

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/270451044>

Efecto de la precipitación en la distribución de insectos plaga y síntomas de enfermedades en el arbolado urbano de Bogotá

Conference Paper · June 2012

CITATION

1

READS

447

2 authors:



Raul Hernando Posada

University of Caldas

24 PUBLICATIONS 101 CITATIONS

SEE PROFILE



Carolina Ramos

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

24 PUBLICATIONS 65 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



ONTOGENIC EFFECT AND TOLERANCE TO ARSENIC IN *Alnus acuminata*: POTENTIAL FOR RECOVERING OF SOILS AFFECTED BY COAL MINING IN BOYACÁ (COLOMBIA) [View project](#)



Mushroom of the Florencia Forest [View project](#)

Efecto de la precipitación en la distribución de insectos plaga y síntomas de enfermedades en el arbolado urbano de Bogotá

Posada, Raúl Hernando y Ramos-Montaña, Carolina

Resumen

En Bogotá, desde hace cerca de 10 años se está llevando a cabo un programa de aforestación de la ciudad. *Croton bogotensis*, *Eugenia myrtifolia*, *Ficus platensis*, *Sambucus peruviana* y *Schinus molle*, empleadas en este programa están padeciendo frecuentes y severas afectaciones por plagas y enfermedades. Debido a que en ambientes citadinos son múltiples los factores naturales y antrópicos que pueden influenciar la presencia de éstos, se evaluó la relación entre la incidencia y severidad de signos de plagas y síntomas de enfermedades y el nivel de precipitación como uno de los posibles elementos ambientales más influyentes, variables y distribuidos en la ciudad.

Basados en los mapas de precipitación de Bogotá provistos por la secretaría distrital de ambiente y los mapas de distribución del arbolado del Jardín Botánico de Bogotá, se evaluó el estado sanitario de las especies mencionadas en sitios y zonas con rangos de precipitación entre 400 y 1200 mm/año. Se encontró rangos de precipitación más propicios (baja incidencia y severidad de plagas y enfermedades) para el sano crecimiento de las especies y rangos donde éstas son más afectadas. *Schinus molle* mostró ser poco susceptible a enfermedades foliares, la quemazón fue el síntoma más frecuente (>74%) y severo la mayoría de las especies, mientras la clorosis, las manchas y necrosis mostraron gran variación entre especies (3 a 90%). La incidencia y severidad en la presencia de cóccidos y agallas dependió de la especie vegetal, resaltándose la poca susceptibilidad de *S. peruviana* y la alta susceptibilidad de *S. molle*.

No se encontraron picos de severidad común para un mismo signo o síntoma en diferentes rangos de precipitación para todas las especies. Se concluye que es imposible realizar generalizaciones respecto a que la incidencia o severidad de plagas y/o enfermedades se asocien de una forma particular y específica con las condiciones de precipitación, por lo tanto los resultados deben ser analizados por especie vegetal. Los resultados de este estudio sirven como criterio para la toma de decisiones, en la selección de las ubicaciones más adecuadas para cada una de las especies de acuerdo a los rangos de precipitación.

Introducción

La complejidad de las interacciones en las ciudades ha propiciado el desarrollo de la ecología urbana (Collins et al. 2000); la cual aborda la incorporación de especies arbóreas al sistema urbano y su adaptación al entorno citadino, en donde adquiere importancia la fitopatología urbana (Runion 2003; Shochat et al. 2006).

Varios estudios muestran el efecto de la precipitación sobre la distribución de enfermedades (Guigón-López y Gonzales-Gonzales 2001; Evans et al. 2008; Ghini et al. 2008) y de insectos plaga (Buxton 1962; Franc 1998); en condiciones de campo se ha encontrado que ambientes con alto contenido de humedad son favorables para el desarrollo de hongos y bacterias (Franc 1998; Guigón-López y Gonzales-Gonzales 2001) patógenos, e intensifican el efecto de los insectos presentes (Petzoldt y Seaman 2006), efecto que podría observarse también en las ciudades. Aunado a lo anterior, plantas sometidas a un ambiente estresante son afectadas negativamente en su desarrollo, debilitando su respuesta ante agentes patógenos (Dhingra y Sinclair 1995), motivo por el cual muchas plantas introducidas en las ciudades son afectadas incluso por enfermedades e insectos plaga no presentes en condiciones naturales (Vurro et al. 2010).

Un enfoque ecosistémico en la fitopatología se basa en la comprensión de las interacciones entre el clima, los agentes causales, el organismo afectado (huésped) y su estado fisiológico (Franc 1998; Agrios 2007; Jeger y Pautasso 2008); siendo la aparición y severidad de enfermedades, producto de estas interacciones. Diferentes sectores de la ciudad de Bogotá tienen marcadas diferencias en los promedios de precipitación (Vargas et al. 2011), los cuales pueden ser lo

suficientemente amplios para que se diferencien en la manifestación de enfermedades; lo que crea una condición óptima para estudios de esta interacción.

En Bogotá, diferentes especies han sido empleadas para aforestar la ciudad, entre ellas se encuentran: *Croton bogotensis* Cuatrec, árbol atacado foliamente por *Nigrospora sphaerica* y *Phyllosticta* sp. (Posada 2006), pero sin reportes de afección por insectos; *Eugenia myrtifolia* Salisb. es afectada foliamente por hongos como *Cylindrocladium pauciramosum* (Polizzi et al. 2009) y por insectos como *Colombiacooccus paramororum* (Contraloría de Bogotá, 2005); *Ficus soatensis* D, planta muy resistente a la contaminación ambiental pero es atacada foliamente por hongos como *Fusarium acuminatum* y *F. oxysporum* (Posada 2006) y a nivel foliar, ramas y tallo ha mostrado presencia del insecto *Pseudococcus* sp. (Posada y Forigua 2008); *Sambucus peruviana* (L) usada medicinalmente y de la cual no se conocen patógenos o plagas que las afecten (Vallès et al. 2004; Urcini et al. 2005) y *Schinus molle* (L), usada medicinalmente (Schmidt et al. 2009) pero afectada a nivel de raíz por hongos y a nivel foliar por fitoplasmas (Arocha et al. 2010), e insectos como *Calophya schini* y *Saissetia oleae* (Avila-Olesen 2007).

Las especies arbóreas descritas presentan una amplia distribución en la ciudad y a pesar de que algunas no tienen reportados patógenos asociados, manifiestan sintomatologías de enfermedad y signos de plaga poco homogéneamente distribuidos, lo cual indica la necesidad de evaluar su estado sanitario con un enfoque ecosistémico.

En este estudio se hipotetiza que la precipitación estará asociada positivamente a: 1. la incidencia y severidad de enfermedades foliares, debido a que es una de las condiciones permisivas para el desarrollo de patógenos y, 2. la incidencia y severidad de insectos plaga debido a que altas precipitaciones promueven la intensificación o acumulación de insectos plaga.

Métodos

Basados en los listados de especies empleadas para aforestar Bogotá y, en los mapas de su distribución en la ciudad, facilitados por la subdirección técnica del Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis” (JBJCC) y a partir de los reportes de las especies con mayores síntomas de afectación por plagas y enfermedades a disposición de la subdirección científica del JBJCC, se selecciono a *C. bogotensis*, *E. myrtifolia*, *F. soatensis*, *S. peruviana* y *S. molle* como especies importantes a ser evaluadas por su abundancia, amplia distribución y mayor afectación por plagas y enfermedades en la ciudad.

Los mapas de distribución del arbolado y los de distribución de la precipitación de Bogotá para el 2006, facilitados por la Secretaría del Medio Ambiente de Bogotá, se superpusieron con el programa ArcView GIS 3.2 – 1999. De ahí se seleccionaron rutas y áreas de muestreo, de manera que se abarcaran todos los rangos de precipitación posibles. Los mapas de distribución de precipitación son proyecciones a partir de los datos obtenidos durante el 2006 de 15 estaciones de calidad del aire distribuidas en la ciudad y coordinadas por la Secretaría de Medio Ambiente.

Se realizaron 32 salidas de campo desde marzo de 2007 hasta abril de 2008, en cada recorrido se evaluaron todos los individuos de las especies seleccionadas en 4 criterios sanitarios para enfermedades foliares (quemazón, manchas, clorosis, necrosis) y dos criterios sanitarios para plagas (presencia de coccidos o cochinillas harinosas y de agallas o abultamientos puntuales de tejido de hojas y peciolas). La incidencia fue registrada como presencia o ausencia, mientras la severidad fue evaluada porcentualmente, mediante la evaluación perimétrica de la proporción de cada individuo con presencia del síntoma de enfermedad o del insecto-plaga evaluado.

La severidad de afectación se basa generalmente en escalas arbitrarias asignadas al porcentaje de afectación por especie vegetal y agente patógeno (Guigón-López y Gonzales-Gonzales 2001; Bernal et al. 2009; Flores et al. 2009), en este estudio se prefiere una escala sin juicios de valor, por lo tanto se obtuvieron para cada especie los valores porcentuales totales y por rango de precipitación. Para tener una valoración de la severidad total se acumularon los valores de los cuatro criterios de severidad de enfermedades y los dos de severidad de plagas para cada individuo y se agruparon por especie. Los valores acumulados de severidad de enfermedades y plagas para cada especie fueron proyectados sobre los mapas de precipitación con ayuda del

programa Arc-Map 9.0 (ESRI) – 2006, lo que permite visualizar la presencia de focos o zonas con mayor o menor afectación.

La incidencia fue calculada para cada criterio sanitario en cada especie como: número de individuos afectados / número de individuos totales; adicionalmente se realizó el mismo calculo con los individuos en cada rango de precipitación de 400 a 1200 mm en intervalos de 200 mm. La severidad fue calculada para cada criterio sanitario en cada especie como el promedio de los valores en campo \pm error estándar; se realizó el mismo calculo con los individuos en cada rango de precipitación. Adicionalmente se realizó la prueba de Kruskal - Wallis para diferenciar la severidad de cada signo o síntoma por especie arbórea entre los diferentes rangos de precipitación.

Resultados

Las más bajas incidencias de enfermedad las presentaron *C. bogotensis* con manchas y necrosis, *F. soatensis* con necrosis *S. molle* con manchas, clorosis y necrosis y *S. peruviana* con manchas. La necrosis y las manchas fueron los síntomas con menor distribución porcentual en las especies evaluadas. Con respecto las plagas solo *C. bogotensis* mostró una baja incidencia (Tabla 1).

Tabla 1: Incidencia de signos de plagas y síntomas de enfermedad (número de individuos y porcentaje) en cinco especies arbóreas y arbustivas ubicadas en la zona urbana de Bogotá.

	Especie vegetal				
	<i>C. bogotensis</i>	<i>E. myrtifolia</i>	<i>F. soatensis</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. molle</i>
Enfermedad					
Quemazón	101 (77%)	305 (78%)	170 (84%)	191 (76%)	115 (74%)
Manchas	16 (12%)	294 (75%)	52 (26%)	33 (13%)	18 (12%)
Clorosis	54 (41%)	181 (46%)	106 (52%)	227 (90%)	7 (5%)
Necrosis	3 (2%)	160 (41%)	33 (16%)	162 (65%)	9 (6%)
Plaga					
Agallas	74 (56%)	153 (39%)	69 (34%)	110 (44%)	45 (29%)
Coccidos	28 (21%)	211 (54%)	140 (69%)	70 (28%)	95 (61%)

Entre las enfermedades, los síntomas con mayor afectación fueron: en *C. bogotensis* la quemazón, en *E. myrtifolia* la quemazón, manchas y necrosis, en *F. soatensis* la quemazón y en *S. peruviana* la quemazón y clorosis. En el caso de *S. molle* los valores de afectación fueron considerablemente bajos. En cuanto a las enfermedades las menores severidades se presentaron en la presencia de agallas en *E. myrtifolia* y en la presencia de agallas y cóccidos en *S. peruviana* (Tabla 2).

Tabla 2: Severidad de signos de plagas y síntomas de enfermedad (promedio \pm error estándar) en cinco especies arbóreas y arbustivas ubicadas en la zona urbana de Bogotá.

	Especie vegetal				
	<i>C. bogotensis</i>	<i>E. myrtifolia</i>	<i>F. soatensis</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. molle</i>
Enfermedad					
Quemazón	7.47 \pm 0.98	11.81 \pm 0.72	5.76 \pm 0.70	8.61 \pm 0.77	3.74 \pm 0.55
Manchas	0.51 \pm 0.15	6.26 \pm 0.40	2.02 \pm 0.42	0.84 \pm 0.20	0.53 \pm 0.11
Clorosis	3.01 \pm 0.66	2.82 \pm 0.35	4.84 \pm 0.66	27.22 \pm 2.05	0.37 \pm 0.19
Necrosis	0.23 \pm 0.17	6.35 \pm 0.43	1.07 \pm 0.26	4.73 \pm 0.46	0.39 \pm 0.17
Plaga					
Agallas	7.89 \pm 1.56	4.17 \pm 0.39	5.18 \pm 1.00	4.40 \pm 0.61	6.10 \pm 1.56
Coccidos	6.20 \pm 1.60	12.72 \pm 0.85	16.36 \pm 1.69	3.43 \pm 0.65	25.23 \pm 2.58

La incidencia de quemazón ligeramente menor en *S. peruviana* entre 600 y 800 mm (Fig. 1G) y en *E. myrtifolia* con más de 1000 mm de precipitación (Fig. 1C). La incidencia de manchas en *C. bogotensis* fue ligeramente mayor en zonas con más de 1000 mm (Fig. 1A), en *E. myrtifolia* en

zonas con más de 600 mm (Fig. 1C), en *F. soatensis* se observó un leve pero continuo incremento con la precipitación (Fig. 1E) y en *S. peruviana* fue mayor entre 600 y 1000 mm (Fig. 1G). La incidencia de clorosis no mostró ninguna tendencia clara con respecto a la precipitación en ninguna especie. Finalmente la incidencia de necrosis solo mostró ser mayor en individuos de *S. peruviana* ubicadas en zonas con más de 800 mm (Fig. 1G).

La severidad de quemazón mostró una relación inversa con la precipitación en *C. bogotensis* (Fig. 1B), también fue mayor para individuos de *E. myrtifolia* entre 600 y 1000 mm (Fig. 1D); para individuos de *F. soatensis* entre 1000 y 1200 mm (Fig. 1F), y para individuos de *S. peruviana* entre 400 y 600 mm (Fig. 1H). La severidad de manchas fue homogénea en todos los rangos de precipitación para *C. bogotensis*, *F. soatensis* y *S. peruviana* (Fig. 1B, F, H) y ligeramente menor en individuos de *E. myrtifolia* entre 1000 y 1200 mm (Fig. 1D). La severidad de clorosis fue homogénea en todos los rangos de precipitación para *C. bogotensis* (Fig. 1B), mostró una relación inversa con la precipitación en individuos de *E. myrtifolia* (Fig. 1D), fueron menores en individuos de *F. soatensis* ubicados entre 600 y 800 mm (Fig. 1F) y finalmente fue menor en individuos de *S. peruviana* en rangos de precipitación mayores a 800 mm (Fig. 1H). Finalmente la severidad de necrosis fue homogéneamente baja en *C. bogotensis* y *S. peruviana* (Fig. 1B, H), mientras fue mayor en individuos de *E. myrtifolia* ubicados entre 600 y 1000 mm (Fig. 1D) y mostró una relación directa con la precipitación en *F. soatensis*, pero con valores bajos (Fig. 1F).

La incidencia de coccidos fue ligeramente inferior en individuos de *C. bogotensis* ubicados en zonas de menos de 600 mm (Fig. 2A), en individuos de *F. soatensis* entre 600 y 800 mm (Fig. 2E) y en individuos de *S. molle* entre 600 y 1000 mm (Fig. 2G), mientras en *E. myrtifolia* no mostró una tendencia clara (Fig. 2C). La incidencia de agallas fue mayor en individuos de *C. bogotensis* y *E. myrtifolia* entre 800 y 1000 mm (Fig. 2A, C), mientras para *F. soatensis* y *S. molle* fue relativamente uniforme en todos los rangos de precipitación (Fig. 2E, G).

La severidad de coccidos no siguió ninguna tendencia particular en ninguna de las especies, pero los patrones con la precipitación fueron completamente opuestos para *C. bogotensis* (Fig. 2B) y *S. molle* (Fig. 2H). En cuanto a la severidad de agallas, esta fue baja en *E. myrtifolia* y *F. soatensis* (Fig. 2D, F), sin una tendencia particular, mientras con *C. bogotensis* las mayores severidades se presentaron en individuos ubicados en zonas entre 800 y 1000 mm (Fig. 2B) y en *S. molle* en individuos ubicados en zonas con precipitaciones menores a 600 mm (Fig. 2H).

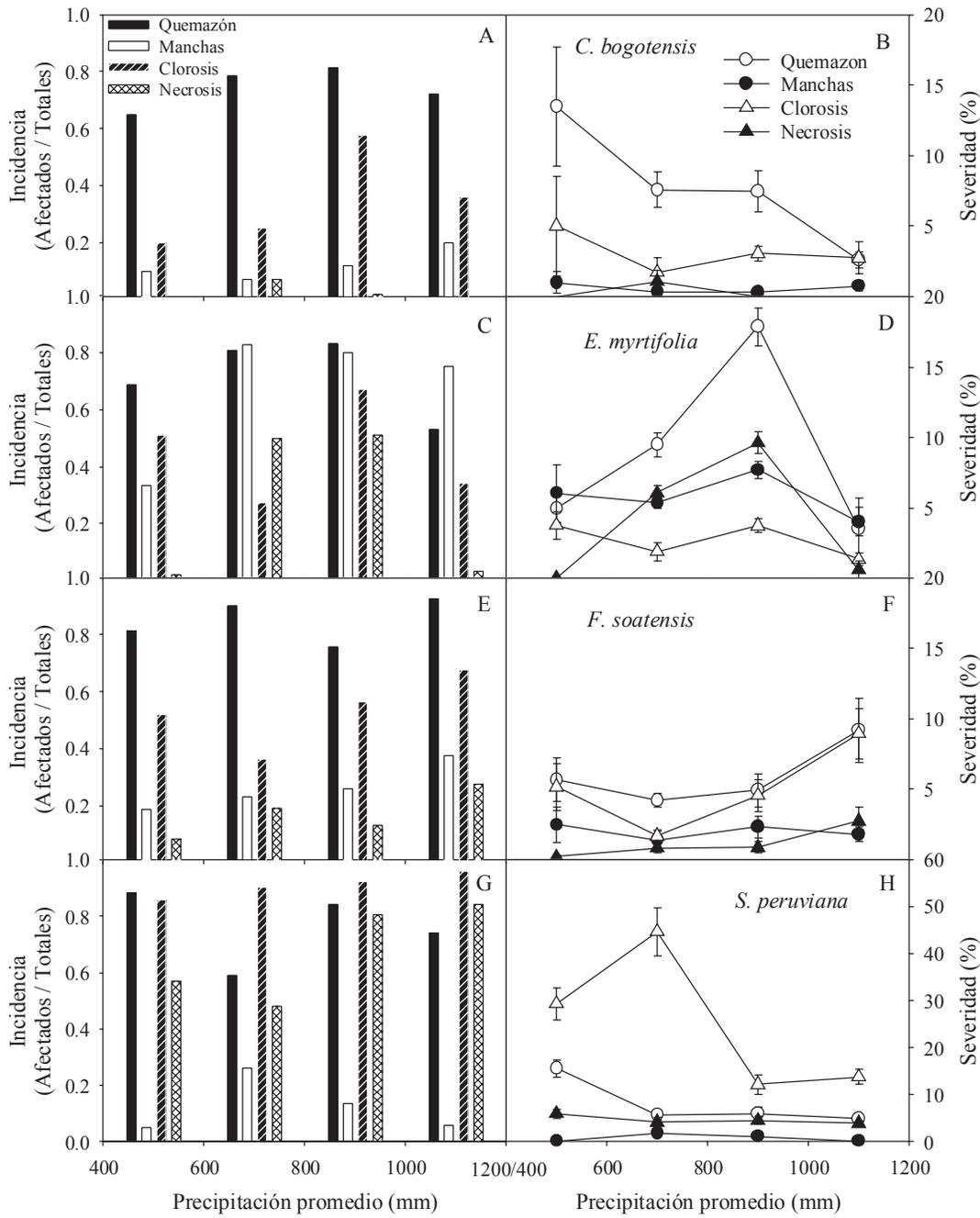


Figura 1: Incidencia (izquierda) y severidad (derecha) de síntomas de enfermedad en *C. bogotensis* (A, B), *E. myrtifolia* (C, D), *F. soatensis* (E, F) y *S. peruviana* (G, H), de acuerdo al rango de precipitación donde se encuentran ubicadas en la zona urbana de Bogotá.

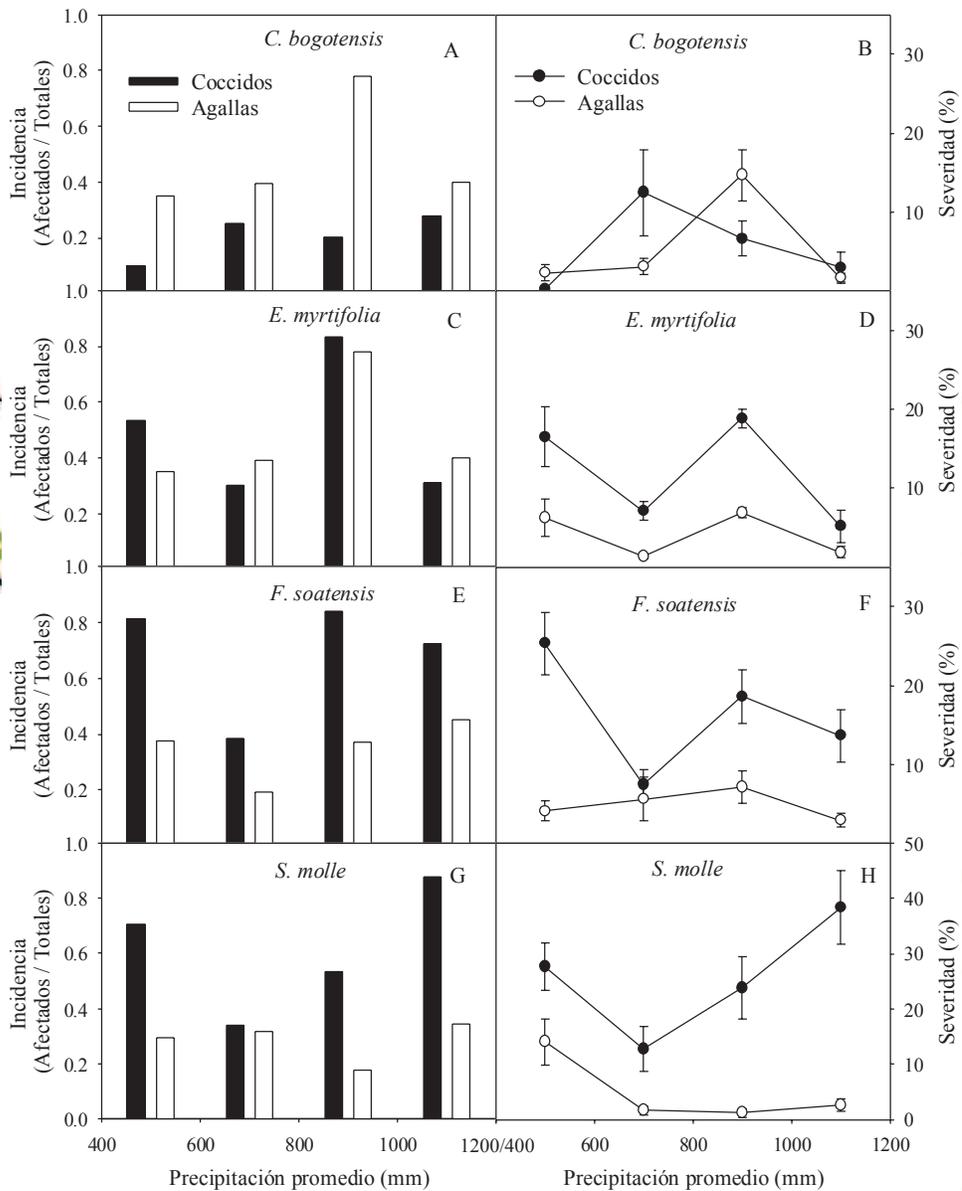
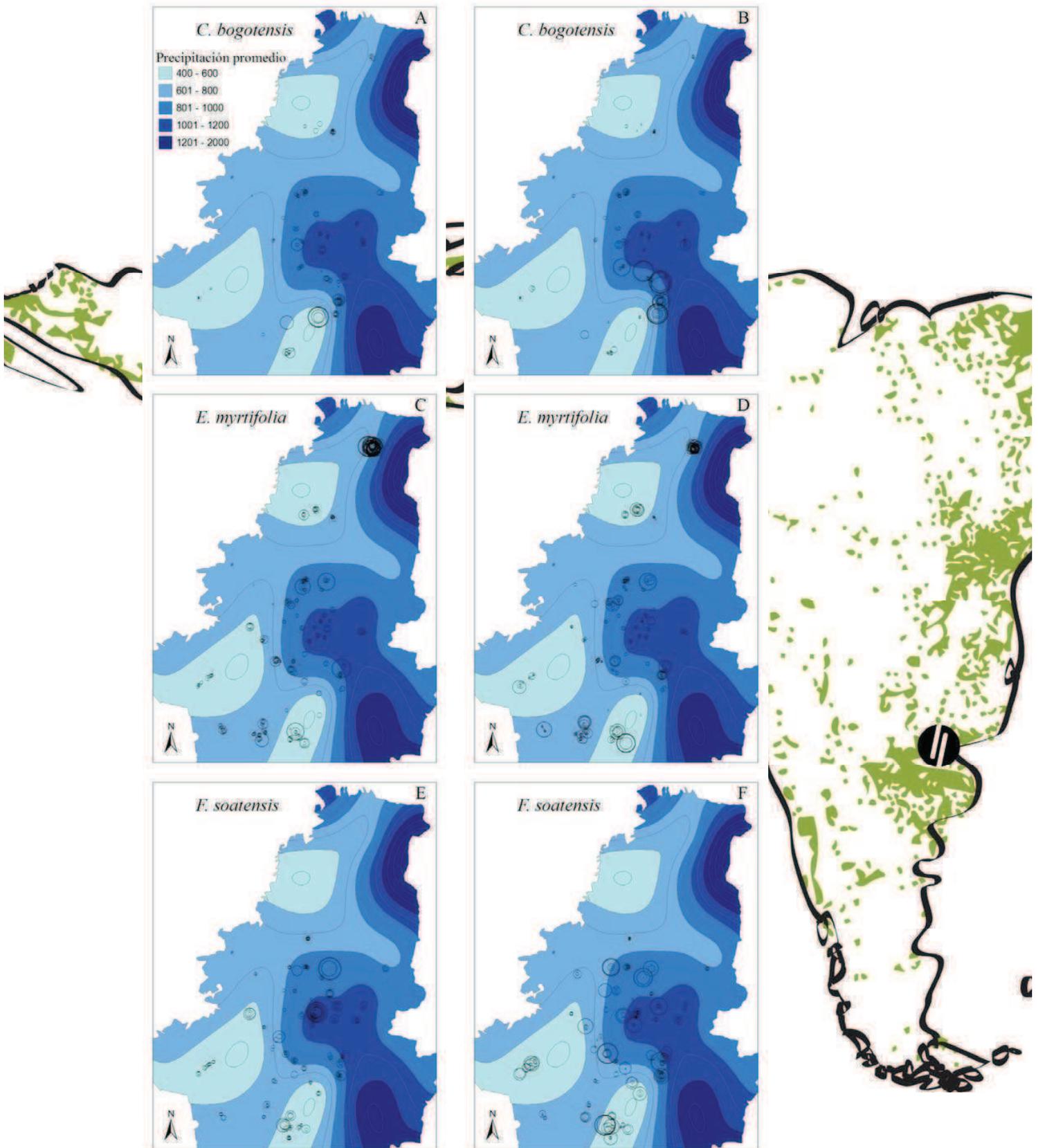


Figura 2: Incidencia (izquierda) y severidad (derecha) de signos de plagas en *C. bogotensis* (A, B), *E. myrtifolia* (C, D), *F. soatensis* (E, F) y *S. molle* (G, H), ubicadas en la zona urbana de Bogotá.

Las mayores severidades de enfermedades para *C. bogotensis* se centraron hacia la zona centro sur de la ciudad, mientras las plagas hacia la zona central entre 800 y 1000 mm, para *E. myrtifolia* la mayor severidad de plagas y enfermedades se encontró dispersa en zonas entre 600 y 1000 mm, para *F. soatensis* los individuos con alta severidad de plagas y enfermedades estuvieron distribuidos por toda la ciudad, con menor predominio en la zona entre 600 y 800 mm. En *S. peruviana* se encontraron altas afectaciones por enfermedades, distribuidas por la ciudad pero fueron poco frecuentes en zonas entre 800 y 1200 mm de precipitación, mientras la severidad de enfermedades fue baja en toda la ciudad. Para *S. molle* la severidad de enfermedades fue homogéneamente baja, mientras la de plagas fue mayor hacia la zona centro-sur de la ciudad.



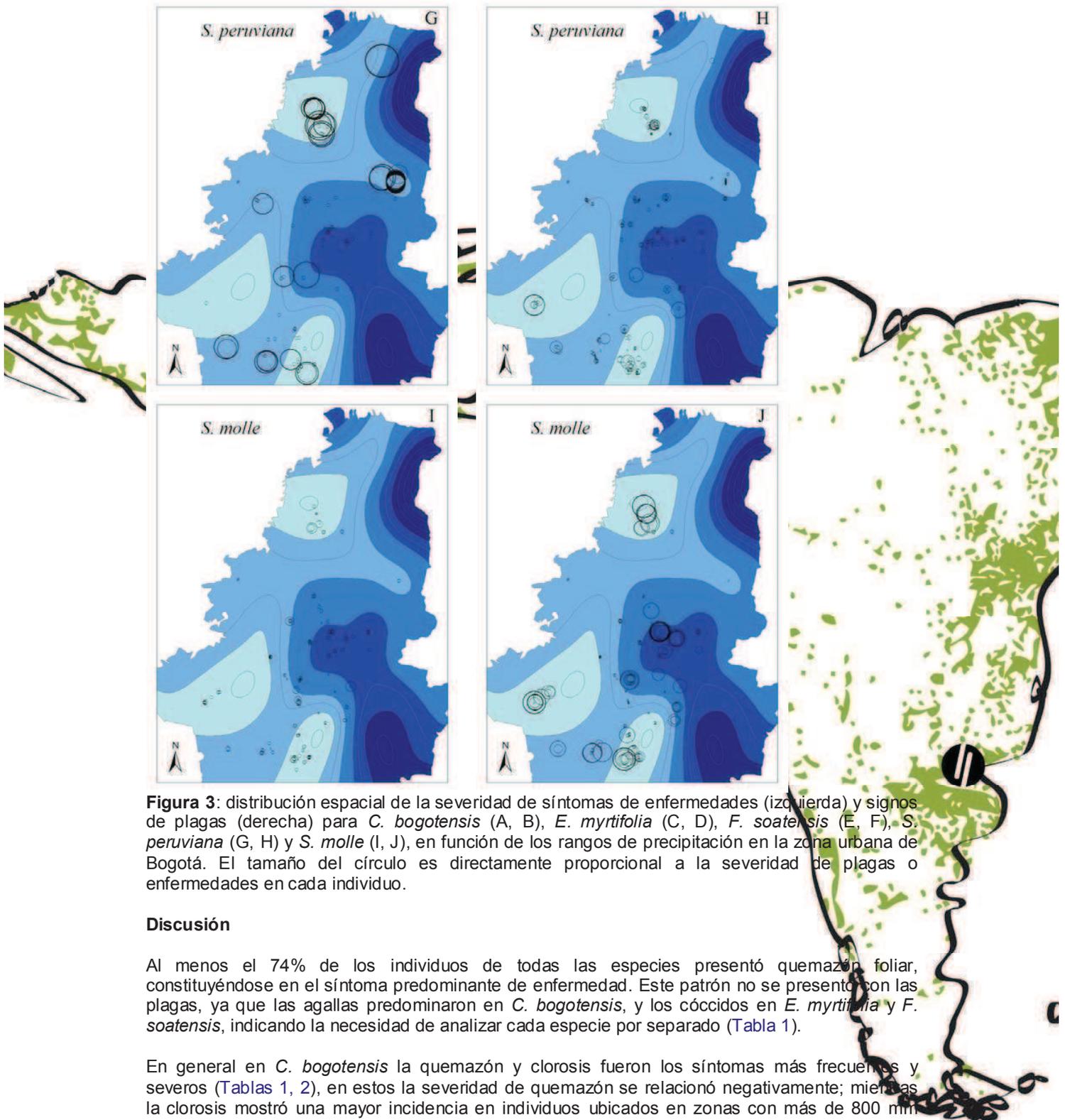


Figura 3: distribución espacial de la severidad de síntomas de enfermedades (izquierda) y signos de plagas (derecha) para *C. bogotensis* (A, B), *E. myrtifolia* (C, D), *F. soatensis* (E, F), *S. peruviana* (G, H) y *S. molle* (I, J), en función de los rangos de precipitación en la zona urbana de Bogotá. El tamaño del círculo es directamente proporcional a la severidad de plagas o enfermedades en cada individuo.

Discusión

Al menos el 74% de los individuos de todas las especies presentó quemazón foliar, constituyéndose en el síntoma predominante de enfermedad. Este patrón no se presentó con las plagas, ya que las agallas predominaron en *C. bogotensis*, y los cóccidos en *E. myrtifolia* y *F. soatensis*, indicando la necesidad de analizar cada especie por separado (Tabla 1).

En general en *C. bogotensis* la quemazón y clorosis fueron los síntomas más frecuentes y severos (Tablas 1, 2), en estos la severidad de quemazón se relacionó negativamente; mientras la clorosis mostró una mayor incidencia en individuos ubicados en zonas con más de 800 mm (Figs. 1A, B). Estos dos patrones indican una posible independencia entre la afectación (severidad e incidencia) y la susceptibilidad de *C. bogotensis* a enfermedades. Las mayores severidades de enfermedad hacia el sur no se limitan a algún rango de precipitación (Fig. 3A), indicando la ausencia de relación entre la susceptibilidad a enfermedades y el rango de precipitación en donde se encuentran los individuos de *C. bogotensis* en Bogotá.

En *C. bogotensis* la incidencia y severidad de cóccidos asemeja una curva gaussiana con el pico entre 600 y 800 mm y una clara asimetría hacia zonas de mayor precipitación (Figs. 2A, B). Por su parte, la mayor afectación (incidencia y severidad) por agallas se presentó en individuos ubicados entre 800 y 1000 mm, lo cual indicaría posibles condiciones óptimas para que las agallas se desarrollen en *C. bogotensis* (Figs. 2A, B). Sin embargo, el predominio de plagas se concentró hacia la zona centro-sur y no en los individuos hacia el centro-norte de la ciudad (Fig. 3B), indicando un posible efecto conjunto de la precipitación y algún otro factor más allá de los alcances de la presente investigación.

La incidencia >20% y severidad >5%, que mostró *E. myrtifolia* a la quemazón, manchas, clorosis y necrosis (Tablas 1, 2), junto a diferentes comportamientos de cada síntoma resaltan: zonas con un rango de precipitación entre 600 y 1000 mm parecen ser las menos óptimas, y zonas con precipitación mayor a 1000 mm las más apropiadas para un saludable desarrollo de *E. myrtifolia* (Figs. 1C, D). La distribución de la severidad de enfermedades confirma que los individuos ubicados en zonas >1000 mm son menos afectados por enfermedades (Fig. 3C).

Claramente los mayores valores de incidencia y severidad de cóccidos en *E. myrtifolia* se encontraron entre 800 y 1000 mm de precipitación (Figs. 2C, D), el cual corresponde con el de mayor susceptibilidad a enfermedades; al observar la distribución de la severidad de plagas se encuentra que las más altas severidades se encuentran dispersas en zonas con rangos de precipitación <1000 mm, confirmando la menor severidad de plagas en zonas con >1000 mm (Fig. 3D).

La quemazón, clorosis y manchas fueron los síntomas más frecuentes, de los cuales solo los dos primeros superaron el 5% de severidad (Tablas 1, 2). Los árboles de *F. soatensis* en zonas con precipitación entre 600 y 800 mm mostraron la menor incidencia de clorosis y las menores severidades de ambos síntomas, mientras las mayores correspondieron a árboles ubicados en zonas con más de 1000 mm (Figs. 2E, F). Lo anterior indica que zonas con más de 1000 mm de precipitación parecen ser desfavorables y entre 600 y 800 mm más favorables para el sano desarrollo de *F. soatensis*; el patrón de severidad confirma las relaciones mencionadas para *F. soatensis*, altas y/o medias severidades de enfermedad se encuentran en todos los rangos de precipitación, pero en las zonas con más de 1000 mm predominan las altas severidades y en zonas entre 600 y 800 mm las bajas (Fig. 3E).

Los árboles de *F. soatensis* ubicados en zonas con 600 - 800 mm de precipitación presentaron la menor afectación por cóccidos y agallas y la menor severidad de cóccidos (Figs. 3E, F), señalando a este rango de precipitación como el más propicio para el desarrollo de *F. soatensis*. La observación detallada de la distribución de la severidad de afectación por plagas confirma lo mencionado, excepto por algunos árboles ubicados en las zonas límite de los rangos de precipitación (Fig. 3F).

La quemazón y la clorosis fueron los síntomas más frecuentes y severos en *S. peruviana* (Tablas 1, 2), de estos, las mayores afectaciones se encuentran en individuos localizados en zonas con menos de 800 mm de precipitación (Figs. 2G, H); es posible *S. peruviana* en estas zonas sean más susceptibles a un severo desarrollo de enfermedades, debido a que esta especie requiere de un alto suministro de agua (de Rzedowski y Rzedowski 2005; Easdale et al. 2005). Esto es confirmado por la distribución de la severidad de enfermedades, donde las zonas con más alta precipitación presentaron pocos individuos afectados y con severidades en su mayoría bajas (Fig. 3G).

En *S. peruviana*, la severidad promedio de plagas inferior al 5% (Tabla 2), y su homogénea distribución espacial (Fig. 3H), hicieron que no fueran consideradas como importantes en esta especie y por tanto no fueron analizadas en detalle. Sin embargo es importante resaltar que las mayores severidades se encontraron hacia la zona centro-sur de la ciudad (Fig. 3H), por lo tanto algún factor de la zona debe hacer más susceptibles las plantas de *S. peruviana* al ataque por plagas.

Schinus molle mostró que la severidad de afectación por todos los síntomas de enfermedades fue menor al 5% (Tabla 2), lo cual es fácilmente observable en el mapa de distribución de severidad

(Fig. 3I). Este conjunto de indicadores muestra una baja susceptibilidad de *S. molle* a la afectación por enfermedades en cualquier rango de precipitación y coincide con la ausencia de reportes de patógenos foliares en *S. molle*, motivo por el cual no fue considerado para un análisis detallado.

Las menores incidencia y severidad de cóccidos y agallas sobre *S. molle* se encontraron en diferentes rangos de precipitación (Fig. 2G, H); esta independencia de la afectación sugiere una ausencia de relación entre la susceptibilidad de *S. molle* y el rango de precipitación y/o diferentes patrones de invasión y desarrollo de cóccidos y agallas sobre *S. molle*. Simultáneamente señala a *S. molle*, como una especie adecuada para aforestar zonas con precipitación entre 600 y 800 mm. Lo anterior es confirmado al observar la distribución de la severidad de plagas (Fig. 3J), excepto por algunos individuos al sur occidente de la ciudad, en los cuales otro factor puede estar determinando la alta severidad.

La ausencia de un solo pico generalizado en algún rango de precipitación para cada síntoma de enfermedad en todas las especies se puede deber a que este puede ser causado por diferentes patógenos en diferentes especies (Martínez y Pearce 2003); y estos patógenos pueden ser afectados diferencialmente por la precipitación (Franc 1998). Sin embargo, dentro de los síntomas evaluados, los patógenos que pueden causar un mismo síntoma, pertenecen a los mismos grupos biológicos (hongos o bacterias, Aguiar 2007) y son afectados en el mismo sentido por la precipitación, por lo tanto los diferentes picos existentes para un mismo síntoma no pueden ser explicados únicamente por diferentes patógenos.

La interacción patógeno-hospedero expresado a través de los síntomas de enfermedad depende en gran medida de la especie vegetal (Vivanco et al. 2005), de sus defensas naturales, de su estado nutricional, del grado de micorrización, del ambiente y del cambio climático (Madriz-Ordeñana 2002; Jeger y Pautasso 2008; Ramos-Montaño et al. 2010). En este sentido las condiciones de irrigación (dadas por la precipitación promedio) más adecuadas para cada especie, pueden estar asociadas a una menor susceptibilidad ante patógenos (Vurro et al. 2010); p. ej. *F. soatensis* (600 – 800mm) y *E. myrtifolia* (>1000 mm) y las condiciones de irrigación menos adecuadas con la mayor susceptibilidad; p. ej. *S. peruviana* (<800mm), *E. myrtifolia* (800 – 1000mm) y *F. soatensis* (>1000mm).

Las plagas pueden cambiar de hospedero en búsqueda de mejores condiciones para su crecimiento y reproducción (Cisneros 1995; Kondo et al. 2001; Solano et al. 2008), y pueden seleccionar uno o diferentes hospederos de acuerdo a la resistencia que puedan oponer a su presencia (Ghini et al. 2008). Al parecer algunas especies empleadas en la arborización presentan mayor susceptibilidad a plagas cuando crecen en zonas con rangos de precipitación específicos, p. ej. *C. bogotensis* (600 – 1000mm) y *E. myrtifolia* (800 – 1000mm); y menor susceptibilidad en otros, p. ej. *F. soatensis* y *S. molle* (600-800 mm) y *E. myrtifolia* (>1000mm). De manera que pueden seleccionar el hospedero adecuado de acuerdo a la intensidad de lluvias.

Solo *E. myrtifolia*, mostró un deterioro de la condición sanitaria general en un único rango de precipitación, al parecer zonas con 800 a 1000 mm de precipitación debilitan la especie y favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades en su follaje, posiblemente está relacionado con un poco adecuado suministro de agua (Ploetz et al. 2009) de acuerdo a los requerimientos óptimos de la especie en Bogotá (>1000mm). Por otro lado, *F. soatensis* a pesar de ser una especie de origen y condiciones similares a las de Bogotá (Vargas y Molina 2008; Instituto de Ciencias Naturales 2012), excelente a nivel urbano y resistente a la contaminación (Molina et al. 2005), manifiesta altos niveles de plagas y enfermedades; solo en zonas con precipitaciones (600 - 800 mm) inferiores de su rango óptimo reportado (1000 – 2000 mm, Sánchez 1985) mostraron ser las adecuadas para su sano desarrollo. Debe considerarse que esta condición sanitaria relacionada con la precipitación, es producto de múltiples factores adicionales a los evaluados en el presente trabajo.

Varios factores afectan la susceptibilidad de las plantas a ser afectados por patógenos, en especial en las ciudades donde existen múltiples estresores, entre ellos se encuentran el material particulado, gases tóxicos contaminantes de diferentes orígenes, altas temperaturas, espacio para las raíces, fertilización, entre otros (Bolund y Hunhammar 1999; Xiangdong et al. 2001); en este sentido hacia la zona centro sur de la ciudad, *C. bogotensis* y *S. peruviana*, son influenciados

por algún factor adicional a la precipitación, que contribuye a una mayor severidad en la afectación por plagas y/o enfermedades.

Es imposible generalizar que la incidencia o severidad de plagas y/o enfermedades se asocian de una forma particular y específica con las condiciones de precipitación. A pesar de la existencia de diferentes rangos de precipitación óptimos para el sano desarrollo de cada especie vegetal, estos dependen de cada especie vegetal, de las condiciones del entorno y de los patógenos o síntomas en estudio. Se requieren estudios complementarios, con el fin de dilucidar en cada especie vegetal, los factores que en las ciudades los hacen más susceptibles al efecto de plagas y enfermedades como sucede hacia la zona centro-sur de Bogotá.

Agradecimientos

Los autores queremos expresar nuestros agradecimientos al Jardín Botánico de Bogotá por apoyar las actividades de muestreo, mapas y logística; en especial a Claudia Córdoba por facilitar las actividades al interior del Jardín Botánico. También queremos agradecer a la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá por facilitarnos los shípes de la distribución de precipitación para el Distrito Capital para el 2006.

Bibliografía

- Agrios, G.N. (2007). Fitopatología. Limusa: Noriega Editores, 2007., México.
- Arocha, T., Plata, G., Franco, J., Maín, G., Veramendi, S., Lazcano, F., Crespo, J.L., Lino, V., Calderón, C., Llerena, R., Andrew, R., Antezana, O., Gutiérrez, A., Coca, M., Boa, E. (2010). First report of a 16SrIII phytoplasma (X-disease group) affecting bell pepper, strawberry (frutilla), *Schinus molle* and *Arracacia xanthorrhiza* in Cochabamba, Bolivia. *Plant Pathology*, 59:395-395.
- Avila-Olesen, G.A. (2007). Evaluación física y espacial de los principales problemas sanitarios del arbolado del parque metropolitano de Santiago - Chile. 71p.
- Bernal, A., Martínez, B., Infante, D. (2009). Método para evaluar la respuesta de genotipos de tomate inoculados con *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun y Crous en invernadero. *Revista de Protección Vegetal*, 24:102-105.
- Bolund, P., Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29:293-301.
- Buxton, P.A. (1962). Terrestrial insects and the humidity of the environment. *Biological Reviews*, 7:275-320.
- Cisneros, F. (1995). Control de plagas agrícolas. Lima, Perú.
- Collins, J.P., Kinzig, A., Grimm, N.B., Fagan, W.F., Hope, D., Wu, J., Borer, E.T. (2000). A new urban ecology. Modeling human communities as integral parts of ecosystems poses special problems for the development and testing of ecological theory. *American Scientist*, 88:416-425.
- Contraloría de Bogotá. (2005). Impacto de los proyectos de investigación desarrollados por el jardín botánico José Celestino Mutis. Plan anual de estudios - PAE 2005. Bogotá - Colombia.
- de Rzedowski, G.C., Rzedowski, J. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., Patzcuaro, Michoacán - México.
- Dhingra, O.D., Sinclair, J.B. (1995). Basic plant pathology methods. Lewis publishers.
- Easdale, T.A., Sabaté, S., Grau, A. (2005). Don't camp beside the river: structure and dynamics of Andean alder (*Alnus acuminata*) forests affected by river floods, northwestern Argentina. *Revista chilena de historia natural*, 78:711-722.
- Evans, N., Baiert, A., Semenov, M.A., Gladders, P., Fitt, B.D.L. (2008). Range and severity of a plant disease increased by global warming. *Journal of the Royal Society*, 5:525-31.
- Flores, T., Crespo, R., Cabezas, F. (2009). Plagas y enfermedades de plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.F) en la zona de Balzar, provincia de Guayas. *Ciencia y Tecnología*, 31:5-22.
- Franc, G.D. (1998). An introduction to plant pathology and plant disease management. Cooperative extension service. College of Agriculture. University of Wyoming., 25p.
- Ghini, R., Hamada, E., Bettiol, W. (2008). Climate change and plant diseases. *Scientia Agricola*, 65, 98-107.
- Guigón-López, C., Gonzales-Gonzales, P.A. (2001). Estudio regional de las enfermedades del Chile (*Capsicum annum*, L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de fitopatología*, 19:49-56.

- Instituto de Ciencias Naturales. (2012). *Ficus soatensis* Dugand - Moraceae. Online available may 22. (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=3890>).
- Jeger, M.J., Pautasso, M. (2008). Plant disease and global change - The importance of long-term data sets. *New Phytologist*, 177:8-11.
- Kondo, T., Esato, T., Kawai, S. (2001). *Phanacoccus madeirensis* Green (Hemiptera:Pseucocidae), a recently introduced exotic pest in Japan. *Bolletino di zoologia agraria e di bachicoltura, Ser II* – 3:337-341.
- Madriz-Ordeñana, K. (2002). Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. *Manejo Integrado de plagas*, 63:22-32.
- Martínez, A., Pearce, M. (2003). Top diseases and plant problems on turf and ornamentals in Georgia's landscapes in 2002. *CGIA Journal*, 14:1-6.
- Molina P., L.F., Sánchez, G.J., Mauricio, G.G. (2005). Guía de árboles de Bogotá. Departamento Administrativo del Medio Ambiente., Bogotá - Colombia.
- Petzoldt, C., Seaman, A. (2006). Climate change effects on insects and pathogens. 6-16.
- Ploetz, R.C., Pérez-Martínez, J.M., Palmateer, A., Tarnowski, T.L. (2009). Influence of temperature, light intensity, and isolate on the development of *Neofusicoccum parvum* – Induced dieback of *Eugenia, Syzygium paniculatum*. *Plant disease*, 93:804-808.
- Polizzi, G., Vitale, A., Aiello, D., Castello, I., Guarnaccia, V., Parlavecchio, G. (2009). First record of crown and root rot caused by *Cylindrocium pauciramosum* on Brush Cherry in Italy. *Plant disease*, 93:547.
- Posada, R.H. (2006). Hongos fitopatógenos de cuatro especies arbóreas en el contexto urbano. *Perez Arbelaezia*, 17:115-128.
- Posada, R.H., Forigua, L. (2008). Eficacia de dos hongos entomopatógenos para el control de *Pseudococcus* spp. *Perez Arbelaezia*, 19:139-149.
- Ramos, C., Posada, R.H., Ronderos, M.A., Penagos, G.A. (2010). Relación entre la asociación micorrízica con el estado fitosanitario en el arbolado urbano de Bogotá D.C., Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 15:245-258.
- Runion, G.B. (2003). Climate change and plant pathosystems – future disease prevention starts here. *New Phytologist*, 159:531-538.
- Schmidt, C., Fronza, M., Goettert, M., Geller, F., Luik, S., Flores, E.M., Bittencourt, C.F., Zanetti, G.D., Heinzmann, B.M., Laufer, S., Merfort, I. (2009). Biological studies on Brazilian plants used in wound healing. *Journal of Ethnopharmacology*, 122: 523-532.
- Shochat, E., Warren, P.S., Faeth, S.H., McIntyre, N.E., Hope, D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in ecology and evolution*, 21:186–191.
- Solano, D.A., Álvarez-Herrera, J.G., Rodríguez, J.A. (2008). Distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis*, vector de la leprosis de los cítricos en el cultivo de naranja Valencia (*Citrus sinensis*) en Yopal, Casanare (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 26:399-410.
- Sánchez, F. (1985). Contribución al conocimiento de *Ficus soatensis* D. en su medio natural y en condiciones artificiales. *Perez Arbelaezia*, 1:21-32.
- Uncini, R.E., Zaccaro, L., Tomei, P.E. (2005). Antiviral activity in vitro of *Urtica dioica* L., *Parietaria diffusa* M. et K. and *Sambucus nigra* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 98:323-327.
- Vallès, J., Àngels, M., Agelet, A. (2004). Ethnobotany of *Sambucus nigra* L. in Catalonia (Iberian Peninsula): The integral exploitation of a natural resource in mountain regions. *Economic Botany*, 58:456-469.
- Vargas, B., Molina, L.F. (2008). Árboles para Popayán. Especies que fortalecen la estructura ecológica principal. *Revista Nodo*, 2:55-69.
- Vargas, A., Santos, A., Cárdenas, E., Obregón, N. (2011). Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia. *Revista Dyna*, 167:151-159.
- Vivanco, J.M., Cosío, E., Loyola-Vargas, V.M., Flores, H.E. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y ciencia*, Febrero.
- Vurro, M., Bonciani, B., Vannacci, G. (2010). Emerging infectious diseases of crop plants in developing countries: impact on agriculture and socio-economic consequences. *Food Security*, 2:113-132.
- Xiangdong, L., Chi-sun, P., Pui Sum, L. (2001). Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied geochemistry*, 16:1361–1368.