CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS EN LA SUPERFICIE FOLIAR DE CUATRO ESPECIES DE ÁRBOLES EN LA CDMX Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO DE CLOROFILA

Martínez Reyes Claudia Adriana, Mugica Álvarez Violeta, Hernández Castillo Oscar, Peralta Morales Laura Melissa, Castillo Ortiz Cynthia Verónica, Valle Hernández Brenda Liz, Gutiérrez Arzaluz Mirella.

Medellín, Colombia
CASAP X
CONGRESO COLOMBIANO Y CONFERENCIA INTERNACIONAL
DE CALIDAD DE AIRE, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD PÚBLICA

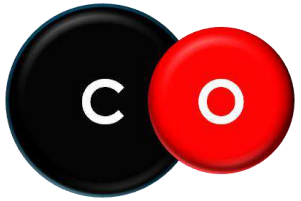
Doctorado en Ciencias e Ingeniería Ambientales

Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

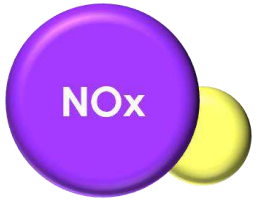
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Presencia de agentes químicos, físicos o biológicos en concentraciones mayores a las naturales que dañan a la salud y al medio ambiente.

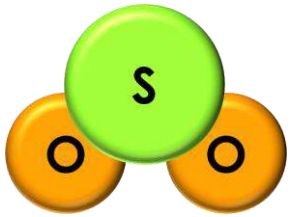
CONTAMINANTES CRITERIO



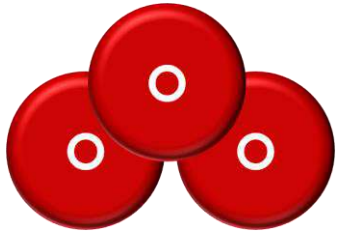
Monóxido de carbono



Óxidos de nitrógeno



Dióxido de azufre



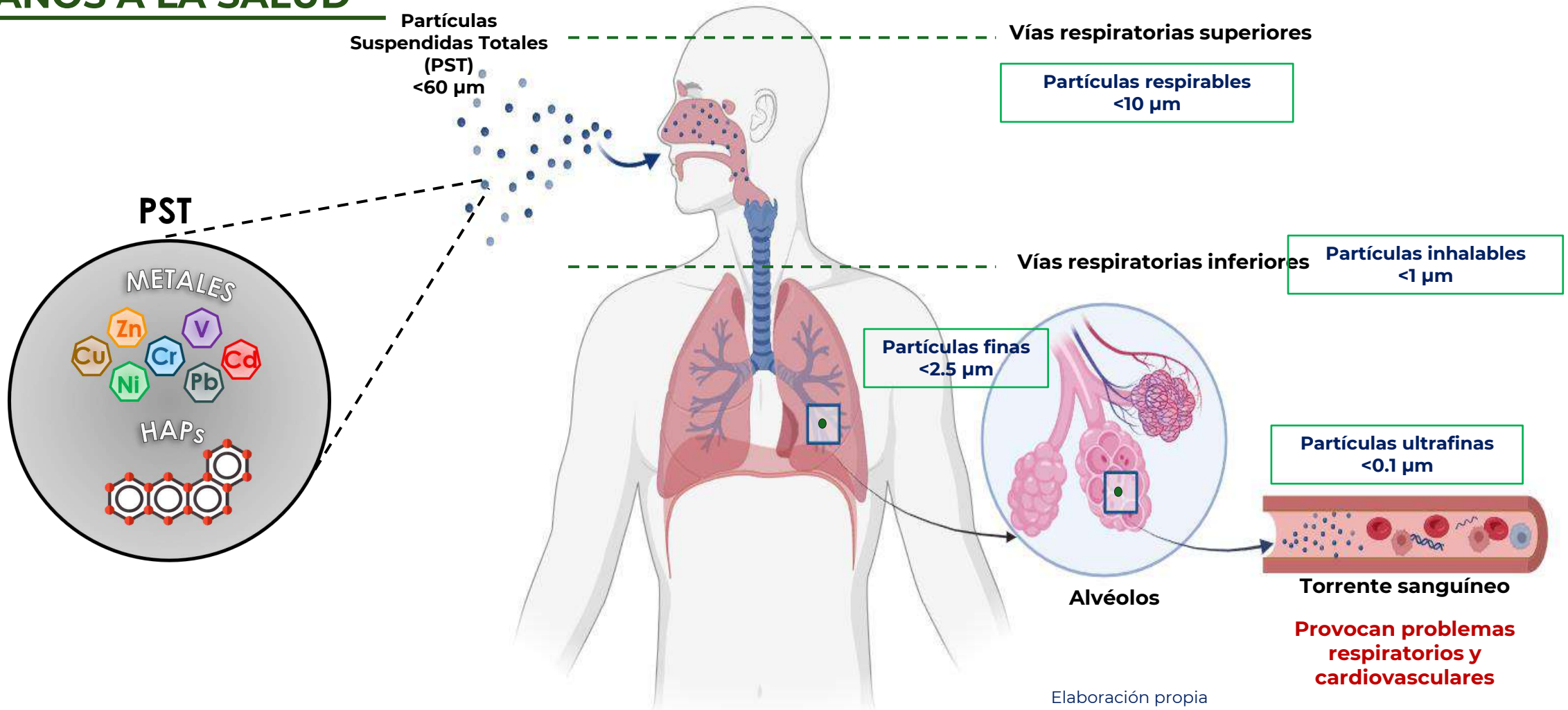
Ozono

Partículas

SEDEMA. (2023). INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2020.
World Health Organization: WHO. (2018, 2 mayo). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado.
Sharma, P., Yadav, P., Ghosh, C., & Singh, B. (2020). Heavy metal capture from the suspended particulate matter by Morus alba and evidence of foliar uptake and translocation of PM associated zinc using radiotracer (65Zn). Chemosphere, 254. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126863

CASAP X
Medellín, Colombia

DAÑOS A LA SALUD



Elaboración propia

US EPA. (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Glencross, D. A., Ho, T. R., Camiña, N., Hawrylowicz, C. M., & Pfeffer, P. E. (2020). Air pollution and its effects on the immune system. In Free Radical Biology and Medicine (Vol. 151, pp. 56–68). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.179.
Lazo Ramos, R. S., Román Arce,C. R., Sisa Yataco, H. R., Mamani Vargas, B. R., & Ugarte Lanchipa, S. E. (2022). Partículas suspendidas totales (PST) y flujo vehicular en una avenida de la ciudad de Tacna. INGENIERÍA INVESTIGA, 4. https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.656.
Çalişkan Eleren, S., & Tasdemir, Y. (2021). Levels, distributions, and seasonal variations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in ambient air and pine components. Environmental Monitoring and Assessment, 193(5). https://doi.org/10.1007/s10661-021-09028-8

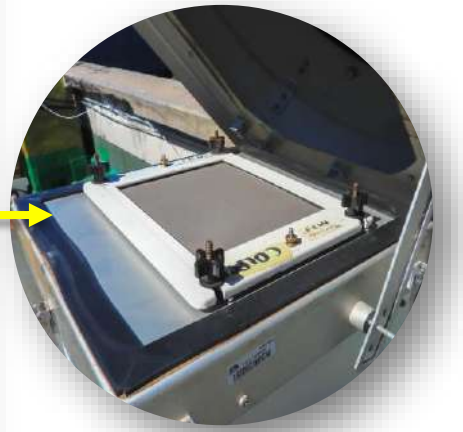
CASAP X
Medellín, Colombia

TIPOS DE MONITOREOS

Hivol en azotea del edificio G en UAM-A. Fuente Propia.

Hivol

Monitoreo Activo



PST

Monitoreo Pasivo

Polvo foliar

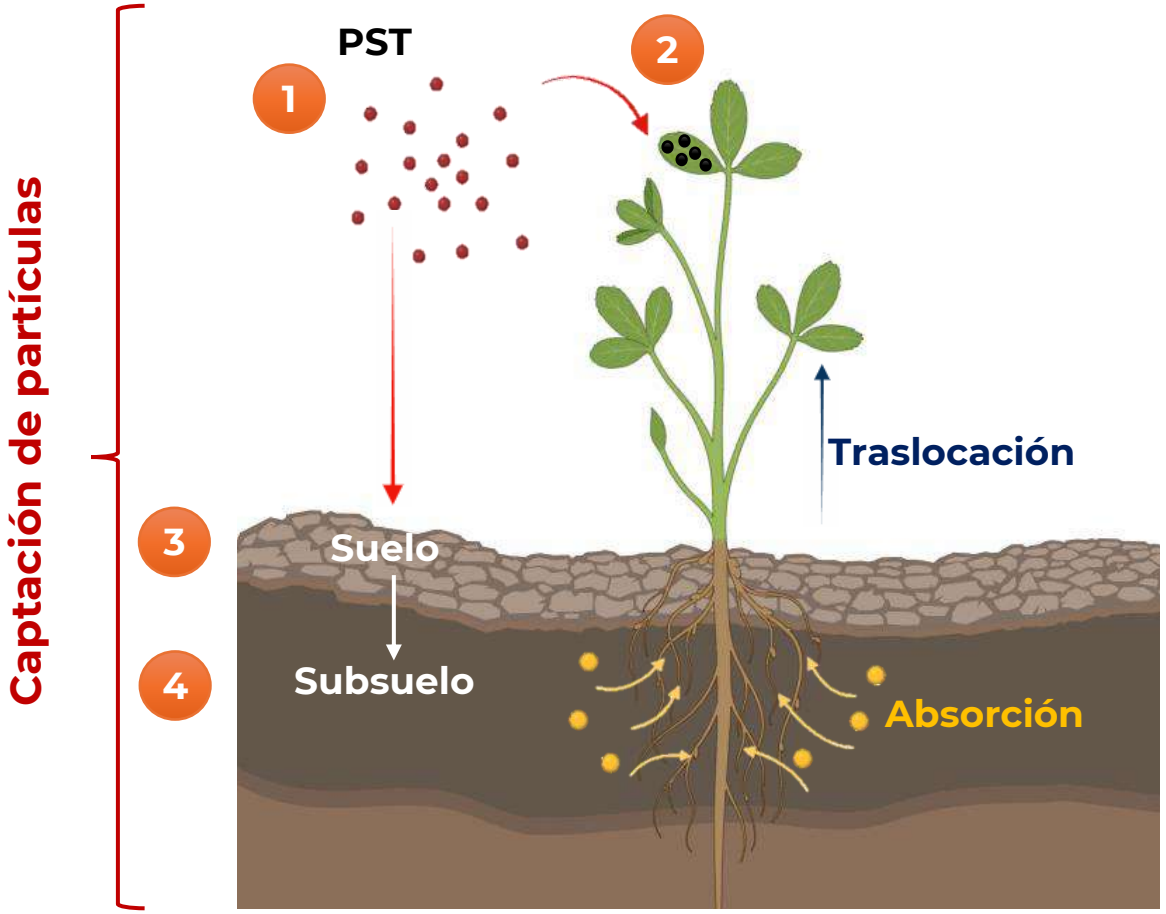
Boj al borde de carretera en la Merced. Fuente propia.

Planta

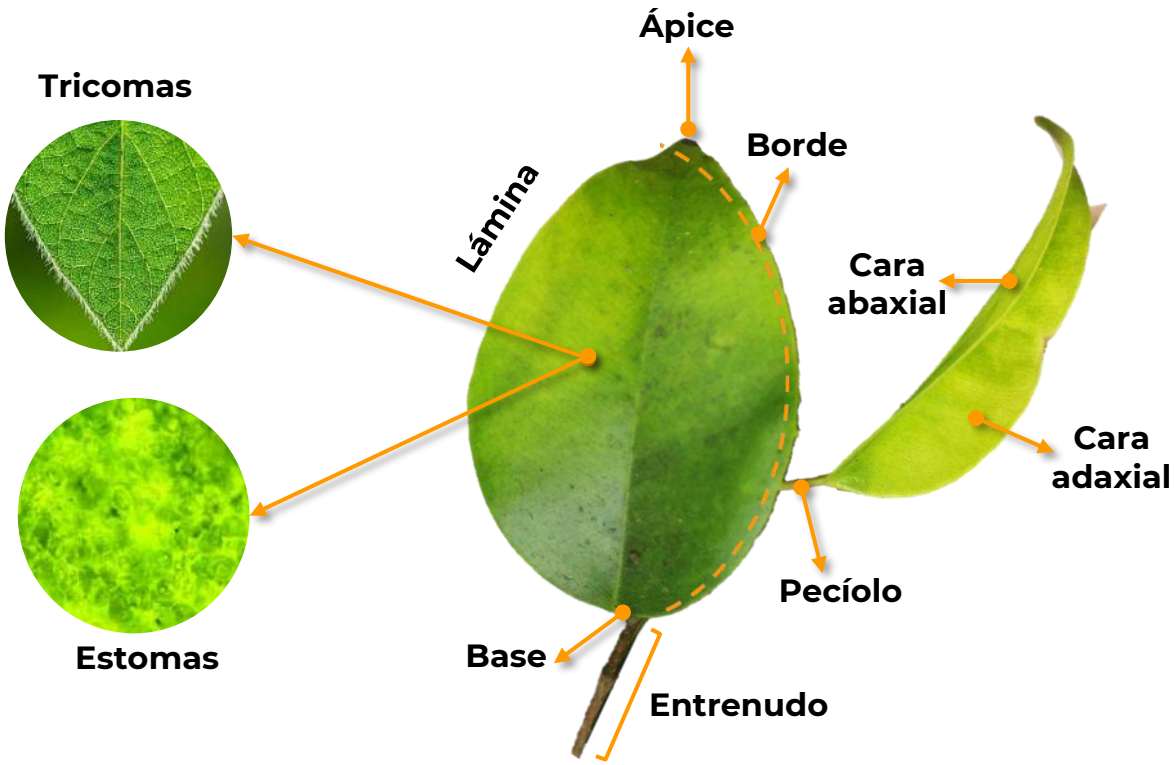
SEDEMA. (2023). INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2020.

PLANTAS COMO BIOMONITORES

Las plantas son capaces de captar partículas en sus hojas debido a las características como rugosidad, el área de contacto y presencia de tricomas y estomas.

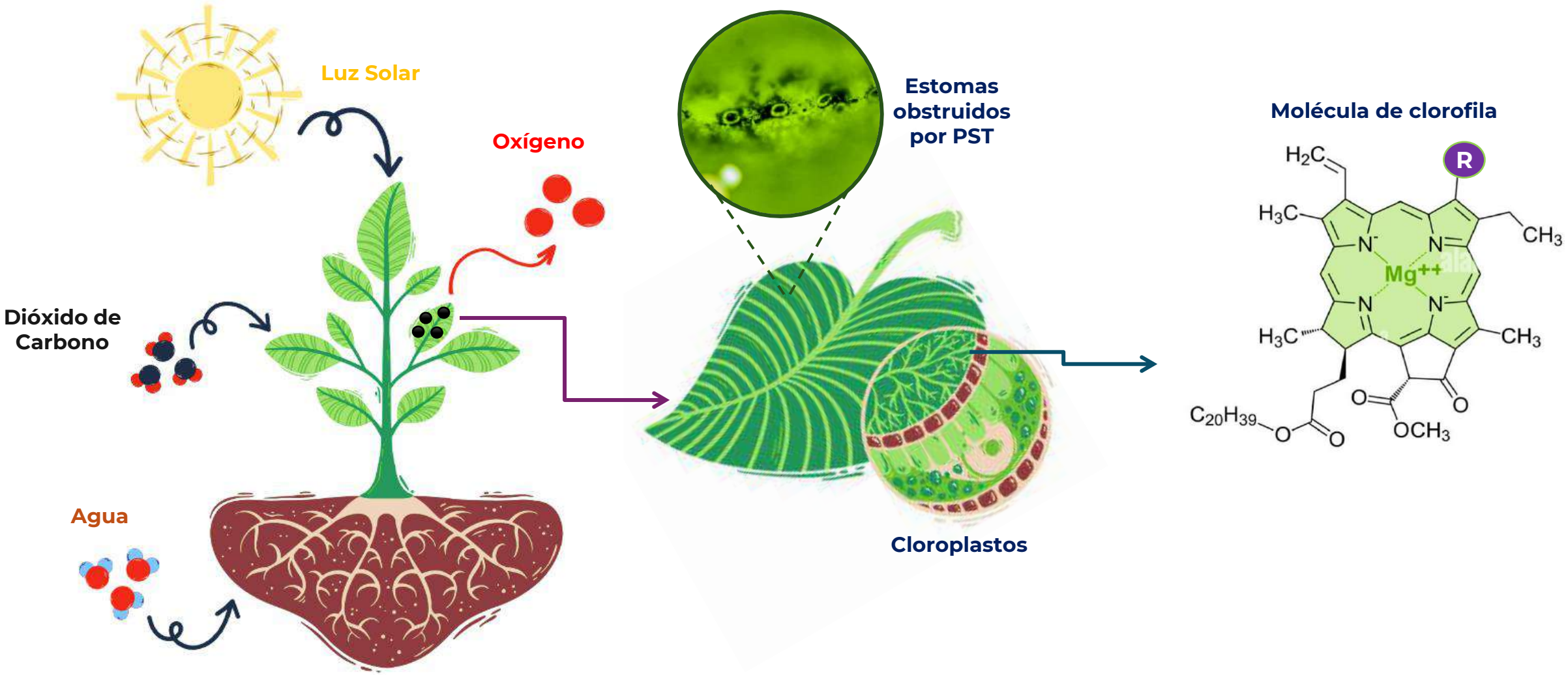


CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS



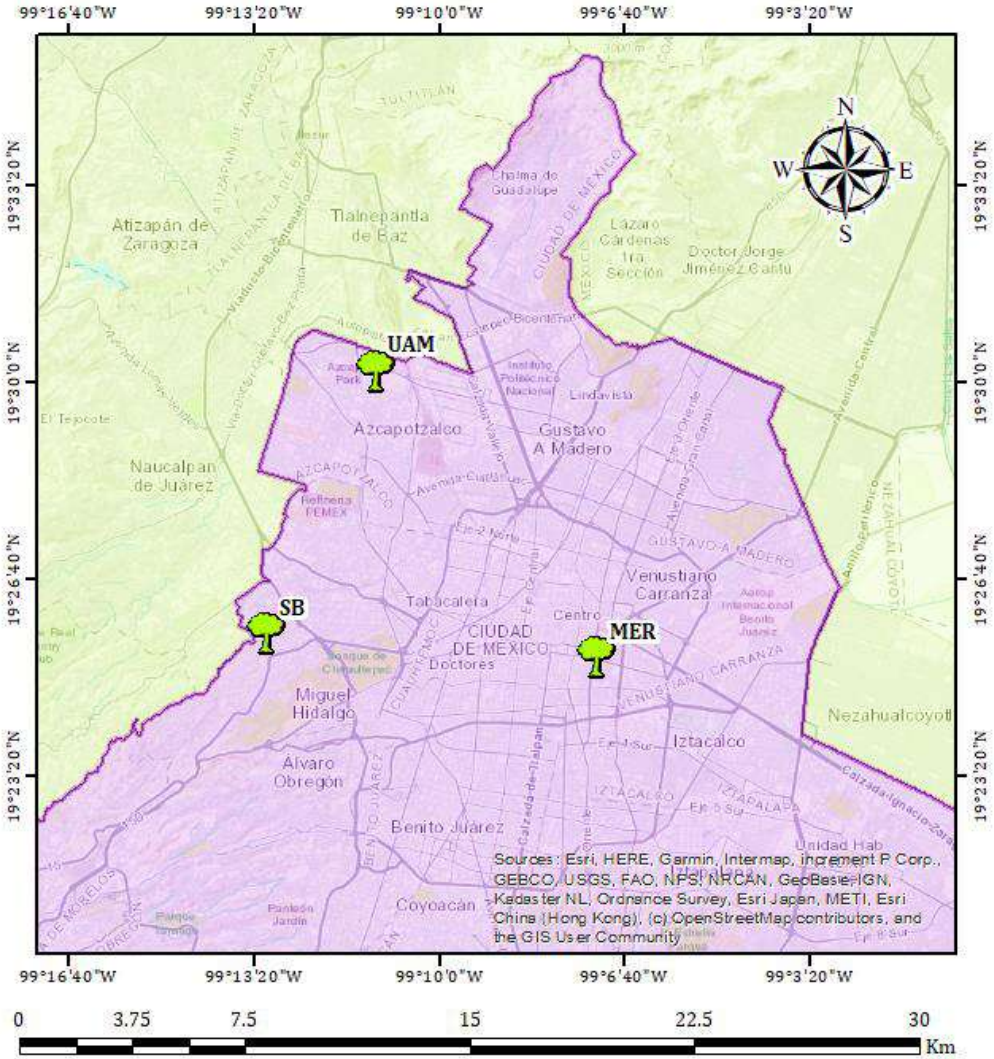
Simon, E., Harangi, S., Baranyai, E., Fábián, I., Tóthmérész, B., 2016. Influence of past industry and urbanization on elemental concentrations in deposited dust and tree leaf tissue. Urban For. Urban Greening 20, 12–19.
Sharma, P., Yadav, P., Ghosh, C., & Singh, B. (2020). Heavy metal capture from the suspended particulate matter by Morus alba and evidence of foliar uptake and translocation of PM associated zinc using radiotracer (65Zn). Chemosphere, 254. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126863.
Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., & Azeez, P. A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *60*(2), 228–235. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.013

EFECTO DE LAS PARTÍCULAS EN LAS PLANTAS



Lin, W., Yu, X., Xu, D., Sun, T., & Sun, Y. (2021). Effect of dust deposition on chlorophyll concentration estimation in urban plants from reflectance and vegetation indexes. Remote Sensing, 13(18). https://doi.org/10.3390/rs13183570.
Bui, H. T., Park, J., Lee, E., Jeong, M., & Park, B. J. (2023). Particulate Matter Accumulation and Elemental Composition of Eight Roadside Plant Species. Urban Science, 7(2). https://doi.org/10.3390/urbansci702005.
Uka, U. N., Belford, E. J. D., & Elebe, F. A. (2021). Effects of road traffic on photosynthetic pigments and heavy metal accumulation in tree species of Kumasi Metropolis, Ghana. *SN Applied Sciences*, *3*(1). https://doi.org/10.1007/s42452-020-04027-9

ÁREA DE ESTUDIO



Épocas de muestreo:

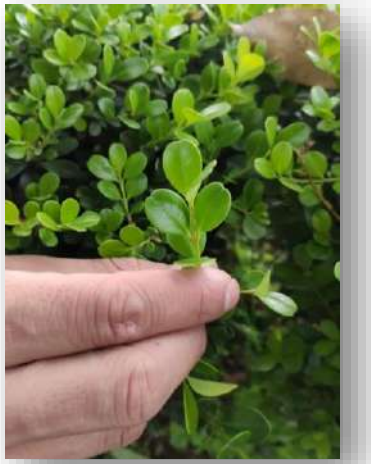
- ✓ Seca-Fría
- ✓ Seca-Caliente

Criterios:

- ➢ Zona Industrial
- ➢ Zona comercial/residencial

MUESTREO DE HOJAS

Para cada especie, se recolectaron aproximadamente 100 gr de hojas de varias posiciones de la copa del árbol a una altura aproximada de 0.5 - 1.5 m sobre el nivel del suelo cada 15 días.



Boj
(Buxus sempervirens)

Piracanto chino
(Pyracantha Fortuneana)

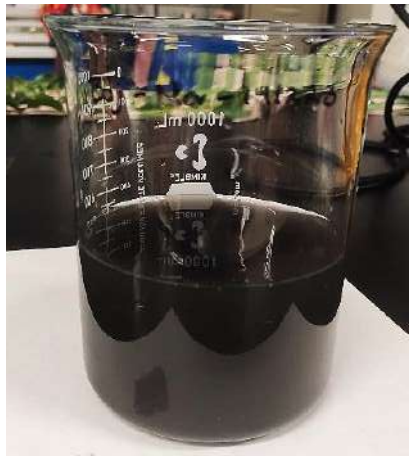
Laurel Benjamina
(Ficus Benjamina)

Cedro Blanco
(Cupressus lusitánica)

Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. Chemosphere, 287. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132341
Gajbhiye, T., Kim, K. H., Pandey, S. K., & Brown, R. J. C. (2016). Foliar transfer of dust and heavy metals on roadside plants in a subtropical environment. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, *10*(3), 137–145. https://doi.org/10.5572/ajae.2016.10.3.137

OBTENCIÓN DEL POLVO FOLIAR

Lavado de hojas



Suspensión con polvo foliar

Filtrado de partículas

Ciclón de superficie

Polvo foliar

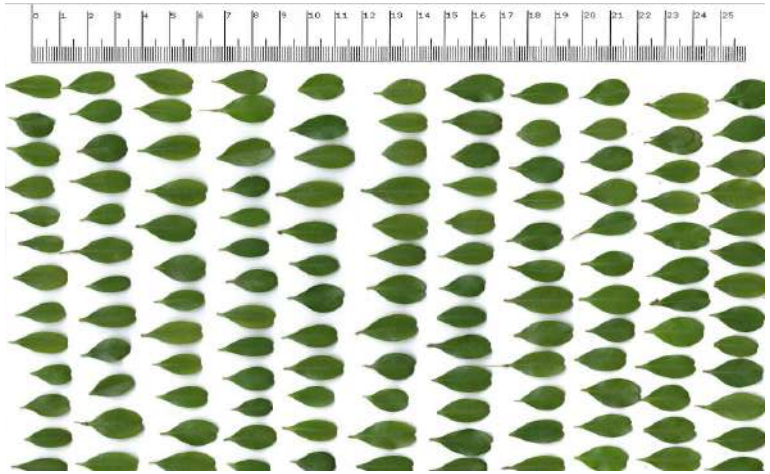
Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. Chemosphere, 287. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132341

TRATAMIENTO DE HOJAS

Centrifugado de hojas

Secado de hojas

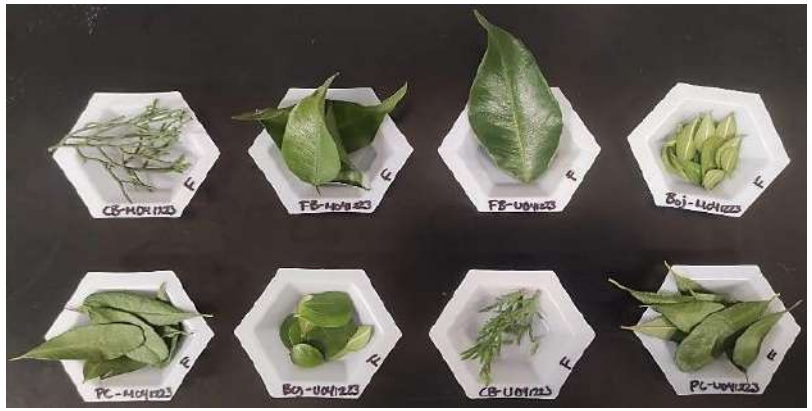
ImageJ
Image Processing & Analysis in Java



Almacenaje de hojas

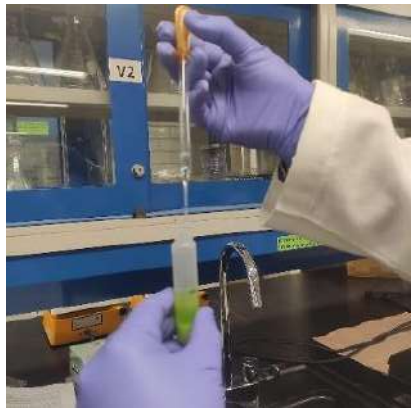
Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. Chemosphere, 287. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132341

DETERMINACIÓN DE CLOROFILA

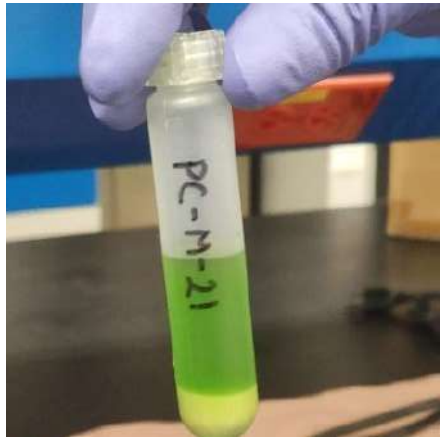


Pesado de muestras

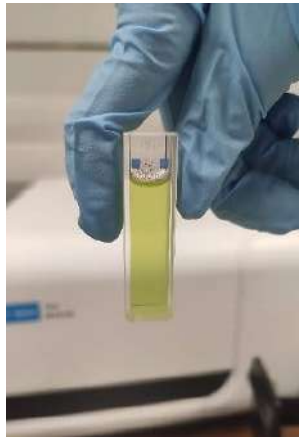
Extracción de Clorofila



Transvasado



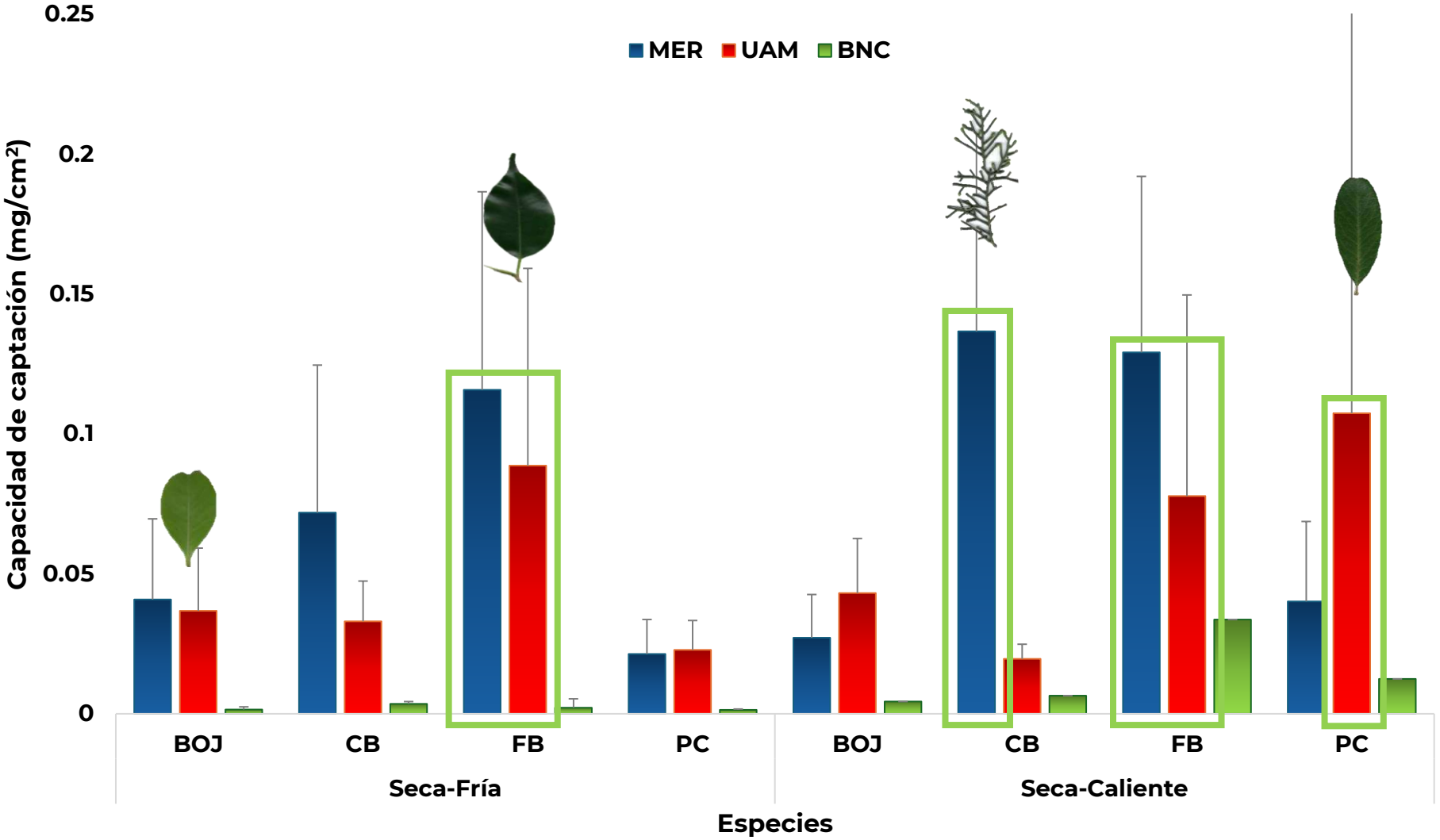
Centrifugación



Lectura UV Vis

Lichtenthaler, H. K., & Babani, F. (2022). Contents of photosynthetic pigments and ratios of chlorophyll a/b and chlorophylls to carotenoids (a+b)/(x+c) in C4 plants as compared to C3 plants. Photosynthetica, 60(1), 3–9. https://doi.org/10.32615/ps.2021.041

CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE PARTÍCULAS



Variables	Mann-Whitney p<0.05
SF - SC	0.0347
UAM-MER	0.2081
BOJ-FB	0.0255
FB-PC	0.001

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., & Azeez, P. A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(2), 228–235. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.013.
Rai, P. K., & Panda, L. L. S. (2014). Dust capturing potential and air pollution tolerance index (APTI) of some road side tree vegetation in Aizawl, Mizoram, India: An Indo-Burma hot spot region. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *7*(1), 93–101. https://doi.org/10.1007/s11869-013-0217-8

CONTENIDO DE PIGMENTOS

Especie	Temporada	Sitio	Capacidad de captación (mg/cm^2)	Clorofila total (mg/g)	Carotenoides (mg/g)
1 FB	SF	MER	**0.116**	9.885	**1.425**
	SC		0.040	6.672	**1.210**
	SF	UAM	**0.089**	12.728	2.062
	SC		**0.078**	8.595	1.671
	SF	BNC	0.002	8.736	1.732
	SC		**0.034**	6.397	1.452
2 PC	SF	MER	0.021	10.070	1.549
	SC		**0.065**	**5.855**	1.053
	SF	UAM	0.023	10.274	1.502
	SC		**0.107**	2.116	**0.438**
	SF	BNC	0.001	6.915	1.130
	SC		**0.012**	6.202	0.970

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., & Azeez, P. A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(2), 228–235. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.013.
Rai, P. K., & Panda, L. L. S. (2014). Dust capturing potential and air pollution tolerance index (APTI) of some road side tree vegetation in Aizawl, Mizoram, India: An Indo-Burma hot spot region. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *7*(1), 93–101. https://doi.org/10.1007/s11869-013-0217-8

CONTENIDO DE PIGMENTOS

Especie	Temporada	Sitio	Capacidad de captación (mg/cm^2)	Clorofila total (mg/g)	Carotenoides (mg/g)
BOJ	SF	MER	0.041	**5.547**	**0.813**
	SC		**0.137**	4.077	0.730
	SF	UAM	0.037	**6.476**	**0.988**
	SC		**0.043**	3.547	0.579
	SF	BNC	0.002	6.873	1.302
	SC		**0.004**	2.116	0.438
3 CB	SF	MER	0.072	**4.541**	**0.607**
	SC		**0.129**	3.906	0.621
	SF	UAM	**0.033**	**4.511**	**0.621**
	SC		0.020	3.313	0.567
	SF	BNC	0.004	6.090	1.150
	SC		**0.006**	2.863	0.437

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., & Azeez, P. A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(2), 228–235. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.013.
Rai, P. K., & Panda, L. L. S. (2014). Dust capturing potential and air pollution tolerance index (APTI) of some road side tree vegetation in Aizawl, Mizoram, India: An Indo-Burma hot spot region. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *7*(1), 93–101. https://doi.org/10.1007/s11869-013-0217-8

CONCLUSIONES

- La orden de captación de las distintas especies estudiadas fue mayor en los sitios contaminados en comparación con el sitio blanco.

- Las especies que tuvieron mayor capacidad de captación fueron el Cedro blanco y el Ficus benjamina en un rango de 0.129 a 0.02 mg/cm^2.

- La capacidad de captación depende de varios factores como el tamaño de la hoja, textura, longitud de pecíolo y presencia o ausencia de tricomas, etc.

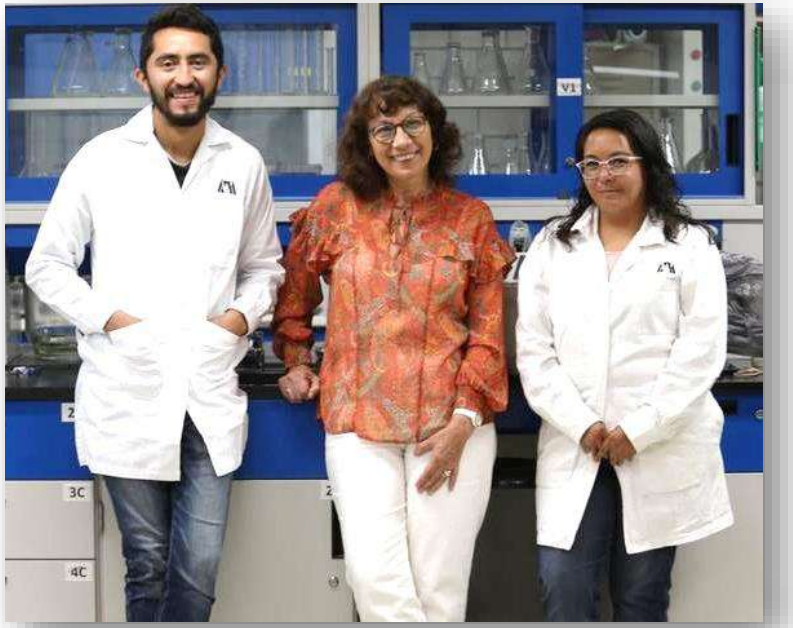
- Las especies Cedro blanco y Ficus benjamina fueron las especies que más capacidad de captación presentaron debido a las características fisiológicas que presentan cada una de ellas, como el tipo de hoja cónica, escamosa y rugosa del Cedro blanco y para Ficus benjamina la hoja de mayor tamaño (3 a 5 cm) con un pecíolo largo que ayuda a que la superficie foliar este completamente expuesta.

- El Cedro blanco y Ficus benjamina tuvieron un rango similar de capacidad de captación pero la especie que tuvo menor impacto en el contenido de pigmentos fue el Ficus benjamina, por lo tanto, esta especie puede ser un buen biomonitor pasivo.

AGRADECIMIENTOS

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco



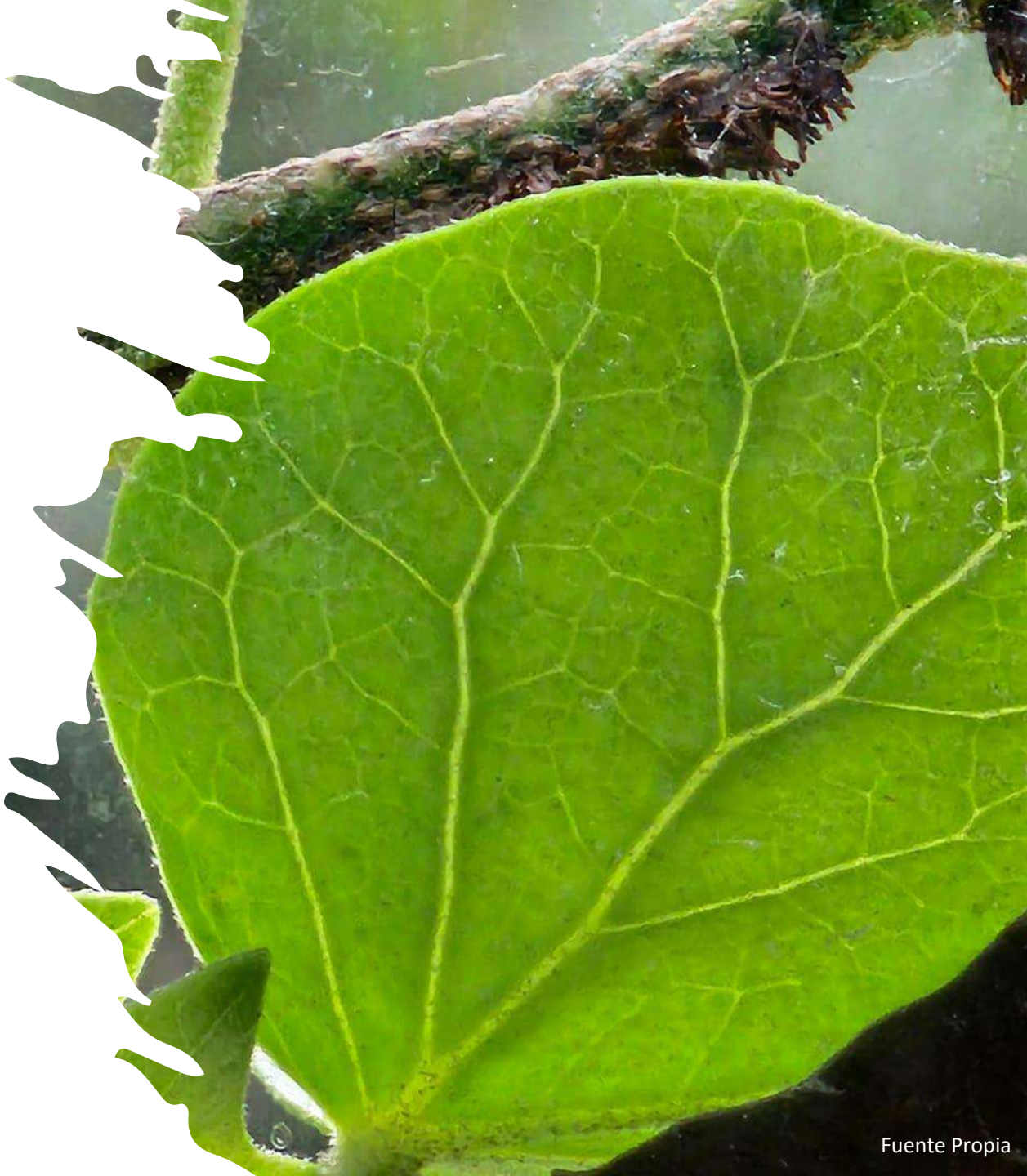
POR SU ATENCIÓN

GRACIAS

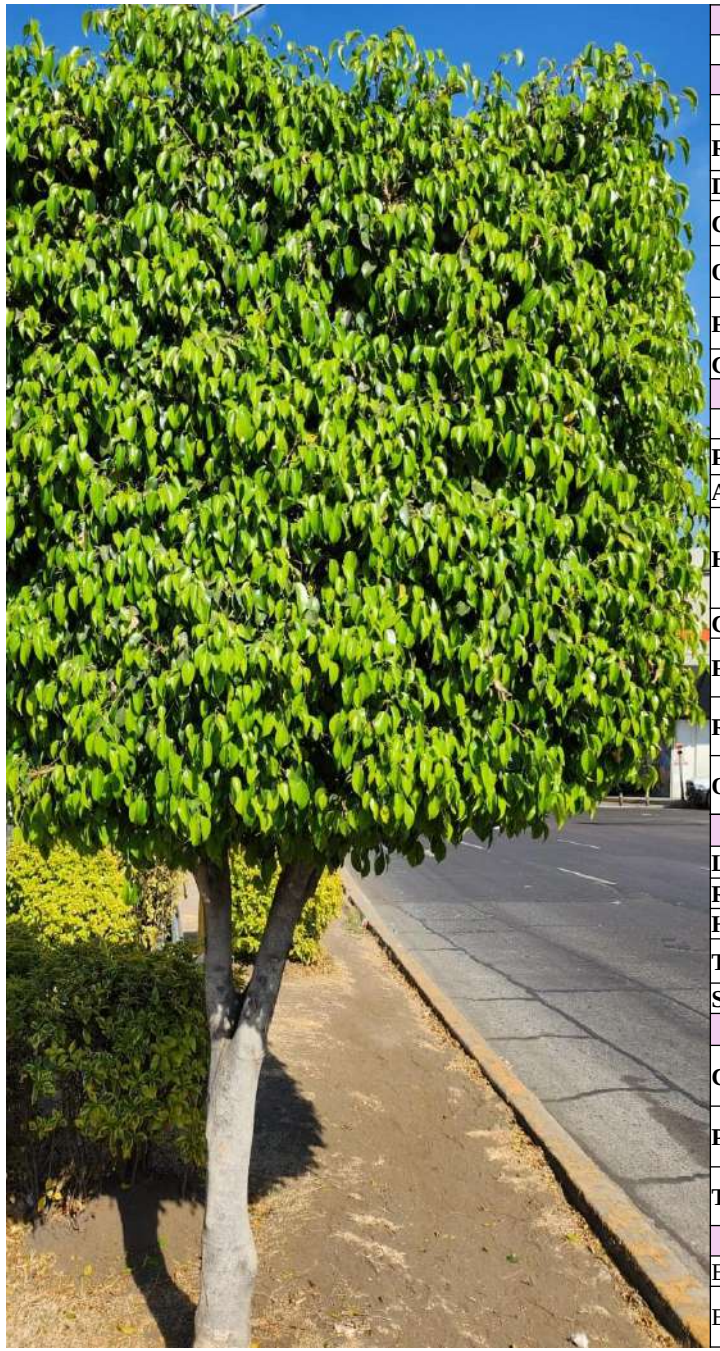
Contacto:

M. en C. Claudia Adriana Martínez Reyes

adriana.martineziq@gmail.com



Fuente Propia



Nombre común	Nombre científico
Laurel Benjamín	*Ficus benjamina L.*

TAXONOMÍA

Categoría	Clasificación	Detalles
Reino	Plantae	Plantas vasculares con tejidos diferenciados
División	Tracheophyta	Plantas con vasos conductores (traqueofitas)
Clase	Magnoliopsida	Dicotiledóneas (plantas con dos hojas embrionarias)
Orden	Rosales	Orden que incluye moras, rosáceas y otras plantas leñosas
Familia	Moraceae	Familia de los higos y moreras, con más de 1,000 especies
Género	*Ficus*	Incluye alrededor de 800 especies

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Aspecto	Descripción
Porte	Árbol perenne de copa densa y ramas colgantes.
Altura	2–3 m (en maceta) / Hasta 15 m (en exterior).
Hojas	Ovaladas, puntiagudas en el ápice, 5–10 cm, verde brillante (variegadas en algunas variedades), textura coriáceas (lisas y algo cerosas).
Corteza	Lisa, grisácea; se agrieta con la edad.
Flores/Frutos	Flores insignificantes; higos pequeños (1 cm) rojizos (raros en interior).
Raíces	Vigorosas y extensas (pueden ser invasivas en exteriores).
Origen	Sudeste asiático (India, Malasia, Tailandia) y norte de Australia.

REQUERIMIENTO DE CULTIVO

Luz	Prefiere luz brillante indirecta (pierde hojas con poca luz).
Riego	Moderado (dejar secar ligeramente entre riegos).
Humedad	Agradece ambientes húmedos (evitar corrientes de aire seco).
Temperatura	Ideal 18-24°C; sensible al frío (no tolera menos de 10°C).
Suelo	Bien drenado, rico en materia orgánica.

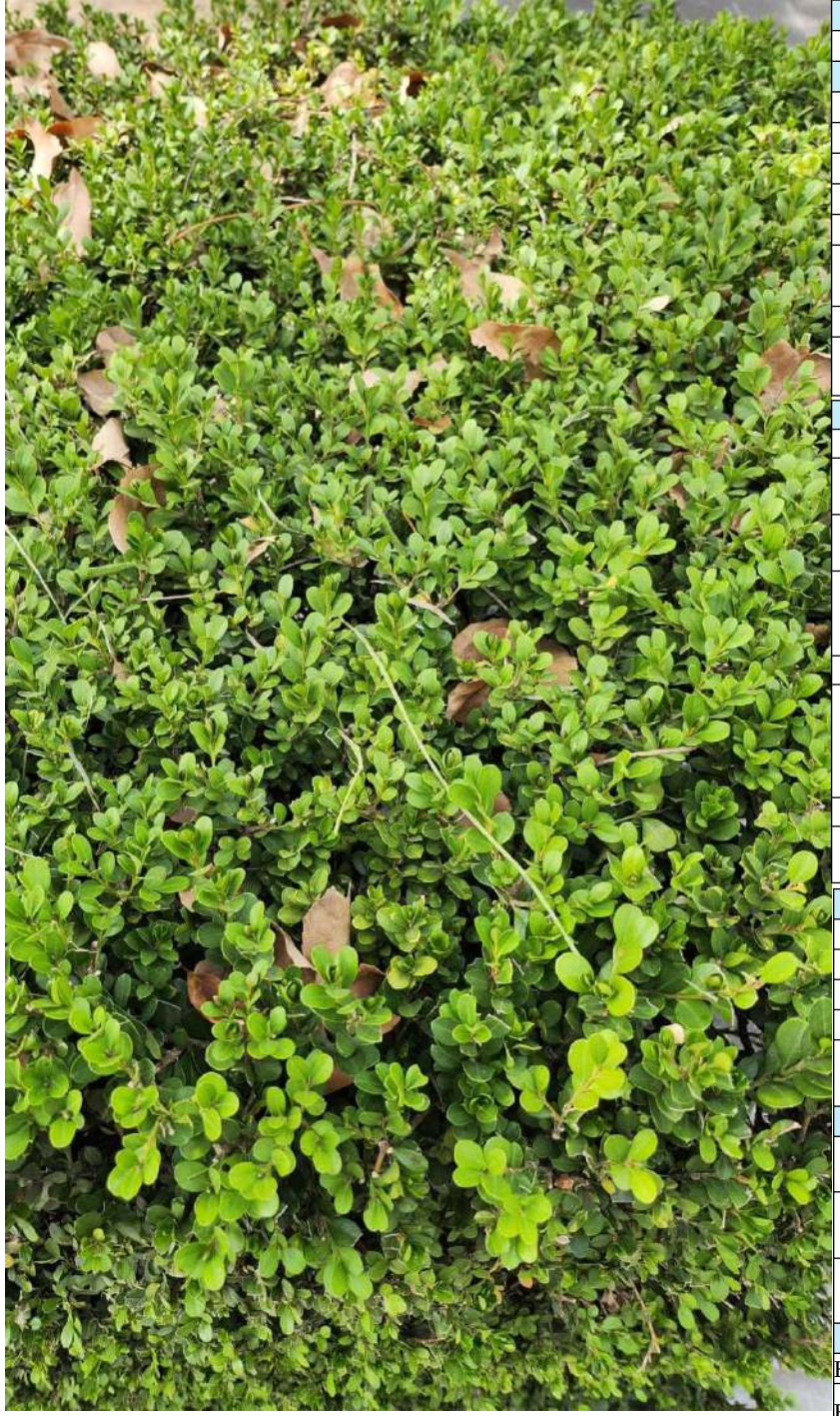
ENFERMEDADES Y PLAGAS

Caída de hojas	Por cambios bruscos de temperatura, corrientes de aire o exceso/defecto de riego.
Plagas	Cochinillas, ácaros (como la araña roja) y pulgones.
Toxicidad	Su savia puede ser irritante para mascotas (es tóxico para perros y gatos si lo ingieren).

IMPORTANCIA

En algunos países se usa para crear **bonsáis** por su flexibilidad y follaje denso.

Es considerado un **purificador de aire** (elimina formaldehído y otros compuestos volátiles).



Nombre común	Nombre científico
Boj	*B. sempervirens L.*

TAXONOMÍA		
Categoría	**Clasificación**	**Detalles**
Reino	Plantae	Organismos fotosintéticos pluricelulares
Subreino	Tracheobionta	Plantas vasculares (con tejidos conductores)
División	Magnoliophyta	Plantas con flores (angiospermas)
Clase	Magnoliopsida	Dicotiledóneas
Orden	Buxales	Orden pequeño que incluye solo 2 familias: Buxaceae y Haptanthaceae.
Familia	Buxaceae	Familia del boj (unas 70 especies en 5 géneros)
Género	Buxus	Género principal, con especies arbustivas siempreverdes

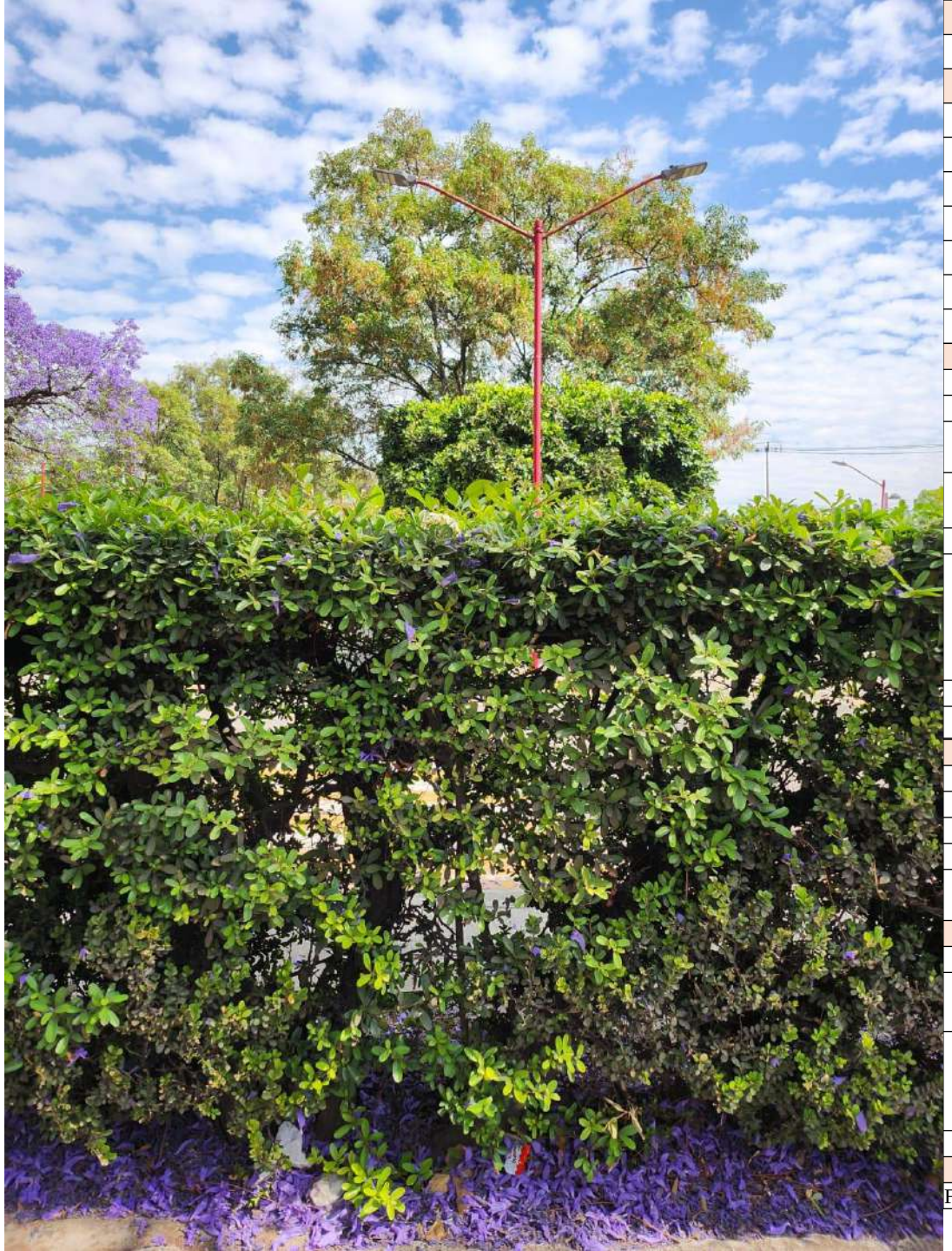
CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	
Aspecto	**Descripción**
Porte	Arbusto o árbol pequeño perenne (siempreverde)
Altura	1–5 m (en jardines); hasta 12 m en estado silvestre
Hojas	Pequeñas (1.5–3 cm), ovaladas, coriáceas, verde oscuro brillante, Opuestas, enteras y aromáticas al frotarlas
Corteza	Grisácea, fisurada en ejemplares viejos
Flores/Frutos	Pequeñas, amarillo-verdosas, sin pétalos, florece en primavera (marzo-abril) y frutos cápsula leñosa de 0.5–1 cm, con semillas negras.
Crecimiento	Muy lento (ideal para setos y topiaria)
Origen	Europa meridional, norte de África y Asia occidental

REQUERIMIENTO DE CULTIVO	
Luz	Sol pleno a sombra parcial (evitar sombra densa)
Riego	Moderado; resistente a sequía una vez establecido
Humedad	Tolera tanto aire seco como húmedo, pero crece mejor con humedad ambiental media (40–60%)
Temperatura	Climas templados a fríos (tolera hasta –15°C)
Suelo	Suelos calcáreos, bien drenados y ligeramente húmedos, pero resiste suelos pobres. Prefiere suelos alcalinos (pH 7–8)

ENFERMEDADES Y PLAGAS	
Plagas	Polilla del boj (*Cydalima perspectalis*): Devora hojas, psila (*Psylla buxi*): Causa deformación en hojas
Enfermedades	Hongos (*Cylindrocladium buxicola*): Manchas foliares y defoliación. Podredumbre radicular: Por exceso de humedad
Toxicidad	Tóxico para humanos y animales (contiene alcaloides como buxina). Síntomas por ingestión: Vómitos, diarrea y convulsiones (en casos graves)

IMPORTANCIA
Es una de las pocas plantas que tolera la sombra seca (ej. bajo árboles), aunque crecerá más lento
En la naturaleza, el boj crece cerca de ríos o laderas rocosas bien drenadas, lo que refleja su necesidad de equilibrio hídrico

Nombre común		Nombre científico
Cedro Blanco		*Cupressus lusitanica Mill*
TAXONOMÍA		
Categoría	**Clasificación**	**Detalles**
Reino	Plantae	Plantas vasculares con tejidos diferenciados
División	Tracheophyta	Plantas con sistema vascular (xilema y floema)
Clase	Pinopsida	Coníferas (plantas gimnospermas con conos)
Orden	Pinales	Orden que incluye pinos, cipreses y araucarias
Familia	Cupressaceae	Familia de las cupresáceas (cipreses, tuyas, enebros)
Género	Cupressus	Género de coníferas perennes, con ~25 especies
CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS		
Aspecto	**Descripción**	
Porte	Árbol perenne, copa cónica o piramidal	
Altura	20–35 m de altura	
Hojas	Escamiformes, verde oscuro a glauco, aromáticas al frotarlas	
Corteza	Fibrosa, de color pardo-rojiza, se exfolia en tiras verticales	
Conos	Masculinos: Pequeños, amarillentos, liberan polen en invierno. Femeninos: Conos leñosos de 1–2 cm, globosos, verdes → pardo-grisáceos al madurar (24 meses)	
Semillas	Pequeñas, aladas, dispersadas por viento (anemocoria)	
Origen	Montañas de México, Guatemala, Honduras y El Salvador	
REQUERIMIENTO DE CULTIVO		
Luz	Pleno sol (requiere mínimo 6 horas diarias de luz directa), Soporta sombra parcial, pero crece más lento y menos denso	
Riego	Riegos profundos y frecuentes (2–3 veces por semana en verano)	
Humedad	Prefiere humedad moderada, pero se adapta a ambientes secos una vez establecido	
Temperatura	Prefiere zonas templadas (15–25°C), tolera heladas ligeras (–5°C)	
Suelo	Bien drenado, pH neutro a ácido; evita suelos calcáreos	
ENFERMEDADES Y PLAGAS		
Plagas	*Cinara cupressi* (pulgón del ciprés), *Seiridium cardinale* (hongo que causa cancros y seca ramas)	
Enfermedades	Gomosis es cuando el suelo no esta bien drenado	
Toxicidad	Aceites esenciales pueden irritar piel/mucosas	
IMPORTANCIA		
Conviene plantarlo en zonas de baja contaminación, absorbe gran cantidad de plomo, el cual es afectado notablemente.		



Nombre común	Nombre científico
Piracanto Chino o Espino de Fuego	*Pyracantha coccinea*

TAXONOMÍA		
Categoría	**Clasificación**	**Detalles**
Reino	Plantae	Plantas vasculares con tejidos diferenciados
División	Tracheophyta	Plantas con sistema vascular
Clase	Magnoliopsida	Dicotiledóneas
Orden	Rosales	Orden que incluye rosáceas y otras familias
Familia	Rosaceae	Familia de las rosas (incluye manzanos, perales)
Género	Pyracantha	Del griego "pyr" (fuego) + "akantha" (espina)

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	
Aspecto	**Descripción**
Porte	Arbusto perenne, espinoso
Altura	1–4 m de altura, verde oscuro brillante (persistentes en climas cálidos)
Hojas	Ovaladas a lanceoladas, 2–4 cm de largo, verde oscuro brillante (persistentes en climas cálidos),
Tallos	Ramas espinosas (espinas de 1–2 cm)
Flores/Frutos	Flores blancas, pequeñas (5 pétalos), agrupadas en corimbos. Primavera (abril-junio en hemisferio norte). Frutos tipo bayas globosas de 5–8 mm, rojo, naranja o amarillo (dependiendo de la variedad)
Crecimiento	Permanecen en invierno
Origen	Sureste de Europa y Asia (China, Himalaya)

REQUERIMIENTO DE CULTIVO	
Luz	Pleno sol a sombra parcial (mejor floración y fructificación a sol pleno)
Riego	Moderado (resistente a sequía una vez establecido). Evitar encharcamientos
Humedad	Riegos solo en períodos secos prolongados, evitar exceso de agua (pudrición radicular)
Temperatura	Templado a subtropical (tolera –15°C a 40°C)
Suelo	Prefiere bien drenado, pero crece en suelos pobres y calcáreos. pH neutro a ligeramente alcalino (6.0–8.0)

ENFERMEDADES Y PLAGAS	
Plagas	Pulgones (en brotes tiernos), Araña roja (en veranos secos)
Enfermedades	Fuego bacteriano (Erwinia amylovora): Podar y quemar ramas afectadas, Oídio: Tratar con azufre o fungicidas
Toxicidad	No son comestibles crudos (contienen glucósidos cianogénicos). Cocidos se usan en mermeladas (solo con recetas específicas). No son comestibles crudos (contienen glucósidos cianogénicos). Cocidos se usan en mermeladas (solo con recetas específicas)
Precaución	Espinas pueden causar heridas (usar guantes al podar).

IMPORTANCIA
Frutos usados en homeopatía para problemas circulatorios (tóxicos si se ingieren crudos)

CAPACIDAD DE CAPTACIÓN

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Capacidad de captacion)
By variable TEMPORADA
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum SC	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N SC	2*1sided exact p
CAPACIDAD DE CAPTACION	1505.000	1655.000	559.0000	-2.11148	0.034732	-2.11150	0.034731	43	36	0.034207

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Capacidad de captacion)
By variable TEMPORADA
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N LL	2*1sided exact p
CAPACIDAD DE CAPTACION	1361.000	1195.000	415.0000	-2.19427	0.028217	-2.19429	0.028215	43	28	0.027549

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Capacidad de captacion)
By variable TEMPORADA
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SC	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SC	Valid N LL	2*1sided exact p
CAPACIDAD DE CAPTACION	1141.000	939.0000	475.0000	-0.385699	0.699720	-0.385699	0.699720	36	28	0.701688

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Capacidad de captacion)
By variable SITIO
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum MER	Rank Sum UAM	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N MER	Valid N UAM	2*1sided exact p
CAPACIDAD DE CAPTACION	2321.000	1865.000	875.0000	1.258783	0.208110	1.258783	0.208110	47	44	0.209190

PIGMENTOS POR ESPECIE

BOJ

Especie=BOJ
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum SC	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N SC	2*1sided exact p
Clorofila a	437.0000	158.0000	38.00000	3.607177	0.000310	3.607729	0.000309	19	15	0.000131
Clorofila b	441.0000	154.0000	34.00000	3.745915	0.000180	3.746488	0.000179	19	15	0.000063
Carotenoides	398.0000	197.0000	77.00000	2.254486	0.024166	2.254830	0.024145	19	15	0.022728

Especie=BOJ
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	431.0000	235.0000	82.00000	2.503316	0.012304	2.503638	0.012293	19	17	0.011025
Clorofila b	443.0000	223.0000	70.00000	2.883566	0.003932	2.883937	0.003928	19	17	0.003088
Carotenoides	417.0000	249.0000	96.00000	2.059690	0.039429	2.059955	0.039404	19	17	0.038326

Especie=BOJ
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SC	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SC	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	192.0000	336.0000	72.0000	-2.07695	0.037807	-2.07695	0.037807	15	17	0.036516
Clorofila b	195.0000	333.0000	75.0000	-1.96366	0.049570	-1.96366	0.049570	15	17	0.048571
Carotenoides	227.0000	301.0000	107.0000	-0.75525	0.450097	-0.75525	0.450097	15	17	0.455420

Especie=BOJ
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Sitio
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum MER	Rank Sum UAM	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N MER	Valid N UAM	2*1sided exact p
Clorofila a	455.0000	626.0000	179.0000	-1.86738	0.061849	-1.86750	0.061833	23	23	0.061412
Clorofila b	483.0000	598.0000	207.0000	-1.25224	0.210482	-1.25232	0.210454	23	23	0.212682
Carotenoides	471.0000	610.0000	195.0000	-1.51587	0.129552	-1.51597	0.129529	23	23	0.130465

CEDRO B.

Especie=CB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum SC	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N SC	2*1sided exact p
Clorofila a	418.0000	177.0000	57.0000	2.948174	0.003197	2.948624	0.003192	19	15	0.002376
Clorofila b	377.0000	218.0000	98.0000	1.526114	0.126983	1.526347	0.126925	19	15	0.128190
Carotenoides	359.0000	236.0000	116.0000	0.901794	0.367167	0.901932	0.367094	19	15	0.372018

Especie=CB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	400.0000	266.0000	113.0000	1.521002	0.128260	1.521198	0.128211	19	17	0.129411
Clorofila b	403.0000	263.0000	110.0000	1.616064	0.106081	1.616272	0.106036	19	17	0.106677
Carotenoides	370.0000	296.0000	143.0000	0.570376	0.568423	0.570449	0.568374	19	17	0.572833

Especie=CB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SC	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SC	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	196.0000	332.0000	76.0000	-1.92590	0.054118	-1.92590	0.054118	15	17	0.053244
Clorofila b	237.0000	291.0000	117.0000	-0.37763	0.705708	-0.37763	0.705708	15	17	0.709547
Carotenoides	233.5000	294.5000	113.5000	-0.50980	0.610194	-0.50984	0.610161	15	17	0.601824

Especie=CB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Sitio
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum MER	Rank Sum UAM	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N MER	Valid N UAM	2*1sided exact p
Clorofila a	576.0000	505.0000	229.0000	0.768921	0.441941	0.768969	0.441912	23	23	0.445596
Clorofila b	575.0000	506.0000	230.0000	0.746952	0.455093	0.746998	0.455065	23	23	0.458752
Carotenoides	569.5000	511.5000	235.5000	0.626122	0.531236	0.626180	0.531198	23	23	0.527625

PIGMENTOS POR ESPECIE

FICUS B.

Especie=FB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum SC	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N SC	2*1sided exact p
Clorofila a	403.0000	192.0000	72.0000	2.427908	0.015187	2.428279	0.015171	19	15	0.013754
Clorofila b	412.0000	183.0000	63.0000	2.740068	0.006143	2.740486	0.006135	19	15	0.005032
Carotenoides	367.0000	228.0000	108.0000	1.179270	0.238292	1.179450	0.238220	19	15	0.241826

Especie=FB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	463.0000	203.0000	50.00000	3.517317	0.000436	3.517770	0.000435	19	17	0.000220
Clorofila b	433.0000	233.0000	80.00000	2.566691	0.010268	2.567021	0.010258	19	17	0.009043
Carotenoides	423.0000	243.0000	90.00000	2.249815	0.024461	2.250105	0.024443	19	17	0.023132

Especie=FB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SC	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SC	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	257.0000	271.0000	118.0000	0.339865	0.733959	0.339865	0.733959	15	17	0.737492
Clorofila b	227.0000	301.0000	107.0000	-0.755255	0.450097	-0.755255	0.450097	15	17	0.455420
Carotenoides	273.0000	255.0000	102.0000	0.944069	0.345135	0.944069	0.345135	15	17	0.350088

Especie=FB
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Sitio
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum MER	Rank Sum UAM	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N MER	Valid N UAM	2*1sided exact p
Clorofila a	455.0000	626.0000	179.0000	-1.86738	0.061849	-1.86750	0.061833	23	23	0.061412
Clorofila b	463.0000	618.0000	187.0000	-1.69163	0.090718	-1.69173	0.090698	23	23	0.090869
Carotenoides	465.0000	616.0000	189.0000	-1.64769	0.099418	-1.64779	0.099397	23	23	0.099745

PIRACANTO C.

Especie=PC
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum SC	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N SC	2*1sided exact p
Clorofila a	407.0000	188.0000	68.0000	2.566646	0.010269	2.567234	0.010252	19	15	0.008946
Clorofila b	362.0000	233.0000	113.0000	1.005848	0.314490	1.006309	0.314268	19	15	0.318961
Carotenoides	368.0000	227.0000	107.0000	1.213954	0.224766	1.214232	0.224660	19	15	0.228081

Especie=PC
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SF	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SF	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	404.0000	262.0000	109.0000	1.647752	0.099405	1.648070	0.099339	19	17	0.099827
Clorofila b	375.0000	291.0000	138.0000	0.728813	0.466116	0.728954	0.466030	19	17	0.470828
Carotenoides	373.0000	293.0000	140.0000	0.665438	0.505771	0.665567	0.505689	19	17	0.510420

Especie=PC
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Temporada
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum SC	Rank Sum LL	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N SC	Valid N LL	2*1sided exact p
Clorofila a	208.0000	320.0000	88.0000	-1.47275	0.140820	-1.47275	0.140820	15	17	0.142460
Clorofila b	240.0000	288.0000	120.0000	-0.26434	0.791519	-0.26434	0.791519	15	17	0.794372
Carotenoides	227.0000	301.0000	107.0000	-0.75525	0.450097	-0.75525	0.450097	15	17	0.455420

Especie=PC
Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Clorofilas)
By variable Sitio
Marked tests are significant at p <.05000

variable	Rank Sum MER	Rank Sum UAM	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N MER	Valid N UAM	2*1sided exact p
Clorofila a	522.0000	559.0000	246.0000	-0.395445	0.692515	-0.395470	0.692497	23	23	0.695254
Clorofila b	537.0000	544.0000	261.0000	-0.065908	0.947451	-0.065912	0.947448	23	23	0.947969
Carotenoides	560.0000	521.0000	245.0000	0.417414	0.676376	0.417440	0.676357	23	23	0.679225

CONTENIDO DE PIGMENTOS

Temporada	Sitio	Especie	C(x+c) (mg/g)	C(a+b) (mg/g)
SF	MER	BOJ	0.81 ± 0.41	5.55 ± 2
		CB	0.61 ± 0.34	4.54 ± 0.87
		FB	1.42 ± 0.56	9.88 ± 2.73
		PC	1.55 ± 0.66	10.07 ± 3.01
	UAM	BOJ	0.99 ± 0.33	6.48 ± 1.18
		CB	0.62 ± 0.15	4.51 ± 1.19
		FB	2.06 ± 1.11	12.73 ± 4.61
		PC	1.5 ± 1.04	10.27 ± 5.16
	BNC	BOJ	1.3 ± 0.33	6.87 ± 1.05
		CB	1.15 ± 0.42	6.09 ± 2.15
		FB	1.73 ± 0.57	8.74 ± 1.79
		PC	1.13 ± 0.15	6.91 ± 0.35
SC	MER	BOJ	0.73 ± 0.24	4.08 ± 1.37
		CB	0.62 ± 0.26	3.91 ± 1.24
		FB	1.21 ± 0.68	6.67 ± 2.91
		PC	1.05 ± 0.4	5.85 ± 1.53
	UAM	BOJ	0.58 ± 0.15	3.55 ± 0.73
		CB	0.57 ± 0.26	3.31 ± 0.98
		FB	1.67 ± 0.49	8.6 ± 2.09
		PC	0.44 ± 0.37	2.12 ± 1.74
	BNC	BOJ	0.44 ± 0	2.12 ± 0
		CB	0.44 ± 0	2.86 ± 0
		FB	1.45 ± 0	6.4 ± 0
		PC	0.97 ± 0	6.2 ± 0
LL	MER	BOJ	0.48 ± 0.22	3.29 ± 1.39
		CB	0.65 ± 0.19	4.12 ± 0.89
		FB	1.29 ± 0.29	7.45 ± 1.19
		PC	1.17 ± 0.17	7.26 ± 0.91
	UAM	BOJ	0.82 ± 0.13	5.53 ± 1.11
		CB	0.58 ± 0.21	3.78 ± 0.84
		FB	1.26 ± 0.36	8.02 ± 1.74
		PC	0.9 ± 0.43	5.86 ± 2.53
	BNC	BOJ	1.09 ± 0	6.98 ± 0
		CB	0.78 ± 0	4.42 ± 0
		FB	0.98 ± 0	4.93 ± 0
		PC	1.3 ± 0	10.06 ± 0

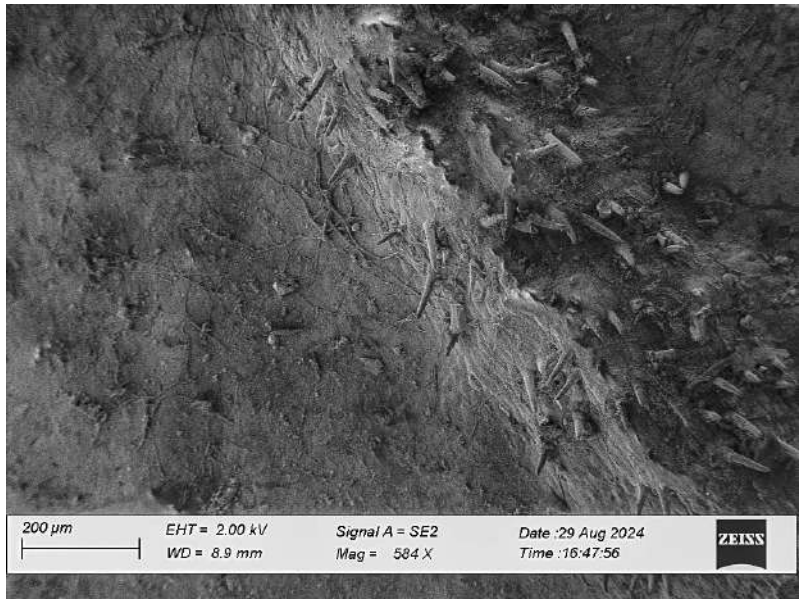
CAPACIDAD DE CAPTACIÓN

Capacidad de captación por hoja (mg/cm2)				
Temporada	Especie	MER	UAM	BNC
Seca-Fría	BOJ	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.02	0.002 ± 0
	CB	0.07 ± 0.05	0.03 ± 0.01	0.004 ± 0
	FB	0.12 ± 0.07	0.09 ± 0.07	0.002 ± 0
	PC	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.001 ± 0
Seca-Caliente	BOJ	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.004 ± 0
	CB	0.14 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0
	FB	0.13 ± 0.06	0.08 ± 0.07	0.03 ± 0
	PC	0.04 ± 0.03	0.11 ± 0.15	0.01 ± 0
Lluvia	BOJ	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.05	0.01 ± 0
	CB	0.11 ± 0.1	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0
	FB	0.06 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0
	PC	0.04 ± 0.03	0.11 ± 0.15	0.01 ± 0

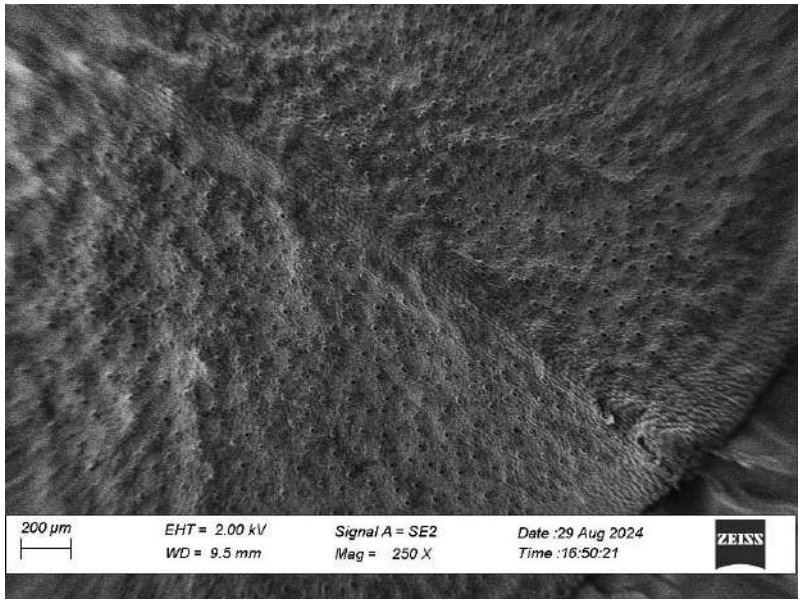
MORFOLOGÍA DE HOJAS- BOJ

TÉCNICA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

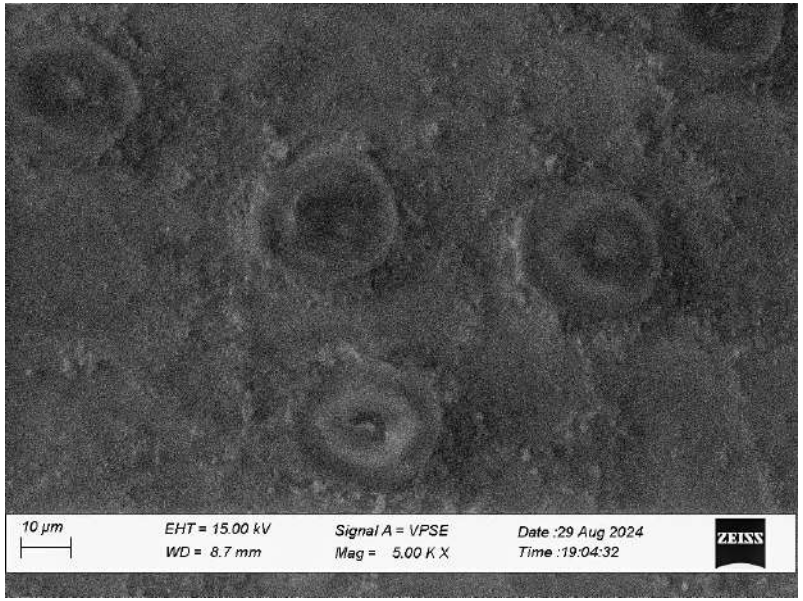
Microscopio Electrónico SUPRA 55 VP



Micrografía de tricomas de Boj con acercamiento de 200 µm



Micrografía de estomas de Boj con acercamiento de 200 µm

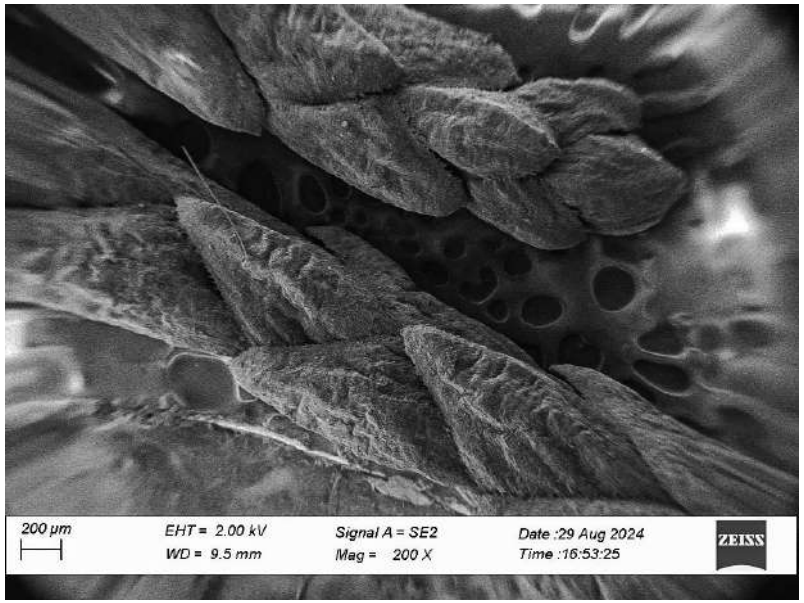


Micrografía de estomas de Boj con acercamiento de 10 µm

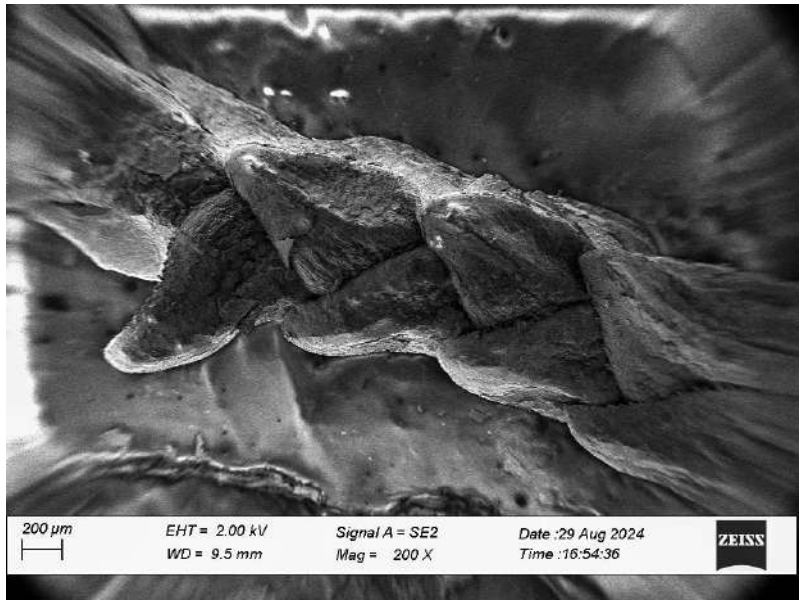
MORFOLOGÍA DE HOJAS- CEDRO B.

TÉCNICA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

Microscopio Electrónico SUPRA 55 VP



Micrografía de Cedro B. de sitio de referencia con acercamiento de 200 µm



Micrografía de Cedro B. de la Merced con acercamiento de 200 µm

Micrografía de Cedro B. de la Merced con acercamiento de 10 µm