplicar la prueba de normalidad a los datos sobre la longitud de las vainas de mezquite, fue posible apreciar que cinco de ellos (M4, M9, M11, M18 y M21) no presentaron normalidad al obtener una p menor a 0.05, por lo que al conjunto de datos se les aplicó una prueba estadística no paramétrica como lo es Kruskal-Wallis (Cuadro 5).

Para el caso del peso de la vaina; el mezquite 20, 25 y 28 no presentaron normalidad al momento de aplicar la prueba estadística, razón por la cual se le aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Cuadro 6).

Finalmente, en la cantidad de semillas por vaina se obtuvo que el mezquite 8, 9, 11, 18 y 30 no presentan normalidad, razón por la cual se le aplicó la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis (Cuadro 7).

10.3 Biomasa y esfuerzo reproductivo de *Prosopis laevigata*

Se obtuvo un total de 1875 vainas de mezquite de la población muestra, donde se observó una variación en la cantidad de vainas recolectadas: con un total de 118 vainas en el mezquite número 26 y el mezquite número 25 con 8 vainas (Cuadro 2).

Se determinó la biomasa aproximada de cada uno de los 30 ejemplares (Cuadro 3) utilizando la fórmula de Chou y Gutiérrez modificada (2013), para ello también fue necesario determinar la biomasa reproductiva mediante el peso de las vainas por cada árbol (Cuadro 4). Una vez obtenidos dichos datos, se procedió al cálculo del esfuerzo reproductivo (Cuadro 3) mediante la siguiente fórmula:

$$ER (\%) = \frac{\text{Biomasa reproductiva (g)}}{\text{Biomasa del árbol (g)}}$$

10.4 Identificación de dispersores de semillas

La excreta observada en campo pertenece a un mamífero de nombre común tlacuache (*Didelphimorphia* sp.). Se observó en el microscopio estereoscópico la presencia de dos semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) y las de pirúl (*Schinus molle*) (Figura 36). En un entorno natural es común la dispersión de semillas por diferentes medios; a la realizada por animales se le conoce como “zoocoria”.



Figura 36. Excretas de Tlacuache (*Didelphimorphia* sp.) con presencia de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) y pirul (*Schinus* sp.) (4x) (Sarahi Aguilar 2021).

Cerca del árbol donde fueron recolectadas las excretas de tlacuache, se observó y fotografió un hormiguero, donde fue posible apreciar semillas con testa de mezquite (Figura 37).



Figura 37. Hormiguero a un costado de un individuo de *Prosopis laevigata* (Sarahi Aguilar, 2021).

10.5 Observación del control biológico para el barrenador del mezquite.

Durante el trabajo de campo en la zona de estudio, fue posible apreciar la actividad del pájaro carpintero (*Dryobates scalaris*) sobre los árboles de mezquite (Figura 38), los cuales presentaban diversos orificios en la corteza de estos (Figura 39). Esta especie se alimenta de diversos insectos, entre ellos los coleópteros.



Figura 38. Pájaro carpintero (*Dryobates scalaris*) perforando la corteza del mezquite (Moises Rodríguez, 2022).



Figura 39. Corteza de mezquite con perforaciones ocasionadas por la extracción de larvas por el carpintero (*Dryobates scalaris*) (Moises Rodríguez, 2022).

10.6 Capacidad de hidratación de *Tillandsia recurvata*.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la capacidad de hidratación:

Cuadro 8. Capacidad de hidratación de *Tillandsia recurvata* bajo condiciones controladas.

	1ra aplicación	1ra aplicación	2da aplicación	2da aplicación
	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)
Grupo 1				
1	2	3	0.6	1
2	2	3	0.5	1
3	4	7	1	2
4	17	26	5	12
5	18	27	5	11
Grupo 2				
1	10	18	4	8
2	21	34	8	18
3	22	36	7	14
4	22	36	7	14
5	27	40	8	17
Grupo 3				
1	4	7	2	4
2	7	13	3	7
3	14	24	4	8
4	17	25	6	9
5	24	41	8	15
Grupo 4				
1	20	38	11	23
2	6	9	2	5
3	3	7	2	3
4	7	12	1	6
5	1	2	0.6	1
Grupo 5				
1	2	3	0.4	1
2	2	4	1	2
3	25	40	9	18
4	21	32	7	14
5	21	34	6	14
Grupo 6				
1	14	18	5	12
2	7	14	2	7
3	9	13	2	8
4	10	22	4	9
5	7	12	2	6

Se observaron las capsulas que contienen las semillas completamente cerradas antes de aplicar la solución de bicarbonato; pasados 15 días para realizar la segunda aplicación, las capsulas se encontraron abiertas con las semillas liberadas como mecanismo para asegurar la supervivencia de la población (Figura 40).



Figura 40. Ejemplares de *T. recurvata* con estructuras y semillas liberadas de las capsulas después del tratamiento con bicarbonato al 10% (Sarahi Aguilar, 2022).

Después de ambas aplicaciones de la solución de bicarbonato de sodio al 10%, se observan los henos bolita completamente muertos con los tejidos deshidratados (Figura 41).



Figura 41. Deshidratación y mortalidad de *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

En el microscopio estereoscópico se observó que la solución hipertónica de bicarbonato de sodio al 10% forma cristales alrededor de los tejidos de la *Tillandsia recurvata*, al no poder obtener humedad del ambiente y tener saturados los tejidos de bicarbonato, causa la deshidratación y muerte del ejemplar (Figura 42).

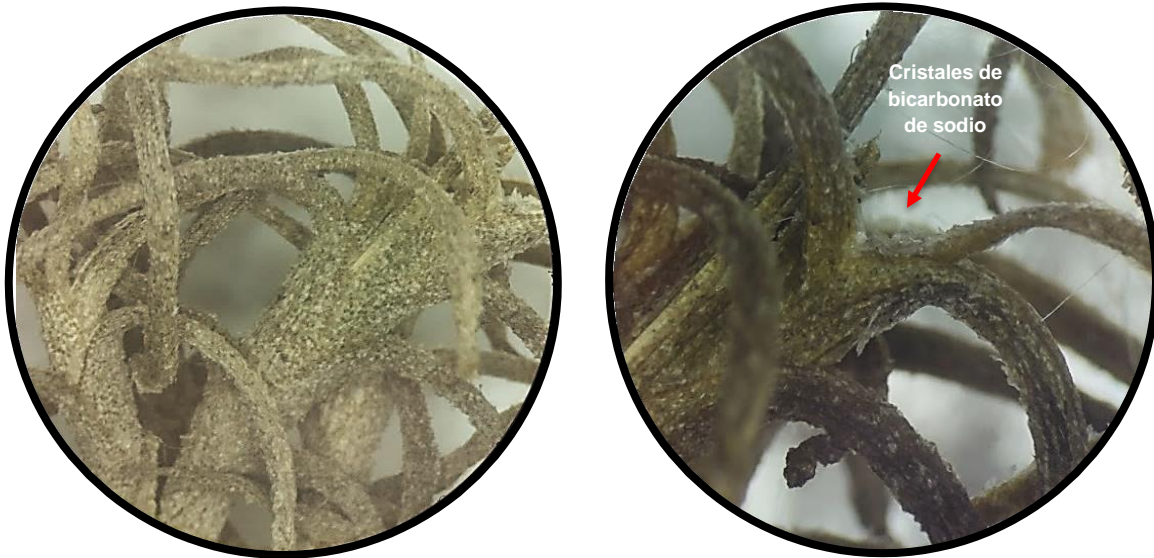


Figura 42. Observación de la epidermis de *Tillandsia recurvata* impregnadas con bicarbonato de sodio al estereoscopio óptico (4x) (Sarahi Aguilar, 2022).

10.7 Porcentaje de mortalidad del heno bolita por tratamiento

Para el porcentaje de mortalidad de *Tillandsia recurvata* se fotografiaron cada uno de los 30 ejemplares, a una distancia de cuatro metros con la finalidad de cuadrar dicha imagen (Figuras 43 a 72). Se realizó un marcaje en cada cuadro con un valor de 2.8% cada uno, de modo que se obtuvo el porcentaje de infestación de los 30 ejemplares (Cuadro 3). De igual manera se aplicaron pruebas estadísticas tanto Shapiro-Wilks modificado como Kruskal Wallis (Figuras 73 y 74).

10.8 Efectividad de tratamientos contra *Tillandsia recurvata*.

El tratamiento testigo consistió en la aplicación de agua únicamente, para los ejemplares 1 a 6. El porcentaje de mortalidad obtenido fue del 0% (Cuadro 9).

Tratamiento 1: Agua (testigo)

Cuadro 9. Henos marcados vs henos muertos

Numero de mezquite	Henos marcados	Henos muertos
1	23	0
2	40	0
3	20	0
4	16	0
5	14	0
6	25	0

El tratamiento 2 consistió en una solución de agua + bicarbonato de sodio al 10%. Dicho tratamiento fue aplicado a los mezquites 7 a 12 (Cuadro 10) donde se obtuvo un 0% de mortalidad.

Tratamiento 2: Agua + bicarbonato al 10 %.

Cuadro 10. Henos marcados vs henos muertos

Numero de Mezquite	Henos marcados	Henos muertos
7	22	0
8	11	0
9	24	0
10	16	0
11	27	0
12	35	0

El tratamiento 3 consistió en una solución de agua + Bicarbonato de sodio al 10% + Canasol al 1% el cual se aplicó a los mezquites 13 a 18. Para este tratamiento se obtuvo un 0% de mortalidad (Tabla 11).

Tratamiento 3: Agua + bicarbonato al 10 %+ canasol al 1%.

Cuadro 11. Henos marcados vs henos muertos

Numero de mezquite	Henos marcados	Henos muertos
13	12	0
14	27	0
15	16	0
16	114	0
17	18	0
18	59	0

Para el caso del tratamiento 4 se aplicó una solución de agua + bicarbonato de sodio al 10% + alcohol al 10%, el tratamiento se aplicó en los mezquites 19 a 24, obteniendo un porcentaje de mortalidad del 64.66% (Tabla 12).

Tratamiento 4: Agua+ bicarbonato al 10% + alcohol al 10%.

Cuadro 12. Henos marcados vs henos muertos

Numero de mezquite	Henos marcados	Henos muertos
19	23	0
20	57	0
21	26	0
22	18	18
23	52	41
24	90	90

Para el último tratamiento se aplicó una solución de agua + bicarbonato de sodio al 10% + alcohol al 10% + canasol al 1% en los mezquites restantes que fueron del 25 al 30. Se obtuvo un porcentaje de mortalidad del 72.50% (Tabla 13).

Tratamiento 5: agua + bicarbonato al 10% + alcohol al 10% + canasol al 1%

Tabla 13. henos marcados vs henos muertos

Numero de mezquites	Henos marcados	Henos muertos
25	25	16
26	32	27
27	450	326
28	300	213
29	280	196
30	375	282

Para el tratamiento 1 se tuvo un total de 138 ejemplares de *T. recurvata* marcados y 0 eliminados, en el tratamiento 2 se tuvieron 135 marcados y 0 eliminados, para el caso del tratamiento 3 se marcaron 246 y se eliminaron 0, para el tratamiento 4 se marcaron en total 266 y se eliminaron 172 y finalmente para el tratamiento 5 se marcaron 1462 y se eliminaron 1060 (Figura 75).

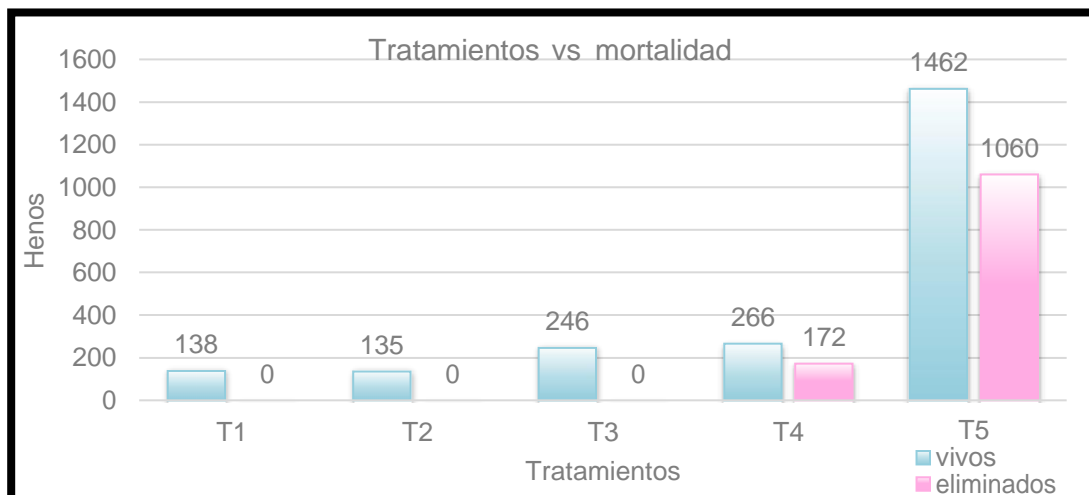


Figura 75. Gráfica de henos bolita vivos antes del tratamiento y eliminados después de la aplicación.

30 días después se observó a *Tillandsia recurvata* impregnado con bicarbonato de sodio en su estructura y seco (Figura 76). Consecuentemente se observó el crecimiento de nuevos brotes de hojas en las ramas de algunos mezquites (Figura 78).



Figura 76. Mezquite después del tratamiento con bicarbonato de sodio + alcohol + canasol. *Tillandsia recurvata* después del tratamiento con bicarbonato de sodio (Moisés Rodríguez, 2022).

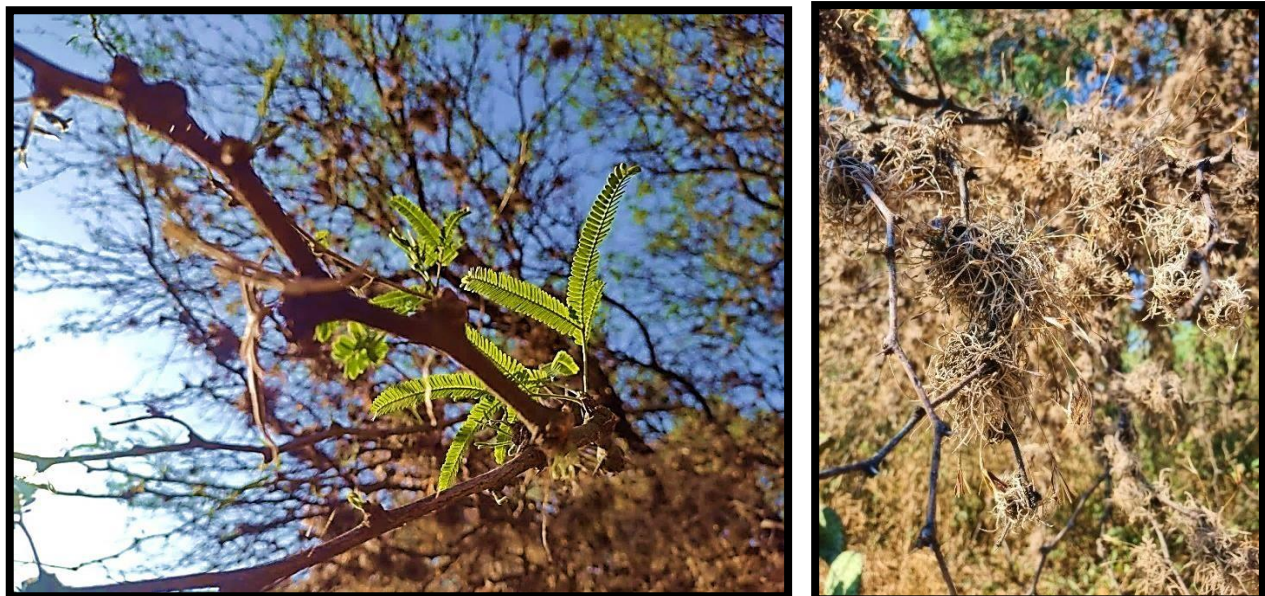


Figura 77. Crecimiento de brotes nuevos en rama, invadida por heno bolita después del tratamiento y mortalidad de *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

10.9 Correlación entre el porcentaje de infestación por *Tillandsia recurvata* y el esfuerzo reproductivo de la población de mezquites

Se realizó una correlación entre el porcentaje de infestación con respecto al esfuerzo reproductivo de los ejemplares donde fue posible apreciar que si el eje de las x (% de infestación) va de 0 a 60 puntos, estos se verán más cercanos, pero la línea de tendencia se encuentra casi por completo de forma horizontal, lo cual determina que el esfuerzo reproductivo (eje de las y) no cambia con respecto al porcentaje de infestación (Figura 78).

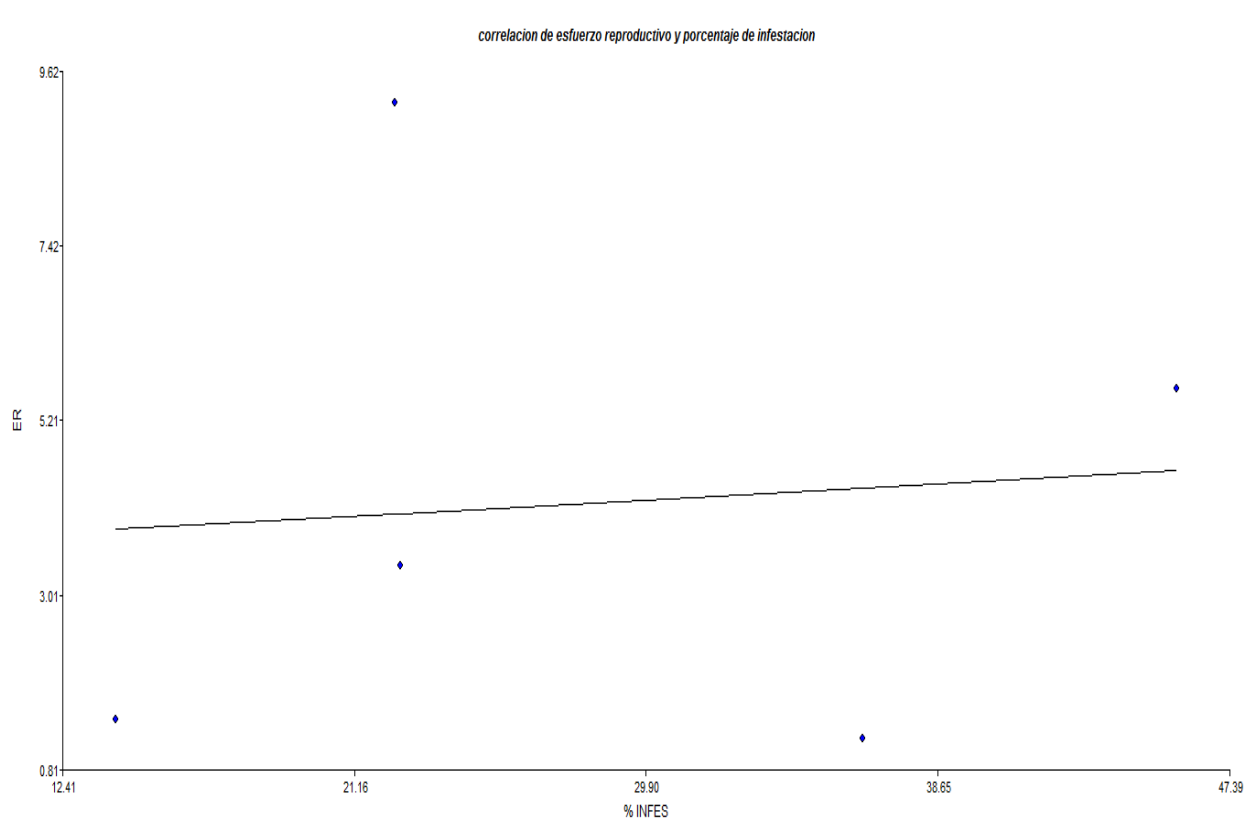


Figura 78. Correlación de esfuerzo reproductivo (ER) respecto al porcentaje de infestación.

XI. Discusión de resultados

Al dictaminar el estado de conservación de los mezquites infestados por *Tillandsia recurvata*, se contabilizaron en total 57 árboles de mezquite, encontrando los de mayor altura y tamaño en la ribera del río San Juan, así mismo la distribución de estos árboles se encuentra exclusivamente en el área oeste de la zona arqueológica entre la parte

norte del río y el suroeste de la pirámide de la luna. Esto es de importancia con lo reportado por Torres 2001, ya que cuando se realizó la flora fanerógama de la zona arqueológica solo se reportó un ejemplar junto al río San Juan, lo cual nos indica que esta población prosperó en 21 años.

El mezquite con mayor altura de nuestra población de estudio tiene 8.16 m y el de menor altura 1.87 m, el promedio de altura es de 3.97 m, desarrollados sobre suelo antropogénico con vestigios arqueológicos con una profundidad máxima de 2 m; esto contrasta con lo reportado por Román (2016), quien menciona una máxima de 20 m dependiendo de la disponibilidad de agua; en tanto que Ríos *et al.* (2011) afirma que dicho crecimiento está en función de la disponibilidad de agua pero también de la profundidad del suelo.

La biomasa obtenida de la población de estudio de 30 árboles tiene un rango de 3 a 74 kg con una media de 28.93 kg. Esto es una estimación, ya que la fórmula empleada de Chou y Gutiérrez (2013) tuvo que ser modificada ya que la fórmula original está diseñada para la biomasa de árboles tropicales; no existe una fórmula para determinar la biomasa específica de la especie *Prosopis laevigata*.

El esfuerzo reproductivo es un proceso que requiere de agua, carbohidratos, etc. de tal modo que la infestación del heno bolita sobre los mezquites reduce de cierto modo la capacidad fotosintética (Figura 77) que llevan a cabo, pero no impide la producción de vainas para su dispersión por lo cual es una estrategia de supervivencia para el árbol.

Al ser sometido a condiciones de estrés y/o perturbación; aumenta la competencia por recursos, esto se traduce en un desarrollo de menor tamaño y longevidad reducida, ocasionando la producción de mayor cantidad de vainas. En otro caso, cuando aumenta el estrés para el individuo se reduce la longevidad, tamaño y reproducción, caso contrario al aumentar la intensidad de perturbación el tamaño y la reproducción disminuyen, pero la longevidad aumenta. Con esto se entiende que al ser el esfuerzo reproductivo un gasto de energía para los individuos existe una relación de costo-beneficio en donde el beneficio es la descendencia que asegura la supervivencia de dicha especie, pero a un costo en donde la capacidad de crecimiento y de vida se reducen.

Los mezquites al ser reconocidos como una especie freatofita presentes en la zona de estudio muestran una tendencia de dispersión desde el suroeste donde se encuentran los ejemplares longevos junto al río San Juan hasta al noroeste de la pirámide de la luna los ejemplares jóvenes. Dicha estrategia de dispersión de esta población generalmente se lleva a cabo, por la diseminación de sus semillas por medio del viento, agua y principalmente por animales. Para este caso se identificaron dos dispersores de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*): hormigas rojas arriera, del género *Atta* y el tlacuache (*Didelphimorphia*). Además, se observó un control biológico tanto para barrenadores como para gorgojos, siendo el pájaro carpintero quien cumple con dicho papel. Por otro lado, se identificó a la abeja (*Apis mellifera*) como principal polinizadora (Figura 79).

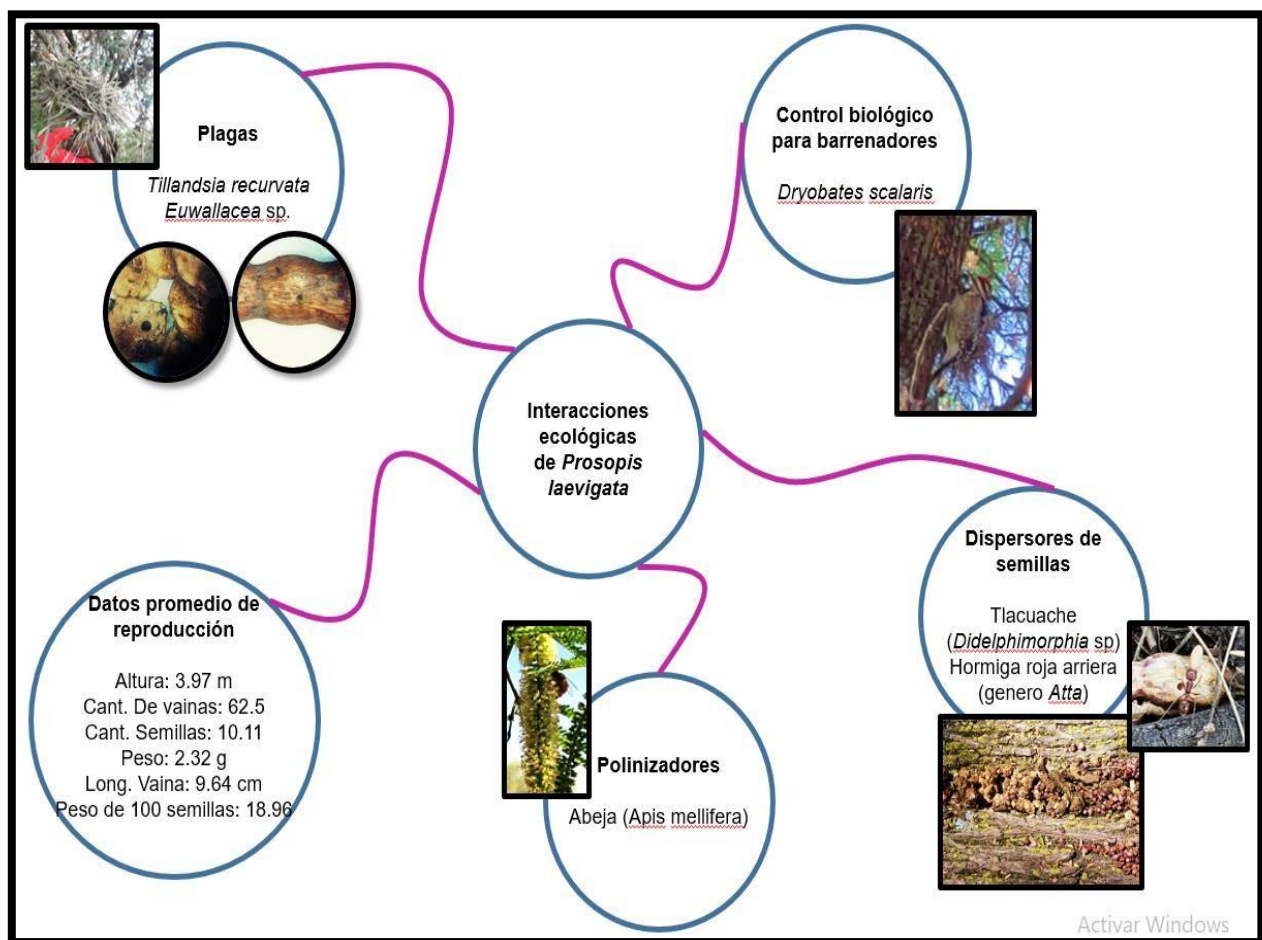


Figura 79. Diagrama de flujo de las interacciones ecológicas de *Prosopis laevigata*.

La solución de bicarbonato de sodio fue empleada por INIFAP (2013⁸) y Velázquez (2011) en una solución de 80g/L, aplicado en dos ocasiones obteniendo un porcentaje de mortalidad del 77.5%. Mientras que en este proyecto de las soluciones aplicadas el número cinco obtuvo un porcentaje de mortalidad del 72.50% respecto a *Tillandsia recurvata*, con una sola aplicación. Dicha solución además de contener bicarbonato de sodio al 10% contenía alcohol al 10% y canasol al 1%; debido a las características de los compuestos fue posible obtener un porcentaje de mortalidad mayor con respecto a lo reportado con el uso de bicarbonato de sodio únicamente, esto debido a que el alcohol permite la apertura de los estomas, mientras que el canasol al ser un detergente, rompe con la capa cerosa de la misma permitiendo la adherencia y permanencia del bicarbonato de sodio en los tejidos de la planta de tal manera que se deshidrata y muere. El empleo de estos dos materiales es común en campo de la restauración.

Es probable que al realizar una segunda aplicación se obtendría una mortalidad del 100% para la eliminación de *T. Recurvata*, lo que permitiría a los árboles recuperar su cobertura foliar y continuar con los procesos fisiológicos fotosintéticos.

XII. Conclusiones

De acuerdo con los resultados no existe una correlación entre el esfuerzo reproductivo de los mezquites y la infestación por *Tillandsia recurvata*, los datos obtenidos reflejan que la infestación producida en los mezquites no disminuye la cantidad de vainas, semillas, peso y longitud de estas. Los mezquites al ser sometidos a condiciones de estrés buscan la supervivencia de la especie, de tal manera que no dejan de producir vainas, aunque se encuentren severamente plagados.

Al encontrarse en un medio natural donde las condiciones no son controladas, se encuentran expuestos a la presencia de otros organismos que ejercen diferentes funciones en los árboles; como el barrenador del mezquite (*Euwallacea* sp.) el cual podría considerarse como una plaga si no existiera un control biológico natural para estos coleópteros, como lo es el caso del pájaro carpintero. Por otro lado, abejas como polinizadoras y, además, el tlacuache (*Didelphimorphia*) y la hormiga roja arriera como

dispersores de semillas. Por lo que la población de mezquites es ecológicamente funcional pese a la infestación de heno bolita el cual oscila entre un 2.8% a 86%.

Las tres primeras soluciones resultaron ineficientes ante *Tillandsia recurvata* al obtener un porcentaje de mortalidad del 0%, mientras que la solución cuatro obtuvo un 60% y el tratamiento cinco con mayor efectividad con un 72.50% de mortalidad. Es importante destacar que todas las soluciones fueron aplicadas una sola vez y teniendo en cuenta el porcentaje obtenido con mayor efectividad, se espera que, al realizar una segunda aplicación, el porcentaje de mortalidad alcance un 100%. El tratamiento es viable para ser aplicado tanto en los mezquites como en otras especies que se encuentren plagadas por *Tillandsia recurvata*.

XIII. Recomendaciones

Se recomienda a la zona arqueológica de Teotihuacán continuar con la aplicación de la solución de agua + bicarbonato de sodio al 10% + alcohol al 10% + canasol al 1% con el laboratorio de biología de la CNCPC-INAH para el control de la *Tillandsia recurvata* en toda la zona, ya que el entorno ecológico de la misma se encuentra actualmente afectado por esta invasión de heno bolita.

La presente tesis aporta los conocimientos necesarios para continuar a nivel nacional con el control del heno bolita (*Tillandsia recurvata*). Los métodos empleados son sustentables y no son agresivos, solamente afecta a la *Tillandsia recurvata* y no a los organismos hospederos o adjuntos.

XIV. Referencias

- Aguilar Sánchez, B. y Buentello Martínez, R. (2012). “Carta de amor” Metodología de limpieza con gel de Agarosa. Documento proveniente del Archivo Histórico de Tepapayeca, Puebla. Seminario Taller de Restauración de Documentos y Obra Gráfica en Papel (strdogp). Escuela Nacional de Restauración Conservación y Museografía (encrym).
- Amaro Maldonado, B. (2017). Determinación de hongos fitopatógenos en *Tillandsia recurvata* L. asociados a la muerte de *Pinus cembroides* Zucc en Coahuila, México. [Tesis de ingeniería forestal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [K65040 Amaro Maldonado Bulmaro.pdf \(uaaan.mx\)](#)
- Anaya Decena, J. A. (2007). Diagnóstico Fitosanitario de las Poblaciones de Mezquite *Prosopis laevigata*, en Tres Ejidos de San Pedro, Coahuila. [Tesis de ingeniería forestal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [Diagnostico fitosanitario de las poblaciones de mezquite \(Prosopis laevigata\) en tres Ejido de San Pedro, coah./ \(uaaan.mx\)](#)
- Arnero Chávez, M. A. (2015). La vaina del mezquite (*Prosopis* spp.) en la alimentación del ganado. [Tesis de ingeniería forestal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [Microsoft Word - MIGUEL ANGEL ARNERO CHÁVEZ \(uaaan.mx\)](#)
- Avedaño Yáñez, M. de la L. (2016). La reproducción de las plantas: costos y beneficios. Academia mexicana de ciencias. *Revista ciencia*. [ReproduccionPlantas.pdf \(amc.edu.mx\)](#)
- Barros, S. (2010). El género *Prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas áridas y semiáridas de América, Asia y África. *Ciencia e Investigación Forestal - Instituto Forestal, Chile*. Volumen 16 N.º 1. [26298-2.pdf \(infor.cl\)](#)
- Berrocal Jiménez, A. (2007). Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera. Kurú: *Revista Forestal (Costa Rica)* 4(10), 2007. [Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera | Revista Forestal Mesoamericana Kurú \(tec.ac.cr\)](#)
- Calzada, J. I. y Perales Rivera, H. (1910). La preservación con alcohol de ejemplares colectados para herbario. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 151-155.
- Carrillo Parra, A.; Hapla, F.; Mai, C. y Garza Ocañas, F. (2011). Durabilidad de la madera de *Prosopis laevigata* y efecto de sus extractos en hongos que degradan la madera. *Madera Bosques* 17 (1). [\(PDF\) Durabilidad de la madera de Prosopis laevigata y efecto de sus extractos en hongos que degradan la madera \(researchgate.net\)](#)

- Castellanos Vargas, I., Cano Santana, Z. y Hernández López, B. (2009). Efecto de *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) sobre el éxito reproductivo de *Fouquieria splendens* Engelm. (Fouquieriaceae). [v34n105a11.pdf \(scielo.org.mx\)](#)
- Chilpa Galván, N. C. (2015). Factores que influyen en el establecimiento de especies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) en selvas secas de la península de Yucatán. [Tesis de doctorado, CICY]. Repositorio Institucional - CICY. [PCB D Tesis 2015 Nahlleli Chilpa.pdf \(repositorioinstitucional.mx\)](#)
- Chou, S. W. y Gutiérrez Espeleta, E. (2013). Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26, N° 2. Pág 41-54. [\(PDF\) Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica \(researchgate.net\)](#)
- Dáttilo, W., Aguirre, A., Flores Flores, R. V., Fagundes, R., Lange, D., García Chávez, J., Del Claro, K. y Rico Gray, V. (2014). Secretary activity of extrafloral nectaries shaping multitrophic ant-plant-herbivore interactions in an arid environment. *Journal of Arid Environments*. Volume 114, March 2015, Pages 104-109. [Secretary activity of extrafloral nectaries shaping multitrophic ant-plant-herbivore interactions in an arid environment - ScienceDirect](#)
- De la torre Almanza, R., Cota Trujillo, F. M., García Rojas, J. L., Campos, J. E. y San Martín, F. (2009). Etiología de la muerte descendente del Mezquite (*Prosopis Laevigata* L.) en la *Reserva de la Biosfera del Valle de Zapotitlán, México*. *Agrociencia* 43: 197-208. [10\) 07-300 \(De la Torre\).p65 \(scielo.org.mx\)](#)
- Elizalde, J. H. I., Rochi, G. R., Lallana, M. del C. y Lallana, V. H. (1998). Esfuerzo reproductivo de *Eryngium paniculatum* Cav. et Domb. ("Caraguatá"). *Revista Científica Agropecuaria* 2: 21-28.
- Elvir Mairena, J. R. (1993). Efecto del etanol sobre las membranas biológicas. *Revista medica hondureña*. Vol. 61
- Espinoza Castillo, M. y Torres Flores, I. G. (2020). La Zona Arqueológica de Teotihuacán entorno a la nueva normalidad. Repositorio Universitario UNAM. [1-187-Espinosa-Torres.pdf \(unam.mx\)](#)
- Fernández Aragón, C. (2014). Evolución de las estrategias vitales en plantas: desde Cole hasta la actual ecología de especies invasoras. *Ecosistemas* 23(3): 6-12. [Evolución de las estrategias vitales en plantas: desde Cole hasta la actual ecología de especies invasoras \(redalyc.org\)](#)
- Fernández, L. V., Beltrano, J. y Caldiz, D. O. (1989). Germinación y longevidad de semillas de *Tillandsia recurvata* L. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Tomo 65. [RFA 65 \(1989 v1-2\) 81-85 \(unlp.edu.ar\)](#)

- Fernández, O. N. y Verona C. A. (1984). Características reproductivas de *Senecio madagascariensis* Poiret (Compositae). *Rev. Facultad de Agronomía*, 5 (3): 125-137. ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1984fernandezon.pdf
- Ferrere, P.; Lupi, A. M. y Boca, R. T. (2014). Estimación de la biomasa aérea en árboles y rodales de *Eucalyptus viminalis* Labill. Quebracho (Santiago del Estero) vol.22 no.2. [Estimation of aerial biomass in Eucalyptus viminalis Labill trees and stands \(scielo.org.ar\)](http://scielo.org.ar)
- Flores Palacios, A., Barbosa Duchateau, C. L., Valencia Díaz, S., Capistrán Barradas, A. y García Franco, J. G. (2014). Direct and indirect effects of *Tillandsia recurvata* on *Prosopis laevigata* in the Chihuahua desert scrubland of San Luis Potosi, Mexico. *Journal of Arid Environments* 104 (88-95). [Direct and indirect effects of Tillandsia recurvata on Prosopis laevigata in the Chihuahua desert scrubland of San Luis Potosi, Mexico - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.05.008)
- Fontana, M. L., Pérez, V. R. y Luna, C. V. (2018). Características evolutivas en *Prosopis* spp.: citogenética, genética e hibridaciones. *Rodriguésia* 69(2): 409-421. [PDF Características evolutivas en Prosopis spp.: citogenética, genética e hibridaciones \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/328111111)
- García Azpeitia, L., Loza Cornejo, S. y Aparicio Fernández, X. (2018). *Tillandsia recurvata*, una epífita vascular o un problema de salud forestal. XV encuentro: Participación de la mujer en la ciencia. [S2-BYQ25.pdf \(cio.mx\)](https://www.cio.mx/S2-BYQ25.pdf)
- García López, J. C., Durán García, H. M., De Nova, J. A., Álvarez Fuentes, G.; Pinos Rodríguez, J. M., Lee Rangel, H. A., López Aguirre, S.; Ruiz Tavares, D., Rendón Huerta, J. A., Vicente Martínez, J. G. y Salinas Rodríguez, M. (2019). Producción y contenido nutrimental de vainas de tres variantes de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Altiplano Potosino, México. *Agrociencia* 53: 821-831. [pdf Producción y contenido nutrimental de vainas de tres variantes de mezquite \(Prosopis laevigata\) en el Altiplano potosino, México yield and nutrient content of pods from three variants of mezquite \(Prosopis laevigata\) in the potosino highlands, mexico \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/338111111)
- Guevara Figueroa, M. N. (2016). Características y generalidades del Mezquite en México. [Tesis de ingeniería, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [Universidad Autónoma Agraria \(UAAAN.MX\)](http://repositorio.uaaan.mx)
- Guzmán Lucio, M. A. (2009). Distribución, sistemática, y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis* Spp. (L.) en el estado de Nuevo León, México. [Tesis de doctorado, UANL] Repositorio institucional - Universidad Autónoma de Nuevo León. [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN \(uanl.mx\)](http://repositorio.uanl.mx)
- Hernández Archundia, F. J., Vega Zeferino, M. A., Rodríguez Trejo, D. A., Bonilla Beas, R., Pimentel Bribiesca, L., Hernández Archundia, D., Vera Castillo, J. A. G. y Mohedano Caballero, L. (2020). *Prosopis laevigata* (H.&B. ex Willd.) M.C. Johns.

(Fabaceae). Reforestation, nurseries & genetic resources. https://rngr.net/publications/semillas-de-especies-forestales/monografias/prosopis-laevigata-h.-b.-ex-willd.-m.c.-johnst.-fabaceae/at_download/file

- Jiménez Espinosa, Y. (2004). Esfuerzo reproductivo y capacidad germinativa de dos malezas *Brassica rapa* L. y *Eruca sativa* Mill. del Municipio de Ayapango, Estado de México. [Tesis de licenciatura, UNAM]. Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México. [Tesis Digital](#)
- López Fuentes, M. (2017). Mezquite (*Prosopis laevigata*) como alternativa para la recuperación de suelos contaminados por cobre. [Tesis de maestría, BUAP]. Repositorio Institucional - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [736617T.pdf \(buap.mx\)](#)
- López, L., Jeri, T., González, C. y Rodríguez, S. (1997). Fecundidad y esfuerzo reproductivo de *Petrolisthes granulatus* (Guérin, 1835) en Iquique, Chile (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). Invest. Mar. Valparaíso, 25: 159-165, 1997. [Fecundidad y esfuerzo reproductivo de Petrolisthes granulatus \(Guérin, 1835\) en Iquique, Chile \(Decapoda, Anomura, Porcellanidae\) \(scielo.cl\)](#)
- Lucas Herguedas, A. I. y Del Peso Taranco, C. (2020). Bloque I. Materias primas en Lucas Herguedas, A. I., Del Peso Taranco, C., Prieto Paniagua, P. y Rodríguez García, E. (2020). Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad (pp. 4-65). Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario.
- Moraes Boldini, J., Prada Milán, Y., Padilla Osorio, J. C., Montenegro Gómez, S. P., Fonseca Lara, M. R., Mosquera Mena, R. A. y Pulido Pulido, S. Y. (2019). Capítulo 11. Control Biológico. Libros Universidad Nacional Abierta Y a Distancia, 201 - 211. [\(PDF\) Control Biológico \(researchgate.net\)](#)
- Narváez Elizondo, R. E., Rivera Estrada, C. A. y Cerda Rodríguez, J. A. (2017). El mezquite (*Prosopis* spp.) entre los grupos chichimecas del antiguo Nuevo León, México. Desde el Herbario CICY 9: 209 - 215. [\(PDF\) El mezquite \(Prosopis spp.\) entre los grupos chichimecas del antiguo Nuevo León, México \(researchgate.net\)](#)
- Ortega Nieblas, M., Vázquez Moreno, L. y Robles Burgueño, M. R. (1996). Protein Quality and Antinutritional Factors of Wild Legume Seeds from the Sonoran Desert. J. Agric. Food Chem. [Protein Quality and Antinutritional Factors of Wild Legume Seeds from the Sonoran Desert | Journal of Agricultural and Food Chemistry \(acs.org\)](#)
- Palacios, R. A. (2006). Los Mezquites Mexicanos: Biodiversidad y Distribución Geográfica. Bol. Soc. Argent. Bot. 41 (1-2): 99 - 121. [Trabajo\(10\)-Palacios.p65 \(botánica argentina.org.ar\)](#)
- Palacios Romero, A., Rodríguez Laguna, R., Hernández Flores, M. de la L., Jiménez Muñoz, E. y Tirado Torres, D. (2016). Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston basada en un modelo de nicho ecológico.

Rev. mex. de cienc. forestales vol.7 no.34 México. [Distribución potencial de *Prosopis laevigata* \(Humb. et Bonpl. ex Willd\) M. C. Johnston basada en un modelo de nicho ecológico \(scielo.org.mx\)](#)

Pardo Cobas, E. y Buitrago, M. (2005). Parasitología Veterinaria I. Universidad Nacional Agraria. [TEMA I.doc \(una.edu.ni\)](#)

Pérez, E. del C. (2005). Estructura, biomasa y dinámica de árboles en bosques medianos que siguen un gradiente de precipitación, en el sur de la Península de Yucatán. [Tesis de maestría, UNAM] Repositorio Institucional - Universidad Nacional Autónoma de México.

Pérez Noyola, F. J. (2015). *Tillandsia recurvata* como parásita estructural de *Prosopis laevigata*: Evidencia experimental en el sur del Desierto Chihuahuense. [Tesis de posgrado, IPICYT] Repositorio Institucional - IPICYT. [TMIPICYTP4T52015.pdf](#)

Ramírez García, J. A. y Villanueva Díaz, J. (1998). Selección y manejo de material reproductivo de mezquite (*Prosopis* spp). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico N° 9. [763.pdf \(inifapcirne.gob.mx\)](#)

Ramos Soriano., J. A., Trejo Montiel, P., Dorantes Juárez, E., Solís Jiménez, J. R., Prado Hernández, L. F., Romero Solís, M. S., Núñez Rodríguez, M. y García, A. (2014). Un Museo una historia; 50 aniversario del Museo Nacional del Virreinato. Primera Edición Digital: 2014. [un museo una historia270315.pdf \(inah.gob.mx\)](#)

Razo Zárate, R., Gordillo Martínez, A. J., Rodríguez Laguna, R., Maycotte Morales, C. C. y Acevedo Sandoval, O. A. (2013). Estimación de biomasa y carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México. *Madera y Bosques* 19(2), 2013:73-86. [v19n2a5.pdf \(scielo.org.mx\)](#)

Rentería Garza, B. A. (2014). Efecto de la interacción de aclareos al 15 y 30% más podas al 75 y 100% para el control de *Tillandsia recurvata* en *Pinus cembroides* Zucc. [Tesis de ingeniería, UAAAN] Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [62947s.pdf \(uaaan.mx\)](#)

Reyes, L., Aviña, L. J., Pinedo, A. y Unzueta, E. (2012). Descripción del barrenador del mezquite (*Prosopis* spp.) (Coleoptera, Cerambycidae, Cerambycinae), en el poblado Lauro del Villar, del municipio de Nombre de Dios, Durango. *Sociedad mexicana de entomología*.
<http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2012/EF/822-828.pdf>

Reyes López, L.G. (2018). Caracterización fisicoquímica de harinas de mezquite (*Prosopis laevigata*). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. [Tesis maestría, IPN] Repositorio Institucional. IPN. [Reyes López, L. G., 2018.pdf \(ipn.mx\)](#)

- Ríos Saucedo, J. C., Trucíos Caciano, R., Valenzuela Núñez, L. M., Sosa Pérez, G. y Rosales Serna, R. (2011). Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. CENID-RASPA. Libro Técnico Núm. 08. [Importancia-de-las-poblaciones-de-mezquite-en-el-norte-centro-de-Mexico.pdf \(researchgate.net\)](#)
- Rodríguez Saucedo, E. N., Rojo Martínez, G. E., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong Hermida, M. de la C., Medina Torres, S. M. y Piña Ruiz, H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del Mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. and Bonpl. ex Willd.) en México. Ra Ximhai, 10(3),173-193. [Redacción análisis técnico del árbol del mezquite \(Prosopis laevigata humb. And bonpl. Ex willd.\) En méxico](#)
- Román Pérez, H. (2016). Bromatología de la vaina de Mezquite (*Prosopis* spp.) cómo alternativa para consumo sustentable en la Comarca Lagunera. [Tesis para ingeniero en agroecología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [Horacio Román Pérez.pdf \(uaaan.mx\)](#)
- Romero Gómez, G., Romero Nápoles, J., Yus Ramos, R., Burgos Solorio, A., Valdez Carrasco, J. y Flores Morales, A. (2009). Gorgojos de la familia Bruchidae (coleoptera) asociados a semillas de plantas silvestres destinadas para germoplasma. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, N.º 44 (2009): 333–342. [Microsoft Word - 000 000 BSEA 44 Bruchidae semillas \(sea-entomologia.org\)](#)
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sánchez De la Vega, G. (2005). Establecimiento de *Prosopis laevigata* en Zapotitlán de las Salinas, Puebla: Efecto de la dispersión por burros y el microambiente bajo arbustos. [Tesis de maestría, UNAM]. UNAM – Dirección General de Bibliotecas. [tesis: establecimiento de Prosopis laevigata en zapotitlán de las salinas, puebla: efecto de la dispersión por burros y el microambiente bajo arbustos Prosopis laevigata](#)
- Silva Jarquín, J. C., Andrade Montemayor, H. M., Moreno Celis, U. y Elizondo Barrón, D.A. (2015). Composición de la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) sometida a un tratamiento térmico, su efecto en la degradación in vitro y digestibilidad aparente de la materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro. [\(PDF\) Composición de la vaina de mezquite \(Prosopis laevigata\) sometida a un tratamiento térmico, su efecto en la degradación in vitro y digestibilidad aparente de la materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro \(researchgate.net\)](#)
- Talavera Magaña, D. (1985). Efecto de distintos tratamientos para incrementar la propagación sexual y asexual en dos especies de mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb & Bonpl. Ex Willd.) M. C. Johnston y *Prosopis glandulosa* var. torreyana (L. Benson) M. C. Johnston). [Tesis para ingeniero en agroecología, Universidad de Guadalajara]. Repositorio de la Universidad de Guadalajara. [Talavera Magana Daniel.pdf \(udg.mx\)](#)

- Torres Soria, P. (2001). Flora fanerogámica de la zona arqueológica de Teotihuacán, estado de México. *Polibotánica*, (12),57-83. ISSN: 1405-2768. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62101204>
- Valenzuela Núñez, L. M., Rivera González, M., Trucios Cacicano, R. y Ríos Saucedo, J. C. (2013). Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. et Bonpl. ex Willd] M. C. Johnston) en el estado de Durango. *TecnoCiencia Chihuahua* Vol. VII, No. 1. [Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite \(Prosopis laevigata \[Humb. et Bonpl. ex Willd\] M. C. Johnston\) en el estado de Durango \(uach.mx\)](#)
- Vázquez Alonso, M.T., Bye, R., López Mata, L., Pulido Salas, Ma. T. P., McClung de Tapia, E. y Koch, S. D. (2014). Etnobotánica de la Cultura Teotihuacana, México. *Botanical Sciences* 92 (4): 563-574. [Botanical \(scielo.org.mx\)](#)
- Vázquez Collazo, I. (1994). Determinación de la época y dosis del estero 47 M para el control del muérdago verdadero (*Psittacanthus calyculatus*) en Mezquite (*Prosopis laevigata*). *Rev. Ciencia forestal en México* Vol. 19 Núm. 76. [Vista de determinación de la época y dosis del esterón 47m para el control del muerdago verdadedo \(Psittacanthus calyculatus\) en mezquite \(Prosopis laevigata\) \(inifap.gob.mx\)](#)
- Velázquez Enríquez, V. L. (2011). Prueba de Bicarbonato de Sodio y Rexal para el control de *Tillandsia recurvata*, en *Pinus cembroides* Zucc. En el ejido Cuauhtémoc, Saltillo Coahuila. [Tesis de ingeniería, UAAAN] Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [61882s.pdf \(uaaan.mx\)](#)
- Vidal, A., Benítez, J. Y., Carlos, R. y Gra, H. (2004). Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea* Var. *Caribaea* en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, núm. 11, diciembre, 2004, pp. 60-66. [Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de Pinus caribaea var. caribaea en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. \(redalyc.org\)](#)
- Villarreal Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cárdenas Ávila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M. y Vargas López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. FYTON ISSN 0031 9457 (2013) 82: 169-174. [Villarreal.pdf \(fund-romuloraggio.org.ar\)](#)
- Zavala Alcaña, J. C. (2019). Manejo Integral Del Heno Motita (*Tillandsia recurvata* L.). [Tesis para ingeniero en agroecología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [K 66118 Zavala Alcaña, Juan Carlos.pdf \(uaaan.mx\)](#)

Otras fuentes

1. Instituto Nacional de Antropología e Historia (Actualizado el 12 de abril, 2021). Zona Arqueológica de Teotihuacan. [Consultado el 4 de mayo de 2021] [Zona Arqueológica de Teotihuacan \(inah.gob.mx\)](#)

2. FAO (2021). Manual sobre insectos que infestan las semillas de *Prosopis*. [Consultado el 10 de junio de 2021] [manual sobre insectos que infestan la semilla de Prosopis \(fao.org\)](#)
3. Comisión Nacional Forestal. *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd). [Consultado el 11 de mayo de 2021] [Prosopis laevigata \(Humb. et Bonpl. ex Willd\) \(conafor.gob.mx\)](#)
4. Comisión Nacional Forestal. Diagnóstico fitosanitario de las poblaciones de mezquite en los municipios de Cuatrociénegas y San Pedro de las Colonias, Coahuila. Jorge David Flores Flores. [Consultado el 7 de mayo de 2021]. [Diapositiva 1 \(conafor.gob.mx\)](#)
5. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007). Cultivo de mezquite [Consultado el 10 de junio de 2021]. [Instituto Nacional de Ecología \(inecc.gob.mx\)](#)
6. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007). Usos y Propiedades del mezquite [Consultado el 10 de junio de 2021]. [Instituto Nacional de Ecología \(inecc.gob.mx\)](#)
7. Instituto Nacional de Antropología e Historia (2010). Patrimonio prehispánico y colonial recuperó esplendor [Consultado el 10 de junio de 2021]. [Patrimonio prehispánico y colonial recuperó esplendor \(inah.gob.mx\)](#)
8. INIFAP CIRNE (2013). Control de *Tillandsia recurvata* en Bosques de *Pinus cembroides* del estado de Coahuila. [Consultado el 16 de mayo de 2021] [microsoft word - 1 Nueva control tillandsia en pino dir ok \(inifap cirne.gob.mx\)](#)
9. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (s.f.). Complejo Escarabajo Barrenador Polífago *Euwallacea* sp. - *Fusarium euwallacea*. Ficha Técnica N°62. [Consultado el 12 de mayo de 2021] [Ficha Técnica del escarabajo barrenador polífago.pdf \(senasica.gob.mx\)](#)
10. Agriculture and Natural Resources, University of California (s.f.). Los barrenadores. [Consultado el 12 de mayo de 2021] [Los Barrenadores \(Tree Borers\)--UC IPM \(ucanr.edu\)](#)
11. CCA (2021). Control biológico de plagas. Breve reseña sobre aspectos relevantes para su aplicación. [Microsoft Word - Control biológico de plagas.doc \(cca.org.mx\)](#)
12. Tesis Doctorales en Xarxa (2022). Capítulo 3: Teotihuacán. [CAP3.pdf \(tdx.cat\)](#)
13. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2022). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: Teotihuacán. [Estado de México - Teotihuacán \(inafed.gob.mx\)](#)

Apéndice

Cuadro 2. Cantidad de vainas por cada árbol de mezquite
Árbol De Mezquite **Cantidad De Vainas**

1	99
2	65
3	60
4	95
5	62
6	57
7	50
8	100
9	77
10	69
11	56
12	31
13	74
14	69
15	74
16	54
17	70
18	83
19	73
20	30
21	53
22	42
23	29
24	44
25	8
26	118
27	67
28	12
29	74
30	80

Cuadro 3. Cálculo de biomasa, esfuerzo reproductivo y porcentaje de infestación de la población de mezquites.

Mezquite	DAP (cm)	Altura (cm)	Biomasa (Kg)	Esfuerzo Reproductivo	Promedio por tratamiento ER	% De Infestación	Promedio por tratamiento % de Infestación
1	85	208.3	9.09032	1.63×10^{-4}		16.8	
2	237	366.2	42.02858	6.32×10^{-5}		30.8	
3	232	403.8	45.39911	4.86×10^{-5}		30.8	
4	176	318.2	27.43651	6.66×10^{-5}		22.4	
5	145	629.3	45.13181	7.82×10^{-5}		22.2	
6	82	394.7	16.67063	1.3×10^{-5}	9.22×10^{-5}	11.2	22.36
7	33	269	4.85318	6.18×10^{-4}		47.2	
8	73	232.7	8.84832	1.13×10^{-4}		5.6	
9	83	206.2	8.8056	2.98×10^{-4}		14	
10	122	329.8	20.10278	1.16×10^{-4}		11.2	
11	30	187.8	3.08264	7.75×10^{-4}		8.4	
12	127	431.6	27.3178	5.08×10^{-5}	3.388×10^{-4}	48.8	22.53
13	81	410.8	17.1584	1.04×10^{-4}		28	
14	101	209.8	10.72652	3.56×10^{-4}		14	
15	122	331.5	20.20641	1.2×10^{-4}		56	
16	130	525.4	33.9924	4.61×10^{-5}		70	
17	275	403.2	53.44489	5.6×10^{-5}		16.8	
18	191	378.7	35.3113	4.3×10^{-5}	1.20×10^{-4}	33.6	36.4
19	36	287.2	5.64883	2.58×10^{-4}		14	
20	87	240.8	10.7339	1.58×10^{-4}		14	
21	75	408.9	15.93096	1.02×10^{-4}		16.8	
22	92	523.4	24.55572	1.47×10^{-4}		19.6	
23	132	550.8	51.61626	8.73×10^{-5}		16.8	
24	130	299.1	19.35121	1.10×10^{-4}	1.43×10^{-4}	2.8	14
25	165	308	24.97159	1.60×10^{-4}		8.4	
26	250	474	57.28428	2.58×10^{-5}		19.6	
27	181	692	61.28623	2.96×10^{-5}		92.4	
28	188	816	74.94112	2.10×10^{-5}		86.8	
29	180	641	56.46951	6.02×10^{-5}		22.4	
30	158	459	35.71062	4.06×10^{-5}	5.62×10^{-5}	44.4	45.8

Cuadro 4. Datos de los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*).

Árbol	Altura (m)	Cant. Vainas	Promedio Semillas	Peso (g) Promedio	Medida (cm) Promedio	Peso (g) De 100 semillas
1	2.083	99	9.95	1.49	8.94	17
2	3.662	65	9.13	2.66	10.08	21
3	4.038	60	11.83	2.21	10.35	20
4	3.182	95	9.34	1.83	8.86	18
5	6.293	62	12.82	3.53	11.27	22
6	3.947	57	9.61	2.21	9.77	15
7	2.69	50	13.12	3	11.05	18
8	2.327	100	9.3	1	7.64	16
9	2.062	77	12.11	2.63	11.17	14
10	3.298	69	9.79	2.34	8.8	28
11	1.878	56	9	2.39	8.92	20
12	4.316	31	9.83	1.39	9.92	20
13	4.108	74	9.33	1.79	8.95	16
14	2.098	69	12.26	3.82	11.73	24
15	3.315	74	10.87	2.46	11.28	20
16	5.254	54	9.55	1.57	9	17
17	4.032	70	10.64	3.04	10.65	34
18	3.787	83	8.98	1.55	8.62	19
19	2.872	73	8.57	1.46	8.09	20
20	2.408	30	9.5	1.7	8.99	10
21	4.089	53	9.3	1.64	8.56	18
22	5.234	42	11.78	3.61	12.23	19
23	5.508	29	15.55	4.51	13.96	18
24	2.991	44	9.88	2.13	10.37	18
25	3.080	8	13.12	4	13.12	15
26	4.740	118	7.05	1.48	7.39	15
27	6.920	67	10.26	1.82	9.58	20
28	8.160	12	9	1.58	9.12	18
29	6.410	74	11.43	3.4	11.85	21
30	4.590	80	9.05	1.45	8.48	18

Cuadro 5. Prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para la longitud de la vaina

MEZQUITE	RANGOS																		
8	575.84	A																	
26	582.31	A																	
19	715.96	A	B																
18	738.87		B																
30	762.35		B	C															
4	777.44		B	C															
11	795.72		B	C	D														
21	813.52		B	C	D	E													
13	824.66		B	C	D	E													
10	827.68		B	C	D	E													
16	832.00		B	C	D	E													
1	858.33		B	C	D	E													
20	879.58		B	C	D	E	F												
28	911.50		B	C	D	E	F	G											
27	928.72			C	D	E	F	G											
6	986.22				D	E	F	G											
2	1014.49					E	F	G											
3	1024.90					E	F	G											
12	1048.45					E	F	G											
24	1060.07						F	G											
17	1063.32						F	G											
5	1106.07						F	G											
7	1112.81						F	G	H										
15	1152.43							G	H	I									
14	1210.56							G	H	I	J								
9	1298.22								H	I	J								
22	1357.00									I	J								
29	1378.99										J								
25	1560.81										J	K							
23	1621.10												K						

Cuadro 6. Prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para el peso de la vaina

MEZQUITES	MEDIAS	RANGOS			
12	12.00	39.83	A		
30	14.50	44.06	A		
26	14.82	49.36	A		
18	16.13	52.94	A		
1	16.44	57.17	A		
13	16.63	58.38	A		
20	17.00	59.50	A	B	
21	17.40	62.30	A	B	
27	17.43	64.36	A	B	
4	19.33	67.67	A	B	
28	19.00	70.00	A	B	C
3	22.17	72.25	A	B	C
8	20.00	74.30	A	B	C
15	22.50	77.19	A	B	C
24	23.00	88.50	A	B	C
6	24.80	92.50	A	B	C
19	23.00	92.63	A	B	C
10	26.67	97.33	A	B	C
9	29.00	99.71	A	B	C
17	30.43	100.14	A	B	C
11	26.80	107.30	A	B	C
16	28.33	111.17	A	B	C
2	28.67	114.33	A	B	C
14	38.29	123.00	A	B	C
25	32.00	127.00	A	B	C
5	43.80	128.20		B	C
29	35.86	130.21		B	C
7	37.50	131.13		B	C
23	43.33	147.67			C
22	76.00	166.00			C

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
M1-cm	99	8.95	2.39	0.98	0.5201
M2-cm	65	10.09	3.26	0.95	0.0480
M3-cm	60	10.35	4.25	0.96	0.2583
M4-cm	95	8.86	4.01	0.90	<0.0001
M5-cm	62	11.28	4.67	0.92	0.0008
M6-cm	57	9.77	2.92	0.94	0.0555
M7-cm	50	11.05	3.95	0.90	0.0020
M8-cm	100	7.64	0.36	0.96	0.0258
M9-cm	77	11.17	0.29	0.79	<0.0001
M10-cm	69	8.81	2.73	0.96	0.1490
M11-cm	56	8.93	3.85	0.90	<0.0001
M12-cm	31	9.93	1.97	0.92	0.1113
M13-cm	74	8.96	3.76	0.95	0.0800
M14-cm	69	11.73	4.30	0.96	0.1288
M15-cm	74	11.28	4.45	0.97	0.5097
M16-cm	54	9.05	3.90	0.95	0.1511
M17-cm	70	10.65	4.07	0.95	0.0380
M18-cm	83	8.62	3.18	0.85	<0.0001
M19-cm	73	8.09	2.72	0.96	0.1191
M20-cm	30	8.99	1.41	0.99	0.9869
M21-cm	53	8.56	1.17	0.87	<0.0001
M22-cm	42	12.24	3.13	0.98	0.9623
M23-cm	29	13.96	1.79	0.94	0.3287
M24-cm	44	10.38	3.30	0.90	0.0034
M25-cm	8	13.13	1.20	0.83	0.0984
M26-cm	118	7.40	3.28	0.95	0.0020
M27-cm	67	9.59	3.50	0.96	0.2504
M28-cm	12	9.13	1.38	0.97	0.9147
M29-cm	74	11.85	1.68	0.96	0.1872
M30-cm	80	8.49	3.30	0.95	0.0192

Figura 33. Shapiro-Wilks modificado para la longitud de la vaina de la población de *Prosopis laevigata*.

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
M1	9	16.44	4.39	0.90	0.3535
M2	6	28.67	5.39	0.95	0.7863
M3	6	22.17	17.99	0.86	0.2359
M4	9	19.33	13.09	0.89	0.3122
M5	5	43.80	23.89	0.98	0.9524
M6	5	24.80	10.23	0.87	0.2930
M7	4	37.50	14.89	0.90	0.4647
M8	5	20.00	7.71	0.97	0.8713
M9	7	29.00	15.67	0.93	0.6281
M10	6	26.67	12.85	0.85	0.1852
M11	5	26.80	6.26	0.93	0.6280
M12	3	12.00	10.15	0.97	0.6703
M13	8	16.63	10.84	0.96	0.8773
M14	7	38.29	17.33	0.82	0.0932
M15	8	22.50	16.16	0.94	0.6814
M16	3	28.33	6.43	0.87	0.2962
M17	7	30.43	17.95	0.87	0.2464
M18	8	16.13	11.27	0.90	0.4000
M19	4	23.00	3.74	0.97	0.7951
M20	3	17.00	2.00	1.00	>0.9999
M21	5	17.40	3.65	0.97	0.8450
M22	2	76.00	14.14	1.00	0.9793
M23	3	43.33	3.51	0.99	0.8439
M24	4	23.00	7.87	0.99	0.9500
M25	1	32.00	0.00	sd	>0.9999
M26	11	14.82	6.98	0.88	0.1733
M27	7	17.43	8.94	0.86	0.2153
M28	1	19.00	0.00	sd	>0.9999
M29	7	35.86	10.24	0.95	0.7965
M30	8	14.50	10.80	0.78	0.0203

Figura 34. Shapiro-Wilks modificado para el peso de la vaina de *Prosopis laevigata*

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
M1-sem	99	9.96	2.82	0.98	0.6729
M2-sem	65	9.14	3.32	0.95	0.1148
M3-sem	60	11.83	4.50	0.93	0.0068
M4-sem	95	9.35	3.95	0.95	0.0165
M5-sem	62	12.82	5.31	0.92	0.0010
M6-sem	57	9.61	2.88	0.96	0.2902
M7-sem	50	13.12	4.35	0.94	0.0882
M8-sem	100	9.30	1.76	0.93	<0.0001
M9-sem	77	12.12	1.47	0.87	<0.0001
M10-sem	69	9.80	2.86	0.97	0.5163
M11-sem	56	9.11	3.68	0.89	<0.0001
M12-sem	31	9.84	2.58	0.96	0.7186
M13-sem	74	9.34	3.78	0.96	0.0772
M14-sem	69	12.26	4.44	0.97	0.4925
M15-sem	74	10.88	4.10	0.97	0.4775
M16-sem	54	9.56	4.03	0.94	0.0308
M17-sem	70	10.64	4.14	0.96	0.1111
M18-sem	83	8.99	3.52	0.87	<0.0001
M19-sem	73	8.58	3.27	0.96	0.1509
M20-sem	30	9.50	1.83	0.94	0.2222
M21-sem	53	9.30	1.75	0.92	0.0070
M22-sem	42	11.79	3.29	0.95	0.2118
M23-sem	29	15.55	2.71	0.95	0.4425
M24-sem	44	9.89	2.63	0.90	0.0027
M25-sem	8	13.13	1.89	0.97	0.9364
M26-sem	118	7.05	3.60	0.94	0.0003
M27-sem	67	10.27	3.43	0.96	0.1880
M28-sem	12	9.00	1.91	0.95	0.7613
M29-sem	74	11.43	1.74	0.95	0.0257
M30-sem	80	9.05	3.76	0.92	<0.0001

Figura 35. Shapiro-Wilks modificado de la cantidad de semillas por vaina de *Prosopis laevigata*

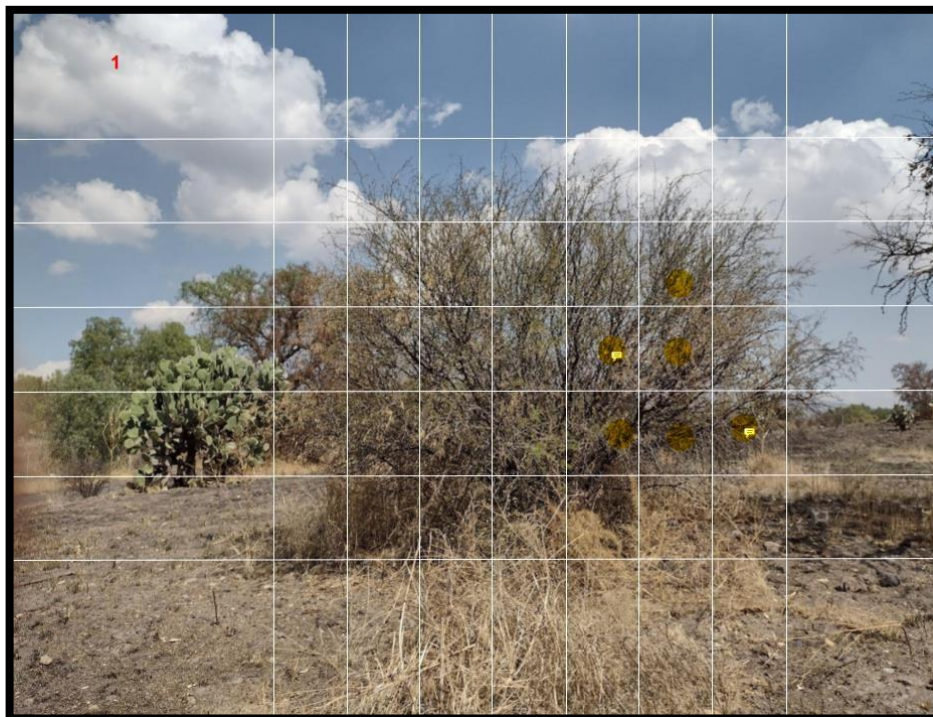


Figura 43. Mezquite #1 con 16.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

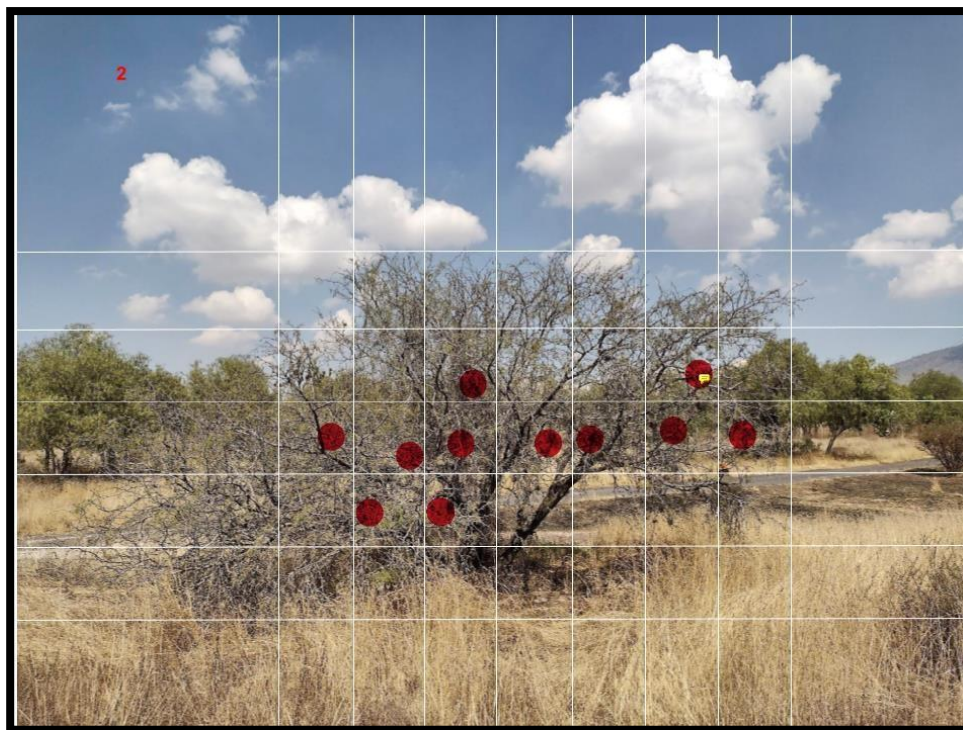


Figura 44. Mezquite #2 con 30.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

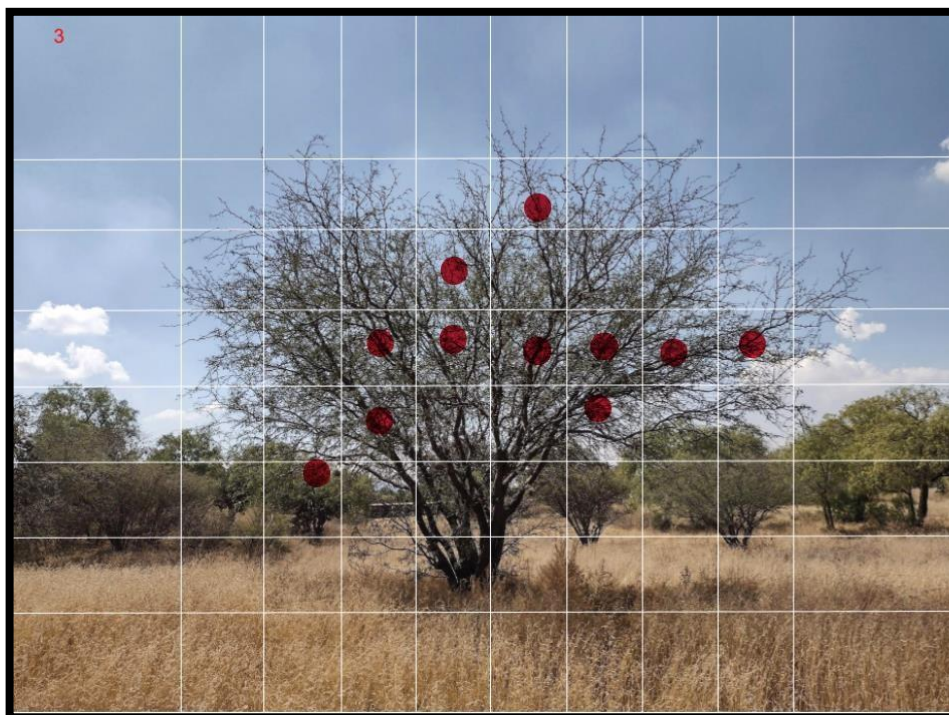


Figura 45. Mezquite #3 con 30.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

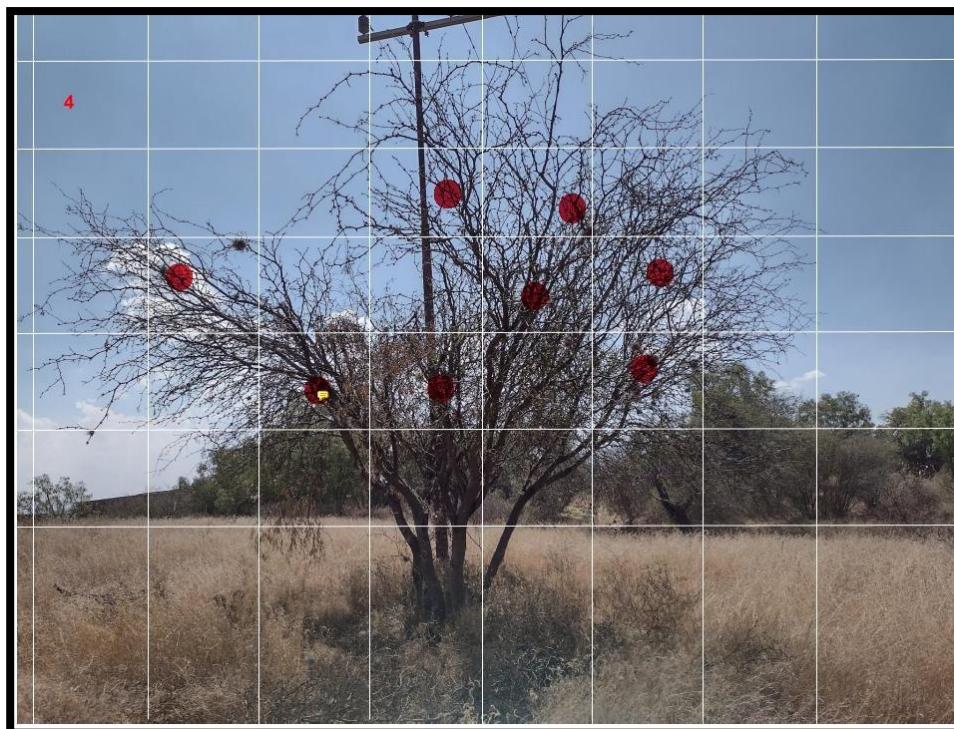


Figura 46. Mezquite #4 con 22.4% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

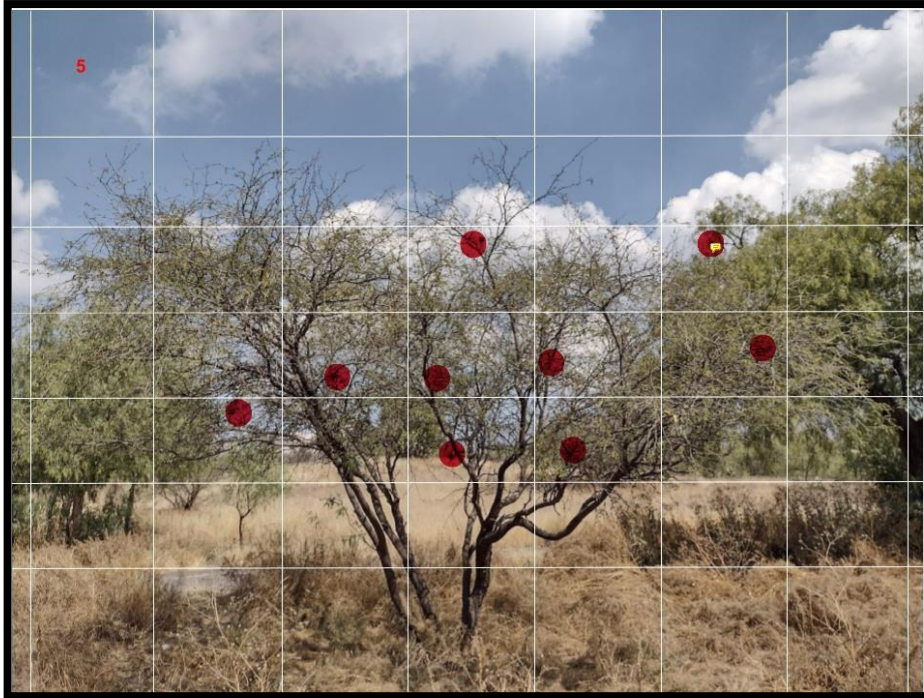


Figura 47. Mezquite #5 con 22.2% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

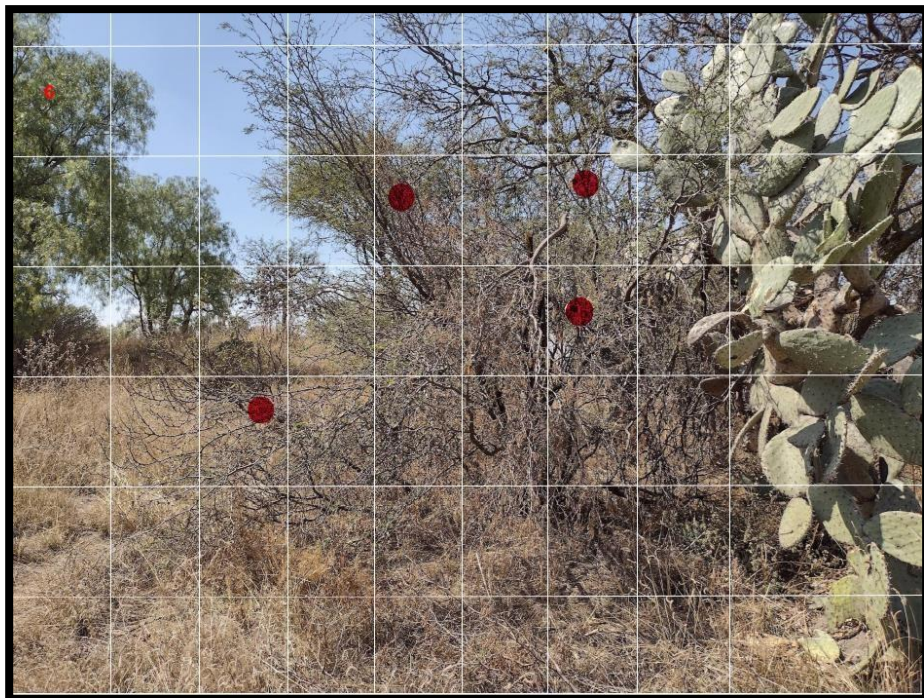


Figura 48. Mezquite #6 con 11.2% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

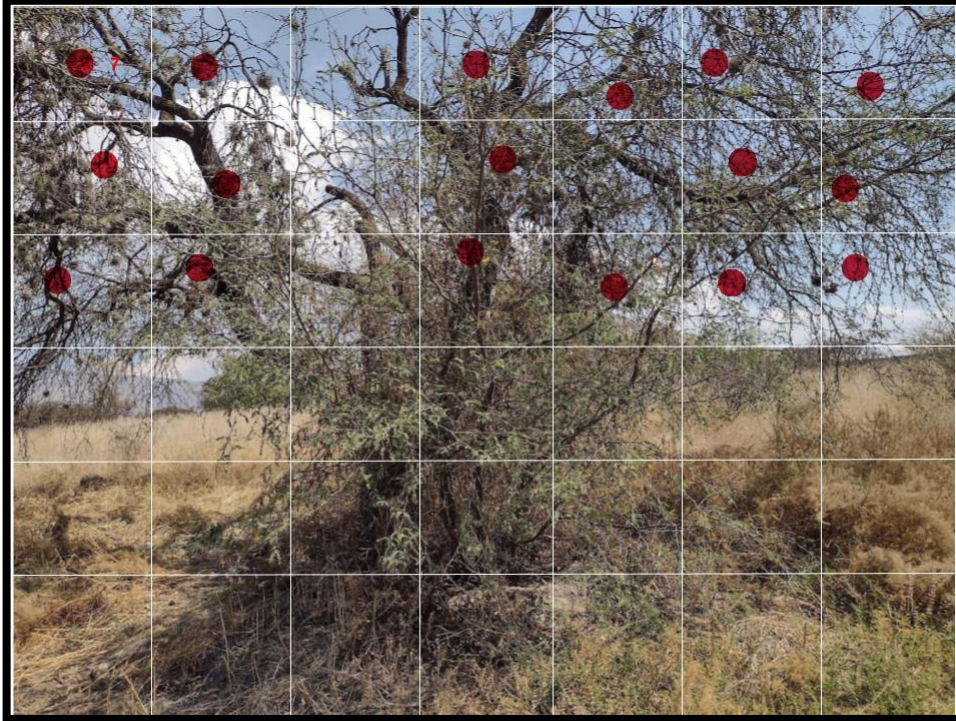


Figura 49. Mezquite #7 con 47.2% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

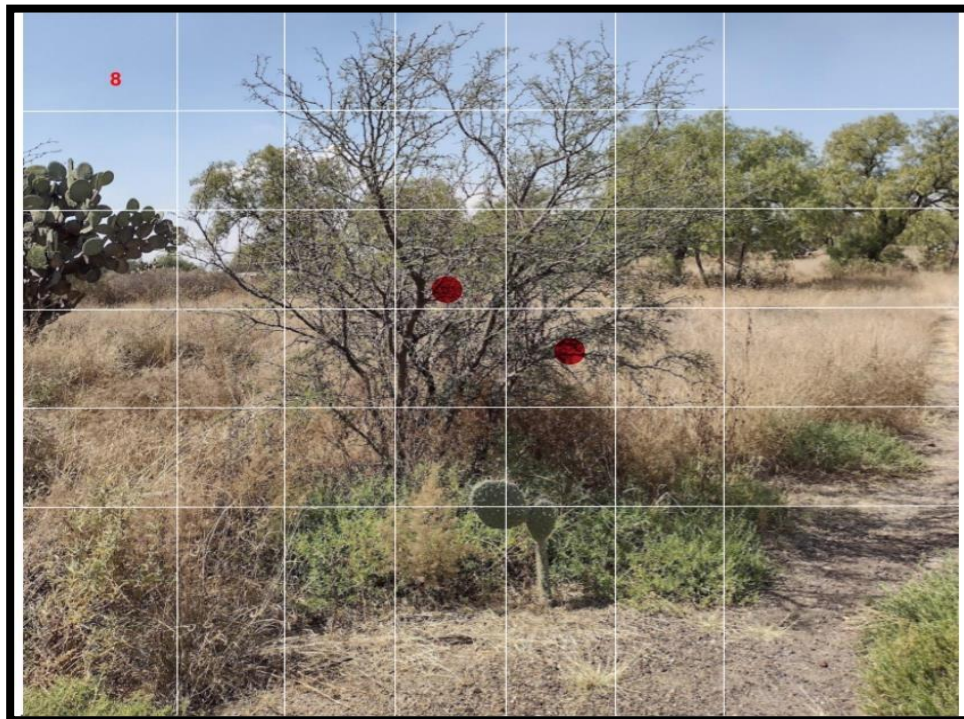


Figura 50. Mezquite #8 con 5.6% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

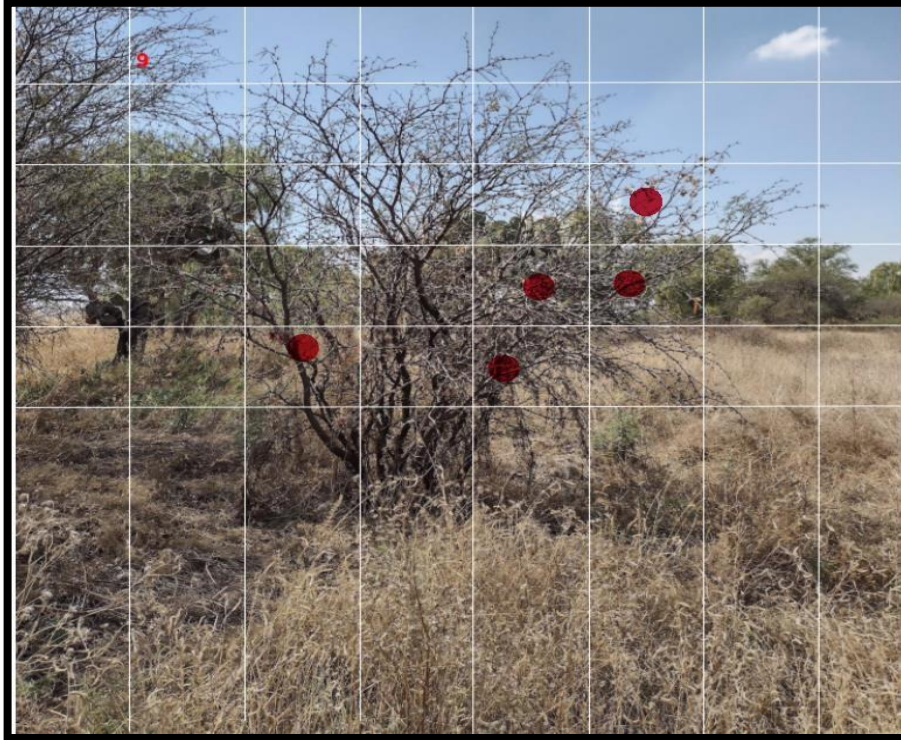


Figura 51. Mezquite #9 con 14% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

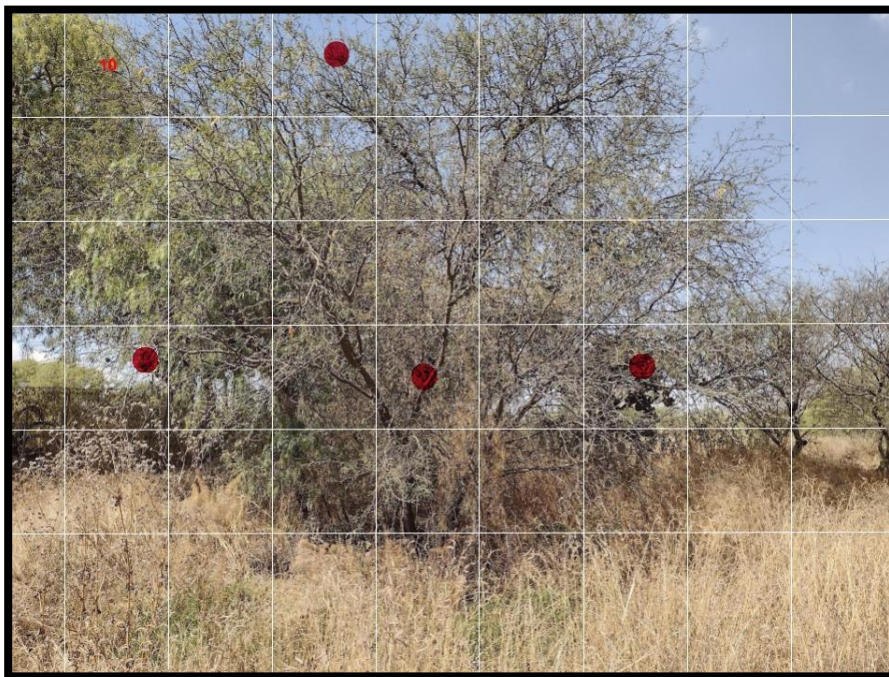


Figura 52. Mezquite #10 con 11.2% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

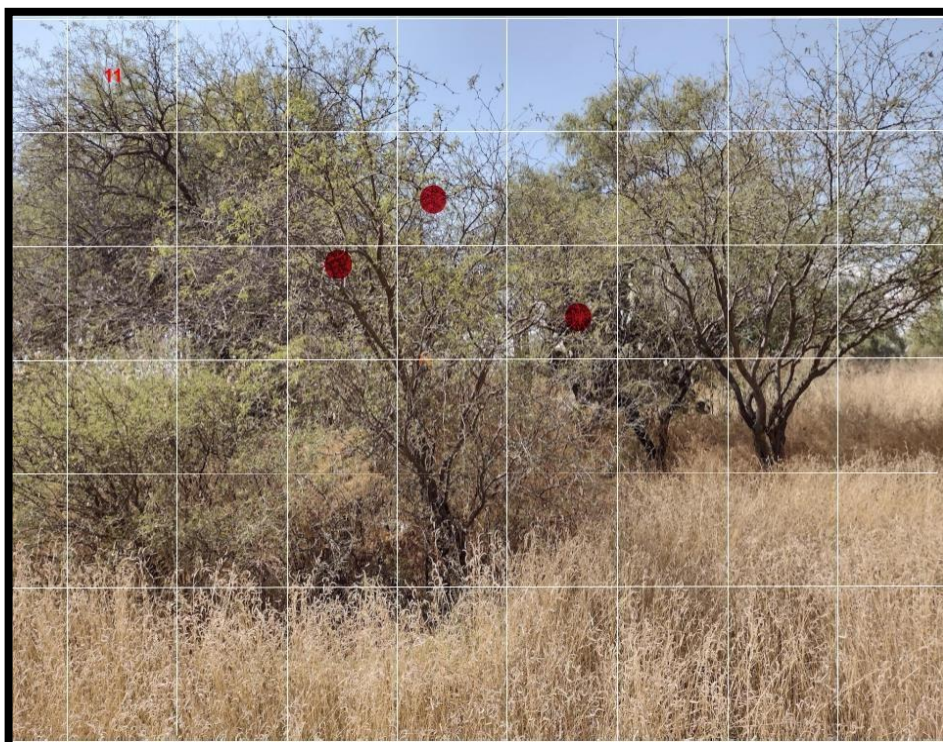


Figura 53. Mezquite #11 con 8.4% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

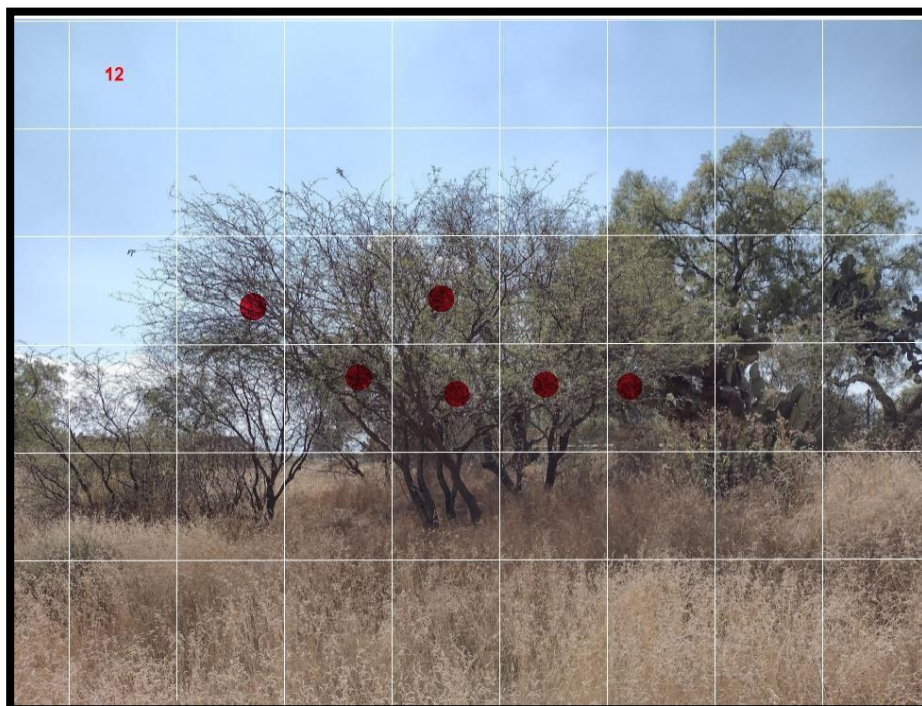


Figura 54. Mezquite #12 con 48.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

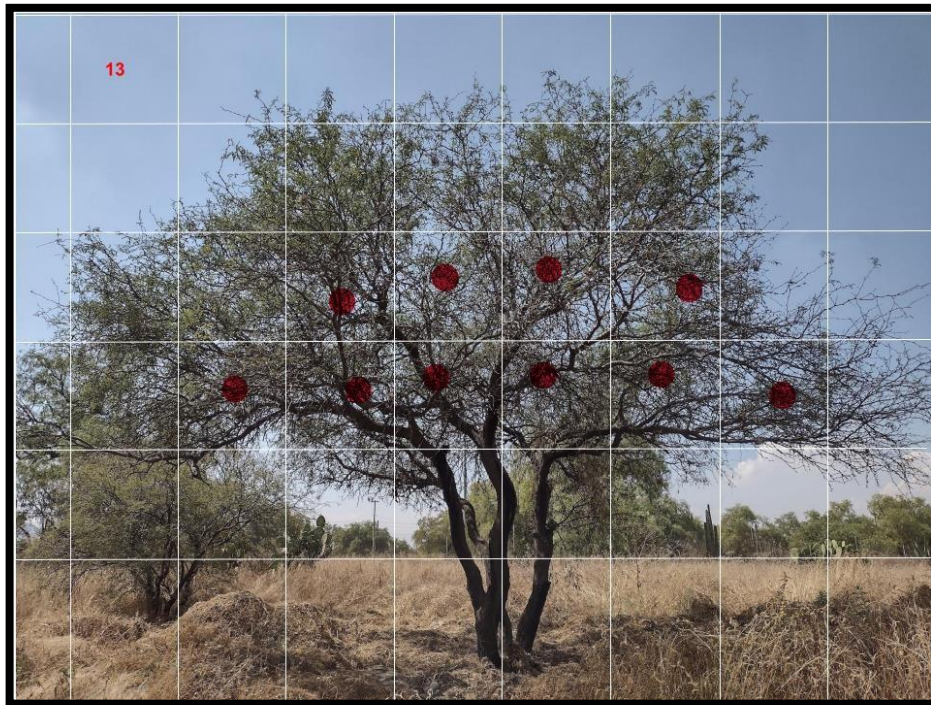


Figura 55. Mezquite #13 con 28% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

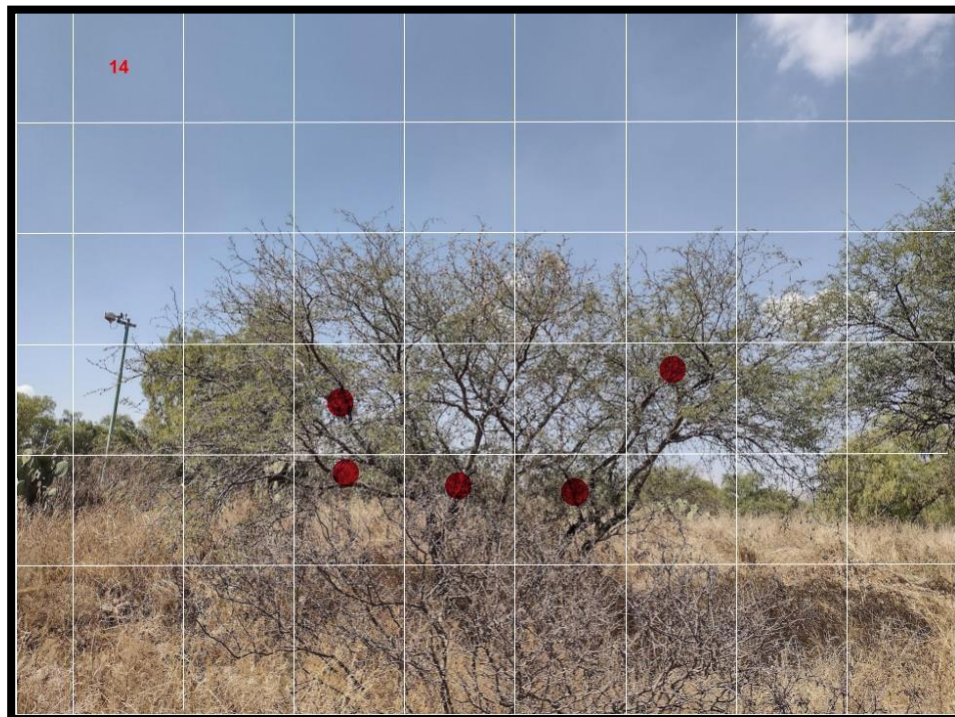


Figura 56. Mezquite #14 con 14% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

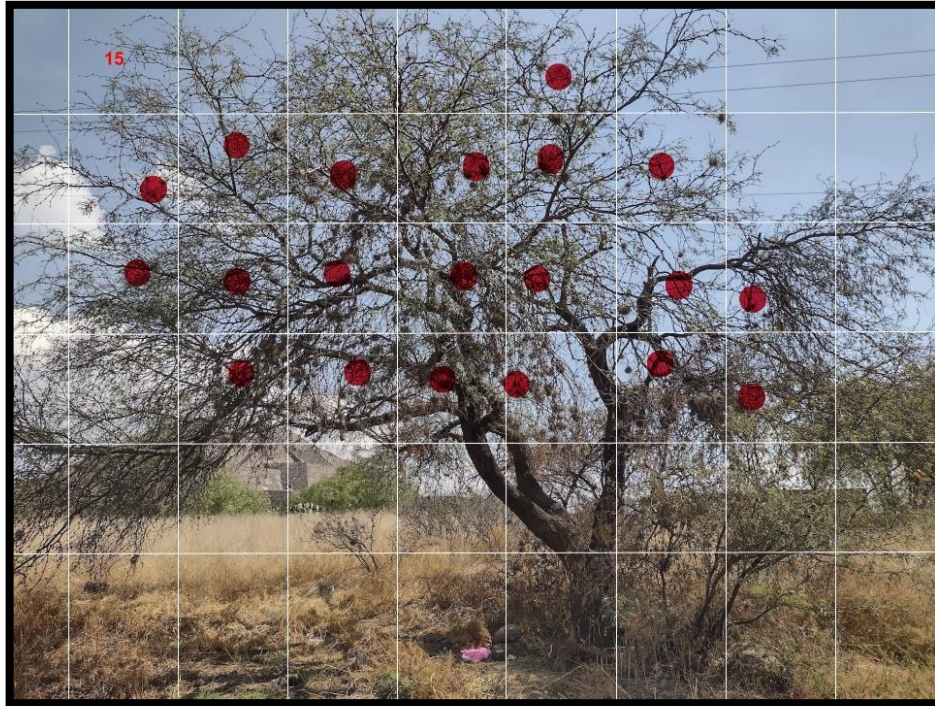


Figura 57. Mezquite #15 con 56% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).



Figura 58. Mezquite #16 con 70% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

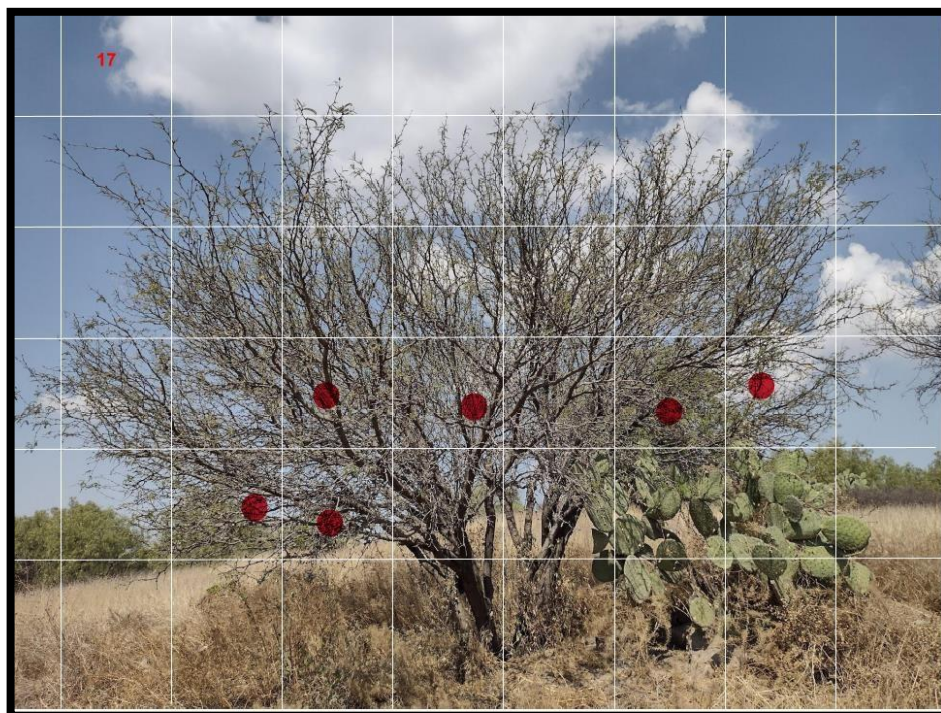


Figura 59. Mezquite #17 con 16.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).



Figura 60. Mezquite #18 con 33.6% de infestación por *Tillandsia recurvata* Sarahi (Sarahi Aguilar, 2022).



Figura 61. Mezquite #19 con 14% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

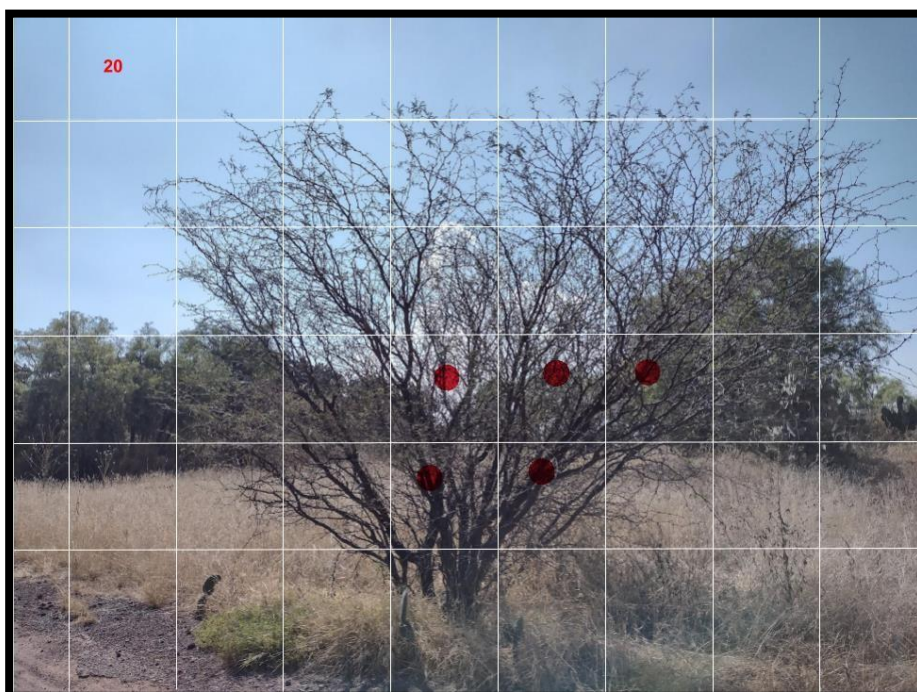


Figura 62. Mezquite #20 con 14% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

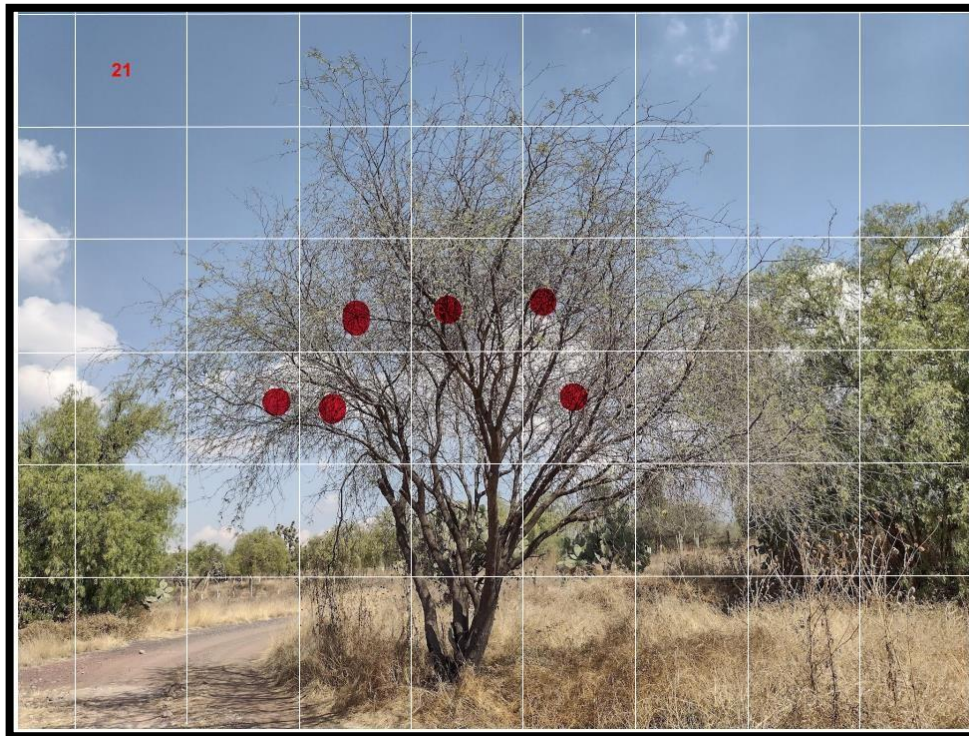


Figura 63. Mezquite #21 con 16.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

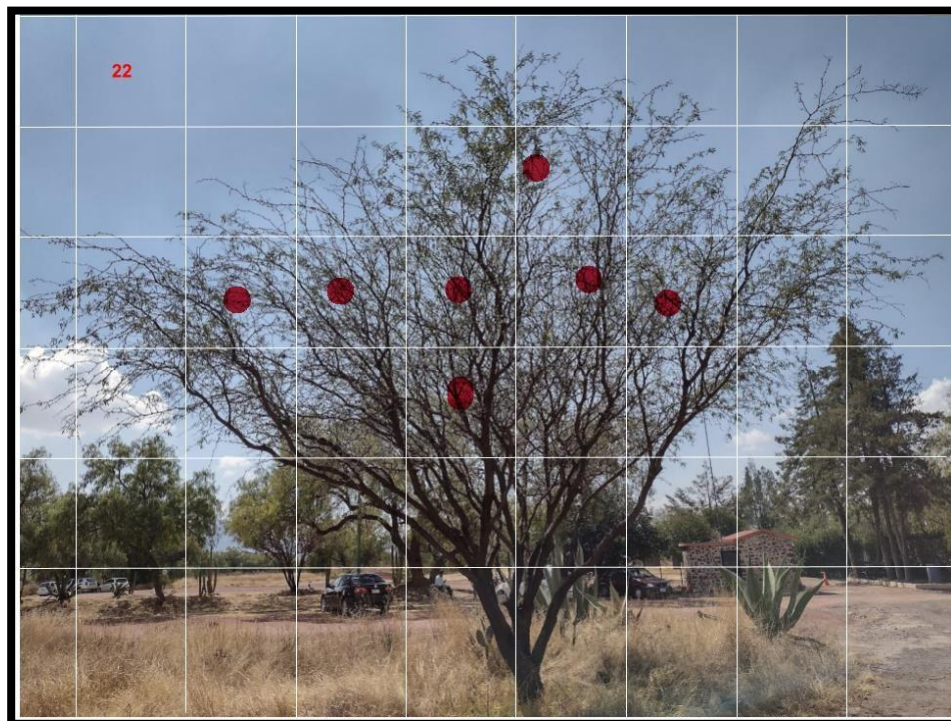


Figura 64. Mezquite #22 con 19.6% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

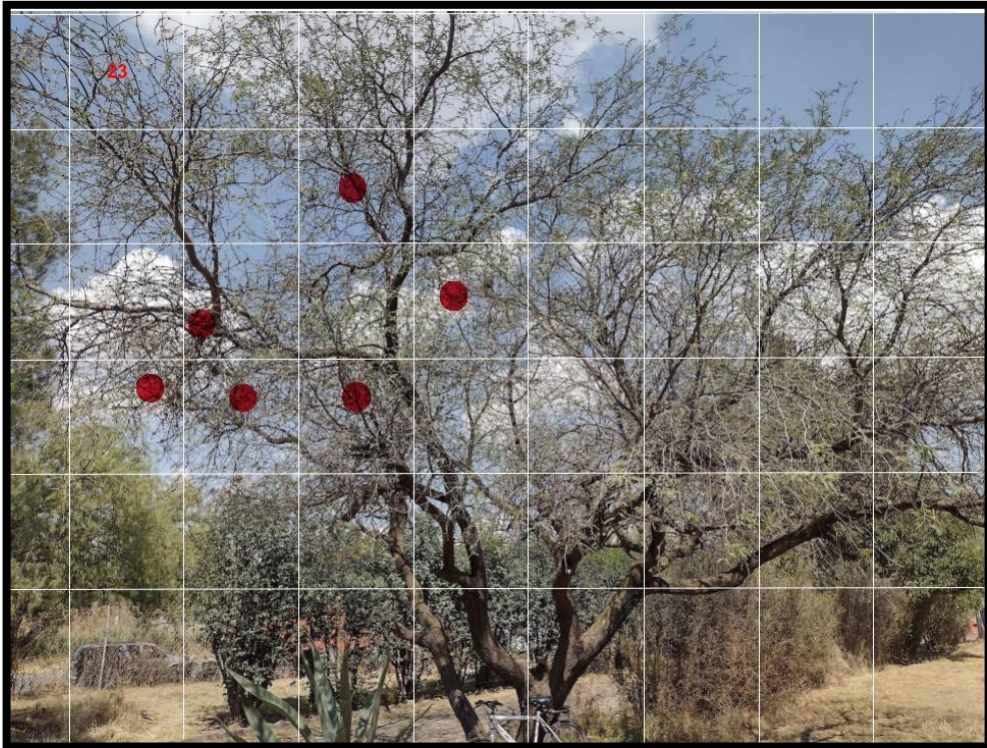


Figura 65. Mezquite #23 con 16.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

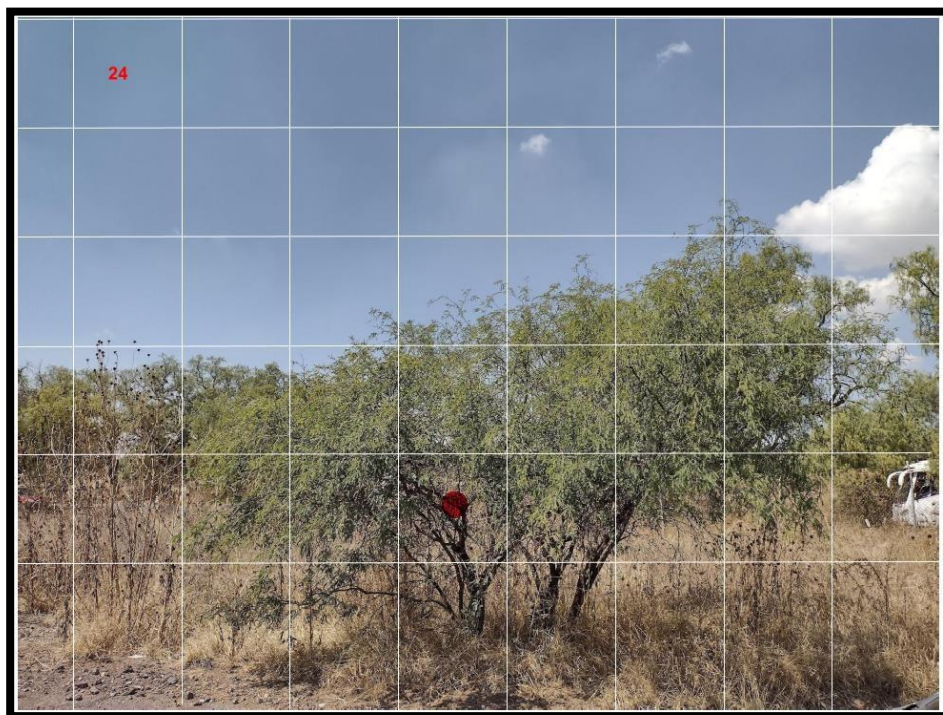


Figura 66. Mezquite #24 con 2.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

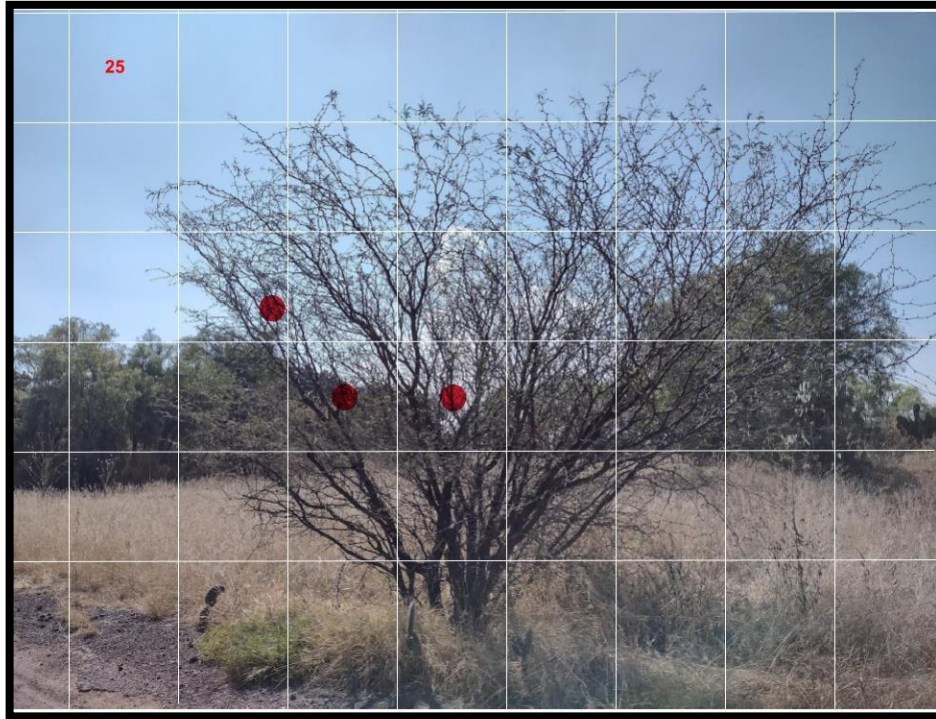


Figura 67. Mezquite #25 con 8.4% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

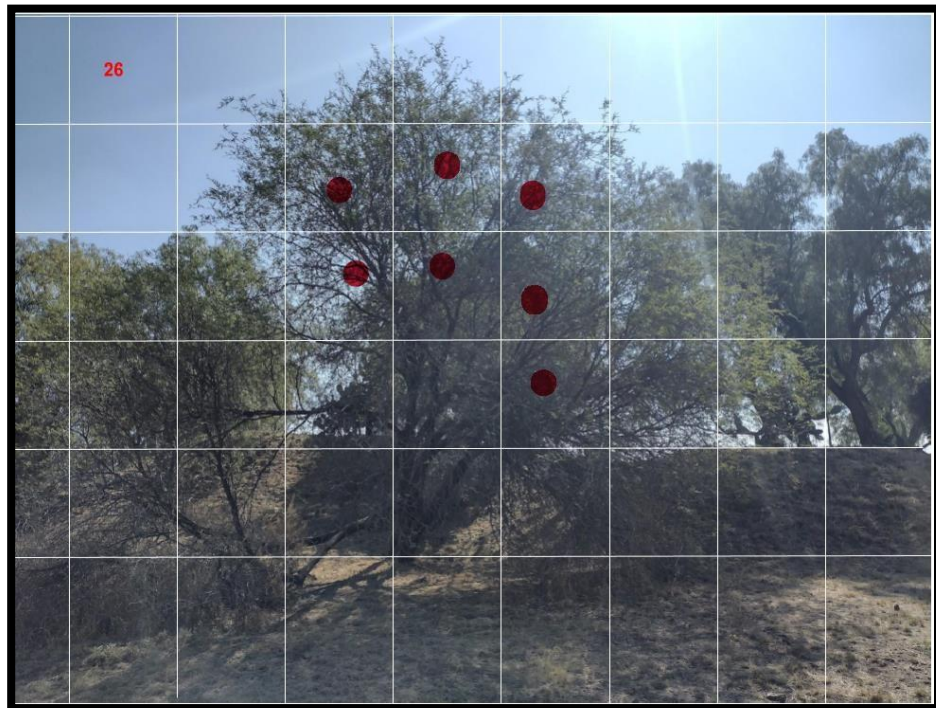


Figura 68. Mezquite #26 con 19.6% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

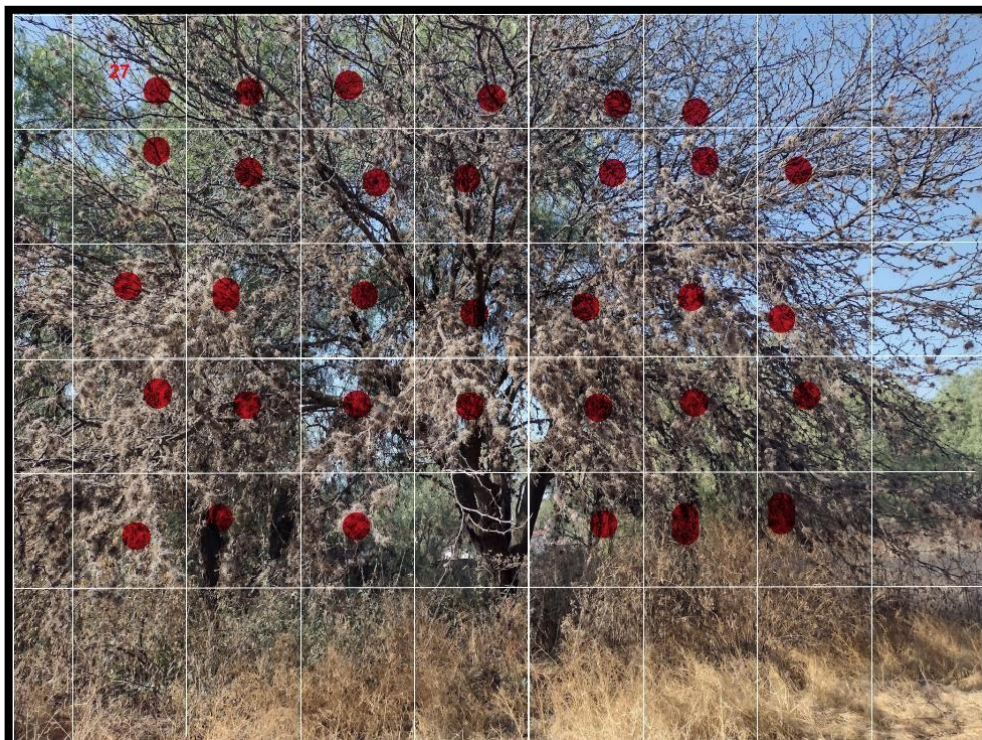


Figura 69. Mezquite #27 con 92.4% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

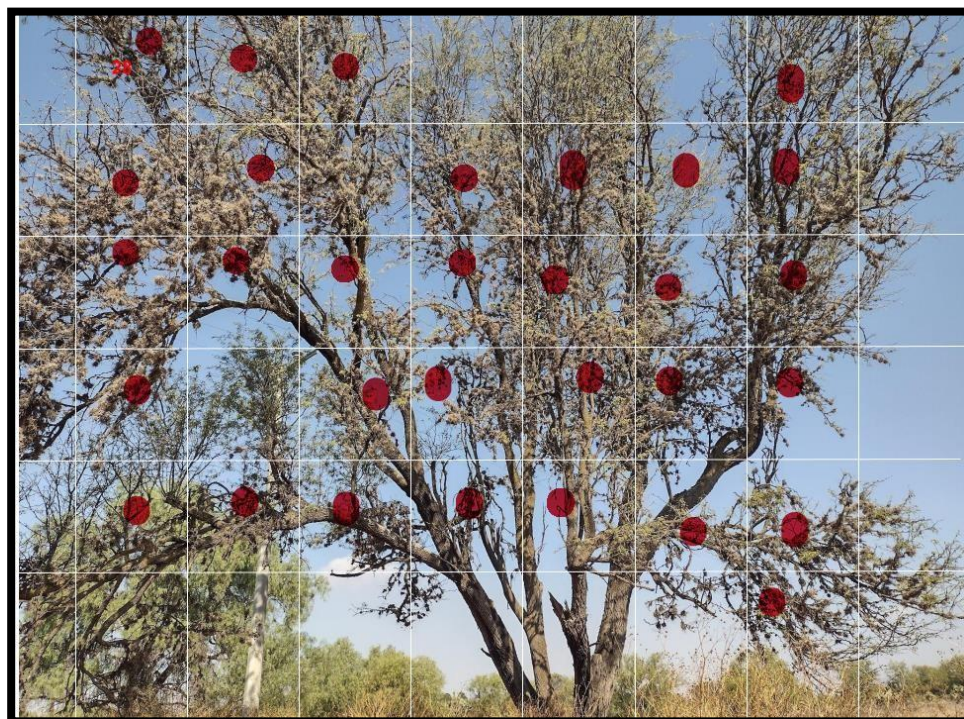


Figura 70. Mezquite #28 con 86.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

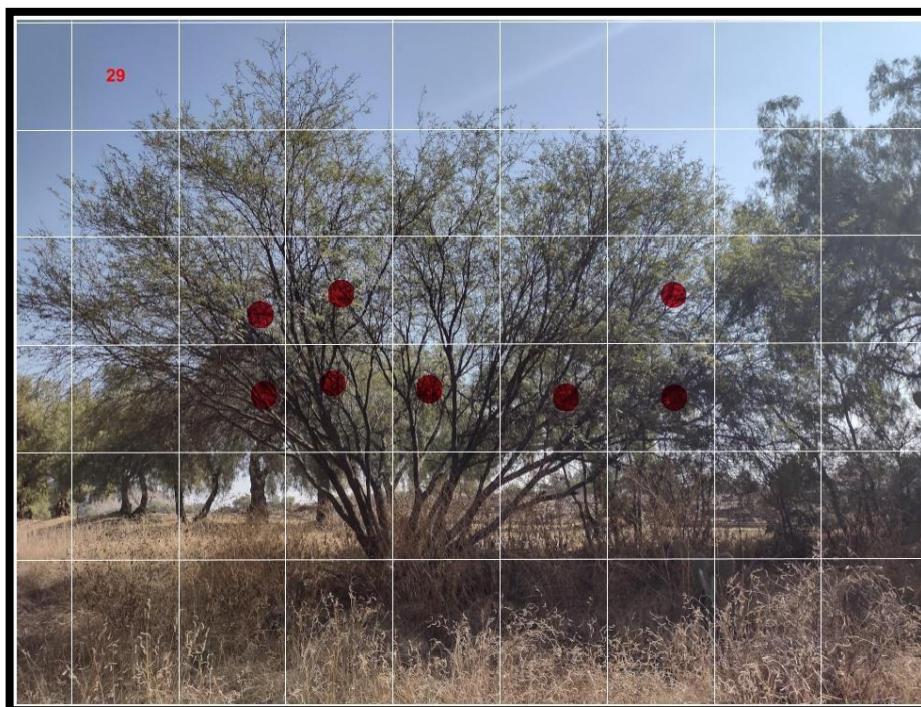


Figura 71. Mezquite #29 con 22.4% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

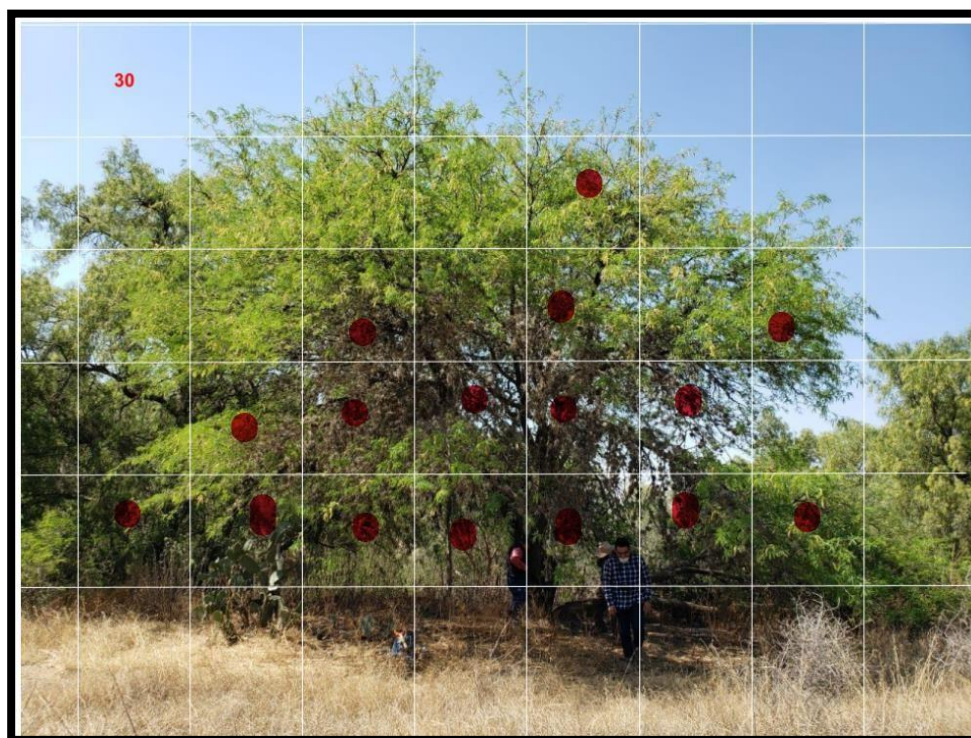


Figura 72. Mezquite #30 con 44.8% de infestación por *Tillandsia recurvata* (Sarahi Aguilar, 2022).

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Tratamiento 1	6	23.00	9.30	0.89	0.3540
tratamiento 2	6	22.50	8.41	0.99	0.9757
tratamiento 3	6	41.00	39.61	0.78	0.0515
tratamiento 4	6	44.33	27.53	0.88	0.3355
tratamiento 5	6	243.67	177.16	0.86	0.2200

Figura 73. Shapiro-Wilks modificado para *Tillandsia recurvata* vivos por tratamiento.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	clasificacion	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
muertos	1	6	0.00	0.00	0.00	4	14.78	0.0002
muertos	2	6	0.00	0.00	0.00			
muertos	3	6	0.00	0.00	0.00			
muertos	4	6	28.67	44.37	9.00			
muertos	5	6	176.67	129.08	204.50			

Figura 74. Prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para la mortalidad de *Tillandsia recurvata* por tratamiento.