



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Estimación del arbolado urbano en la Delegación Benito Juárez mediante Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

LUIS SAMAYOA NAVARRETE

Directora de Tesis: M. en C. Gabriela Gómez Rodríguez

Directora Interna: M. en C. María Beatriz Martínez Rosales



MÉXICO D.F.

SEPTIEMBRE, 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de ser parte de esta institución.

A la Carrera de Biología por el apoyo brindado durante toda la carrera.

Al Dr. Roberto Bonifaz por su invaluable enseñanza y conocimiento.

A la M. en C. Gabriela Gómez Rodríguez por todas las aportaciones y correcciones a esta tesis

A la M. en C. María Beatriz Martínez Rosales por sus consejos, revisiones y apoyo incondicional.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval por su apoyo en el manejo de los datos estadísticos.

Al M. en C. Manuel Rico Bernal, M. en C. David Nahum David y Biól. Genaro Montaña Arias por tiempo dedicado y valiosas aportaciones a este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres con todo el cariño y admiración.

A mis hermanas por el apoyo que siempre me han brindado.

A toda mi familia.

A mis amigos.

<u>1</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	3
<u>2</u>	<u>MARCO TEÓRICO</u>	5
<u>2.1</u>	<u>Beneficios del Arbolado Urbano</u>	5
<u>2.2</u>	<u>Sistemas de información geográfica (SIG)</u>	8
<u>2.3</u>	<u>Percepción remota (PR)</u>	10
<u>2.3.1</u>	<u>Índice de vegetación</u>	11
<u>2.4</u>	<u>Estructura de la vegetación</u>	15
<u>2.4.1</u>	<u>Dominancia</u>	15
<u>2.4.2</u>	<u>Abundancia relativa</u>	16
<u>2.4.3</u>	<u>Frecuencia</u>	16
<u>3</u>	<u>JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</u>	17
<u>3.1</u>	<u>Justificación</u>	17
<u>3.2</u>	<u>Objetivo General</u>	19
<u>3.3</u>	<u>Objetivos Específicos</u>	19
<u>4</u>	<u>MÉTODO</u>	20
<u>4.1</u>	<u>Área de estudio</u>	20
<u>4.2</u>	<u>Fase de campo</u>	23
<u>4.3</u>	<u>Fase de gabinete</u>	23
<u>4.3.1</u>	<u>Dominancia</u>	23
<u>4.3.2</u>	<u>Abundancia relativa</u>	24
<u>4.3.3</u>	<u>Frecuencia</u>	24
<u>4.3.4</u>	<u>Valor de importancia relativa</u>	25
<u>4.4</u>	<u>Fase de laboratorio</u>	25
<u>4.4.1</u>	<u>Procesamiento de la imagen satélite</u>	25
<u>4.4.2</u>	<u>Índice NDVI</u>	26
<u>5</u>	<u>RESULTADOS</u>	27
<u>5.1</u>	<u>Diversidad</u>	27
<u>5.2</u>	<u>Abundancia</u>	29
<u>5.2.1</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-1</u>	29
<u>5.2.2</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-2</u>	30
<u>5.2.3</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-3</u>	31
<u>5.2.4</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-4</u>	32
<u>5.2.5</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-5</u>	33
<u>5.3</u>	<u>Frecuencia</u>	34
<u>5.4</u>	<u>Dominancia</u>	37
<u>5.5</u>	<u>Valor de importancia relativa (VIR)</u>	40
<u>5.5.1</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-1</u>	40
<u>5.5.2</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-2</u>	41
<u>5.5.3</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-3</u>	41
<u>5.5.4</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-4</u>	42
<u>5.5.5</u>	<u>Coordinación Territorial BJ-5</u>	43
<u>5.6</u>	<u>NDVI</u>	43
<u>5.7</u>	<u>Firma espectral</u>	47
<u>6</u>	<u>DISCUSIÓN</u>	50
<u>7</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	52
<u>8</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	53
<u>9</u>	<u>LITERATURA CONSULTADA</u>	54

RESUMEN

Se realizó el censo del arbolado urbano en las calles y vialidades secundarias de la Delegación Benito Juárez, se registró una abundancia de 43,595 individuos, 98 especies 58 géneros y 36 familias.

La Delegación Benito Juárez, tiene una superficie territorial de 26,63 km², en el reporte sobre vías secundarias, se estimó un total de cobertura arbórea de 6.5 km² de los cuales 4.15 km² corresponden a las cuatro especies de mayor importancia relativa, cubriendo el total de áreas verdes de la demarcación con vegetación arbórea como lo afirma el Inventario de las áreas verdes del Distrito Federal (SMA 2003), contra 3.2 km² de superficie arbolada de los 33 parques y plazas con los que cuenta la Delegación (ALDF 2005).

Se encontró que son solamente cuatro las especies que por abundancia y densidad, dominan el comportamiento espectral del arbolado urbano de la Delegación Benito Juárez, por tal motivo, fueron éstas las que se emplearon para ser analizadas mediante el índice de vegetación normalizada (NDVI).

Las especies de mayor importancia relativa fueron *Ligustrum japonicum*, *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia* y *Ficus benjamina*, lo cual coincide con los resultados de otros muestreos realizados en la Delegación.

Las diferencias en las firmas espectrales de estas cuatro especies, no resultaron ser significativamente diferentes entre ellas, a diferencia de lo que sucede con otros sistemas vegetales, por ejemplo los agrícolas en donde, debido a la marcada diferencia en las firmas espectrales de los distintos estadios de desarrollo (crecimiento, floración, maduración, etc.), es fácil de emplearlos para diversos usos (Speranza y Zerda 2005).

1 INTRODUCCIÓN

Las necesidades crecientes de ofrecer un mejor servicio de dotación y mantenimiento de áreas verdes por parte de las delegaciones del Distrito Federal y de los municipios que integran la zona metropolitana del Valle de México, hace necesaria la investigación de la vegetación urbana; porque un bosque urbano bien administrado contribuye al sentimiento de propiedad y orgullo de la comunidad o ciudad (Ortega, 1990). Y propicia la creación de convenios con los propietarios de lotes baldíos o subutilizados para la creación de áreas verdes (APDF-2003).

Rowntree (1988) argumenta que las razones considerarlo bosque urbano y no sólo vegetación urbana se basa en la ciudad, aún siendo un ambiente antropogénico, funciona de manera muy similar a un ecosistema natural que es guiado por la mano del hombre (modificado intencionalmente o no), pero que no lo exenta de ser un ecosistema. Además el término está asociado con la práctica forestal, de la cual proviene y en muchas ciudades los árboles son visibles como la vegetación dominante; Sánchez de Muniain (Maraver, 1983) menciona que el bosque urbano es un paisaje cultivado y refleja la “colaboración entre el hombre y la naturaleza” y su cuidado es un modelo de preservación, que está a nuestro servicio de manera pero moderada e inteligentemente (Rowntree, 1988; Benavides, 1989 y Tornero y Ceballos, 1983).

Los elementos del Bosque Urbano se concentran en dos grandes elementos de éste se encuentran dos grandes componentes, las áreas verdes y el arbolado de alineación. Estos últimos van a ser dados principalmente por su formación de un eje único, recto y vertical, (Iguiniz 2007). En algunos casos el arbolado de alineación es el componente principal, al representar un aporte significativo de vegetación al ecosistema urbano. Contribuyendo de esta forma a mejorar las condiciones climáticas, ambientales, sanitarias y estéticas de la Ciudad de México (Segura, 1992).

1 MARCO TEÓRICO

Bosque urbano se refiere a aquella comunidad vegetal funcional, bien estructurada y delimitada, que se ubica y desarrolla en un contexto citadino como es la Ciudad de México a su vez, un inventario forestal urbano es un medio por el que se puede adquirir y retener información acerca de la composición y condición actual de los árboles para iniciar o mejorar los programas de manejo (González, 1984; Phillips, 1993).

1.1 BENEFICIOS DEL ARBOLADO URBANO

Desde el punto de vista ecológico, el arbolado urbano permite;

- Amortigua el golpe directo de la lluvia sobre el suelo,
- Infiltra y recarga los mantos freáticos y acuíferos,
- Evita la erosión del suelo,
- Retiene partículas de polvo,
- Ayuda al intercambio de gases al aprovechar el CO₂ presente en el aire para producir O₂, con lo que conlleva a la captura de carbono,
- Evita la pérdida de humedad y propicia ambientes con temperaturas agradables,
- Produce sombra al interceptar, absorber y reflejar la radiación solar,
- Disminuye la velocidad del viento con lo que se evitan tolvaneras al formar una cortina rompe vientos,
- Abate la presencia de ruido y proporcionan alimento y refugio a la flora y fauna urbana.

(Castaños, 1993; USDA, 1993).

Estos, caso son algunos de los más significativos servicios ambientales consignados en los diferentes instrumentos regulatorios en México, atribuidos a las masas forestales (Artículo 7° Fracción XXXVII de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable CDHCU (2008))

En la actualidad los árboles, arbustos y demás vegetación asociada que se encuentra dentro de las ciudades (parques, jardines, arbolado de alineación de calles y avenidas, entre otros) conforman lo que se denomina bosque urbano. “Estos espacios integran el ser y conocer humano de una época histórica determinada” (Miranda, 1997).

Existen diferentes tipos de inventarios para evaluar los árboles de las ciudades, los cuales se apegan a las condiciones locales y se incluyen sus posibles limitaciones (Hitching, 1981).

Los inventarios de arbolado urbano se clasifican según la complejidad, del tipo de datos que se registren, los procedimientos que utilizan, así como por el presupuesto y el tiempo de ejecución de dichos inventarios, el número de personas que se destinen para tal efecto y el objetivo preciso de su estudio (Smiley y Baker, 1988).

Los inventarios forestales pueden clasificarse en: periódicos, continuos, parciales y completos (Sacksteder y Gerhold, 1979; Smiley y Baker, 1988).

Los inventarios totales son comúnmente de carácter continuo, se actualizan con cierta frecuencia y con ello se obtienen datos de la ubicación específica de los árboles. En este caso, se analiza cada árbol y se mantiene el registro de él durante el transcurso de su vida. Este tipo de inventario es el más útil para propósitos de manejo y mantenimiento. (Hitching, 1981; Sacksteder y Gerhold, 1979; González, 1983)

Es el concepto de estructura del bosque urbano, una serie de atributos que son conformados por la frecuencia de las especies, dominancia y diversidad, que construyen las variaciones que posee cada lugar. Esta macroestructura (patrón general en las calles y propiedades del bosque urbano) es una colección de islas grandes y pequeñas teniendo de por medio un

largo límite, éste concepto proviene de los estudios ecológicos dimensionando el hábitat de la vida silvestre (Rowntree, 1988).

Estudios previos

Los esfuerzos para conocer la superficie, el número de árboles y estado fitosanitario en la Ciudad de México datan desde 1954 (G.D.F., 2000), Se han realizado muestreos en las 16 delegaciones del Distrito Federal, para evaluar la distribución abundancia, diversidad y estado fitosanitario, Cavazos (1997) registró 53 especies distintas de árboles en los bosques urbanos de la ciudad de México. Por su parte la Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA) ha realizado estudios desde el 2001 efectuando censos parciales en algunos parques del distrito federal

En los años 90 se efectúan diversos estudios que incluyen la realización de inventarios del arbolado urbano de alineación, contribuyendo al conocimiento de la composición de especies y la condición fitosanitaria (Calderon, 2003) Estos inventarios se obtuvieron atreves de muestreos y todos ellos se realizaron en las 16 delegaciones del Distrito Federal entre los que se encuentran; Segura (1992) en Iztacalco e Iztapalapa, Villalón (1992) en Venustiano Carranza, Millán (1993) en Cuajimalpa de Morelos y Miguel Hidalgo, Ramírez (1993) en Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, Falcón (1994) en Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, Quiroz (1994) en Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco, Valdez (1995) en Benito Juárez y Cuauhtémoc.

1.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Existen tantas definiciones de SIG como autores de libros y artículos existen en la materia, cada cual genera la suya desde su perspectiva y el uso que le este dando al sistema agregando o quitando elementos de los enunciados originales con la finalidad de innovar en su campo de conocimiento, pero esto ha causado que una definición universal que describa que es un SIG no exista; El término “Sistemas de Información Geográfica” (SIG) fue acuñado originalmente por el geógrafo Roger Tomlinson en 1963 por lo que se llega a este concepto como una herramienta de análisis espacial para resolver problemas por medio de modelos que permiten encontrar patrones y entender cuáles son los eventos que dan origen a los fenómenos que se estudian (Quintero 2009).

Los SIG son una serie de elementos que manejan una base de datos los cuales son principalmente de naturaleza espacial o que pueden ser indexados u organizados a partir de un listado de referencias para ser manejados espacialmente, además de ser un sistema computarizado, diseñado para una entrada, almacenamiento, representación, manejo y análisis de grandes volúmenes de datos referenciados espacialmente (López 2005).

Los SIG son una poderosa herramienta que permite elaborar y actualizar la cartografía forestal con base en fotografías aéreas, ubicar las diferentes áreas de corta y marcar los tratamientos efectuados, además de generar modelos del método de manejo forestal practicado así como predecir las tendencias o los escenarios futuros (Rosete y Bocco, 2003)

El concepto de SIG, aportado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS: U.S. Geological Survey) “sistema informático capaz de relacionar, almacenar, manipular y mostrar información referenciada geográficamente” (USGS 2008).

En los últimos años los SIG han resultado fundamentales en la gestión relacionada con el arbolado urbano. En Madrid, España los sistemas de apoyo a la Gestión de Servicios Urbanos, basados en Software libre (Web de Apoyo a la campaña “Un alcorque un árbol”) del ayuntamiento de Madrid, ya que procesan de forma clara y precisa datos provenientes de los censos que se han realizado (García 1998).

Otro ejemplo es Colombia donde también se han realizado este tipo de estudios, en Bogotá, se llevó a cabo el llamado “Censo del Arbolado Urbano del D.C, Plan Local de Arborización Urbana (PLAU)” que requirió de dos años para concluir el registro en cuatro localidades.

En Argentina existe un Sistema de Información Geográfico llamado ArbSys el cual es un sistema de Administración de Arbolado Urbano, similar a los antes mencionados; tiene como principal objetivo integrar bases de datos para realizar análisis de las condiciones en las que se encuentra el arbolado. Utiliza la plataforma de ESRI y vincula su base de datos ocupando el módulo de ArcObjects mediante Visual Basic.

En México, CentroGeo (SEP-CONACYT, 2003) realizó un mapa de áreas verdes urbanas para el Distrito Federal, en el cual se utilizan herramientas de percepción remota (imágenes de satélite) para cuantificar la superficie total del arbolado y pastos por Delegación. Sin embargo, sólo muestran distribución y cobertura, no incluyen mayor información, limitando considerablemente su utilidad.

De manera paralela, la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA) en 2003 concluyó el inventario de áreas verdes del D. F. el cual está integrado en un Sistema de Información Geográfica-Ecológico-Ambiental, donde son expresados los resultados de la cobertura vegetal (km^2), porcentajes de área verde y metros cuadrados de área verde por habitante, por mencionar sólo algunos indicadores delegacionales. Esta información resulta importante para implementar una nueva política de áreas verdes.

1.3 PERCEPCIÓN REMOTA (PR)

Percepción remota se define como aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que se lleve a cabo esta observación remota es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción. Los elementos básicos que componen este sistema de percepción remota son: sensor, objeto observado y flujo energético.

Su inicio se remonta al año 1859, cuando se toman las primeras fotografías aéreas desde un globo. Durante la primera Guerra Mundial, J.T.C. Moore en 1915, desarrolló la primera cámara aérea y desde entonces se perfeccionan las técnicas de adquisición de imágenes como la fotografía aérea.

El desarrollo y mejoramiento de las cámaras de reconocimiento y películas en infrarrojo, durante la segunda Guerra Mundial, así como diversos sensores. Creados con objetivos militares, que actualmente se extienden a las aplicaciones civiles, investigación científica y de los recursos naturales.

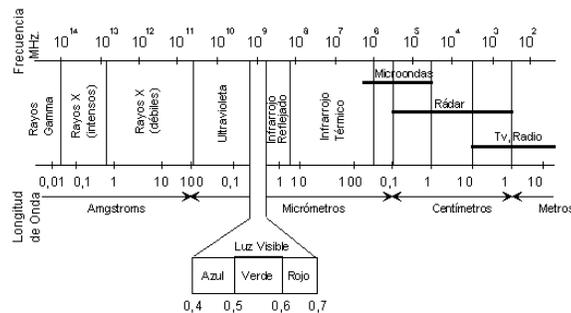
Podemos definir cualquier tipo de energía radiante en función de su longitud de onda o frecuencia. Aunque la sucesión de valores de longitud de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas en donde la radiación electromagnética manifiestan un comportamiento similar. La organización de estas bandas de longitud de onda o frecuencias se denomina espectro electromagnético (FIGURA 1 **ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**).

En el área de la percepción remota o teledetección, es importante mencionar una serie de bandas espectrales, que son las más frecuentes empleadas con la tecnología actual. Su denominación y amplitud varían según los autores que se consulten, los más comunes son los siguientes:

- Espectro Visible (0.4 a 07 μ m). Se denomina de esta manera debido a que es la única forma de las ondas electromagnéticas que el ojo humano puede detectar, se produce mediante la reorganización de los electrones en los átomos y moléculas, sus

diversas longitudes de onda que corresponden a los diferentes colores van desde el violeta ($\lambda \approx 0,4 \mu\text{m}$) hasta el rojo ($\lambda \approx 0,7 \mu\text{m}$) (Raymon y Serway, 2005).

- Infrarrojo Cercano (IRC, $0,7-1,3 \mu\text{m}$). También se denomina infrarrojo próximo, reflejado o fotográfico, puesto que parte de él puede detectarse a partir de películas dotadas de emulsiones especiales. Su especial importancia resulta de la capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad. (Chuvienco, 2006).



fuelle: (Chuvienco, 2006).

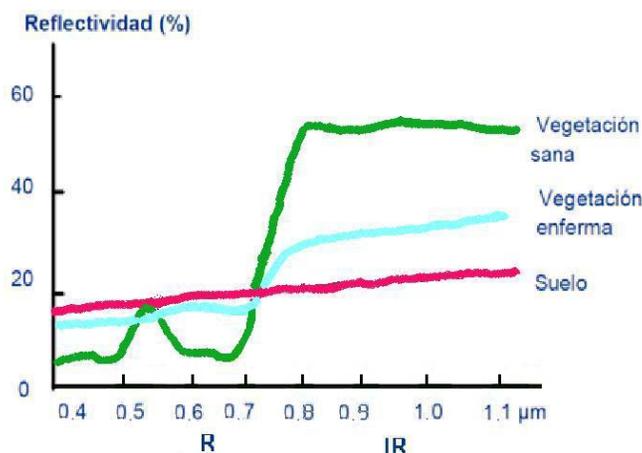
FIGURA 1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

1.3.1 Índice de vegetación

El cálculo de índices es una técnica de uso habitual en PR y comúnmente utilizada para mejorar la discriminación entre dos cubiertas que presenten un comportamiento reflectivo muy distinto en dos o más bandas, por ejemplo para realzar suelos y vegetación en el visible e infrarrojo cercano, y para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas (Chuvienco, 2008).

El empleo de los índices de vegetación para discriminar masas forestales se deriva del particular comportamiento radiométrico de la vegetación ya que cuando esta se encuentra sana (ver FIGURA 2 RESPUESTA ESPECTRAL) se muestra el contraste entre las bandas visibles y especialmente la banda roja ($0,6$ a $0,7 \mu\text{m}$) y el infrarrojo cercano ($0,7$ a $1,1 \mu\text{m}$), mientras que en la región visible los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias apenas afectan al infrarrojo cercano.

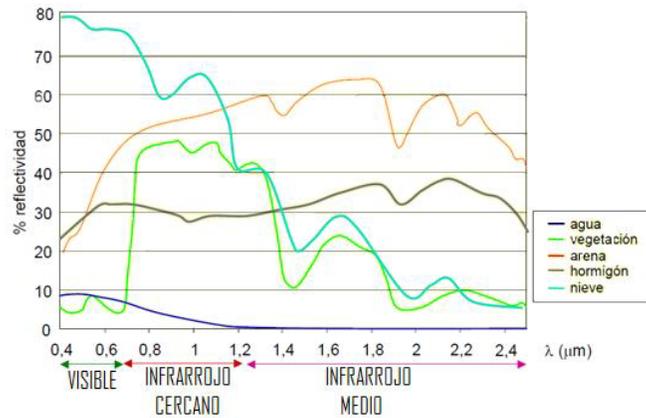
Por esta razón, se produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda roja del espectro y la del infrarrojo cercano, lo que permite separar, con relativa claridad la vegetación sana de otras cubiertas como se muestra en la (FIGURA 1 **COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN**). Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés (por ejemplo, plagas o sequías) (FIGURA 3 NDVI), su reflectividad se observara muy por debajo en el infrarrojo cercano, aumentando en el rojo, con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor. Cuando mayor sea el contraste entre las reflectividades de la banda infrarroja y roja, mayor vigor vegetal presentara la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican una vegetación enferma o senescente, hasta llegar a cubiertas sin vegetación, que ofrecen un contraste muy pequeño (Chuvieco 2008).



Fuente: (Chuvieco 2008).

FIGURA 1 COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN

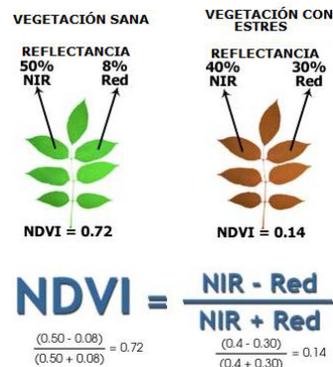
La principal ventaja que ofrece el uso, de índices de vegetación es la reducción de información recogida proveniente de las bandas originales de la imagen integrándola en una única banda correlacionada con parámetros agronómicos reduciendo la cantidad de datos espectrales a tratar. El NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Rouse, *et al.*, 1974), proporciona registros cualitativos de densidad de cobertura vegetal (FÓRMULA 1), realza el contraste entre vegetación y suelo/roca, ver (Figura 1 **FIGURA 1 COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN**) mientras que compensa diferencias en iluminación solar. Los valores de NDVI varían de -1 a +1.



Fuente: <http://www.scanterra.com.ar>

FIGURA 2 RESPUESTA ESPECTRAL

EL NDVI decrece como resultado de la deficiencia de agua en la vegetación, cultivos, bosques etc., debido a la variabilidad climática (diferencia latitudinal o altitudinal) o temporalmente (debido a la deficiencia por sequía (estacionalidad), (FIGURA 1 **COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN**)). Las tasas de evapotranspiración actual reemplazan a las tasas de evapotranspiración potencial., Esto conduce a una reducción en la actividad fotosintética y a un incremento de la reflectancia en el rojo y por tanto, a un decremento en el NDVI (Figura 3NDVI) (Volante, 2003).



Fuente: <http://www.odis.ca/images/NDVI.jpg>

FIGURA 3 NDVI

FÓRMULA 1 ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI)

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo cercano} + \text{Rojo}}$$

FÓRMULA 2 ARREGLO DEL NÚMERO DE BANDAS SPOT.

$$NDVI = \frac{B3 \text{ (Infrarrojo Cercano } 0,78 - 0,89 \mu\text{m}) - B2 \text{ (rojo: } 0,61 - 0,68 \mu\text{m})}{B3 \text{ (Infrarrojo Cercano } 0,78 - 0,89 \mu\text{m}) + B2 \text{ (rojo: } 0,61 - 0,68 \mu\text{m})}$$

1.4 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

El concepto de “estructura” en el bosque urbano se da por sus atributos como frecuencia de las especies, dominancia y diversidad, que contribuyen a construir las variaciones que posee cada lugar.

El arreglo integral entre el patrón general en las calles y de los atributos del bosque urbano, como una colección de islas grandes y pequeñas teniendo de por medio áreas físicas, constituye el concepto global de macroestructura. El término macroestructura proviene de los estudios ecológicos dimensionando el hábitat de la vida silvestre (Rowntree, 1988).

La función por su parte, es la dinámica de operación del bosque entre los procesos bioquímicos entre los miembros individuales de la flora y la fauna forestal y entre el bosque y su ambiente (Rowntree, 1988). En este contexto, es necesario integrar los criterios de dominancia, frecuencia y abundancia.

1.4.1 Dominancia

Las especies dominantes son aquellas altamente exitosas en sus relaciones ecológicas con el ambiente y con otras especies, determinan las condiciones bajo las cuales las especies asociadas crecerán (Margalef 1998).

1.4.2 **Abundancia**

Es la proporción relativa de las diferentes especies de la comunidad (Krebs, 1985). Determina en número o biomasa, la importancia o contribución de las diferentes especies representadas en la comunidad, con relación al total. Cuando este factor de abundancia, se asocia al concepto de espacio, a menudo se denomina densidad.

1.4.3 **Frecuencia**

La determinación de la frecuencia, que a menudo es necesaria en el área de muestreo para corroborar impresiones generales de los valores relativos de las especies en un área. Regularmente es equivalente en estadística al concepto de abundancia, no obstante en este trabajo, se define como un estadístico adicional, para relacionar la frecuencia o reiteración de fenómenos asociados, como presencia o ausencia en el registro de ciertos fenómenos.

1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1 JUSTIFICACIÓN

Históricamente, el manejo del arbolado en la Ciudad de México, no ha sido integral ni planificado. Aunque, los gobiernos municipales y estatales de la zona metropolitana del Valle de México se han preocupado por la producción de especies ecológicamente apropiadas para cada región; simultáneamente se ha fomentado la participación de las comunidades en la plantación y el cuidado de los árboles, sobre todo en las áreas de conservación ecológica. Sin embargo, el impacto real de éstos programas no ha sido evaluado; además, la práctica cotidiana de podas mal realizadas y la deficiente plantación reducen su eficiencia (Rodríguez y Cohen 2003), al tiempo que incluso llegan a promover riesgos a los transeúntes, sus propiedades o al mobiliario y equipamiento urbano.

En el 2004, la Ley Ambiental del Distrito Federal presentó una importante evolución en materia de regulación, fomento y política pública de áreas verdes urbanas. En este contexto “El plan verde” es un instrumento que contiene estrategias y acciones encaminadas a la sustentabilidad en la Ciudad de México, con la participación de todas las dependencias del D.F. en temas de suelo, conservación, agua, aire, residuos, energía, habitad y cambio climático; con una visión transversal e integrativa que unifica criterios técnicos y participación ciudadana, asesorada por expertos en la materia.

El Gobierno del D.F. en conjunto con la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Distrito Federal, contempla el instrumento de Inventario General de las Áreas Verdes del D. F., para cada entidad Delegacional. Asimismo, “Área Verde” está definida como “toda superficie cubierta de vegetación, natural o inducida que se localice en el D.F.” (Art. 5° de la Ley Ambiental del Distrito Federal (ALDF, 2000).

Este mismo instrumento legislativo en su Art. 88 BIS 4, establece que la Secretaría efectúa dicho inventario, con la finalidad de conocer, proteger y preservar las áreas verdes; y proponer a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, como a las delegaciones, el incremento en zonas donde se requiera; el cual deberá contener la ubicación y superficie, los tipos de área verde, las especies de flora y fauna que la conforman, además de las zonas en las cuales se considera establecer nuevas áreas (G.D.F. 2000) Las delegaciones

realizarán el inventario de áreas verdes en los términos establecidos y lo harán del conocimiento de la SMA, para integrarlo al inventario general, proporcionando anualmente las actualizaciones para elaborar el “Sistema de Información Ambiental del Distrito Federal”.

Sin embargo, el trabajo aislado y desintegrado, así como la falta de censos en el arbolado urbano repercute en los programas de reforestación y mantenimiento efectivo y eficiente de estas áreas y a su vez, impide que se realicen de manera adecuada, obras de mantenimiento como son: poda, derribo de arbolado, aclareo, así como vigilancia del estado fitosanitario. Estas carencias repercuten en la planeación de la reforestación y por lo tanto en los tiempos y recursos necesarios. La importancia de conocer el Estado Fitosanitario (EF) del arbolado urbano radica en la calidad de los servicios ambientales que estos proveen.

Las características de la reflectancia en las plantas se ven modificadas de acuerdo a su estado fitosanitario, es visiblemente determinable con herramientas de Percepción Remota (PR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este tipo de estudios, están condicionados a los tiempos de los programas delegacionales (tres años), por lo cual suelen presentar desfase con otros proyectos relacionados debido a los alcances de ejecución que requieren plazos superiores a los periodos gubernamentales, obviamente sin considerar los aspectos políticos que empañan siempre las gestiones de los diferentes gobiernos en turno.

Ante estas circunstancias, la importancia de implementar y validar metodologías que faciliten la obtención, cuantificación y valoración de estos datos para desarrollar medidas de implementación y mantenimiento adecuado.

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Conocer la estructura del arbolado de la Delegación Benito Juárez.
- Identificar las características espectrales del arbolado registrado en la Delegación Benito Juárez.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el listado de las especies arbóreas presentes en el censo realizado en la Delegación Benito Juárez.
- Calificar la importancia de las diferentes especies registradas en la Delegación Benito Juárez.
- Generar el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para el arbolado urbano registrado en la Delegación Benito Juárez.
- Identificar y analizar las firmas espectrales de las especies más importantes para la Delegación.
- Integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) con los datos obtenidos en la Delegación Benito Juárez.

1 MÉTODO

1.1 ÁREA DE ESTUDIO.

La Delegación Benito Juárez, es una de las 16 divisiones políticas y administrativas en que se divide el Distrito Federal. Fue instituida a principios de los años 40's, pero tomó sus límites territoriales actuales el 29 de diciembre de 1970. Se ubica en el centro de la zona urbana del Distrito Federal, lo que le confiere una función estratégica dentro de la estructura de la Ciudad. Su ubicación se representa esquemáticamente en la Figura FIGURA 44.

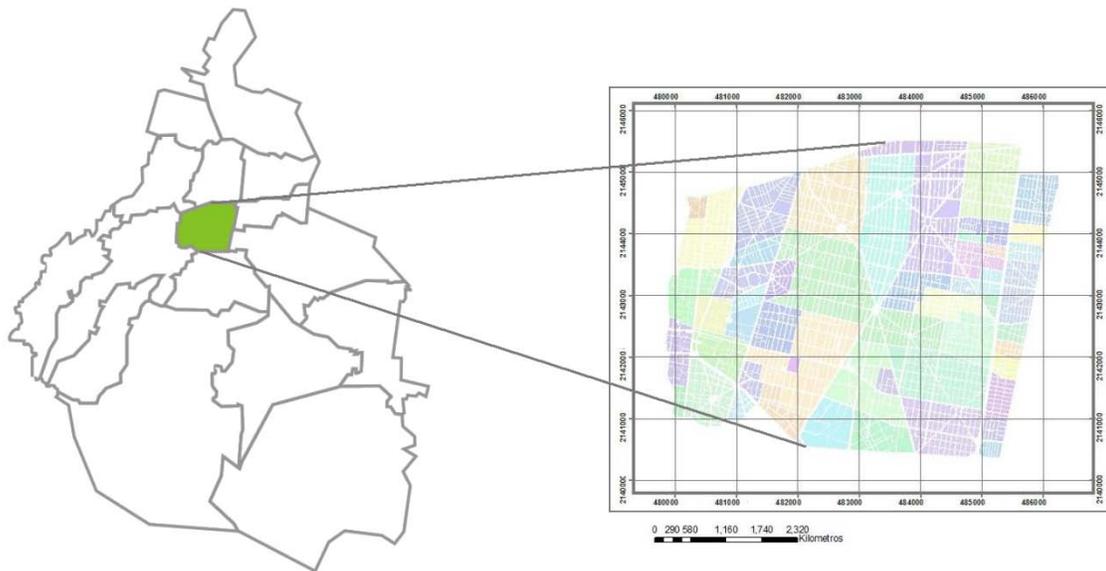


FIGURA 1 UBICACIÓN REGIONAL DE LA DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ EN EL DISTRITO FEDERAL.

Se encuentra en la región central de la Ciudad de México y ocupa 26,63 km², sobre terreno prácticamente plano a 2,232 msnm, y corresponde al 1.8% del territorio del Distrito Federal. Sus límites delegacionales son: A partir del cruce de los ejes del Viaducto Presidente Miguel Alemán y Calzada de Tlalpan, va hacia el sur, por el eje de esta última hasta su cruce con el eje de la Calzada Santa Anita, por el que continúa hacia el oriente hasta el cruce con el eje de la calle Atzayácatl; cambia de dirección al sur, por el Eje de

ésta, hacia el eje de la Avenida Presidente Plutarco Elías Calles; continúa por el eje de dicha Avenida con rumbo al suroeste, hasta la Avenida Río Churubusco; por el eje de ésta sigue hacia el poniente, hasta su cruce con la Avenida Universidad, continúa por el eje de la Avenida Río Mixcoac hacia el noreste, hasta la intersección con la Avenida Barranca del Muerto; y por el eje de ésta va con rumbo suroeste y noreste, siguiendo sus diversas inflexiones, hasta su confluencia con el eje del Anillo Periférico en el tramo denominado Presidente Adolfo López Mateos, por el que continúa hacia el norte hasta la calle 11 de Abril; por el eje de ésta va hacia el noreste, cruzando las Avenidas Revolución, Puente de la Morena y Patriotismo, hasta su intersección con el eje de Viaducto Presidente Miguel Alemán el que sigue en todas sus inflexiones hacia el noreste y el oriente hasta su cruce con el eje de la Calzada de Tlalpan, punto de partida (ALDF, 2000).

Su posición céntrica la convierte en cruce de caminos entre las diversas zonas de la Ciudad. Por lo mismo, cuenta con abundantes vías de comunicación (incluyendo tres líneas del metro y catorce estaciones) y tiene gran actividad económica. Sus 355 017 habitantes equivalen al 4.07% de la población del DF, y conviven diariamente con dos millones de visitantes provenientes de las otras delegaciones y de la zona metropolitana (ALDF op cit).

Esta gran población flotante se beneficia de la vialidad y el mobiliario urbano, pero también contribuye de manera importante con la intensa actividad económica, estimada en 2005 en 3 350 millones de dólares (ALDF op cit).

Muchas de sus colonias, tienen su origen en antiguos barrios y pueblos de tiempos coloniales, incluso prehispánicos, entre ellos se encuentran: Actipan, Insurgentes Mixcoac, Letrán Valle, Mixcoac, Narvarte, San Pedro de los Pinos, Santa Cruz Atoyac, Santa María Nativitas, Unión Postal, Colonia del Valle, Xoco y Zacahuitzco (ALDF op cit).

La Delegación se divide en 56 colonias en total, mismas que fueron incluidas en el presente estudio, asegurando con esto la cobertura total de la Delegación. No obstante, para mostrar de manera más ejecutiva los resultados, se recurrió a agruparlos en las cinco Coordinaciones Territoriales las cuales son delimitadas por la Secretaria de Seguridad Publica (SSP) en que se divide la Delegación, mismas que se muestran en la Figura 5 son las unidades fundamentales de referencia para este trabajo.

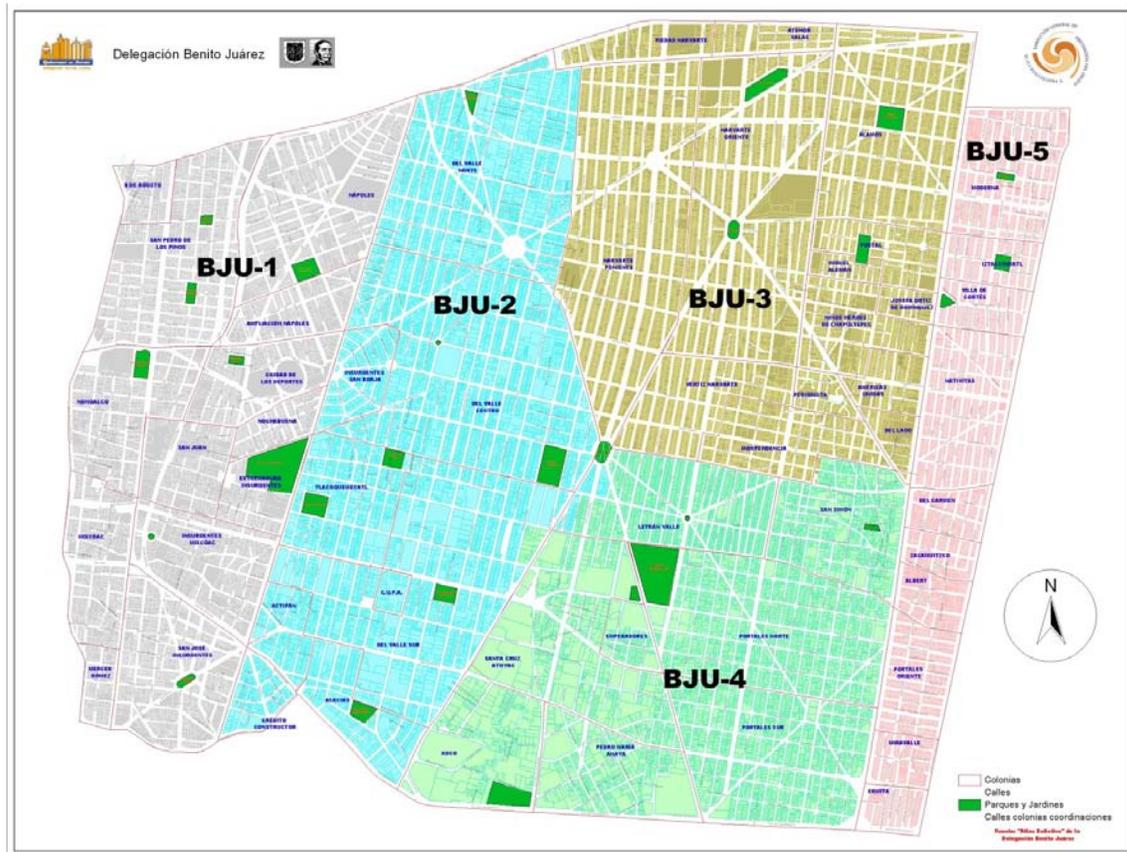


FIGURA 2 COORDINACIONES TERRITORIALES DE LA DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ

La división por coordinaciones, se hace simplemente para facilitar la descripción del comportamiento de los datos, pero no como unidades de muestreo, debido a que las superficies de las coordinaciones, son muy desiguales y por ende no comparable, en los objetivos que se persiguen.

1.2 FASE DE CAMPO.

Para el análisis del arbolado urbano se tomaron datos dasométricos siguiendo las Normas Ambientales del Distrito Federal NADF-001-RNAT-2006 (G.D.F. 2003), NADF-006-RNAT-2004, SMA (2005) y ALDF (2005) entre los que destacan por ejemplo: nombre científico, nombre común, diámetro a la altura del pecho, altura, condición general, etc., así como un anexo fotográfico de los individuos que se consideran de alto riesgo fitosanitario. Aunado a estos parámetros se tomó como referencia la propuesta por Rodríguez y Cohen (2003), Martínez-González y Chacalo-Hilu, (1994), Niembro (1986), Sánchez (1984), DDF, 1990.

El censo del arbolado urbano se realizó de Mayo a Julio del 2007 en las vías secundarias de la Delegación.

1.3 FASE DE GABINETE

Para el análisis de las características arbóreas de los datos y la descripción de la estructura de los mismos, se calcularon los parámetros básicos: abundancia, dominancia y frecuencia relativa (Mueller-Dombois, 1974).

1.3.1 Dominancia

El registro poblacional, atiende el criterio de Cruz (1974), concebido para asociar las características biométricas de los individuos de las diferentes especies, como un valor de importancia por su grosor y por su altura. Está identificado como una medida dasométrica fundamentada a su área basal.

La dominancia de cada individuo fue calculada como el área de la sección transversal del tallo a la altura del pecho (1.3 m), referida como la expresión matemática.

DOMINANCIA

$$\text{Dominancia} = \pi \frac{d^2}{4}$$

Donde:

d = diámetro a la altura del pecho

$\pi = 3.141592654$

El valor relativo de este parámetro, está asociado a la dominancia de todo el componente vegetal del área de estudio, por lo que se puede expresar por la relación:

DOMINANCIA RELATIVA (DR)

$$\text{Dominancia relativa (Dr)} = \frac{\text{Dominancia de cada especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \times 100$$

1.3.2 Abundancia relativa

La abundancia es el parámetro cuantitativo que permite visualizar objetivamente la importancia de una especie por el número de individuos que se registran en el área de estudio. El valor de abundancia, está dado por el número de registros para cada especie y como en este caso, se refiere a un censo, refleja la cantidad de individuos de dicha especie en particular registrados en las vías secundarias y calles de la Delegación Benito Juárez. Su expresión referida con la abundancia de individuos censados de todas las especies, corresponde a la abundancia relativa, que es el valor de abundancia absoluta de cada especie por concepto de número de registros. Está definida por la expresión:

ABUNDANCIA RELATIVA

$$\text{Abundancia relativa (Ar)} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Número de individuos de todas las especies}} \times 100$$

1.3.3 Frecuencia

La frecuencia en nuestro caso, no es como a menudo se refiere para un conjunto de datos, y equivalente a la abundancia.

Para este caso en particular, se ha asignado este parámetro para referir, la frecuencia de aparición de una especie en las diferentes unidades de referencia espacial, es decir, con relación a las colonias, (número de colonias en las que se encuentra al menos un individuo de una especie determinada), es un elemento utilizado con este mismo fin por Cruz (1974), y fue calculado en su modalidad relativa de la siguiente manera:

FRECUENCIA RELATIVA (FR)

$$\text{Frecuencia relativa (Fr)} = \frac{\text{Número de colonias en que se presenta una especie}}{\text{Número total de colonias muestreadas}} \times 100$$

1.3.4 Valor de importancia relativa

A partir de los parámetros estructurales básicos, se calculó el valor de importancia relativa (VIR) para cada especie; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, atendiendo el criterio de Curtis (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA

$$\text{VIR} = \text{Dr} + \text{Ar} + \text{Fr}$$

En donde:

Dr= Dominancia relativa

Ar= Abundancia relativa

Fr= Frecuencia relativa

1.4 FASE DE LABORATORIO

1.4.1 Procesamiento de la imagen satélite

Se ocupó una escena SPOT 5 del 10 de mayo del 2005, de 10 m por lado en cada pixel, con nivel de preprocesamiento 1A (cruda) por lo que se realizó georeferenciación, orto corrección y corrección atmosférica requiriendo el software PCI Geomática Ver. 9.1

Posteriormente se delimito el área de estudio con base a los planos catastrales y ortofotos digitales Escala 1: 5000 de SIGSA (2000) correspondientes a las claves: E14S1-88P, E14S1-88Q, E14S1-98A, E14S1-98B, E14S1-98C, E14S1-98E, E14S1-98F, E14S1-98G, E14S1-98J, E14S1-98K, E14S1-98L, utilizando el software ENVI Ver. 4.4

1.4.2 Índice NDVI

Se calculó el NDVI de imagen SPOT, utilizando el cociente de la banda roja e infrarroja, (FÓRMULA 2) para la poligonal de la Delegación. Se extrajo el NDVI de las calles donde se realizaron los censos (árboles que corresponden a vías secundarias y calles), usando para este procedimiento la herramienta MASK del software ENVI Ver. 4.4 con el propósito de no sobreestimar los valores provenientes del arbolado dentro de casas o predios y parques con los valores de arbolado en vías primarias. La imagen resultante (FIGURA 13) muestra sólo y únicamente las zonas que fueron sometidas al censo.

Para extraer el valor específico de la zona donde se encuentran los árboles, se utilizó el catastro proporcionado por la Delegación y los valores obtenidos se relacionaron con la localización geográfica de las especies (datos de campo) para obtener los valores espectrales del NDVI.

Los datos del censo que se analizaron de acuerdo al VIR, resultante, aportaron el total de cobertura arbórea en la Delegación, para obtener la firma espectral de cada especie con relación a los valores de NDVI. Además, con base en los valores estadísticos mínimos, máximos, promedio, media, mediana y moda del NDVI se intentó identificar el rango espectral que describe a cada especie.

Simultáneamente se calculó la cobertura total de áreas verdes en toda la Delegación, parques, y del arbolado censado. Además de calcular la cobertura arbórea de las especies de mayor VIR.

1 RESULTADOS

1.1 DIVERSIDAD

Para conocer la diversidad en el escenario delegacional, se registro un total de 43,595 árboles censados, que corresponden a 98 especies y representan a 59 géneros y 36 familias; las mas representativas son *Cupressaceae*, *Myrtaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Pinaceae*, *Rutaceae*, *Salicaceae* y *Moraceae* que aportan más del 56% de las especies presentes en la Delegación (TABLA 1).

TABLA 1. DIVERSIDAD ESPECÍFICA POR FAMILIA

FAMILIAS	NÚMERO DE ESPECIES	% CON RESPECTO DEL TOTAL	FAMILIAS	NÚMERO DE ESPECIES	% CON RESPECTO DEL TOTAL
<i>Cupressaceae</i>	8	8.16	<i>Apocinaceae</i>	1	1.02
<i>Myrtaceae</i>	8	8.16	<i>Araliaceae</i>	1	1.02
<i>Rosaceae</i>	8	8.16	<i>Araucariaceae</i>	1	1.02
<i>Fabaceae</i>	7	7.14	<i>Arecaceae</i>	2	2.04
<i>Pinaceae</i>	7	7.14	<i>Buddleiaceae</i>	1	1.02
<i>Rutaceae</i>	6	6.12	<i>Cactaceae</i>	1	1.02
<i>Salicaceae</i>	6	6.12	<i>Caricaceae</i>	1	1.02
<i>Moraceae</i>	5	5.10	<i>Casuarinaceae</i>	1	1.02
<i>Oleaceae</i>	4	4.08	<i>Hamamelidaceae</i>	1	1.02
<i>Euphorbiaceae</i>	3	3.06	<i>Lythraceae</i>	1	1.02
<i>Fagaceae</i>	3	3.06	<i>Magnoliaceae</i>	1	1.02
<i>Aceraceae</i>	2	2.04	<i>Nyctaginaceae</i>	1	1.02
<i>Anacardiaceae</i>	2	2.04	<i>Phitolacaceae</i>	1	1.02
<i>Betulaceae</i>	2	2.04	<i>Proteaceae</i>	1	1.02
<i>Bignoniaceae</i>	2	2.04	<i>Punicaceae</i>	1	1.02
<i>Lauraceae</i>	2	2.04	<i>Taxodiaceae</i>	1	1.02
<i>Musaceae</i>	2	2.04	<i>Ulmaceae</i>	1	1.02
<i>Sterculiaceae</i>	2	2.04	Total	98	100
<i>Agavaceae</i>	1	1.02			

Los géneros más significativos para la Delegación son: *Ligustrum*, *Fraxinus*, *Ficus*, *Cupressus*, *Jacaranda*, que juntos representan más del 72% con un total de 31,777 individuos (Tabla 2).

TABLA 2. ABUNDANCIA POR GÉNERO

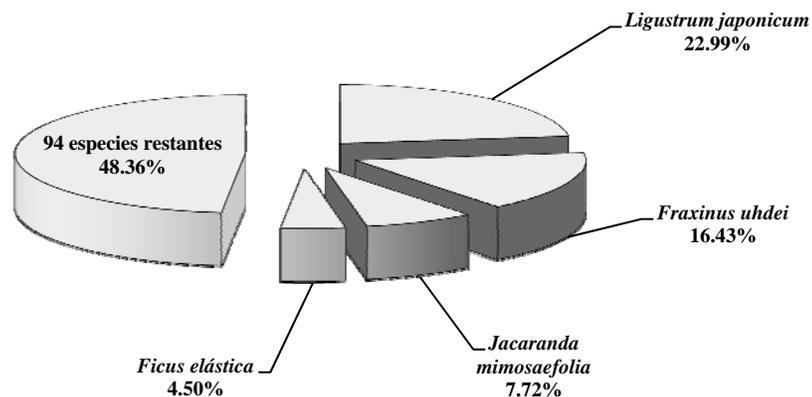
GÉNERO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	%	GÉNERO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	%
<i>Ligustrum</i>	11481	26.336	<i>Juniperus</i>	10	0.023
<i>Fraxinus</i>	6963	15.972	<i>Ricinus</i>	10	0.023
<i>Ficus</i>	6866	15.750	<i>Punica</i>	6	0.014
<i>Cupressus</i>	3527	8.090	<i>Crataegus</i>	4	0.009
<i>Jacaranda</i>	2940	6.744	<i>Casimiroa</i>	3	0.007
<i>Ulmus</i>	1850	4.244	<i>Dombeya</i>	3	0.007
<i>Erythrina</i>	1843	4.228	<i>Lagerstroemia</i>	3	0.007
<i>Liquidambar</i>	1561	3.581	<i>Musa</i>	3	0.007
<i>Schinus</i>	1180	2.707	<i>Buddleia</i>	2	0.005
<i>Eucalyptus</i>	629	1.443	<i>Opuntia</i>	2	0.005
<i>Populus</i>	543	1.246	<i>Phytolacca</i>	2	0.005
<i>Yuca</i>	501	1.149	<i>Cnidoscopus</i>	1	0.002
<i>Eriobotrya</i>	469	1.076	<i>Cydonia</i>	1	0.002
<i>Pinus</i>	453	1.039	<i>Pithecellobium</i>	1	0.002
<i>Casuarina</i>	416	0.954	TOTAL	43,595	100
<i>Araucaria</i>	376	0.862			
<i>Prunus</i>	313	0.709			
<i>Alnus</i>	192	0.440			
<i>Grevillea</i>	177	0.406			
<i>Phoenix</i>	146	0.335			
<i>Citrus</i>	136	0.312			
<i>Washingtonia</i>	133	0.305			
<i>Acacia</i>	121	0.278			
<i>Salix</i>	100	0.229			
<i>Nerium</i>	91	0.209			
<i>Bahuinia</i>	88	0.202			
<i>Callistemon</i>	79	0.181			
<i>Persea</i>	72	0.165			
<i>Olea</i>	43	0.099			
<i>Quercus</i>	35	0.080			
<i>Acer</i>	27	0.062			
<i>Thuja</i>	24	0.055			
<i>Senna</i>	23	0.053			
<i>Schefflera</i>	18	0.041			
<i>Spathodea</i>	18	0.041			
<i>Taxodium</i>	18	0.041			
<i>Ensete</i>	15	0.034			
<i>Carica</i>	13	0.030			
<i>Chamaecyparis</i>	12	0.028			
<i>Magnolia</i>	11	0.025			
<i>Psidium</i>	11	0.025			
<i>bombeya</i>	10	0.023			
<i>Buganvillea</i>	10	0.023			
<i>Euphorbia</i>	10	0.023			

Aunque se observaron variaciones con respecto a la abundancia de las especies más importantes en las cinco coordinaciones territoriales, no se presenta variación en cuanto al género, sin embargo, corresponden a las mismas familias.

1.2 ABUNDANCIA.

Las especies que registran una mayor abundancia en las vías secundarias y calles de la Delegación son: *Ligustrum japonicum* que contribuye con un 22.99%, ocupando el segundo lugar se reporta *Fraxinus uhdei* quien aporta el 16.43 % al total delegacional, después se tiene a *Jacaranda mimosaeifolia* con el 7.72 % ocupa el tercer lugar por abundancia, y *Ficus elastica* se presenta con el 4.50% de la abundancia total. Solamente estas cuatro especies representan el 51.64% de la densidad arbórea en la Delegación y fueron registradas en más de 50 de las 56 colonias de la demarcación. El restante 48.36%, agrupa a las 94 especies que complementan la diversidad encontrada en la Delegación (Figura 6).

FIGURA 1 ABUNDANCIA ESPECÍFICA



Para describir el comportamiento espacial en la Delegación, se realizó el análisis de la información por Coordinaciones Territoriales.

1.2.1 Coordinación Territorial BJ-1

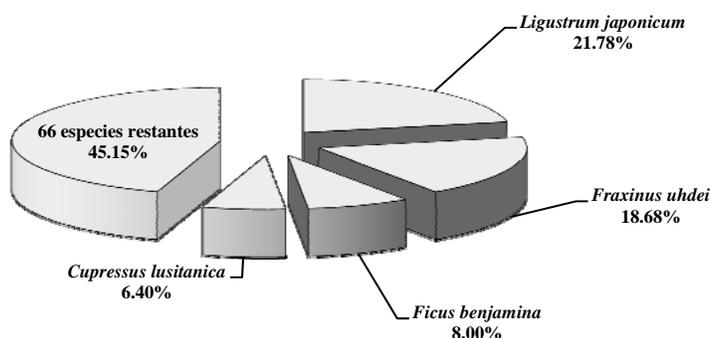
Considerando la abundancia por especie registrada en esta coordinación, se tiene que está dominada por *Ligustrum japonicum* que representa el 21.78% del total y *Fraxinus uhdei* con el 18.68%, posteriormente, *Ficus benjamina* aporta un 8.00%, *Cupressus lusitanica* el 6.40%. Estas cuatro especies constituyen el 54.85% de la abundancia total de la

coordinación, las 66 especies restantes le complementan con el 45.15%. La abundancia absoluta y relativa se muestra en la Tabla 3 y gráficamente en la Figura 7.

TABLA 3. ESPECIES CON MAYOR ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-1

ESPECIES	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	1607	21.78
<i>Fraxinus uhdei</i>	1378	18.68
<i>Ficus benjamina</i>	590	8.00
<i>Cupressus lusitanica</i>	472	6.40
66 especies restantes	3331	45.15

FIGURA 2. ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-1



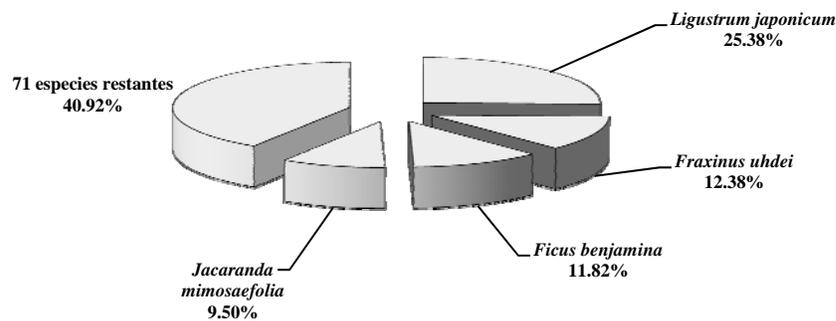
1.2.2 Coordinación Territorial BJ-2.

En esta coordinación, domina *Ligustrum japonicum* con el 25.37%, *Fraxinus uhdei* con el 12.38%, *Ficus benjamina* ocupa el tercer lugar con una contribución del 11.82%, al tiempo que *Jacaranda mimosaeifolia* aporta el 9.50%. Estas cuatro especies constituyen el 59.08% del total de la coordinación, al tiempo que el 40.91% restante, agrupa a un total de 71 especies. La abundancia absoluta y relativa se muestra en la TABLA 4 y gráficamente en la Figura 8.

TABLA 4. ESPECIES CON MAYOR ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-2

ESPECIES	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	2174	25.37
<i>Fraxinus uhdei</i>	1061	12.38
<i>Ficus benjamina</i>	1013	11.82
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	814	9.50
71 especies restantes	3506	40.91

FIGURA 3. ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-2



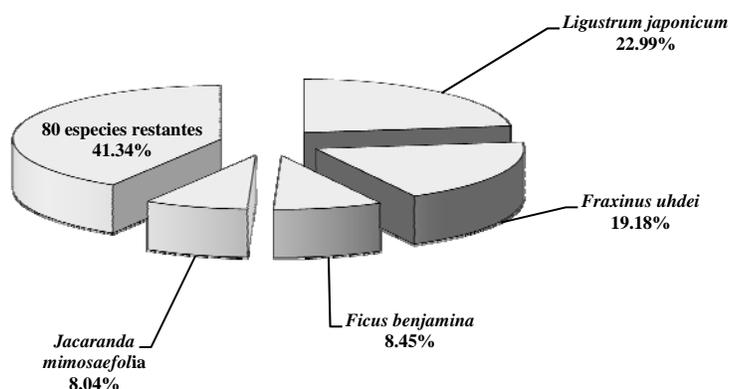
1.2.3 Coordinación Territorial BJ-3.

Con un comportamiento similar a las primeras dos coordinaciones, en esta tercera también se encuentra con un mayor registro *Ligustrum japonicum* contribuyendo con el 22.99%, seguida de *Fraxinus uhdei* 19.18%, *Ficus benjamina* aporta un 8.45% y *Jacaranda mimosaeifolia* con el 8.04%. Son estas cuatro las especies que suman el 58.66% de la cobertura arbórea para esta coordinación. El restante 41.34% agrupa a un total de 81 especies. La abundancia absoluta y relativa se muestran en la TABLA 5 y gráficamente en la Figura 9.

TABLA 5. ESPECIES CON MAYOR ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-3

ESPECIES	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	2665	22.99
<i>Fraxinus uhdei</i>	2223	19.18
<i>Ficus benamina</i>	979	8.45
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	932	8.04
81 especies restantes	4791	41.34

FIGURA 4. ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-3



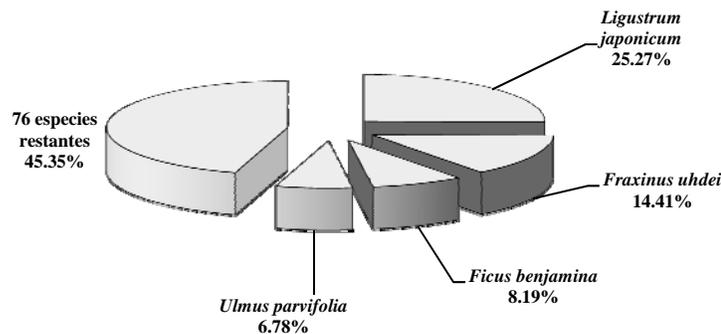
1.2.4 Coordinación Territorial BJ-4.

De manera similar a las otras coordinaciones, son también cuatro las especies que agrupan al 54.66% del arbolado en vías secundarias de la coordinación, en donde *Ligustrum japonicum* contribuye con el 25.26%, *Fraxinus uhdei* con el 14.41%, *Ficus benamina* aporta el 8.19% y *Ulmus parvifolia* 6.79%. Son un total de 84 especies las que complementan el 45.34%. La abundancia absoluta y relativa se muestra en la Tabla 6 y gráficamente en la Figura 10.

TABLA 6. ESPECIES CON MAYOR ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-4

ESPECIES	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	2913	25.26
<i>Fraxinus uhdei</i>	1662	14.41
<i>Ficus Benjamina</i>	944	8.19
<i>Ulmus parvifolia</i>	783	6.79
84 especies restantes	5228	45.34

FIGURA 5. REGISTRO EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-4



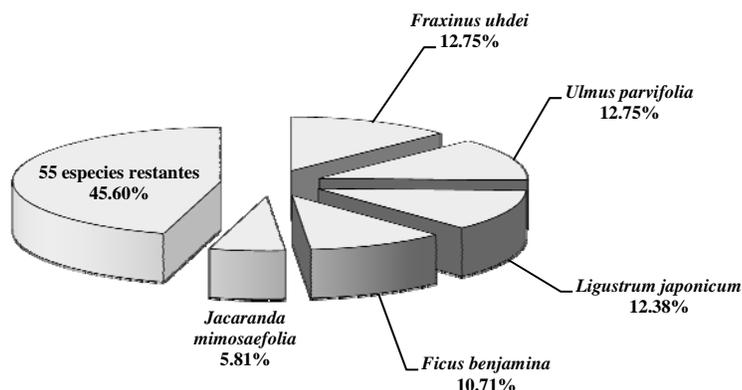
1.2.5 Coordinación Territorial BJ-5.

Finalmente, también en la coordinación BJ-5, siguen apareciendo las mismas especies como dominantes, *Fraxinus uhdei* 12.75%, *Ulmus parvifolia* 12.75%, *Ligustrum japonicum* 12.38%, *Ficus benjamina* 10.71% y *Jacaranda mimosaeifolia* 5.81%. El complemento de 45.60%, agrupa a 56 especies. La abundancia absoluta y relativa se muestran en la Tabla 7 y gráficamente en la Figura 11

TABLA 7. ESPECIES CON MAYOR ABUNDANCIA EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-5

ESPECIES	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA %
<i>Fraxinus uhdei</i>	614	12.75
<i>Ulmus parvifolia</i>	614	12.75
<i>Ligustrum japonicum</i>	596	12.38
<i>Ficus benjamina</i>	516	10.71
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	280	5.81
56 especies restantes	2196	45.60

FIGURA 6. REGISTRO EN LA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-5



1.3 FRECUENCIA

Las especies más frecuentes en el registro de la Delegación Benito Juárez, se analizaron considerando las coordinaciones territoriales, obteniendo que la especie *Fraxinus uhdei* presentó el valor más alto, al registrarse en todas las colonias de tres coordinaciones territoriales (BJ-1, BJ-3, BJ-4), la segunda especie de mayor frecuencia es *Ligustrum japonicum* al presentarse en todas las colonias de dos coordinaciones territoriales (BJ-1, BJ-2), y en tercer lugar se presentan dos especies *Ficus benjamina* y *Ficus elástica*, que fueron registradas en todas las colonias de una misma coordinación territorial (BJ-5).

Especies como *Jacaranda mimosaeifolia* y *Ficus elastica* ocupan el segundo lugar en la coordinación territorial BJ-1, con más del 35% de ocurrencias. En esta coordinación son frecuentes los registros de *Liquidambar styraciflua* (83%), *Eucalyptus camaldulensis*, presenta valores de frecuencia del 72%, que lo hace significativo para la coordinación; por el contrario, la especie *Yuca elephantipes* aunque se encuentra dentro de las diez especies más frecuentes no es común (con respecto a frecuencia) para el resto de las coordinaciones (Tabla 8).

TABLA 8. FRECUENCIA RELATIVA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-1

ESPECIES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
<i>Fraxinus uhdei</i>	18	100
<i>Ligustrum japonicum</i>	18	100
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	16	89
<i>Ficus elastica</i>	15	83
<i>Liquidambar styraciflua</i>	15	83
<i>Cupressus lusitanica</i>	13	72
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	13	72
<i>Ficus benamina</i>	13	72
<i>Yuca elephantipes</i>	12	67
<i>Cupressus macrocarpa</i>	11	61

Para la coordinación BJ-2 la especie más frecuente en las colonias es *Ligustrum japonicum* al registrarse en toda la coordinación, seguida de *Ficus benamina*, *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Liquidambar styraciflua* que ocupan el segundo lugar y *Araucaria heterophylla* ocupa el tercer lugar con un 61% de frecuencia y sólo se presenta en ésta coordinación con estos valores (Tabla 9).

TABLA 9. FRECUENCIA RELATIVA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ2

ESPECIES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
<i>Ligustrum japonicum</i>	18	100
<i>Ficus benamina</i>	15	83
<i>Fraxinus uhdei</i>	15	83
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	15	83
<i>Liquidambar styraciflua</i>	15	83
<i>Ficus elastica</i>	13	72
<i>Cupressus lusitanica</i>	12	67
<i>Ficus retusa</i>	12	67
<i>Araucaria heterophylla</i>	11	61
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	11	61

Para coordinación BJ-3 la especie con mayor frecuencia es *Fraxinus uhdei* al tener el 100% de presencia, seguida de *Ficus elastica* con el 90% teniendo en tercer lugar a *Jacaranda mimosaeifolia* con el 89%, *Ligustrum japonicum* el 85%, *Liquidambar styraciflua* 78% *Ficus benjamina* 74%, *Cupressus sempervirens* se ubica en un 70%, *Eriobotrya japonica* queda con el 67%, *Eucalyptus camaldulensis* ocupa el 63% *Cupressus Lusitanica* el 59% (Tabla 10)

TABLA 10. FRECUENCIA RELATIVA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ3

ESPECIES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
<i>Fraxinus uhdei</i>	27	100
<i>Ficus elastica</i>	25	93
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	24	89
<i>Ligustrum japonicum</i>	23	85
<i>Liquidambar styraciflua</i>	21	78
<i>Ficus benjamina</i>	20	74
<i>Cupressus sempervirens</i>	19	70
<i>Eriobotrya japonica</i>	18	67
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	17	63
<i>Cupressus lusitanica</i>	16	59

En la coordinación BJ-4 *Ficus benjamina*, *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Liquidambar styraciflua* ocupan el segundo lugar con un 83 % de frecuencia relativa (Tabla 11), *Ficus elastica* está en segundo lugar de frecuencia al presentar 93%, en la coordinación BJ-4 el segundo puesto de importancia lo ocupa *Ficus elastica* con el 94% y en la BJ-5 con el 90% lo ocupan 2 especies *Fraxinus uhdei*, *Liquidambar styraciflua* (Tabla 12).

TABLA 11. FRECUENCIA RELATIVA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-4

ESPECIES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
<i>Fraxinus uhdei</i>	17	100
<i>Ligustrum japonicum</i>	17	100
<i>Ficus elastica</i>	16	94
<i>Cupressus lusitanica</i>	15	88
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	15	88
<i>Schinus terebinthifolius</i>	14	82
<i>Casuarina equisetifolia</i>	13	76
<i>Ficus benjamina</i>	13	76
<i>Ficus retusa</i>	13	76
<i>Liquidambar styraciflua</i>	13	76

TABLA 12. FRECUENCIA RELATIVA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-5

ESPECIES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
<i>Ficus benamina</i>	13	100
<i>Ficus elastica</i>	13	100
<i>Fraxinus uhdei</i>	12	92
<i>Liquidambar styraciflua</i>	12	92
<i>Ligustrum japonicum</i>	11	85
<i>Cupressus lusitanica</i>	10	77
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	10	77
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	10	77
<i>Araucaria heterophylla</i>	9	69
<i>Ulmus parvifolia</i>	9	69

En las cinco coordinaciones de la Delegación, se registraron 19 especies que sólo se presentaron una sola vez, entre las cuales podemos mencionar *Casimiroa edulis* “zapote blanco”, *Cydonia oblonga* “membrillo”, *Pithecellobium dulce* “huamuchil”, *Punica granatum* “granada”, *Phytolacca dioica* “fitolaca”, *Cnidoscolus chayamansa* “chaya”, *Persea gratissima* “ahuacate”, aún juntos no se acercan siquiera al 1% de la frecuencia.

1.4 DOMINANCIA

Las tres especies con los valores más altos de dominancia en la coordinación territorial BJ-1 son: *Fraxinus uhdei*, *Ligustrum japonicum*, *Jacaranda mimosaeifolia* con más 54% de importancia por su biomasa, con relación a la biomasa total del arbolado en la coordinación. *Fraxinus uhdei* y *Ligustrum japonicum*, que presentan mayor dominancia con 27.1% y 17.4% respectivamente, a diferencia de las otras especies *Ficus elástica*, *Cupressus lusitanica*, *Ulmus parvifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Liquidambar styraciflua* y *Erythrina americana* con valores menores a 10%.

Las 61 especies restantes aunque numerosas, presentan valores muy bajos de dominancia cercanos a una unidad porcentual (Tabla 13).

TABLA 13. DOMINANCIA RELATIVA, COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-1.

ESPECIE	DOMINANCIA	DOMINANCIA RELATIVA %
<i>Fraxinus uhdei</i>	1,817.86	27.18
<i>Ligustrum japonicum</i>	1,163.45	17.40
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	652.11	9.75
<i>Ficus elastica</i>	423.25	6.33
<i>Cupressus lusitanica</i>	334.27	5.00
<i>Ulmus parvifolia</i>	311.79	4.66
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	187.62	2.81
<i>Liquidambar styraciflua</i>	181.47	2.71
<i>Erythrina americana</i>	162.86	2.44
61 Especies restantes	1,452.31	21.72

La coordinación territorial BJ-2, los valores más altos se obtuvieron para tres especies: *Ligustrum japonicum*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Fraxinus uhdei* que juntos representan el 61.47%, *Ficus elastica*, *Ficus benjamina* suman casi el 10% del área basal. *Ligustrum lucidum*, *Liquidambar styraciflua*, *Erythrina americana* y *Ficus retusa*, comprenden un 12.58. Con un 16.7% las 66 especies restantes (Tabla 14).

TABLA 14. DOMINANCIA RELATIVA, COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-2.

ESPECIE	DOMINANCIA	DOMINANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	1,659.09	21.26
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	1,651.89	21.16
<i>Fraxinus uhdei</i>	1,486.74	19.05
<i>Ficus elastica</i>	401.92	5.15
<i>Ficus benjamina</i>	317.19	4.06
<i>Ligustrum lucidum</i>	274.16	3.51
<i>Liquidambar styraciflua</i>	249.65	3.20
<i>Erythrina americana</i>	244.45	3.13
<i>Ficus retusa</i>	214.16	2.74
66 Especies restantes	1,305.91	16.73

Fraxinus uhdei, *Ligustrum japonicum* y *Jacaranda mimosaeifolia* son las tres especies que dominan este parámetro, se adjudican un 60.12%. *Ficus elastica* y *Ficus benjamina* se muestran en cuarto y sexto lugar respectivamente por lo que es uno de los géneros más importantes con un 10.8% de presencia en cuando a dominio, las especies restantes aunque en ocasiones sólo se registraron una sola vez suman un 17% (Tabla 15).

TABLA 15. DOMINANCIA RELATIVA, COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-3

ESPECIE	DOMINANCIA	DOMINANCIA RELATIVA %
<i>Fraxinus uhdei</i>	2,417.16	24.49
<i>Ligustrum japonicum</i>	1,874.44	18.99
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	1,643.49	16.65
<i>Ficus elastica</i>	736.99	7.47
<i>Erythrina americana</i>	380.52	3.85
<i>Ficus benamina</i>	323.61	3.28
<i>Ligustrum lucidum</i>	303.98	3.08
<i>Cupressus lusitanica</i>	289.84	2.94
<i>Erythrina coralloides</i>	220.95	2.24
76 Especies restantes	1,680.67	17.03

En la coordinación territorial BJ-4 que se muestra en la Tabla 16, las especies que representan más del 50% de dominancia son: *Ligustrum japonicum*, *Fraxinus uhdei*, mientras que *Ficus elastica*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Ulmus parvifolia*, *Erythrina americana*, *Liquidambar styraciflua*, *Cupressus lusitanica* y *Ficus Benamina*, representan un 32.2% y las especies restantes ocupan un 16.3%.

TABLA 16. DOMINANCIA RELATIVA, COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-4

ESPECIE	DOMINANCIA	DOMINANCIA RELATIVA %
<i>Ligustrum japonicum</i>	2,194.60	21.45
<i>Fraxinus uhdei</i>	1,932.32	18.89
<i>Ficus elastica</i>	1,031.17	10.08
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	797.33	7.79
<i>Ulmus parvifolia</i>	763.67	7.46
<i>Erythrina americana</i>	572.49	5.60
<i>Liquidambar styraciflua</i>	455.77	4.45
<i>Cupressus lusitanica</i>	424.18	4.15
<i>Ficus benamina</i>	387.91	3.79
Especies restantes	1,671.98	16.34

La coordinación territorial BJ-5 es representada por *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Ulmus parvifolia*, *Ligustrum japonicum* y *Ficus elástica* que en conjunto suman más del 55.69% del área basal para dicha coordinación la especies restantes

representan el 24% y es la coordinación en la que las especies restantes tienen mayor presencia, con una mayor área basal con respecto a *Fraxinus uhdei* y *Jacaranda mimosaeifolia* individualmente (Tabla 17).

TABLA 17. DOMINANCIA RELATIVA, COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-5

ESPECIE	DOMINANCIA	DOMINANCIA RELATIVA %
<i>Fraxinus uhdei</i>	697.50	14.34
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	644.80	13.26
<i>Ulmus parvifolia</i>	475.87	9.79
<i>Ligustrum japonicum</i>	460.38	9.47
<i>Ficus elastica</i>	429.29	8.83
<i>Erythrina coralloides</i>	311.22	6.40
<i>Casuarina equisetifolia</i>	257.01	5.29
<i>Ficus benjamina</i>	207.62	4.27
<i>Araucaria heterophylla</i>	207.50	4.27
Especies restantes	1,171.42	24.09

1.5 VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (VIR)

De acuerdo con el resultado obtenido para los parámetros estructurales, y al planteamiento de Müeller-Dombois (1974), las especies con mayor valor de importancia relativa para cada coordinación son las siguientes:

1.5.1 Coordinación Territorial BJ-1

Las tres especies que tienen los valores más altos de importancia relativa (VIR) son: *Fraxinus uhdei* 6.2%, *Ligustrum japonicum* 5.9%, *Jacaranda mimosaeifolia* 4.4%, mientras que *Ficus elastica*, *Liquidambar styraciflua*, *Cupressus lusitanica*, *Ficus benjamina*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Ulmus parvifolia*, *Yuca elephantipes*, que juntas aportan el 24% finalmente el resto de las especies es agrupado en la última categoría complementando el 59.3%. Estas relaciones se presentan en la Tabla 18.

TABLA 18. VALOR DE IMPORTANCIA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-1

ESPECIE	VIR	%
<i>Fraxinus uhdei</i>	147.6	6.26
<i>Ligustrum japonicum</i>	140.3	5.95
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	104.7	4.44
<i>Ficus elástica</i>	93.5	3.97
<i>Liquidambar styraciflua</i>	90.4	3.84
<i>Cupressus lusitanica</i>	83.9	3.56
<i>Ficus benamina</i>	82.5	3.50
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	76.3	3.24
<i>Ulmus parvifolia</i>	71.2	3.02
<i>Yuca elephantipes</i>	68.2	2.89
<i>Especies restantes</i>	1,397.7	59.32

1.5.2 Coordinación Territorial BJ-2

Como se puede apreciar en la Tabla 19, las especies más importantes son *Ligustrum japonicum*, *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Ficus benamina*, *Liquidambar styraciflua*, *Ficus elastica*, *Ficus retusa*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Araucaria heterophylla* que representan el 38.5% con respecto al (VIR). Las especies restantes acumulan el 61.5%.

TABLA 19. VALOR DE IMPORTANCIA COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-2

ESPECIE	VIR	%
<i>Ligustrum japonicum</i>	146.6	6.17
<i>Fraxinus uhdei</i>	114.8	4.83
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	114.0	4.79
<i>Ficus benamina</i>	99.2	4.17
<i>Liquidambar styraciflua</i>	90.1	3.79
<i>Ficus elástica</i>	79.8	3.36
<i>Ficus retusa</i>	72.5	3.05
<i>Cupressus lusitanica</i>	71.4	3.00
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	63.9	2.69
<i>Araucaria heterophylla</i>	62.2	2.62
<i>Especies restantes</i>	1,463.3	61.54

1.5.3 Coordinación Territorial BJ-3

El 37.95% de valor de importancia relativa está representado por *Fraxinus uhdei*, *Ligustrum japonicum*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Ficus elastica*, *Ficus benamina*, *Liquidambar styraciflua*, *Cupressus sempervirens*, *Eriobotrya japonica*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus camaldulensis*, el porcentaje restante (Tabla 20) lo ocupan especies

que por su número no conforman un porcentaje significativo individualmente sin embargo en conjunto representan el 62%.

**TABLA 20. VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA,
COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-3**

ESPECIE	VIR	%
<i>Fraxinus uhdei</i>	143.7	5.87
<i>Ligustrum japonicum</i>	127.2	5.19
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	113.6	4.64
<i>Ficus elástica</i>	103.7	4.24
<i>Ficus benjamina</i>	85.8	3.50
<i>Liquidambar styraciflua</i>	81.3	3.32
<i>Cupressus sempervirens</i>	73.3	3.00
<i>Eriobotrya japonica</i>	70.0	2.86
<i>Cupressus lusitanica</i>	65.6	2.68
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	64.9	2.65
Especies restantes	1,519.1	62.05

1.5.4 Coordinación Territorial BJ-4

Las especies de mayor valor de importancia son *Ligustrum japonicum*, *Fraxinus uhdei*, *Ficus elastica*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Cupressus lusitanica*, *Ficus Benjamina*, *Schinus terebinthifolius*, *Liquidambar styraciflua*, *Ulmus parvifolia*, *Ficus retusa* que aportan el 36.24% el porcentaje restante (63.7%) es agrupando con el resto de las especies (Tabla 21).

**TABLA 21. VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA,
COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ4**

ESPECIE	VIR	%
<i>Ligustrum japonicum</i>	146.7	5.24
<i>Fraxinus uhdei</i>	133.3	4.76
<i>Ficus elástica</i>	109.4	3.91
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	100.4	3.58
<i>Cupressus lusitanica</i>	96.8	3.46
<i>Ficus Benjamina</i>	88.4	3.16
<i>Schinus terebinthifolius</i>	86.3	3.08
<i>Liquidambar styraciflua</i>	85.9	3.07
<i>Ulmus parvifolia</i>	84.8	3.03
<i>Ficus retusa</i>	82.7	2.95
Especies restantes	1,785.2	63.76

1.5.5 Coordinación Territorial BJ-5

Las 10 especies citadas en la Tabla 22 representan el 36.24%: *Fraxinus uhdei*, *Ficus benjamina*, *Ficus elastica*, *Ligustrum japonicum*, *Liquidambar styraciflua*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Ulmus parvifolia*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Araucaria heterophylla*.

**TABLA 22. VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA,
COORDINACIÓN TERRITORIAL BJ-5.**

ESPECIE	VIR	%
<i>Fraxinus uhdei</i>	119.4	4.54
<i>Ficus benjamina</i>	115.0	4.37
<i>Ficus elástica</i>	112.9	4.29
<i>Ligustrum japonicum</i>	106.5	4.05
<i>Liquidambar styraciflua</i>	96.6	3.67
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	96.0	3.65
<i>Ulmus parvifolia</i>	91.8	3.49
<i>Cupressus lusitanica</i>	81.8	3.11
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	81.0	3.08
<i>Araucaria heterophylla</i>	75.0	2.85
Especies restantes	1,655.0	62.91

La especie con el valor de importancia relativa más alto es *Fraxinus uhdei* que además de presentarse en todas las coordinaciones registra el primer lugar para las coordinaciones territoriales BJ-1, BJ-3 y BJ-5.

1.6 NDVI

El área total calculada para la Delegación BJ con base al análisis espectral de la imagen de satélite considerando la vegetación y la infraestructura es de 26.63 km² que representa el 1.8 % de la superficie del Distrito Federal. (Figura 12). Posterior al despliegue de los vectores catastrales (polígonos) y el enmascaramiento entre los vectores (líneas) y el NDVI, el resultado representa las zonas que fueron sometidas al censo con información puntual para cada árbol censado. En total se obtuvo una cobertura arbórea de 10.2 km² (aproximadamente 40% de la extensión de la Delegación) o 102.5 hectáreas lo que incluye parques, camellones, vías primarias, secundarias y arbolado en predios.

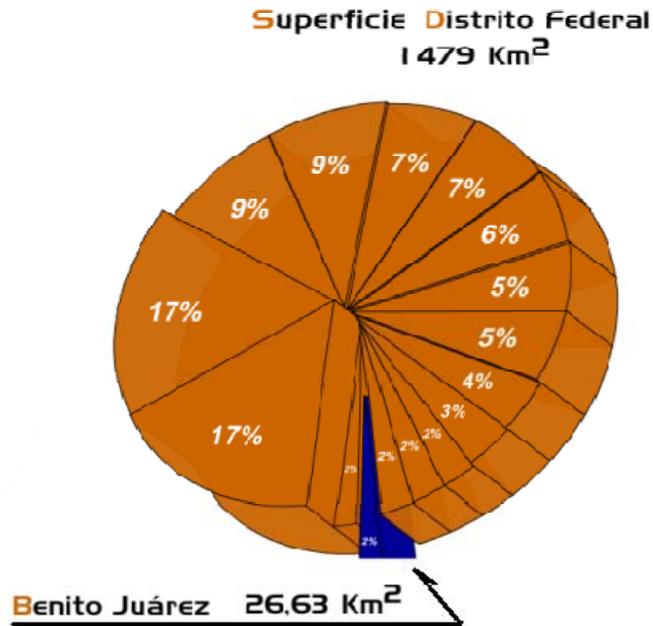


FIGURA 7. SUPERFICIE RELATIVA DE LA DELEGACIÓN EN EL MARCO TERRITORIAL DEL DISTRITO FEDERAL CALCULADA A PARTIR DE LA IMAGEN SPOT DEL 10 MAYO 2005.

Los valores del NDVI obtenidos para el polígono de la BJ, oscilan en un rango de -1 a +0.9 lo que incluye zona urbana y arbolado; al realizar la separación de la traza urbana los resultados obtenidos para la cobertura arbórea se encuentran entre 0.004 y 0.26 mismos que corresponden a los valores de arbolado en vías secundarias.(Figura 12).

Las áreas calculadas con los valores puntuales para las especies con mayor valor de importancia relativa (VIR) son las siguientes: *Ligustrum japonicum* (trueno) 1.42 km² (21.8%), *Fraxinus uhdei* (fresno) 1.32 km² (20.3%), *Ficus benjamina* (ficus) 0.83 km² (12.8%) y *Jacaranda mimosaeifolia* (jacaranda) 0.58 km² (8.9%) y el resto de las especies (30.8%) 2 km² (Tabla 23).

TABLA 23. SUPERFICIES Y PORCENTAJE DE LAS ESPECIES CON MAYOR VIR PARA LA DELEGACIÓN BJ

ESPECIES	SUPERFICIE km ²	%
<i>Fraxinus uhdei</i>	1.32	20.30
<i>Ficus benjamina</i>	0.83	12.76
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	0.58	8.92
<i>Ligustrum japonicum</i>	1.42	21.83
Restantes	2.35	36.19

En la Figura 13 se observa la distribución de los elementos arbóreos de vías primarias en la DBJ, los diferentes colores corresponden a intervalo de valores del NDVI para el total de las especies registradas.

Los espacios en color gris corresponden a la estructura urbana (construcciones, casas, asfalto, etc.) que no fue considerada para el análisis de histograma.

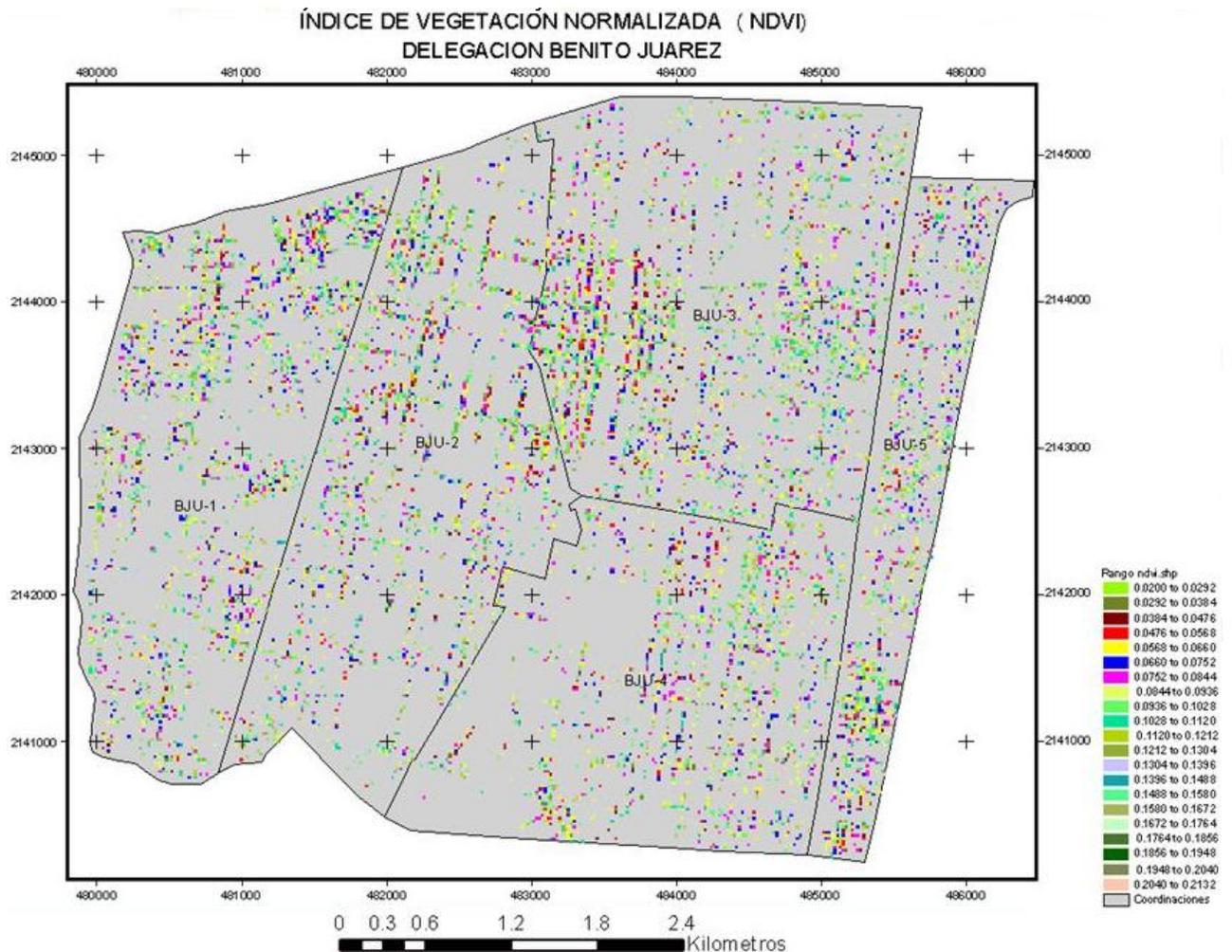


FIGURA 8. MAPA DEL NDVI PARA LA DELEGACIÓN. BJ

Visualización a detalle en la colonia Ermita ubicada en la parte sur oeste de la Delegación mostrando triángulos verdes (Figura 14) de muestreo de esta colonia, como la serie de parámetros dasométricos y referencias para su ubicación en algunos casos se tomaron

fotografías que muestran algunos individuos a los que se les tiene que dar algún tipo de mantenimientos urgente.

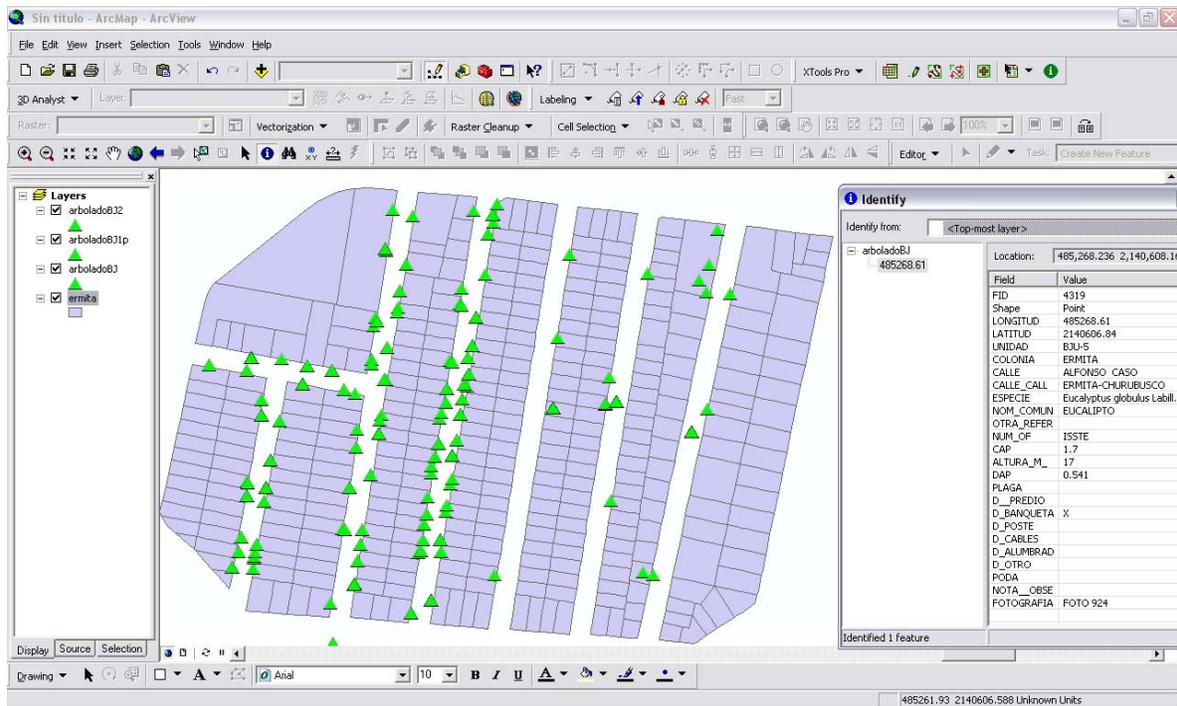


FIGURA 9. MAPA UBICACIÓN ARBOLADO COLONIA ERMITA

se realizó una interface grafica (Figura 15) con el programa de Google Earth para facilitar la visualización de los datos así como las bases de datos para su consulta

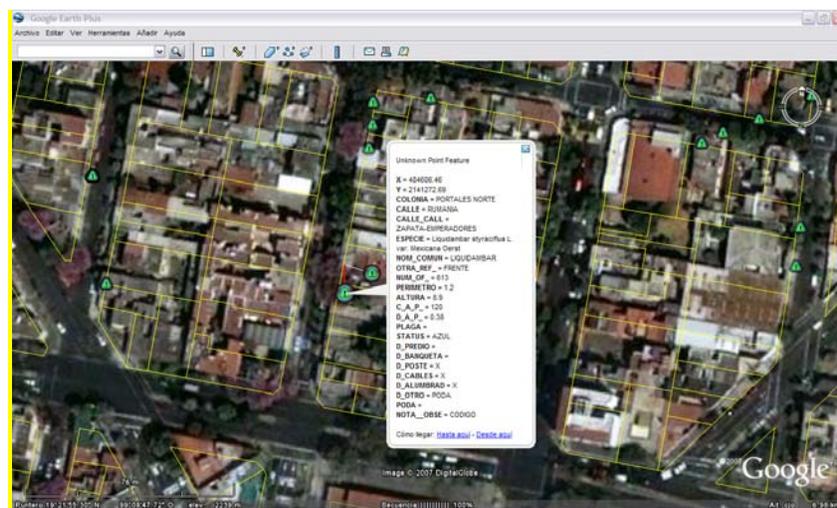


FIGURA 10. VISUALIZACIÓN COLONIA ERMITA EN GOOGLE EARTH

1.7 FIRMA ESPECTRAL

Con los datos filtrados se obtuvo la gráfica de frecuencias para las cuatro especies de mayor VIR para obtener la firma espectral la Figura 16 muestra el comportamiento del NDVI para estas especies en el intervalo de 0.00 a 0.2. Los valores provenientes de la gráfica del NDVI muestran similitud en la variación espectral entre las cuatro especies, aunque se observa que Jacaranda (amarillo) a diferencia de las otras especies presenta dos “picos” espectrales, el primero de éstos en 0.06 y el segundo en 0.09, y un comportamiento constante de 0.11 a 0.155.

En la misma grafica se aprecia la similitud que existe entre los valores obtenidos para Trueno y Ficus, éste último presenta valores más bajos (0.0048); como señalan las flechas en la (Figura 16) los valores de las tres firmas coinciden en dos puntos diferentes: el primer punto en el error típico para las cuatro especies es mucho menor a 0.02 (TABLA 24).

FIGURA 11. FRECUENCIAS DE NDVI PARA LAS CUATRO ESPECIES DE MAYOR VIR.

De acuerdo con los valores, se observa que *Ficus* y *Fresno* presentan alta similitud en su comportamiento espectral como se observa en la TABLA 24, además de ser los valores más bajos a comparación con *Jacaranda* y *Trueno*.

TABLA 24. ESTADÍSTICOS DE REFERENCIA PARA LAS CUATRO ESPECIES DE MAYOR VIR

	FRESNO	FICUS	JACARANDA	TRUENO
Media	0.0933903	0.0937557	0.0897867	0.0934055
Error típico	0.0038105	0.0036368	0.0031200	0.0036285
Mediana	0.0920880	0.0929040	0.0882995	0.0932820
Moda	12	1	1	1
Desviación estándar	0.0471329	0.0434895	0.0404398	0.0441424
Varianza de la muestra	0.0022215	0.0018913	0.0016354	0.0019486
Curtosis	-0.9645012	-0.9488512	-1.0279540	-0.9986151
Coefficiente de asimetría	0.0732400	0.0831085	0.0578206	0.0626066
Rango	0.1913170	0.1881220	0.1686010	0.1735010
Mínimo	0.0048550	0.0077540	0.0066570	0.0079770
Máximo	0.1961720	0.1958760	0.1752580	0.1814780
Suma	14.2887110	13.4070590	15.0841670	13.8240120
Cuenta	153	143	168	148

Se realizó un análisis estadístico para decidir si éstas diferencias son significativas, para lo cual se utilizó una Anova de una sola vía y una prueba de Kruskal-Wallis, cuyos resultados más relevantes se presentan en la Tabla 25 y en la Figura 17.

TABLA 25. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS

ESPECIE	SAMPLE SIZE	AVERAGE RANK
1	13	26.4231
2	13	24.5769
3	13	31.5385
4	13	23.4615
Test statistic = 2.29137		P-Value = 0.514174

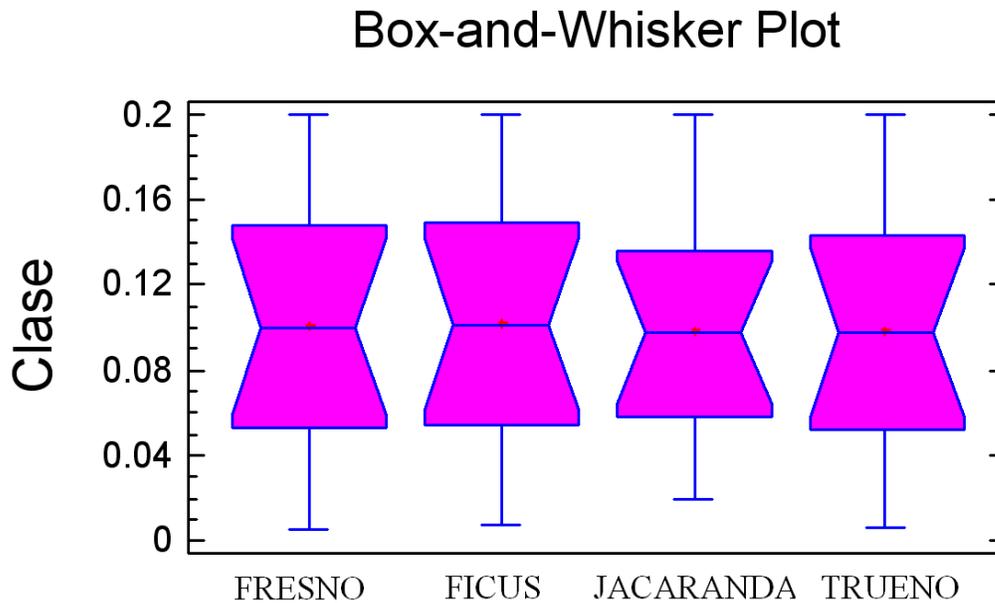


FIGURA 12. DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTE PARA LAS CUATRO PRINCIPALES ESPECIES

Con la prueba de Kruskal-Wallis se corrobora que los puntos medios de Frecuencia dentro de cada uno de los 4 niveles de SP son iguales. Los datos de todos los niveles primero se combinan y se alinean del más pequeño a la más grande. Entonces computan a la fila media para los datos en cada nivel. Puesto que el P-valor es mayor o igual 0.05, no hay una diferencia estadístico significativa entre los puntos medios en el nivel de confianza 95.0%.

Se calculó la cobertura pero no es posible calcular la distribución con base a los valores espectrales como lo demuestra las pruebas estadísticas realizadas no existe una diferencia significativa entre una y otra especie

El Área de cobertura arbórea por individuo de Jacaranda es de mayor tamaño y puede influir en la certeza de los datos obtenidos, coincide a pesar de tener el menor número de registros con el error más pequeño.

1 DISCUSIÓN

Existen registros de conteos en la Delegación Benito Juárez desde 1980, y coinciden en la presencia de tres especies abundantes, fresno, trueno y Jacaranda. Pero éstos se han concentrado en parques o áreas verdes como camellones.

La diferencia de este trabajo se fundamenta en censos y considera a *Ficus* como un género de importancia que no ha sido considerado dado que solo se habían evaluado los parques y jardines sin considerar el arbolado en línea de calles y vías secundarias que también son importantes como arbolado urbano.

La mayor parte de los muestreos fueron entre 1992 y 1995 y determinaron 68 a 81 especies en los que las mejor representadas son trueno, fresno, jacaranda, colorín, eucalipto, hule, cedro, olmo, laurel y cedro italiano (Rojo, 2006). Los inventarios en dichos trabajos, resultaron del análisis de un aproximado de 2000 a 5000 individuos resultado de muestreos.

En este trabajo, se obtuvo un registro de 43,595 individuos, casi doce veces más la intensidad de muestreo que cualquier otro estudio realizado en el Distrito Federal, además, es importante señalar que, debido a que los resultados no provienen de la extrapolación de muestreos, sino estricta y enfáticamente a censos, es decir, al conteo total del arbolado en calles y vías secundarias de la demarcación, se asegura que la información sobre diversidad es innegablemente más certera que el resto de los muestreos hasta ahora realizados, así como sobre la demás información asociada, tal como: presencia-ausencia de las especies, dominancia, densidad e importancia.

Se registraron en el censo 98 especies 58 géneros y 36 familias de las cuales según los registros para todo el Distrito Federal, existen cerca de 112 especies.

En total acuerdo con lo descrito con Chacalo, et al. 1994 y 1996 en: Calderón (2003), se evidencia que es posible encontrar una gran diversidad de especies en las calles y parques de la ciudad, en promedio de 61 a 81 especies arbóreas, sólo unas cuantas son las que predominan. Esto último muestra que, en muchos casos, se trata de árboles que se han

introducido sin considerar el lugar en que tendrán que vivir y desarrollarse, sin tomar en cuenta por tanto sus requerimientos biológicos.

1 CONCLUSIONES

- La diversidad de especies en las calles y vías secundarias de la Delegación Benito Juárez está representada por 98 de las 112 reportadas en todo el Distrito Federal, lo que constituye el 87.5%.
- Las especies con mayor VIR son *Ligustrum japonicum*, *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia* y *Ficus benjamina*.
- Se obtuvo el NDVI con lo cual se registro la proporción de cobertura arbolada que ocupa cada especie por lo que estas cuatro con el mayor VIR representan mas del 63.8% del total de la masa arbórea.
- Se logro obtener la firma espectral para las cuatro especies arbóreas con mayor VIR sin embargo no se obtuvo una separación aceptable pues los valores de NDVI se sobreponen en los cuatro casos
- Se obtuvo mediante censo, el número de individuos arborescentes existentes en las calles y vías secundarias de la Delegación, con un grado de error menor al 5%.
- Se construyó la Geodatabase del censo realizado con lo cual se pueden obtener diversos datos: ubicación, altura, diámetro, riesgo, etc., con lo cual incluso pueden hacerse las proyecciones dasométricas.
- El censo quedó ensamblado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su gestión con lo cual se hace mas accesible la consulta de los mismos.
- La ayuda de las Técnicas de Percepción Remota facilitaron la obtención de Datos con lo cual se obtuvieron las coberturas arbóreas.
- La Delegación Benito Juárez, es la primera a nivel nacional en contar con un censo de esta naturaleza y una base de respaldo, que permite satisfacer lo establecido en el Art. 88 bis 4 (LADF, 2000).

2 RECOMENDACIONES

El Plan Verde impulsado por el Gobierno del Distrito Federal es un instrumento de gestión que impulsa la creación de estos inventarios sin embargo la falta de conocimientos en la mayoría de las delegaciones sobre las técnicas para identificar y elaboración de planes u acciones para el cuidado y mantenimiento de sus áreas verdes impide que se tenga el dato exacto del número de casos de arbolado, entre otros aspectos que es preciso atender por lo cual a la fecha son solo 2 delegaciones las que han realizado lo estipulado en el Art.88 bis4 (LADF, 2000).

El análisis de las especie con mayor VIR apoyados con un espectro radiómetro de campo quizás permitiría en conjunto con los datos obtenidos en campo y usando tecnología LIDAR u de inteligencia artificial, se podría obtener una mejor discriminación espectral

1 LITERATURA CONSULTADA

- ALDF (2005) Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación del Distrito Federal en Benito Juárez. programa Delegacional De Desarrollo Urbano Benito Juárez. Oficial del Distrito Federal. 6 de mayo de 2005.
- ALDF, (2000.) Ley Ambiental del Distrito Federal. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 13 de enero, 2000.
- APDF, (2003). Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito federal Administración Pública del Distrito Federal. Jefatura de Gobierno. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 31 de diciembre de 2003. Décima tercera Época. No. 103-Bis
- APDF, (2003). Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito federal Administración Pública del Distrito Federal. Jefatura de Gobierno. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 31 de diciembre de 2003. Décima tercera Época. No. 103-Bis
- Atlas delictivo de la Delegación Benito Juárez Dirección General de Prevención del Delito y Protección Civil/Programas/Coordinación de Prevención del Delito http://www.delegacionbenitojuarez.gob.mx/content/2/module/pages/op/displaypage/page_id/215/format/html/ (Mayo 2008)
- Calderón, A.2003 " La necesidad de los estudios sobre arbolado urbano a través del análisis de dos casos: "El Inventario de los árboles de la Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco" y el "Inventario de los árboles de Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh, de la calle Francisco Sosa, Coyoacán, D.F". D.F. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México. 59p
- Castaños, C. M. (1993). Arborización para carreteras y zonas urbanas. Secretaría de Caminos y Puentes Federales. México. 432 p.
- Cavazos, E. G. 1997. Características del arbolado urbano en los parques urbanos en la Ciudad de México, D.F. Carrera de Biología, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 70p.

- Chacalo, A. y R. Fernández. 1995. Los árboles nativos e introducidos utilizados en la reforestación de la Cd. de México. *Ciencia* 46: 393p
- Chacalo, A., Aldama, A. y Grabinsky, J. 1996. Inventario del arbolado de alineación de la Ciudad de México. *Rev. Cien. For. en Méx.* 79(21):101-119
- Chacalo, H. A. (1994) Manejo del arbolado urbano. Casa Abierta al Tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias Básicas e Ingeniería, 97 p.
- Chuvieco, E. (2008). Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid: Ediciones Rialp, S.A.594p.
- Chuvieco E. (2006) Teledetección Ambiental. la Observación de la Tierra desde el Espacio Ed. Ariel, 586 p
- CDHCU (2008) Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Diario Oficial de la Federación 24-11-2008
- CNES, SPOT Image, SPOT ficha técnica Imágenes. <http://www.spotimage.fr/web/es/320-resoluciones-y-modos-espectrales.php> Spot © Cnes 2005 Distribución Spot Image 4p. Mayo-2008.
- DDF, 1990. Los Árboles de la Ciudad De México, Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural del D.D.F. Ed. Corporación Mexicana de impresión, México 23p.
- DeMers, M.N., (1997). Fundamentals of geographic information systems. John Wiley and Sons, New York , 486 p.
- Falcón, L. M. L. 1994. Situación de los árboles y arbustos de alineación de las delegaciones políticas Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 111 p.

- G.D.F. 2000. "Manual técnico para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal. Tomo I. Secretaria del Medio Ambiente del D. F. - BID. México. 236p.
- Iguñiz (2007) Apuntes de Gestión de la Estructura del Arbolado Urbano Gabriel Iguñiz Agesta Noviembre 2007 www.arbolonline.org.
- García Doval (1998) Sistemas de apoyo a la Gestión de Servicios Urbanos, basados en Software Libre (Web de apoyo a la campaña "Un alcorque, un árbol" del Ayuntamiento de Madrid), Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, I Jornadas de SIG Libre Madrid España 12 p.
- G.D.F. (2003). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-001-RNAT-2002, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo y restitución de árboles en el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. No. 65 BIS, 14 de agosto de 2003. 21p.
- González, V. C. (1984). Los inventarios en dasonomía Urbana. Encuentro Nacional sobre inventarios forestales en Chihuahua, Chih. INIF. SARH. México. 68 p.
- González, V. C. E. (1983). Aspectos de la dasonomía urbana en México. In: Primeras Jornadas Forestales Hispano-Americanas. Publicación Especial No. 41. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH. México. 383p.
- Hitchings, D. R. 1981. Prontuario de Dasonomía Urbana. Arizona State Land Dept., Forestry Divison USDA. Forest. Service, University of Arizona. 37p.
- Martínez-González, L. y A. Chacalo-Hilu, 1994. Los árboles de la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 351p.
- Margalef, R. 1998. Ecología. Ed. Omega. México, 868 p

- Millán, M. M. 1993. Situación del arbolado urbano de alineación de las delegaciones políticas de Cuajimalpa de Morelos y Miguel Hidalgo, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 103 p.
- Miranda, V. C. (1977) "Lo ambiental desde la perspectiva filosófica" .Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, CIEMAD/IPN, México, 168p.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. Nueva York.
- Niembro, R.A., (1986). Árboles y arbustos útiles de México. Ed. Limusa. México. 206 p.
- Ortega, R. B. E. (1990). Establecimiento de una plantación urbana en Santa Elena Chimalhuacán, Estado de México. INIFAP. SARH. México. 12 p.
- Phillips, L. E. (1993). Urban Trees. A Guide for Selection, Maintenance, and Master Planning. Mc Graw-Hill, Inc. USA. 273 p.
- Quiroz, M. C. 1994. Descripción de la situación de los árboles y arbustos de alineación de las delegaciones políticas de Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 131 p
- Quintero-Pérez, J.A., 2009,"definición y origen de los Sistemas de Información Geográfica", capítulo IV en el libro Conceptos de la Geomatica en México, Geografía para el siglo XXI, Instituto de geografía. ISBN 978-607-02.0973-4. P115-147.
- Ramírez, R. A. (1993). Situación del arbolado urbano de alineación de las delegaciones políticas de Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 108 p

- Ramírez, R. A. (1993). Situación del arbolado urbano de alineación de las delegaciones políticas de Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 108 p.
- Raymon, A. y Serway, J. W. (2005). Física para ciencias e ingenierías (Vol. II). California State, USA: International Thomson Editores, S. A. de C. V. 948 p.
- Rodríguez, C. y F. Cohen, (2003). Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la ciudad de México. (Eds.) REMUCEAC-UAM-GDF. México D.F. 338 p.
- Rojo, I. (2006) Condiciones y Características de las Áreas verdes y su arbolado en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, D.F. tesis profesional. Facultad de Ciencias UNAM México. 122p.
- Rosete F. y Bocco G. (2003) Los Sistemas de Información Geográfica y la Percepción Remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales Gaceta Ecológica, julio-septiembre, número 068 Instituto Nacional de Ecología Distrito Federal, México pp. 43-54
- Rouse, J. W. Jr.; Haas, R. H.; Deering, D. W.; Schell, J. A. and Harlan, J. C., (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC type III final report: Greenbelt, Maryland, NASA, 371 p.
- Rowntree, R. A. (1986) Ecology of the Urban Forest: Introducion to Part III. In: landscape and Urban Planning, 15: 1-10p.
- López Blanco J. (2005) Sistemas de Información Geográfica en Estudios de Geomorfología Ambiental y Recursos Naturales Ed. Ocelote México 187p.
- Sacksteder, C. J. y H. D. Gerhold, (1979) A guide to urban tree inventory systems. Escuela de Recursos Forestales de la Universidad de Pennsylvania, Informe de Investigación No. 43. E. U. A. 52p.

- Sánchez-Sánchez, O. (1984) La Flora del Valle de México. Editorial Herrero, S.A. México, D.F. 519p.
- Segura, B. C. (1992). Descripción de la situación de los árboles y arbustos de alineación de las delegaciones Iztacalco e Iztapalapa, D.F. Tesis Profesional. ENEP Zaragoza, UNAM. México. 115 p.
- SMA (2005) Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-006-RNAT-2004, que establece los requisitos, criterios, lineamientos y especificaciones técnicas que deben cumplirlas autoridades, personas físicas o morales que realicen actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas en en el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 18 de noviembre de 2005, No.136 décima quinta edición.
- SMA (2003) Secretaria de Medio Ambiente Dirección de Reforestación Urbana, Parques y Ciclovías, Inventario de Áreas Verdes Urbanas <http://www.sma.df.gob.mx/drucp/index.php?opcion=5> (MAYO 2008).
- Smiley, E. T. y F. A. Baker. (1988) Options in street tree inventories. Journal or Arboriculture 14(2): 36-42.
- Speranza F.-H Zerda (2005) potencialidad de los Índices de Vegetación para la Discriminación de Coberturas Forestales. Proyecto Picto 12931, INTA Manfredi. Córdoba. Argentina. 10 p.
- USDA Forest Service. (1993). Reforestación urbana y de la comunidad: Mejorando nuestra calidad de vida. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Región Sur. Reporte Forestal de Julio. USA. 14 p.
- USGS Servicio Geológico de los Estados Unidos U.S. Geological Survey."What is GIS" http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/#what/ Junio 2008

- Valdez, C. V. (1995) Situación del arbolado urbano de las Delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc, D.F. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México.125p.
- Villalón, R. R. (1992) Situación del arbolado urbano de alineación en la Delegación Política Venustiano Carranza de la Ciudad de México. Carrera de Biología, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 107p
- Volante, J. N., Bianchi, A.R.; (2003) Índice de vegetación normalizado diferencial (NDVI) de las Yungas y del Chaco Semiárido en el Noroeste Argentino. EEA Salta. INTA 24 p.