

# Situación del musgo bola (*Tillandsia recurvata* L.) en un área verde institucional

Ball moss (*Tillandsia recurvata* L.) situation in an institutional green area

Recepción del artículo: 20/10/2023 • Aceptación para publicación: 07/12/2023 • Publicación: 05/01/2024

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.320>

Dionicio Alvarado-Rosales

Luz de Lourdes Saavedra-Romero\*

Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Programa en Fitosanidad-Fitopatología.

Montecillo Texcoco, Estado de México, México.

\*Autor para correspondencia: saavedra.luz@colpos.mx

## Resumen

El “musgo bola” o “paxtle” (*Tillandsia recurvata* L.) es uno de los principales problemas de salud en el arbolado del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Con el presente estudio se determinó la preferencia de hospedantes de la epífita, el nivel de infestación, las principales etapas fenológicas, y opciones de control. A partir del inventario arbóreo, se identificaron las especies y sus dimensiones (diámetro normal y altura total), se determinó el nivel de infestación por “paxtle” y se registraron las principales etapas fenológicas de la epífita. Se evaluó la efectividad del bicarbonato de sodio por aspersión para el control. De 2210 árboles, el 37.23% estuvo infestado. Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), fresno (*Fraxinus uhdei*), cedro blanco (*Hesperocyparis lusitanica*) y trueno (*Ligustrum japonicum*), presentaron las mayores infestaciones. No se observó especificidad. El diámetro normal se asoció con el nivel de infestación. La dispersión de semillas se presentó de enero a abril. La aplicación de bicarbonato de sodio ocasionó deshidratación, necrosis y muerte de la epífita. *T. recurvata* se ha convertido en un serio problema de salud en las áreas verdes del INAOE. Se recomienda implementar actividades de control en los meses de octubre y noviembre (previo a la dehiscencia de las cápsulas y en ausencia de follaje en especies arbóreas caducifolias).

**Palabras clave:** Árboles urbanos, hospedante, niveles de infestación, corteza, fenología.

## Abstract

The “ball moss” or “paxtle” (*Tillandsia recurvata* L.) is one of the main health problems in the trees of the National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics (INAOE). With the present survey, host preference, level of infestation, main phenological stages, and control options of the epiphyte were determined. From the tree inventory, the species and their dimensions (normal diameter and total height) were identified, the level of infestation by “paxtle” was determined and the main phenological stages of the epiphyte were recorded. The effectiveness of sodium bicarbonate spraying for control was evaluated. Of 2210 trees, 37.23% were infested. Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), ash (*Fraxinus uhdei*), white cedar (*Hesperocyparis lusitanica*) and glossy privet (*Ligustrum japonicum*) showed the largest infestations. No specificity was observed. The normal diameter was associated with the level of infestation. Seed dispersal occurred from January to April. The application of sodium bicarbonate caused dehydration, necrosis and death of the epiphyte. *T. recurvata* has become a serious health problem in the green areas of the INAOE. It is recommended to implement control activities in the months of October and November (prior to the dehiscence of the capsules and in the absence of foliage in deciduous tree species).

**Keywords:** Urban trees, host, infestation levels, bark, phenology.

## Introducción

El enverdecimiento urbano va más allá del enfoque arquitectónico y estético, y si bien, puede elevar el precio de la propiedad pública y privada, los árboles están estrechamente vinculados con la regulación del clima, especialmente, disminuyendo los efectos de la isla de calor (Trojanek *et al.*, 2018; Conway *et al.*, 2010); los árboles, hacen de las ciudades, lugares más placenteros, bellos a la vista y con un agradable confort térmico (Duval *et al.*, 2022); promueven la salud física y mental, e incrementan la capacidad cognitiva, reducen la contaminación de múltiples fuentes e incrementan la biodiversidad de aves, invertebrados y herbáceas (Willis y Petrokofsky, 2017; Nowak *et al.*, 2006). Sobre el tema de enverdecimiento, se han desarrollado distintas estrategias para incrementar la superficie arbolada en el mundo, entre éstas, la Nueva Agenda 2030 que con sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), resaltan la importancia de tener espacios verdes seguros, accesibles, suficientes y de calidad (Borelli *et al.*, 2018), sin embargo, cumplir con ello no es sencillo, ya que los recursos, incluso, para preservar las áreas ya existentes son insuficientes. La disponibilidad de área verde per cápita y el libre acceso a ellas, son medidas empleadas para evaluar la calidad de vida de los ciudadanos, y la habitabilidad del ecosistema urbano (Lahoti *et al.*, 2019; Jim, 2012), y aunque se han formulado estándares de bienestar, éstos difieren enormemente entre países desarrollados y en vías de este, con cifras de  $< 5.2$  m<sup>2</sup> de área verde por habitante para Pakistán; 48.5 m<sup>2</sup> en Los Ángeles (Maryanti *et al.*, 2016), o los 300 m<sup>2</sup> per cápita en Finlandia y Bélgica (Fuller y Gastón, 2019). En cuanto a la Ciudad de México, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT, 2018), reportó de 2.9 a 37.1 m<sup>2</sup> por habitante, mientras que la Ciudad de Puebla, México, cuenta con 2.8 m<sup>2</sup> de área verde, una cifra baja comparada con la de otros países, según reportes de Gutiérrez-Pacheco *et al.* (2020) y la Asociación Internacional de Gestión de Ciudades/Condados (ICMA, 2017).

Aun cuando cada ciudad/país cumpliera cabalmente con estándares de superficie para cubrir las demandas de sus pobladores, eso no basta — ¿Qué pasa con la condición de salud de las áreas verdes arboladas? — ¿Se sabe si existen enfermedades o plagas que estén ralentizando el crecimiento arbóreo? Desafortunadamente, en las áreas verdes, incluidas las institucionales, los árboles afrontan problemas de salud diversos, ocasionados en su mayoría por falta de planeación y manejo, lo cual se acentúa con las condiciones climáticas actuales. Entre los agentes causales que afectan la salud de árboles urbanos, destaca la epífita conocida como “clavel del aire”, “paxtle” o “musgo bola” (*Tillandsia recurvata*: Bromeliacea), considerada inofensiva por mucho tiempo (Crow, 2000), sin embargo, se ha demostrado que *T. recurvata* puede ocasionar la muerte de ramas e incluso de sus hospedantes (García *et al.*, 2018; Pérez-Noyola *et al.*, 2020; Wolf, 2021), por lo que se ha convertido en un serio problema de salud para el sector forestal en el norte de México (Flores *et al.*, 2009) y en el arbolado urbano de varias ciudades, donde su incidencia y niveles de infestación se incrementan día con día, debido a la escasa atención que se le ha prestado.

Con el presente estudio se busca atraer la atención y proporcionar elementos a los responsables del mantenimiento de las áreas verdes para preservar y mejorar la salud de los árboles dentro de las instituciones, para que continúen brindando los servicios mencionados, por ello, los objetivos fueron: determinar la preferencia de hospedantes leñosos del “musgo bola”, los niveles de infestación, fenología y efectividad del bicarbonato de sodio para su control en el arbolado del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Santa María Tonantzintla, Puebla.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en las áreas verdes arboladas del Instituto Nacional de Astrofísica,

Óptica y Electrónica, Santa María Tonatzintla, Municipio de San Andrés Cholula, Puebla [19°01'53" N y 98°18'55" O]. El Instituto, fue fundado por Luis Enrique Erro en 1942, ya que en esa década, el sitio cumplía con las exigentes normas de calidad requeridas, entre ellas, numerosas noches despejadas al año, altura geográfica y mínima incidencia lumínica de poblaciones cercanas ([INAOE inaoep.mx](http://inaoe.mx)). De acuerdo con los puntos generados a través de la plataforma UTM Geo Map y Google Earth (2022), y altitudes de 2150 a 2169 m sobre el nivel del mar; el área cubre 7.5 hectáreas (Saavedra-Romero y Alvarado-Rosales, 2023, en prensa) (Figura 1).

### Inventario y mediciones dendrométricas

Se realizó el inventario del arbolado en las áreas verdes del INAOE, de enero 27 a septiembre 23, de 2022. Se midió la altura total de cada árbol con un clinómetro electrónico Haglöf ECII D® y el diámetro normal (DN) a 1.3 m de altura sobre el nivel del suelo con forcípula Haglöf; solo los árboles con DN  $\geq 7.5$  cm fueron candidatos, incluyendo la identificación de la especie (Saavedra-Romero *et al.*, 2019).

### Evaluación de los niveles de infestación

Cada árbol infestado por *T. recurvata* fue evaluado respecto a su nivel de severidad empleando el sistema de seis clases propuesto por Hawksworth (1977), el cual consistió en dividir la copa de cada árbol en tercios y calificando cada uno por separado, con la siguiente escala: "0" ausencia o no visible; 1: si  $< 50\%$  de las ramas infestadas; 2: si  $> 50\%$  de ramas infestadas, los valores de cada tercio se suman y se obtiene el grado de severidad, que puede variar de 0 (árbol sano) a 6 (severamente infestado). Cabe mencionar, que cuando el tronco estaba infestado, se adicionó 1, siempre y cuando la calificación final no excediera 6. Finalmente, los árboles evaluados se agruparon en las siguientes categorías: 0: Apariencia sana; 1-2: Daño inicial, 3-4: Daño intermedio; 5 y 6: Daño severo.

### Fenología de *T. recurvata* y control

A partir del inicio del estudio, se registraron dos veces al mes, los principales cambios fenológicos de la epífita, tales como época de floración, crecimiento vegetativo y dispersión de semilla, con el fin de precisar la mejor época para realizar actividades de manejo.



Figura 1. Polígono del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Santa María Tonanzintla, Puebla, México, con base en la plataforma Google Earth (2022) y UTM Geo-Map. (Tomado de Saavedra-Romero y Alvarado-Rosales, 2023, en prensa).

Se probó la efectividad por aspersión del Bicarbonato de sodio puro ( $\text{NaHCO}_3$ ; marca PharmaLife®), para disminuir las poblaciones de la epífita. Se seleccionaron ramas de *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Jacaranda*, *Malus*, *Hesperocyparis* y *Pinus* infestadas por el heno, y en junio 2022, se realizaron aplicaciones de una solución del producto en concentración de  $80 \text{ g L}^{-1}$  de agua, de acuerdo con Velázquez-Enríquez (2011), empleando un aspersor manual. Cinco repeticiones (ramas) de cada especie fueron tratadas y dos aplicaciones del producto con una diferencia de dos semanas, incluido el testigo absoluto en ramas adyacentes de cada hospedante a las cuales solo se les aplicó agua destilada. Las observaciones pertinentes se realizaron durante cuatro meses. Las variables a evaluadas, fueron: caída de estructuras, deshidratación y necrosis.

### Análisis de datos

El análisis de los datos de campo se realizó con el programa InfoStat ver. 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Este consistió en analizar la incidencia y severidad de infestación del “musgo bola” por especie arbórea y sección del Instituto. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) También, se analizó la influencia de la altura y el diámetro normal.

## Resultados

### Hospedantes y daños

A partir del inventario, se registraron 2210 árboles y una riqueza de 32 especies. El 43.3% (956 árboles), se encontraron afectados por diversos agentes de daño (Saavedra-Romero y Alvarado-Rosales 2023, en prensa), destacando, *Tillandsia recurvata* en el 37.23% del arbolado de 20 especies, tres de ellas frutales (*Eriobotrya japonica* Thumb. Lindl., *Malus* sp., y *Prunus serotina* Ehrh). Los niveles de infestación incluyeron todos los niveles, 1 a 6, siendo frecuentes los 1 y 2 (categoría de daño inicial), y 5 y 6 (categoría de daño severo) (Figura 2).

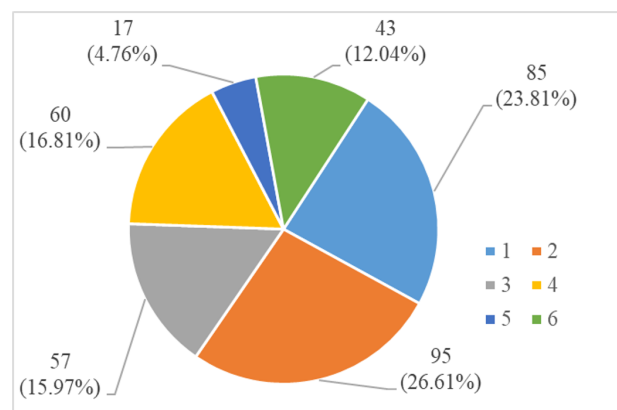


Figura 2. Niveles de infestación promedio de *Tillandsia recurvata*, de acuerdo a la escala de seis clases de Hawksworth (1977). Se incluyen número de árboles afectados y porcentajes en cada nivel.

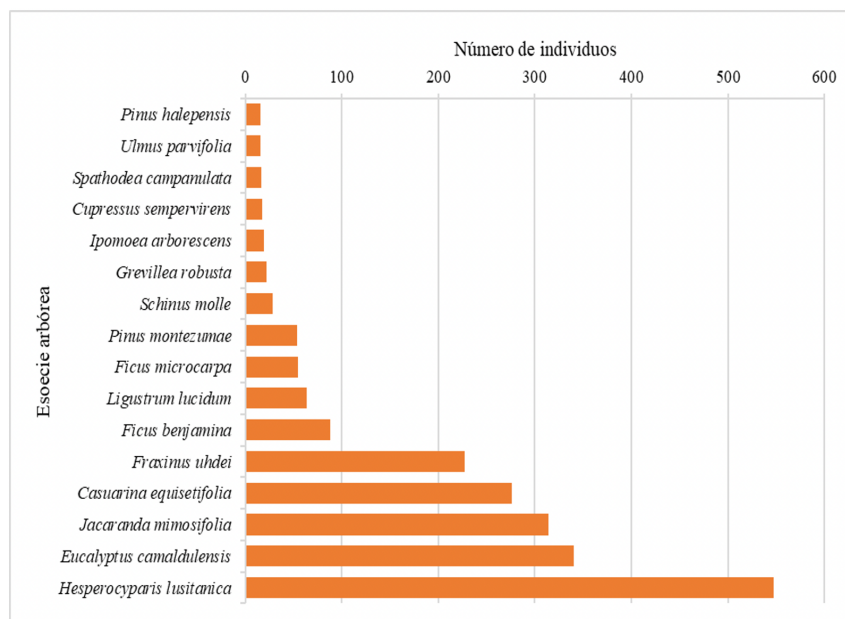


Figura 3. Diversidad de especies arbóreas en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Tonantzintla, Puebla.



### Niveles de infestación y su relación con el diámetro y la altura

De la diversidad de especies arbóreas identificadas en el INAOE (Figura 3), cuatro presentaron las incidencias y niveles de infestación más altos de la epífita, siendo jacaranda (*Jacaranda mimosifolia* D. Don) la más afectada ( $p=0.023$ ) El resto de las especies presentaron  $n \leq 5$  árboles infestados (p.e. *Casuarina equisetifolia* L., *Ficus microcarpa* L.F., *Ficus benjamina* L., y *Schinus molle* L., entre otras) (Cuadro 1).

En cuanto a su efecto en las diferentes categorías de diámetro normal y altura (Cuadro 1), se encontraron diferencias significativas solo para la primera. Con base en la prueba de Kruskal-Wallis, los niveles de infestación 6 se relacionaron con los árboles de mayor diámetro normal promedio (33.26 cm), mientras que los niveles 1 a 5, se encontraron en árboles de <22 cm ( $p<0.0001$ ). Por sección, los niveles de infestación fueron mayores en las áreas verdes del Edificio Enrique Chavira y El Solar seguido del Laboratorio de Microelectrónica, GTM, La-

boratorio de Propulsión (Figura 1), y los niveles más bajos para el Laboratorio de Óptica y Órgano Interno ( $p<0.0001$ ).

### Fenología y control

Se definieron las principales etapas fenológicas de *T. recurvata* para el área de estudio, no sin antes aclarar que se observó traslape entre ellas. Las etapas más evidentes fueron: dispersión, crecimiento vegetativo, y formación y maduración de cápsulas (frutos). La de dispersión se presentó desde enero hasta el mes de abril, el nuevo crecimiento vegetativo y formación de nuevas inflorescencias se observó a partir de mayo hasta julio-octubre que es cuando estas alcanzan su máxima elongación y rebasan la altura de las hojas. Finalmente, desde julio a diciembre, se presentó la maduración de las cápsulas, las cuales alcanzaron su tamaño final, mostrando cambios de coloración, de verde a café-marrón desde julio a diciembre. Un solo período de dispersión fue registrado durante la temporada de estiaje.

Cuadro 1. Especies arbóreas, número de individuos infestados y nivel de infestación por *Tillandsia recurvata* en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla.

Especie arbórea	N	Media de infestación	E.E.	DN (cm)	E.E.	Altura (m)	E.E.
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	124	3.15	0.15	21.48	1.16	10.06	0.20
<i>Cupressus lusitanica</i>	86	2.67	0.17	31.38	1.96	11.69	0.43
<i>Fraxinus uhdei</i>	75	3.08	0.19	23.64	1.30	9.35	0.32
<i>Ligustrum lucidum</i>	34	2.71	0.22	17.91	1.74	6.85	0.40
<i>Casuarina equisetifolia</i>	5	1.4	0.24	26.40	3.78	13.80	1.43
<i>Pinus halepensis</i>	4	1.5	0.29	17.50	3.40	14.50	2.22
<i>Schinus molle</i>	3	2.33	0.33	28.00	10.07	10.00	1.76
<i>Ipomoea arborescens</i>	3	2.67	0.88	37.33	7.42	6.33	1.33
<i>Ficus microcarpa</i>	3	2.67	0.88	20.00	4.04	7.33	1.15
<i>Buddleja cordata</i>	2	6	0.00	54.50	14.50	14.00	4.00
<i>Prunus serotina</i>	2	1	0.00	13.00	2.00	7.00	0.00
<i>Ficus benjamina</i>	2	1	0.00	20.00	4.00	5.00	1.00
<i>Erythrina coralloides</i>	2	5	0.00	24.50	3.50	10.00	1.00
<i>Pinus sp.</i>	2	1	0.00	9.50	1.50	5.00	0.00
<i>Spathodea campanulata</i>	1	4	0.00	11.00	0.00	4.00	0.00
<i>Populus deltoides</i>	1	1	0.00	29.00	0.00	18.00	0.00
<i>Eriobotrya japonica</i>	1	1	0.00	6.00	0.00	2.50	0.00
<i>Pinus montezumae</i>	1	1	0.00	104.00	0.00	17.00	0.00
<i>Tecoma stands</i>	1	2	0.00	9.00	0.00	5.00	0.00
<i>Grevillea robusta</i>	1	1	0.00	30.00	0.00	18.00	0.00
<i>Ulmus parvifolia</i>	1	1	0.00	14.00	0.00	6.00	0.00

E.E. Error estándar

Respecto al control, se observó que 24 horas después de la primera aplicación de la solución de bicarbonato de sodio (junio 11, 2022), las borlas de *T. recurvata* mostraron un cambio de coloración, de gris y gris-verdoso a negro. Las plantas testigo preservaron su color y apariencia natural.

(Figura 4). Dos semanas después, previo a la segunda aplicación, las plantas de la epífita presentaron una visible pérdida de turgencia, con consistencia quebradiza, pero los pedúnculos de las inflorescencias aún estaban verdes. A las cuatro semanas (2 semanas después de la 2ª aplicación), su consistencia era aún más quebradiza, tanto del follaje como de los rizoides. Las plantas se desprendían fácilmente al tirar de ellas, al mismo tiempo, las inflorescencias también mostraron necrosis. Observaciones posteriores, a los 45, 60 y 90 días, revelaron que las plantas tratadas no se recuperaron y los daños fueron generalizados en

todas las ramas de las diferentes especies donde se aplicó el producto (manzano, trueno, fresno, jacaranda, pino y cedro blanco). Lo anterior, se corroboró 16 meses después (no se observó recuperación de la epífita). Por su parte, las plantas testigo, no presentaron ninguna alteración (Figura 4). Sin embargo, es importante mencionar, que el follaje de fresno y manzano mostraron ligera fitotoxicidad por la aplicación del producto (manchas blanquecinas que posteriormente se tornaron café oscuro), no obstante, si se sincronizan las actividades de manejo con la etapa fenológica de maduración y previa dispersión de las semillas (diciembre y enero), los daños fitotóxicos serían mínimos por la ausencia de follaje en fresno y jacaranda.

### Discusión

Por su amplia distribución altitudinal, *T. recurvata* posee una enorme aptitud ecológica



Figura 4. A. Nivel de infestación 6 por *Tillandsia recurvata* en *Jacaranda mimosifolia*, de acuerdo con la escala Hawksworth (1977). B. Planta de *T. recurvata* visiblemente deshidratada después de la primera aspersión con bicarbonato de sodio. C. Apariencia del musgo bola después de la segunda aplicación. D. Cápsulas necrosadas. E. Testigo absoluto conservando su color, anatomía y textura natural. F. Borlas de *T. recurvata* 16 meses después de la aplicación de los tratamientos (las plantas no emitieron nuevos brotes vegetativos, ni frutos y no recuperaron su apariencia original).

que le ha permitido explotar numerosos nichos ecológicos (Gentry y Dodson, 1987; Mondragón *et al.*, 2004) e incrementar sus poblaciones en áreas verdes urbanas (Saavedra-Romero *et al.*, 2021; Valverde y Bernal, 2010) y sobre superficies inertes (cableado eléctrico). Miguel-Vázquez *et al.* (2020), reportan 18 familias, 92 géneros y 265 especies para el Estado de Puebla, siendo las más abundantes, *Tillandsia circinnatioides* Matuda y *T. recurvata* L. La última, su comportamiento aparentemente no-parasitario se ha puesto en duda (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2016; Páez-Gerardo *et al.*, 2005; Montaña *et al.*, 1997). Aunque las evidencias no son claras, García (2018) y Wolf (2021), mencionan que los rizoides *T. recurvata* segregan una toxina llamada hidroperoxícicloartano, calificado como inhibidor alelopático que ocasiona la muerte de yemas, abscisión de follaje y consecuente muerte de ramas en sus hospedantes, hecho que fue observado también en varias jacarandas del área de estudio. Se menciona también, que las epífitas no tienen preferencias específicas (Hietz y Hietz-Seifert, 1995a), no obstante, en el INAOE, pese a la existencia de 32 especies arbóreas dentro de sus áreas verdes (Figura 3), solo cuatro se encontraron frecuentemente infestadas: jacaranda, fresno, cedro y trueno (Cuadro 1), posiblemente por ser las más abundantes y de corteza rugosa cuando maduras, aunque cabe aclarar que la incidencia también fue alta en el caso de jacarandas jóvenes (76 con diámetros menores a 20.8 cm, de un total de 124), que aún presentaban su corteza lisa. En menor grado se presentó en *Ligustrum lucidum* y *Casuarina equisetifolia* (cinco árboles). Las características anatómicas del tronco y ramas (por ejemplo, relieve, diámetro, tamaño y edad, presencia de espinas y otras estructuras) se encuentran entre los principales factores que determinan el establecimiento exitoso de *T. recurvata* (Álvarez *et al.*, 2018; Benzing, 1990; Bernal *et al.*, 2005; Caldiz *et al.*, 1993; Harvey, 1996; Hietz y Hietz-Seifert, 1995b). Aunque, una selección debida a la textura de la corteza o su composición química puede no hacer la diferencia, según Kernan y Fowler (1995). También se ha encontrado que el tamaño de los

árboles afecta la probabilidad de ser infestados, siendo más propensos los árboles grandes de acuerdo con Bernal *et al.* (2005), lo que podría explicarse por la mayor área superficial. Los árboles grandes también tienen mayor variedad de diámetros de ramas, bifurcaciones y oquedades que brindan numerosos microhábitats para las epífitas, especialmente las ramas gruesas que suelen estar densamente cubiertas de musgos y epífitas vasculares, acumulando cantidades sustanciales de humus, nutrientes y humedad, recursos ampliamente valorados por las epífitas (Benzing y Seeman, 1978; Kernan y Fowler, 1995; Krömer *et al.*, 2007; Zimmerman y Olmsted, 1992), sin embargo, se observó que la abundancia de *T. recurvata* estuvo asociada con el diámetro normal y no con la altura de los árboles.

Otra condición que pudo favorecer su presencia, fue la humedad y la sombra, pues en áreas con alta densidad de plantación y cobertura de herbáceas, los niveles de severidad fueron mayores, lo cual concuerda con Krömer *et al.*, (2007). En el mismo sentido, Apodaca y Guerrero (2019), mencionan que *T. recurvata* podría beneficiarse de la creciente humedad y reducción en la cantidad y duración de las heladas, haciendo que sus poblaciones avancen hacia regiones sureñas.

Con base en la información presentada, se encontró que son varios los factores que influyeron los niveles de infestación, pero al parecer, entre los más importantes, está la especie arbórea, el diámetro normal, alta densidad de plantación, la arquitectura de las copas y la humedad, lo que coincide con los estudios de Bernal *et al.* (2005), Caldiz *et al.* (1993) y Harvey (1996).

Respecto a la fenología de *T. recurvata*, los resultados concuerdan con Hietz y Hietz-Seifert, (1994) y McVaugh (1992), es decir, una etapa de dispersión anual y frecuente traslape de etapas fenológicas (floración, fructificación, maduración y dispersión).

En cuanto al control de la epífita, las dos aplicaciones de bicarbonato de sodio, lograron deshidratar el follaje y necrosarlo, al igual que las estructuras reproductivas de *T. recurvata* (Figura 4), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en *Pinus cembroides* Zucc., donde este producto

fue asperjado a punto de rocío, directamente a las borlas de heno motita, localizadas en el tercio inferior y medio (ramas y fuste) del hospedante. Estas aplicaciones se hicieron durante primavera-verano que es cuando ocurre el máximo crecimiento vegetal (Velázquez-Enríquez, 2011). Cabe mencionar que los resultados reportados por Gómez-Ramírez *et al.* (2023), fueron antagónicos, lo cual, fue asociado a la presencia de lluvias constantes. Con base en los niveles de infestación (Figura 2), la categoría de daño severo (5 y 6), requieren de atención inmediata debido a los efectos negativos que está ocasionando a sus hospedantes (jacaranda, fresno, etc.) (Montaña, 1997; Páez-Gerardo *et al.*, 2005; Pérez-Noyola *et al.*, 2020); las categorías menores (inicial e intermedio) también deben ser tratadas, antes de que alcancen el máximo nivel de infestación. Por lo tanto, se deben tomar algunas medidas para revertir esta situación a corto plazo, por ejemplo, la aplicación exitosa de otras medidas de control como herbicidas selectivos, poda y retiro manual de las borlas, aclareos, cortas de saneamiento, entre otras.

## Conclusiones

*Tillandsia recurvata* presentó un rango de hospedantes muy amplio, 20 de las 32 especies presentes en el INAOE estuvieron infestadas, aunque las mayores incidencias se registraron en *Jacaranda mimosifolia*, *Hesperocyparis lusitanica* y *Fraxinus uhdei*. No se encontró especificidad. La textura de la corteza, no influyó en su presencia. El diámetro influyó en la severidad de infestación, diámetros grandes la favorecen.

*T. recurvata* se ha convertido en un problema de salud en las áreas verdes del instituto. En la categoría de daño severo se aprecia la muerte de ramillas, al igual que en otras regiones de México.

A pesar de los resultados positivos en su control, se recomienda aplicar el Bicarbonato de sodio en los meses de octubre y noviembre (previo a la dehiscencia de las cápsulas y ausencia de follaje en las especies arbóreas caducifolias). La efectividad de los tratamientos se corroboraron 16 meses después.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), por el financiamiento del estudio. En especial, al Lic. Miguel Ángel Barrera y al Ing. Genaro Becerra M. y su equipo responsable del manejo de sus áreas verdes, por el apoyo y acompañamiento brindado durante el desarrollo de la fase de campo.



## Literatura citada

- Aguilar-Rodríguez, S., Terrazas, T., Huidobro-Salas, M. y Aguirre-León, E. (2016). Anatomical and histochemical bark changes due to growth of *Tillandsia recurvata* (ball moss). *Botanical Sciences*, 94(6), 551-562. DOI: 10.17129/botsci.531
- Álvarez, E., Barberis, I y Vesprini, J. (2018). Distribución de epífitas vasculares sobre cuatro especies arbóreas en un bosque xerofítico del Chaco Húmedo, Argentina. *Ecología Austral*, 28(3), 480–495. DOI: 10.25260/EA.18.28.3.0.694
- Apodaca, M. J. y Guerrero, E. L. (2019). ¿Por qué se expande hacia el sur la distribución geográfica de *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae)? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 54, 255.261.
- Benzing, D. H. (1990). *Vascular epiphytes*. Cambridge University Press, New York.
- Benzing, D. H. y Seemann, J. (1978). Nutritional piracy and host decline: a new perspective on the epiphyte-host relationship. *Selbyana*, 2(2/3), 133-148.
- Bernal, R., Valverde, T. y Hernández-Rosas, L. (2005). Habitat preference of the epiphyte *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae) in a semidesert environment in Central Mexico. *Botany*, 83(10), 1238-1247. DOI: 10.1139/b05-076
- Borelli, S., Conigliaro, M. y Pineda, F. (2018). Los bosques urbanos en el contexto global. *Unasylva*, 250(69), 3-10.
- Caldiz, D. O., Belgrano, J., Fernández, V. L. y Andía, I. (1993). Survey of *Tillandsia recurvata* L., preference, abundance and its significance for natural forests. *Forest Ecology and Management*, 57, 161–168. DOI: 10.1016/0378-1127(93)90169-N
- Conway, D., Li, C.Q., Wolch, J., Khale, C. y Jerrett, M. (2010). A Spatial Autocorrelation Approach for Examining the Effects of Urban Greenspace on Residential Property Values. *J Real Estate Finan Econ*, 41, 150–169. DOI: 10.1007/s11146-008-9159-6
- Crow, W. T. (2000). *Ball moss. The Texas Agricultural Extension Service*. Recuperado de [http://agrilifebookstore.org/tmppdfs/viewpdf\\_1206.pdf](http://agrilifebookstore.org/tmppdfs/viewpdf_1206.pdf). Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarani, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2020). *InfoStat version 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>
- Duval, V. S., Benedetti, G. M. y Baudis, K. (2022). Confort térmico producido por la vegetación arbórea en el macrocentro de Bahía Blanca (Argentina). *Ecología Austral*, 32, 502-515. DOI: 10.25260/EA.22.32.2.0.1814.
- Flores, J., Torres, M. y Nájera, J. (2009). Situación del heno motita *Tillandsia recurvata*, en el estado de Coahuila. Memoria del XV Congreso Nacional de Parasitología Forestal. Oaxaca.
- García, A. L., Loza, C. S. y Aparicio, F. X. (2018). *Tillandsia recurvata*, una epífita vascular o un problema de salud forestal. XV Encuentro. Participación de la mujer en la ciencia.
- Gentry, A. H. y Dodson, C. (1987). Contribution of nontrees to species richness of a tropical forest. *Biotropica*, 19, 149-156.
- Gómez-Ramírez, A., Guevara-Herrera, R., Gutiérrez-Licona, M. y López-Maldonado, M. (2023). Reporte de aplicación de tratamientos de vinagre y carbonato para el control de *Tillandsia recurvata*. *e-CUCBA*, 10(20), 151–159. DOI: 10.32870/ecucba.vi20.307
- Harvey, C.A. (1996). Patterns of seed colonization and seedling establishment of ball moss (*Tillandsia recurvata*) on sand live oak trees (*Quercus germinata*) in Central Florida. *Biological Science*, 2, 76–81.
- Gutiérrez-Pacheco, V., Silvia-Gómez, S. E., Chaves-Bravo, E., Zayas-Pérez, M.T. y Castelán-Vega, R. (2020). Las barrancas de la ciudad de Puebla, México: Un recurso desaprovechado en una urbe con déficit de áreas verdes. *Interciencia*, 45(2), 110-116.

- Hawksworth, F.G. (1977). *The 6-class dwarf mistletoe rating system*. Gen. Tech. Rep. RM-48. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station.
- Hietz, P. y Hietz-Seifert, U. (1995a). Composition and ecology of vascular epiphyte communities along an altitudinal gradient in central Veracruz, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 6: 487–498. DOI: 10.2307/3236347
- Hietz, P. y Hietz-Seifert, U. (1995b). Structure and ecology of epiphyte communities of a cloud forest in central Veracruz, Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 6, 719–728. DOI: 10.2307/3236443
- Hietz, P. y Hietz-Seifert, U. (1994). *Epífitas de Veracruz. Guía ilustrada para las regiones de Xalapa y Los Tuxtlas, Veracruz*. Instituto de Ecología A.C., Veracruz, México.
- ICMA. (2017). Reporte de Resultados SINDES (Sistema de Indicadores de Desempeño), 2º Semestre 2017. International City/County Management Association. México/Latinoamérica.
- Jim, C. (2012). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing & developed economies. *Urban Ecosystems*, 16, 741–761.
- Kernan, C. y Fowler, N. (1995). Differential substrate uses by epiphytes in Corcovado Nacional Park, Costa Rica: a source of guild structure. *Journal of Ecology*, 83, 65–73.
- Krömer, T., Kessler, M. y Gradstein, S. R. (2007). Vertical stratification of vascular epiphytes in submontane and montane forest of the Bolivian Andes: the importance of the understory. *Plant Ecology*. 189, 261–278. DOI: 10.1007/s11258-006-9182-8.
- Lahoti, S., Lahoti, A. y Saito, O. (2019). Benchmark assessment of recreational public urban green space provisions: A case of typical urbanizing Indian City, Nagpur. *Urban Forest and Urban Greening*, 44, 126424.
- Maryanti, M., Khadijah, H., Uzair, A. y Ghazali, M. (2016). The urban green space provision using the standards approach: issues and challenges of its implantation in Malaysia. *Sustainable Development and Planning*, 210, 179–192. DOI: 10.2495/SDP160311
- Montaña, C., Dirzo, R. y Flores, A. (1997). Structural Parasitism of an epiphytic Bromeliad upon *Cercidium praecox* in an intertropical semiarid ecosystem. *Biotropica*, 29, 517–521. DOI: 10.1111/j.1744-7429.1997.tb00046.x
- McVaugh, R. (1992). *Flora Novo Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of western Mexico*. Bromeliaceae. University of Michigan Herbarium, Ann Arbor, Mich.
- Mondragón, D., Durán, R., Ramírez, I. y Valverde, T. (2004). Temporal variation in the demography of the clonal epiphyte *Tillandsia brachycaulos* (Bromeliaceae) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 20, 1–11. DOI: 10.1017/S0266467403001287
- Nowak, D., Crane, D. y Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forest and Urban Greening*, 4, 115–123. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. (2018). *Las áreas verdes de la Ciudad de México: Una visión integral*. PAOT.
- Páez-Gerardo, L. E., Aguilar-Rodríguez, S., Terrazas, T., Huidobro-Salas, M.E. y Aguirre León, E. (2005). Anatomical changes in the crust of *Parkinsonia praecox* (Ruiz et Pavon) Hawkins caused by epiphyte *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae). *Botanical Sciences*, 77, 59 - 64. DOI:10.17129/botsoci.1713
- Pérez-Noyola, F. J., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Jurado, E., González Salvatierra, C. y Badano, E. (2020). Is ball moss (*Tillandsia recurvata*) a structural parasite of mesquite (*Prosopis laevigata*)? Anatomical and ecophysiological evidence. *Trees*, 35(1), 135–144. DOI:10.1007/s00468-020-02023-5
- Saavedra-Romero, L., Martínez-Trinidad, T., Alvarado-Rosales, D., Hernández de la Rosa, P. y Villa-Castillo, J. (2021). Damaging Agents and Tree's Health Condition in an Urban Forest. *Open Journal of Forestry*, 11, 238–253. DOI: 10.4236/ojf.2021.113016.

- Saavedra-Romero, L., Hernández de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T. y Villa-Castillo, J. (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 47, 25-37. DOI: 10.18387/polibotanica.47.3
- Trojanek, R., Gluszak, M. y Tanas, M. (2018). The effects on urban green spaces on house prices in Warsaw. *International Journal of Strategic Property Management*, 22 (5), 358-371.
- Turner-Skoff, J.B. y Cavender, N. (2019). The benefits of trees for livable and sustainable communities. *Plants, People, Planet* 1, 323– 335. DOI: 10.1002/ppp3.39
- Valverde, T. y Bernal, R. (2010). ¿Hay asincronía demográfica entre poblaciones locales de *Tillandsia recurvata*? Evidencias de su funcionamiento metapoblacional. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 86, 23-36. DOI: 10.17129/botsoci.2318
- Veneklaas, E., Zagt, R., Van Leerdam, A. Van Ek, R., Broekhoven, G. y Van Genderen, M. (1990). Hydrological properties of the epiphyte mass of a montane tropical rain forest, Colombia. *Vegetation*, 89, 183-192. DOI: 10.1007/BF00032170
- 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. (No. Sd397. P569. V44 2011).
- Willis, K. y Petrokofsky, G. (2017). The natural capital of city trees. *Science* 356, 374–376. DOI: 10.1126/science.aam9724
- Wolf, P. (2021). El clavel del aire: *Tillandsia recurvata*. Boletín digital REDFOR.ar. 1: 2.
- Zimmerman, J. y Olmsted, I. (1992). Host tree utilization by vascular epiphytes in a seasonally inundated forest (tintal) in Mexico. *Biotropica*. 24, 405–407. DOI: 10.2307/2388610