

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**PERCEPCIÓN, ESTRUCTURA Y CAPTURA DE CARBONO DEL ARBOLADO  
URBANO PÚBLICO DE LINARES, NUEVO LEÓN MÉXICO**

**POR:**

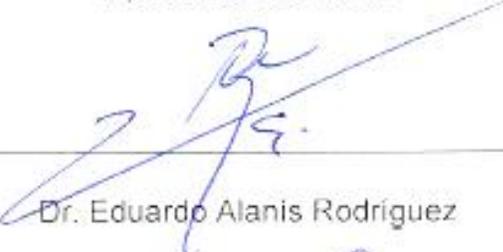
**CARLOS EDUARDO LEAL ELIZONDO**

Como requisito parcial para obtener el grado de  
**DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACION EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES**

FEBRERO, 2025

PERCEPCIÓN, ESTRUCTURA Y CAPTURA DE CARBONO DEL ARBOLADO URBANO  
PÚBLICO DE LINARES, NUEVO LEÓN MÉXICO

Aprobación de Tesis



---

Dr. Eduardo Alanis Rodríguez



---

Dr. Javier Jiménez Pérez



---

Dr. Oscar Aguirre Calderón



---

Dr. José Isidro Uvalle Saucedá



---

Dr. Arturo Mora Olivo

FEBRERO, 2025

*Manifiesto que la presente investigación es original y fue desarrollada como requisito parcial para obtener el grado de DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACION EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES donde se utiliza información de otros autores se otorgan los créditos correspondientes.*

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Eduardo Leal Elizondo', with a stylized flourish at the end.

*Carlos Eduardo Leal Elizondo*

*FEBRERO 2025*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, destacando al gran personal docente el cual tiene una excelente dedicación a la docencia donde brindan las herramientas y cualidades indispensables para tu rendimiento académico y profesional.

Expreso mi gratitud al CONAHCYT por el apoyo de una beca, la cual fue fundamental para mi investigación.

A mi director de tesis, Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, por su valioso apoyo durante el desarrollo de esta investigación, por sus acertados consejos en todo momento en la realización de esta investigación, el tiempo brindado dentro y fuera del plantel para aclarar cualquier duda o enseñanza.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por darme la oportunidad y demostrarle mis conocimientos en diversas actividades, por su confianza y amistad que me brindó como estudiante y consejos personales que fueron de gran importancia para salir adelante profesionalmente.

A mis padres Pedro A. Leal Garza y Nelly A. Elizondo Gonzáles agradecerles todas las muestras de cariño, paciencia y aliento siendo primordiales para sacar mi carrera universitaria hasta este punto, agradecerles de corazón por toda la confianza que depositaron en mi y decirles que no fue en vano.

A mi esposa Eloina Camacho Zúñiga darle las gracias por la paciencia, desveladas y malos ratos que pasamos, pero todo sacrificio tiene un fruto y he aquí todos los esfuerzos que empeñamos en salir adelante para nuestros hijos.

A mi hermana Nelly A. Leal Elizondo que ha sido un soporte inquebrantable en cada instante, por todas esas desveladas y trabajos que compartimos y seguiremos compartiendo y apoyándonos mutuamente.

A mi hermano Pedro A. Leal Elizondo por todos los ánimos para no rendirme, por su gran colaboración en la toma de datos para esta investigación y por no dejarme en cada paso de mi carrera profesional.

Agradezco a cada una de las personas que pusieron un granito de arena en esta travesía que no fue nada fácil pero no imposible, por sus palabras de aliento y su incondicional amistad, gracias a Rodrigo Ramírez Elizondo, Andrés Cuellar, Joe Rodríguez, María Ramírez, Efrén Reyes de la Rosa y Víctor Hugo Iracheta.

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios que nunca me ha dejado solo y me ha dado la fortaleza en seguir adelante y no dejarme caer en los momentos y situaciones más adversas, darte las gracias por el camino que me toco y la familia brindada.

A mis padres Pedro A. Leal Garza y Nelly A. Elizondo González agradecerles enormemente la dedicación, sacrificio y amor a cada momento, sus palabras de motivación a no rendirme, creer siempre en mí y apoyarme en las decisiones complicadas dentro y fuera de lo académico muchísimas gracias por todo el amor que me tienen y que siempre me lo demuestran.

A mi esposa Eloina Camacho Zúñiga por ser el soporte en mi vida y no dejarme solo en este arduo camino que hemos tomado junto muchas gracias por tu apoyo incondicional.

A mi hermana Nelly darle agradecerle el apoyarme en momentos complicados y no soltarme la mano para sacar mis estudios adelante, por los conocimientos que me compartes y que estas al pendiente de mí día y noche.

A mi hermano Pedro agradecerte por esos consejos que me ayudan a seguir adelante y no dejarme caer por cualquier circunstancia de la vida, al estar conmigo en todo momento y apoyarme en cualquier situación que se presente.

A mis abuelos Emelia Garza Moreno, José Agustín Leal Garza y a mi querida abuela Bertha Nilda González Perales (†), por haberme guiado siempre por el buen camino, cuidarme con amor incondicional y transmitirme valores que llevaré conmigo toda la vida. A ella, en especial, quiero que sepa que la recordaré y querré por siempre, con todo mi corazón.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
4. OBJETIVOS.....	5
4.1 OBJETIVOS GENERALES.....	5
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
5. REFERENCIA.....	7
6. CAPITULO I.....	9
ESTRUCTURA Y CAPTURA DE CARBONO DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE LINARES, NUEVO LEÓN.....	9
6.1 Resumen:.....	9
6.1.2 Abstract:.....	10
6.2 Introducción.....	11
6.3 Materiales y Métodos.....	12
6.3.1 Área de estudio.....	12
6.3.2 Inventario florístico.....	13
6.4 Análisis de la Información.....	14
6.4. 1 Biomasa aérea viva.....	14
6. 4. 2 Contenido de carbono.....	15
6.5 Resultados y discusión.....	16
6.5.1 Resultados.....	16
6.5.2 Discusión.....	23
Recomendaciones.....	26
7. CAPITULO II.....	27
PERCEPCIÓN SOCIAL DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE LINARES, NUEVO LEÓN MÉXICO.....	27
7.1 Resumen.....	27
7.1.2 Abstract.....	28
7.2 Introducción.....	29

7.3 Antecedentes.....	30
7.4 Objetivo .....	30
7.5 Materiales y método .....	30
7.5.1 Participantes .....	31
7.5.2 Técnica e instrumentos.....	32
7.5.3 Procedimiento .....	33
7.6 Resultados y discusiones .....	33
7.6.1 Resultados.....	33
7.6.2 Discusión .....	40
8.CAPITULO III.....	42
CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DEL ARBOLADO EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES EN UN LAPSO DE 9 AÑOS (2014-2023), LINARES NUEVO LEÓN, MÉXICO	
8.1 Resumen .....	42
8.1.2 Abstract .....	43
8.2 Introducción .....	44
8.3 Materiales y métodos.....	45
8.3.1 Análisis de la vegetación .....	46
8.3.2 Análisis de la Información .....	47
8.4 Resultados y discusión .....	49
8.4.1 Resultados.....	49
8.4.2 Discusión .....	54
9. CONCLUSIONES .....	56
9.1 Capítulo 1.....	56
9.2 Capítulo 2.....	57
9.3 Capítulo 3.....	58
10. REFERENCIAS .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Distribución de especies nativas e introducidas y número de individuos por área evaluada..... 17
2. Nombre científico y común, familia, nativas (N) e introducidas (I) de las especies arbóreas registradas en el área de estudio..... 17-18
3. Áreas de estudios (plazas, parques y camellones) superficie en ha, especies, número de individuos, biomasa y captura de carbono y captura de carbono por hectárea..... 21
4. Nombre científico, nativas (N) o introducidas (I), biomasa (Kg), captura de carbono (Kg) y captura de carbono por hectárea..... 21 - 23
5. Factores de selección para las especies arbóreas..... 35 - 36
6. Familia, Nombre Científico, Nombre común, Forma de vida, Origen e Individuos (2014 – 2023) de las áreas verdes urbanas de la Facultad de Ciencias Forestales..... 47- 49
7. Abundancia (N.ha-1), dominancia (m<sup>2</sup>.ha-1), frecuencia, índice de valor de importancia de las especies registradas en las áreas verdes urbanas de la Facultad de Ciencias Forestales..... 50-51

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Ubicación del área de estudio en el municipio de Linares, Nuevo León, México .....	14
2. Clases de Alturas de todos los individuos, nativas e introducidas.....	19
3. Clases diamétricas de los individuos (especies nativas e introducidas).....	20
4. Ubicación del área de estudio.....	30
5. Edad de las personas encuestadas.....	32
6. Grado académico de los encuestados.....	33
7. Personas encuestadas que conocieron el concepto de especies nativas.....	33
8. Personas encuestadas que conocieron el concepto de especies introducidas.....	34
9. Ubicación del área de estudio.....	44
10. Densidad de individuos de acuerdo a clases diamétricas en las áreas de estudio.....	51

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

<i>Abi</i>	Área de copa de la especie <i>i</i>
<i>Ai</i>	Abundancia absoluta
<i>ARi</i>	Abundancia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la abundancia total
<i>B</i>	Biomasa total aérea
<i>CC</i>	Concentración de carbono
<i>CEPSA</i>	Compañía energética mundial
<i>CO<sup>2</sup></i>	Dióxido de carbono
<i>d<sub>0.10</sub></i>	Diámetro basal
<i>d<sub>1.30</sub></i>	Diámetro normal
<i>DAP</i>	Diámetro altura de pecho
<i>Db</i>	Diámetro normal
<i>d<sub>copa</sub></i>	Diámetro de copa
<i>Di</i>	Dominancia absoluta
<i>DMg</i>	Índice de Margalef
<i>DRi</i>	Dominancia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la dominancia total
<i>E</i>	Nivel de precisión
<i>FAO</i>	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura
<i>Fi</i>	Frecuencia absoluta
<i>FRi</i>	Frecuencia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la frecuencia total
<i>h</i>	Altura total
<i>H'</i>	Índice de Shannon & Wiener
<i>ha</i>	Hectáreas
<i>I</i>	Introducidas
<i>INGI</i>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía

<i>IVI</i>	Índice de valor de importancia
<i>IVI rel</i>	Índice de valor de importancia relativo
<i>Kg</i>	Kilogramos
<i>Kg ha<sup>-1</sup></i>	Kilogramos por hectárea
<i>LN</i>	Logaritmo natural
<i>m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup></i>	Metros cuadrados por hectárea
<i>Mg</i>	Mega gramos
<i>Mg C ha<sup>-1</sup></i>	Mega gramos de carbono por hectárea
<i>Mg ha<sup>-1</sup></i>	Mega gramos por hectárea
<i>n</i>	Número de encuestas necesarias para el estudio
<i>N</i>	Número total de individuos
<i>N</i>	Nativas
<i>N.ha<sup>-1</sup></i>	Número de individuos por hectárea
<i>Ni</i>	Número de individuos de la especie i
<i>NS</i>	Número total de sitios de muestreo (ha)
<i>NUA</i>	Nueva Agenda Urbana
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la Salud
<i>ONU</i>	Organización de las Naciones Unidas
<i>p</i>	Proporción de respuestas afirmativas
<i>Pi</i>	Número de sitios en el que está presente la especie i
<i>Pi</i>	Porción de las especies $pi=ni/N$
<i>q</i>	Porción de respuestas negativas
<i>S</i>	Superficie de muestreo en ha
<i>S</i>	Número de especies presentes
<i>UNAH</i>	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
<i>WWF</i>	Fondo mundial para la Naturaleza
<i>Z</i>	Nivel de confianza

## RESUMEN

En la presente investigación se recopiló información dasométrica y social de las zonas verdes de Linares, Nuevo León.

En el Capítulo I (**Estructura y captura de carbono de las áreas verdes urbanas de Linares, Nuevo León**), se analizó información obtenida en 2018, registrando un total de 41 áreas verdes urbanas distribuidas en 21 plazas, 14 parques y 6 camellones, que abarcan una superficie de 27.39 ha. En estas áreas se contabilizaron 2,066 individuos, pertenecientes a 26 familias, 38 géneros y 41 especies, siendo Fabaceae la familia más representativa, con cinco taxones.

En cuanto a la distribución de especies nativas, la mayor concentración se presentó en la clase de altura IV (4–5.99 m), con 635 individuos, y en la clase diamétrica VIII (28–31.99 cm), con 99 individuos. En el caso de las especies introducidas, predominaron la clase de altura VI (6–7.99 m) y la clase diamétrica VIII (28–31.99 cm). Las especies nativas registraron 458.93 Mg de biomasa y 213.71 Mg de carbono capturado, destacando *Fraxinus berlandieriana* con 269.76 Mg de biomasa y 126.79 Mg de carbono. Las especies introducidas alcanzaron 57.45 Mg de biomasa y 28.68 Mg de carbono, siendo *Ligustrum japonicum* la más representativa, con 16.10 Mg de biomasa y 8.05 Mg de carbono. En conjunto, se concluye que las especies nativas superaron a las introducidas en captura de carbono.

En el Capítulo II (**Percepción social de las áreas verdes urbanas de Linares, Nuevo León**), se evaluó los factores de elección y preferencia de especies arbóreas, tanto nativas como introducidas. Para ello, se aplicaron 383 encuestas a personas mayores de edad, de las cuales 208 declararon conocer especies nativas y 177 identificaron especies introducidas. Las especies nativas obtuvieron mayor aceptación, con 231 menciones, siendo las más representativas el Mezquite (*Prosopis laevigata*), el Huizache (*Vachellia farnesiana*) y la Anacahuita (*Cordia boissieri*). Los factores más valorados por los encuestados fueron la altura, la baja necesidad de riego y el tamaño de copa, concluyéndose que la

población local considera más adecuadas las especies nativas para futuras reforestaciones.

En el Capítulo III (**Cambios en la composición y diversidad del arbolado en el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales en un lapso de 9 años (2014–2023), Linares, Nuevo León**), se analizaron los cambios estructurales del arbolado en dicho campus. Se registraron 261 individuos pertenecientes a 43 especies, 36 géneros y 21 familias, de las cuales 28 especies son nativas y 15 introducidas. La familia más relevante fue Fabaceae, con diez taxones. La especie con mayor peso ecológico fue *Quercus virginiana*, con un 14.57% del total. En comparación con 2014, el campus presentó un incremento del 10.3% en el número de especies y del 52.2% en la cantidad total de individuos.

## ABSTRACT

In this research, dasometric and social information was collected from the green areas of Linares, Nuevo León

In Chapter I (**Structure and carbon sequestration of urban green areas in Linares, Nuevo León**), information obtained in 2018 was analyzed, recording a total of 41 urban green areas distributed across 21 plazas, 14 parks, and 6 median strips, covering an area of 27.39 ha. In these areas, 2,066 individuals were counted, belonging to 26 families, 38 genera, and 41 species, with Fabaceae being the most representative family, with five taxa.

Regarding the distribution of native species, the highest concentration was found in height class IV (4–5.99 m), with 635 individuals, and in diameter class VIII (28–31.99 cm), with 99 individuals. Among the introduced species, height class VI (6–7.99 m) and diameter class VIII (28–31.99 cm) predominated. Native species recorded 458.93 Mg of biomass and 213.71 Mg of carbon sequestration, with *Fraxinus berlandieriana* being the most prominent with 269.76 Mg of biomass and 126.79 Mg of carbon sequestration. Introduced species achieved 57.45 Mg of biomass and 28.68 Mg of carbon sequestration, with *Ligustrum japonicum* being the most representative, with 16.10 Mg of biomass and 8.05 Mg of carbon sequestration. Overall, it is concluded that native species outperformed introduced species in carbon sequestration.

In Chapter II (**Social perception of urban green areas in Linares, Nuevo León**), the factors of choice and preference of tree species, both native and introduced, were evaluated.. To this end, 383 surveys were administered to adults, of whom 208 reported being familiar with native species and 177 identified introduced species. Native species were most widely accepted, with 231 mentions, the most representative being Mezquite (*Prosopis laevigata*), Huizache (*Vachellia farnesiana*), and Anacahuita (*Cordia boissieri*). The factors most valued by respondents were height, low irrigation requirements, and canopy size,

concluding that the local population considers native species more suitable for future reforestation.

In Chapter III (**Changes in tree composition and diversity on the university campus of the Faculty of Forestry Sciences over a 9-year period (2014–2023), Linares, Nuevo León**), the structural changes in the trees on said campus were analyzed. A total of 261 individuals belonging to 43 species, 36 genera, and 21 families were recorded, of which 28 species are native and 15 are introduced. The most relevant family was Fabaceae, with ten taxa. The species with the greatest ecological weight was *Quercus virginiana*, with 14.57% of the total. Compared to 2014, the campus showed an increase of 10.3% in the number of species and 52.2% in the total number of individuals.

## 1. INTRODUCCIÓN

En regiones como Europa y América del Norte, la presencia de áreas verdes urbanas tiene un papel destacado, ya que más del 70% de la población habita en sus cercanías o dentro de ellas, considerándose factor crucial para medir el bienestar (Hernández y Cruz, 2020).

México se encuentra entre los diez países con mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aportando el 1.7% del total global, principalmente debido al acelerado crecimiento poblacional (WWF, 2019). El país forma parte de los 187 firmantes del Acuerdo de París, cuyo objetivo es limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 °C respecto a los niveles preindustriales (Cam *et al.*, 2000).

Los espacios verdes urbanos interactúan de manera directa con los componentes bióticos y abióticos del ecosistema urbano, mejorando el bienestar de los habitantes como las condiciones ambientales. Entre sus principales beneficios se encuentran la purificación del aire, la retención de humedad, la conservación del suelo, la infiltración de agua, la filtración de contaminantes atmosféricos, y la disminución del ruido proveniente del tránsito vehicular y de obras de construcción (Kuchelmeister, 2000; Tovar-Rodríguez, 2005; Carreiro *et al.*, 2008; Suárez y Robles, 2008).

La visión regional proyectada por la CEPAL para el año 2036 plantea ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, considerados bienes públicos creados para y por la ciudadanía, con igualdad de derechos y oportunidades, diversidad socioeconómica y cultural, y una relación sostenible con el entorno y el patrimonio natural y cultural (CEPAL, 2018).

El desarrollo urbano, uno de los procesos sociales, políticos y económicos más antiguos, tiene como finalidad mejorar las condiciones de vida en entornos urbanos. Actualmente, las ciudades ocupan apenas el 2% de la superficie terrestre, pero concentran el 54% de la población mundial, con una proyección

de alcanzar el 66% para 2050 (Sánchez y Gallego, 2021). Este proceso es complejo y requiere estrategias integrales. En este sentido, la Nueva Agenda Urbana (NUA) propone un modelo de desarrollo sostenible basado en tres pilares: 1) el marco normativo, 2) la planificación, y 3) la gestión financiera municipal (Sánchez y Gallego, 2021).

El Observatorio Global del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) advierte sobre la rápida expansión de las ciudades, que en muchos casos supera el ritmo de crecimiento poblacional, provocando problemas derivados de una deficiente planificación urbana. Esto se traduce en una mala distribución y aprovechamiento de los espacios públicos, incluyendo áreas verdes y espacios para arbolado urbano, lo que genera impactos negativos como el aumento en la demanda de servicios básicos, mayor necesidad de movilidad, incremento en el consumo energético y, en consecuencia, un alza en las emisiones de GEI (Cué-García *et al.*, 2020).

En Nuevo León, este crecimiento urbano desordenado ha afectado el paisaje y el bienestar humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró en 2018 al área metropolitana de Monterrey como la ciudad más contaminada de México. En 2017, únicamente el 27% de los días del año se registró una calidad de aire óptima para la población (Martínez, 2018).

En el caso del municipio de Linares, la investigación sobre áreas verdes urbanas ha sido limitada (Zamudio, 2001; Alanís *et al.*, 2014; Leal *et al.*, 2018; Leal *et al.*, 2023). Por ello, el presente estudio tiene como objetivo ampliar el conocimiento sobre la estructura, composición, diversidad y captura de carbono de las especies presentes en las zonas verdes de Linares, Nuevo León.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los espacios verdes urbanos son fundamentales en la sociedad para el desarrollo de las personas, la contaminación en las ciudades cada vez es mayor, por esta razón el buen manejo de las especies arbóreas en las reforestaciones es esenciales para el soporte de la contaminación de gases, entre otras. Los problemas más comunes que se detectan en los espacios verdes urbanos es el mal diseño y selección de las especies, las cuales no cumplen con la adaptabilidad necesaria para un buen desarrollo, llegando a tener un crecimiento no adecuado, enfermedades o la muerte del mismo individuo. Es por ello la importancia de generar estudios los cuales ayuden a diseñar o seleccionar correctamente al árbol o la especie con la que se reforestara para garantizar su sobrevivencia y tener áreas verdes urbanas con buena conformación en estructura, composición y diversidad obteniendo un correcto balance en las especies nativas.

En la actualidad los espacios verdes urbanos juegan un papel significativo en el embellecimiento de las ciudades, teniendo un peso económico, social y cultural importante de las localidades, a su vez las áreas verdes urbanas generan microclimas que ayudan a la ciudadanía a tener áreas de descanso convivencia y recreación, con sombras donde se pueden resguardar del sol y las temperaturas elevadas, por esta razón hay que tener en cuenta las especies arbóreas a escoger teniendo en cuenta que las especies nativas están mejor adaptadas a los diferentes climas dependiendo la ciudad o localidad.

### **3. HIPÓTESIS**

#### **Capítulo 1**

Las especies exóticas tendrán mayores valores de biomasa y captura de carbono a diferencia de las especies nativas en las plazas y parques de Linares, Nuevo León.

#### **Capítulo 2**

Las especies exóticas tendrán mayor aceptación vs las nativas en entornos urbanos por la sociedad del municipio de Linares, Nuevo León.

#### **Capítulo 3**

Las especies exóticas tendrá mayor representatividad que las especies nativas en las instalaciones del campus de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVOS GENERALES**

#### **Capítulo 1**

Evaluar la estructura arbórea mediante histogramas de alturas y diámetros para ver su conformación y rangos en los que se distribuyen, además de estimar la biomasa y captura de carbono en el arbolado de las áreas verdes urbanas de Linares Nuevo León.

#### **Capítulo 2**

Evaluar la percepción social de las especies nativas e introducidas de las áreas verdes del municipio de Linares, Nuevo León.

#### **Capítulo 3**

Evaluar la estructura, composición y diversidad del arbolado en el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y comparar con el inventario del 2014 la diferencia en especies e individuos arbóreos que se encuentran en dicha universidad.

## **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Capítulo 1**

- Evaluar los rangos en que se distribuyen las alturas (h) y diámetro normal a 1.30 (DAP).
- Estimar la biomasa y carbono de todas las especies arbóreas.

### **Capítulo 2**

- Evaluar mediante una encuesta el criterio y parecer de los habitantes de Linares Nuevo León, referente a las especies arbóreas de las áreas verdes urbanas.
- Analizar las preferencias visuales de las especies nativas e introducidas.
- Analizar el grado de aceptación de las especies nativas e introducidas en función de la edad, genero, grado académico de los entrevistados.

### **Capítulo 3**

- Realizar un censo completo de los individuos presentes en el área de estudio, registrando variables dasométricas como altura total (H), diámetro a la altura del pecho (DAP, medido a 1.30 m) y área de copa (AC).
- Calcular las variables estructurales relativas: abundancia relativa (ARi), dominancia relativa (DRi), frecuencia relativa (FRi) e Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies presentes.
- Evaluar la diversidad de especies mediante el índice de Shannon & Weiner (H').
- Determinar la riqueza específica utilizando el índice de Margalef (DMg).

## 5. REFERENCIA

Alanís, E.; J. Javier, O.A. Mora, C. Pamela, R. Luis, (2014). Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1 (7) .93-101.

Carreiro M., M., Y-C. Song and J. Wu. (2008). *Ecology, planning and management of urban forests. International perspectives.* Springer Publishers. New York, NY. USA. 468 p.

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018). *Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe | Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2016-2036.* Retrieved from <https://www.cepal.org/es/files/plan-accion-regional-la-implementacion-la-nueva-agenda-urbana-america-latina-caribe>.

Hernández M., R. P. y E. Cruz H. (2020). Desafíos emergentes de la distribución de la población urbana y rural en el mundo: una panorámica mundial y europea del crecimiento urbano. *História e Economia* 24(1):21-37. <https://www.historiaeeconomia.pt/index.php/he/article/view/237>. (10 de octubre 2022).

Kuchelmeister, G. (2000). Árboles y silvicultura en el milenio urbano. *Unasylya* 200. (51): pp 49-55.

Leal Elizondo, Carlos Eduardo, Nelly Leal Elizondo, Eduardo Alanís Rodríguez, Miguel Angel Pequeño Ledezma, Arturo Mora Olivo, y Enrique Buendía Rodríguez. (2018). «Estructura, composición Y Diversidad Del Arbolado Urbano De Linares, Nuevo León». *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 9 (48). México, ME. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>

Leal-Elizondo, C. E., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., ... Leal-Elizondo, N. A. (2023). Estructura y captura de carbono de las áreas verdes urbanas de Linares, Nuevo León. *E-CUCBA*, 10(20), 33–43. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.294>

Sánchez, C., y Gallego, M. (2021). Ciudades Sostenibles: la Agenda Urbana como acelerador de los objetivos de desarrollo sostenible.

Suárez A., S. & E. F. Robles Q. (2008). Dasonomía Urbana del Municipio de Oaxaca de Juárez, Oaxaca. Observatorio de la economía Latinoamericana. 97 p. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2008/sarq.htm> (23 de julio de 2011)

Tovar-Rodríguez, A. (2005). Disturbios que afectan el desarrollo de las plantas en áreas urbanas. In: Foroughbakhch, R., M. Alvarado, T. Torres y J. Marroquín (eds.). Tópicos Selectos de Botánica 2, Etnobotánica, Sistemática, Fisiología y Plantas en ambientes urbanos. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL. México. 212 p.

WWF México. (2019). Política Climática Nacional. Cambio Climático y Energía. [https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/cambio\\_climatico\\_y\\_energia/politica\\_climatica\\_nacional2/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/politica_climatica_nacional2/)

Zamudio, E., (2001). Análisis del comportamiento del arbolado urbano público durante el periodo de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México. 109pp.

Kuchelmeister, G. (2000). Árboles y silvicultura en el milenio urbano. Unasyva 200. (51): pp 49-55.

WWF México. (2019). Política Climática Nacional. Cambio Climático y Energía. [https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/cambio\\_climatico\\_y\\_energia/politica\\_climatica\\_nacional2/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/politica_climatica_nacional2/)

## 6. CAPÍTULO I

### ESTRUCTURA Y CAPTURA DE CARBONO DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE LINARES, NUEVO LEÓN STRUCTURE AND CARBON CAPTURE OF THE URBAN GREEN AREAS OF LINARES, NUEVO LEÓN

#### 6.1 Resumen:

Las áreas verdes urbanas representan un componente esencial tanto en centros poblacionales pequeños como en grandes urbes, debido a los múltiples beneficios ambientales que proveen. El presente estudio tuvo como finalidad caracterizar la estructura y estimar la capacidad de captura de carbono del arbolado presente en espacios públicos de Linares, Nuevo León. Se efectuó un levantamiento en 41 áreas verdes urbanas, distribuidas en 21 plazas, 14 parques y 6 camellones, que en conjunto abarcan 27.39 ha. Para cada individuo se midió el diámetro normal (d1.30), la altura total (h) y el diámetro de copa (dcopa). Se identificaron 2,066 individuos pertenecientes a 26 familias, 38 géneros y 41 especies. La familia Fabaceae presentó la mayor representación con cinco especies, seguida por Arecaceae, Fagaceae y Moraceae con tres especies cada una. Las especies nativas se concentraron principalmente en la clase de altura IV (4 – 5.99 m), con 635 individuos, y en la clase diamétrica VII (24 – 27.99 cm), con 250 ejemplares; mientras que las especies introducidas se ubicaron mayormente en la clase de altura IV (6 – 7.99 m), con 185 individuos, y en la clase diamétrica VIII (28 – 31.99 cm), con 99 ejemplares. La biomasa total de las especies nativas ascendió a 458.93 Mg, con una captura de carbono estimada en 213.71 Mg; *Fraxinus berlandieriana* fue la especie más destacada con 269.76 Mg de biomasa y 126.79 Mg de carbono. En contraste, las especies introducidas acumularon 57.45 Mg de biomasa y 28.68 Mg de carbono, sobresaliendo *Ligustrum japonicum* con 16.10 Mg y 8.05 Mg, respectivamente. Los resultados evidencian que el arbolado nativo aporta una mayor captura de carbono que las especies introducidas en las áreas verdes urbanas de Linares, Nuevo León.

**Palabras clave:** Biomasa, especies nativas, especies introducidas, altura, clase diamétrica.

### 6.1.2 Abstract:

Urban green areas represent an essential component in both small population centers and large cities due to the multiple environmental benefits they provide. The purpose of this study was to characterize the structure and estimate the carbon sequestration capacity of trees present in public spaces in Linares, Nuevo León. A survey was carried out in 41 urban green areas, distributed in 21 plazas, 14 parks, and 6 medians, which together cover 27.39 ha. The normal diameter (d1.30), total height (h), and crown diameter (dcopa) were measured for each individual. A total of 2,066 individuals belonging to 26 families, 38 genera, and 41 species were identified. The Fabaceae family had the greatest representation with five species, followed by Arecaceae, Fagaceae, and Moraceae with three species each. Native species were concentrated mainly in height class IV (4–5.99 m), with 635 individuals, and in diameter class VII (24–27.99 cm), with 250 specimens; while introduced species were mostly located in height class IV (6–7.99 m), with 185 individuals, and in diameter class VIII (28–31.99 cm), with 99 specimens. The total biomass of native species amounted to 458.93 Mg, with an estimated carbon sequestration of 213.71 Mg; *Fraxinus berlandieriana* was the most prominent species with 269.76 Mg of biomass and 126.79 Mg of carbon. In contrast, introduced species accumulated 57.45 Mg of biomass and 28.68 Mg of carbon, with *Ligustrum japonicum* standing out with 16.10 Mg and 8.05 Mg, respectively. The results show that native trees contribute greater carbon sequestration than introduced species in urban green areas of Linares, Nuevo León.

**Keywords:** Biomass, native species, introduced species, height, diameter class

## 6.2 Introducción

Durante el último siglo, el acelerado crecimiento económico, impulsado principalmente por el crecimiento poblacional acelerado, ha incrementado la necesidad de materias primas, con repercusiones significativas en los ámbitos ambiental, social y económico (MEA, 2005). Entre dichas consecuencias, destaca el aumento de GDI, los cuales incrementan la temperatura global (CEPSA, 2015). Entre ellos, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ocupa un papel preponderante, con fuentes de emisión tanto naturales como antropogénicas, derivadas de actividades como el transporte, la producción de energía, los procesos industriales y las edificaciones, entre otras (Muñoz y Vásquez, 2020).

De manera paralela, el crecimiento urbano descontrolado ha deteriorado la calidad y extensión de las áreas verdes, las cuales enfrentan problemáticas como contaminación, actos de vandalismo y sustitución de vegetación nativa por especies exóticas (Cam *et al.*, 2000). En muchos casos, la escasez de espacios verdes y la preferencia por especies introducidas, seleccionadas por sus atributos ornamentales o porte, han reducido la diversidad biológica y limitado la presencia de flora autóctona.

No obstante, los espacios verdes urbanos constituyen elementos esenciales para el bienestar ambiental y social. Entre los múltiples beneficios que ofrecen se encuentran la provisión de zonas de recreación, la reducción de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, la atenuación de la contaminación acústica, la mejora del paisaje urbano y la prevención de la erosión del suelo (SMA México, 2010). Aunque los bosques urbanos difieren de los ecosistemas naturales en su estructura y dinámica, comparten funciones ecológicas relevantes, como la mejora del estado anímico (Maas *et al.*, 2009). De ahí la importancia de evaluar su estado actual, su composición florística y su potencial para la captura de carbono.

En México, las investigaciones enfocadas en el arbolado urbano son relativamente escasas y, en particular, en el estado de Nuevo León los estudios

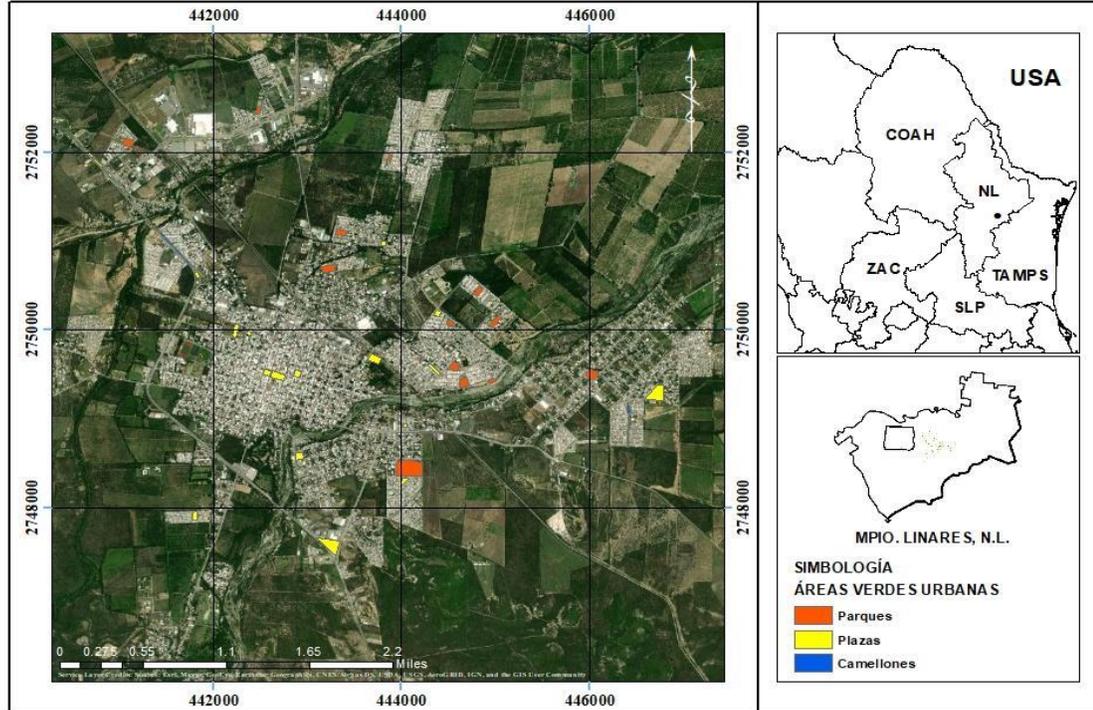
disponibles son limitados. En la zona metropolitana de Monterrey se ha documentado la densidad y distribución del arbolado urbano (Jiménez *et al.*, 2013). En localidades con superficie más acotada, como Linares, se han abordado aspectos ecológicos y dasométricos, entre ellos los trabajos de Zamudio (2001) en el área central de la ciudad, de Alanís *et al.*, (2014) en el Campus Universitario de la Facultad de Ciencias Forestales, y de Leal *et al.*, (2018), estimaron la estructura, composición y diversidad arbórea de la zona.

El bosque urbano, mediante su cobertura vegetal, contribuye a mitigar el efecto de isla de calor, reduciendo la temperatura ambiental y favoreciendo el bienestar social. Respecto a la captura de carbono en Linares, la información existente se limita a estudios realizados en comunidades nativas de matorral xerófilo (Yerena *et al.*, 2011; 2012; 2014), sin antecedentes documentados para el arbolado urbano. Considerando lo expuesto anteriormente, Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) evaluar la estructura del arbolado urbano mediante histogramas de altura y diámetro, con el propósito de identificar su conformación y los rangos de distribución; y 2) estimar la captura de carbono del arbolado presente en espacios públicos como parques, plazas y camellones en el municipio de Linares, Nuevo León."

## **6.3 Materiales y Métodos**

### **6.3.1 Área de estudio**

El municipio de Linares se ubica en la región sureste del estado de Nuevo León, México, en las coordenadas geográficas 24° 51' N y 99° 24' O (INEGI, 2009) (Figura 1). Su clima es semicálido subhúmedo, con una temperatura media anual que varía entre 16 °C y 24 °C, y una altitud aproximada de 350 m sobre el nivel



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en el municipio de Linares, Nuevo León, México. (Elaboración propia)

### 6.3.2 Inventario florístico

Durante la primavera de 2017 se efectuó un levantamiento exhaustivo de los espacios verdes de la ciudad de Linares. El muestreo incluyó el censo de la flora presente en el campo de estudio, abarcando árboles, arbustos y palmas. En cada individuo se registraron las siguientes variables: Diámetro normal ( $d_{1.30}$ ), medido a 1.30 m de altura utilizando una forcípula Haglöf Mantax Blue® de 1270 mm. Altura total ( $h$ ), determinada con un hipsómetro Suunto® PM-5. Ubicación geográfica de cada área verde, georreferenciada con un GPS Garmin® eTrex 20x.

## 6.4 Análisis de la Información

Con base en la información recopilada, se construyeron histogramas de distribución correspondientes al diámetro normal y a la altura total, tanto para el conjunto total de especies como diferenciando entre especies nativas e introducidas.

### Biomasa aérea viva

La cuantificación de la biomasa aérea se realizó mediante la aplicación de ecuaciones alométricas diferenciadas por tipo de vegetación, conforme a las metodologías descritas por Nívar *et al.*, (2004), Nívar (2009, 2009a) y Nívar-Cháidez (2010):

Coníferas:

$$B = 0.1229 * D^{2.3964}$$

Latifoliadas:

$$B = 0.089 * D^{2.5226}$$

Palmas y yucas:

$$B = \exp \exp (0.360 + 1.218 * LN(H) + 0.325)$$

*Fraxinus* spp:

$$B = 0.2361 * D^{2.2187}$$

*Quercus* spp:

$$B = 0.1033 * D^{2.39}$$

*Leucaena leucophala*:

$$B = 11.6 + 131.5 * D$$

Especies de matorral:

$$B = (0.026884 + 0.001191 * Db^2 * H + 0.044529 * Db - 0.01516 * H) \\ + (1.025041 + 0.023663 * Db^2 * H - 0.17071 * H \\ - 0.09615LN(H)) + (-0.43154 + 0.011037 * Db^2 * H + 0.113602 \\ * Db + 0.307809 * LN(Db))$$

Donde:  $B$ = Biomasa total aérea (Kg),  $Db$ = diámetro normal (cm);  $H$  = altura total (m),  $LN$  = logaritmo natural.

### **Contenido de carbono**

El contenido de carbono de cada individuo se calculó multiplicando la biomasa aérea por la concentración de carbono específica de la especie:

$$\text{Contenido de carbono} = B * CC$$

Donde,  $B$  = biomasa aérea (peso seco de los árboles, Kg) y  $CC$ = concentración de carbono (%).

La captura de carbono por hectárea se estimó dividiendo el contenido total de carbono de cada especie entre la superficie total muestreada:

$$\text{Contenido de carbon por hectárea} = \frac{\text{Valor total de carbono de una especie}}{\text{Valor de la superficie total censada}}$$

## 6.5 Resultados y discusión

### 6.5.1 Resultados

Se registraron 41 especies de plantas vasculares, agrupadas en 39 géneros y 27 familias botánicas, con un total de 2,066 ejemplares distribuidos en las 41 áreas verdes urbanas evaluadas, que incluyen plazas, parques y camellones, con una superficie conjunta de 27.39 hectáreas. La familia Fabaceae registro la mayor riqueza específica, con cinco especies, seguida por Arecaceae, Fagaceae y Moraceae, con tres especies cada una. Asimismo, las familias Bignoniaceae, Oleaceae, Pinaceae, Rutaceae y Sapindaceae estuvieron representadas por dos especies cada una. Del conjunto de especies inventariadas, 19 son de origen nativo y 22 corresponden a introducidas (Tabla 1 y 2).

**Tabla 1.** Distribución de especies nativas e introducidas y número de individuos por área evaluada

	Número de Áreas	Superficie (ha)	Número de Especies	Número de Individuos	Especies nativas	Especies introducidas
Plazas	21	13.22	37	1071	17	20
Parques	14	11.82	21	835	11	9
Camellones	6	2.34	9	160	4	5
Total	41	27.39	41	2066	19	22

**Tabla 2.** Nombre científico y común, familia, nativas (N) e introducidas (I) de las especies arbóreas registradas en el área de estudio.

Especie	Nombre común	Familia	N	I
<i>Cordia boissieri</i> A.DC.	Anacahuita	Boraginaceae	•	
<i>Vitex agnus-castus</i> L.	Árbol casto	Lamiaceae		•

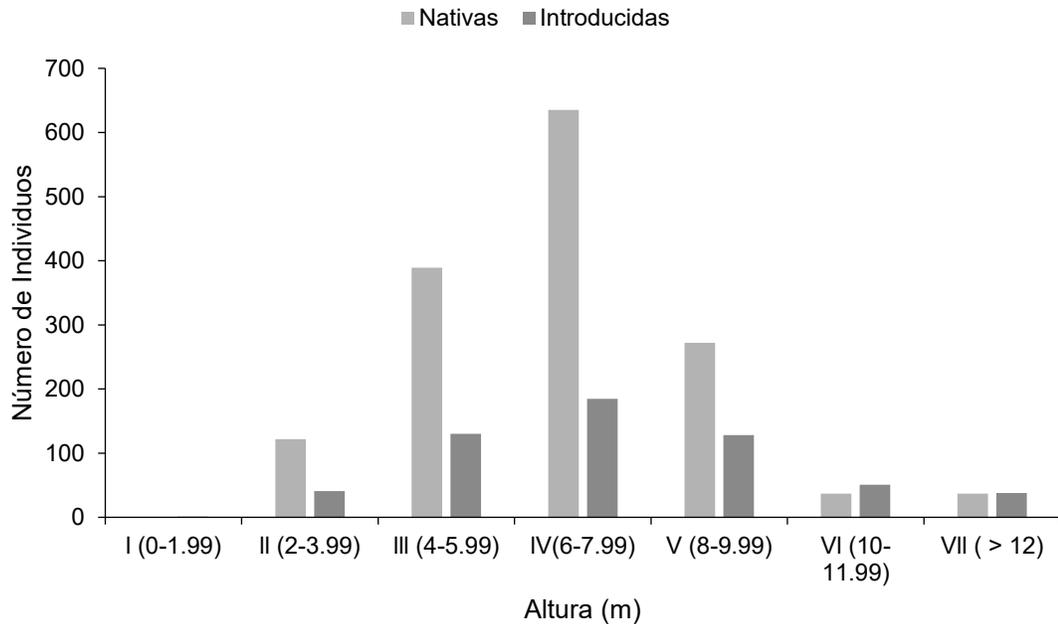
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray.	Árbol del potro	Caesalpinaceae	•
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta	Rutaceae	•
<i>Melia azederach</i> L.	Canelón	Meliaceae	•
<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb.	Chainis	Euphorbiaceae	•
<i>Diospyros texana</i> Scheele.	Chapote prieto	Ebenaceae	•
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	Durazno	Rosaceae	•
<i>Pithecellobium ebano</i> (Berland.) C.H. Mull.	Ébano	Fabaceae	•
<i>Quercus shumardii</i> Buckley.	Encino cartamus	Fagaceae	•
<i>Quercus polymorpha</i> Schltld. & Cham.	Encino roble	Fagaceae	•
<i>Quercus virginiana</i> Mill.	Encino siempre verde	Fagaceae	•
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Myrtaceae	•
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Flamboyán	Fabaceae	•
<i>Fraxinus berlandieriana</i> A. DC.	Fresno	Oleaceae	•
<i>Punica granatum</i> L.	Granado	Lythraceae	•
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Jaboncillo	Sapindaceae	•
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	Jabonero Chino	Sapindaceae	•
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Jacaranda	Bignoniaceae	•
<i>Ficus microcarpa</i> L.f.	Laurel de indias	Moraceae	•
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Leucaena	Fabaceae	•
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Mezquite	Fabaceae	•
<i>Morus nigra</i> L.	Mora	Moraceae	•
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr.	Mora americana	Polygonaceae	•
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	Naranja	Rutaceae	•
<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch.	Nogal	Yuglandaceae	•
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman.	Palma coco plumoso	Arecaceae	•
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Palma datilera	Arecaceae	•
<i>Yucca filifera</i> Chabaud.	Palma pita	Asparagaceae	•
<i>Celtis laevigata</i> (Kunth) Spreng.	Palo blanco	Cannabaceae	•
<i>Chilopsis linearis</i> (Cav.) Sweet.	Palo de rosa	Bignoniaceae	•
<i>Bauhinia variegata</i> L.	Pata de vaca	Fabaceae	•
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Pino halepensis	Pinaceae	•
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pino real	Pinaceae	•
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Pirul americano	Anacardiaceae	•
<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Sabino	Taxodiaceae	•
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	Salicaceae	•

<i>Platanus occidentalis</i> L.	Sicomoro	Moraceae	•
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Thuja	Cupressaceae	•
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Trueno	Oleaceae	•
<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.	Washingtonia Robusta	Areaceae	•

---

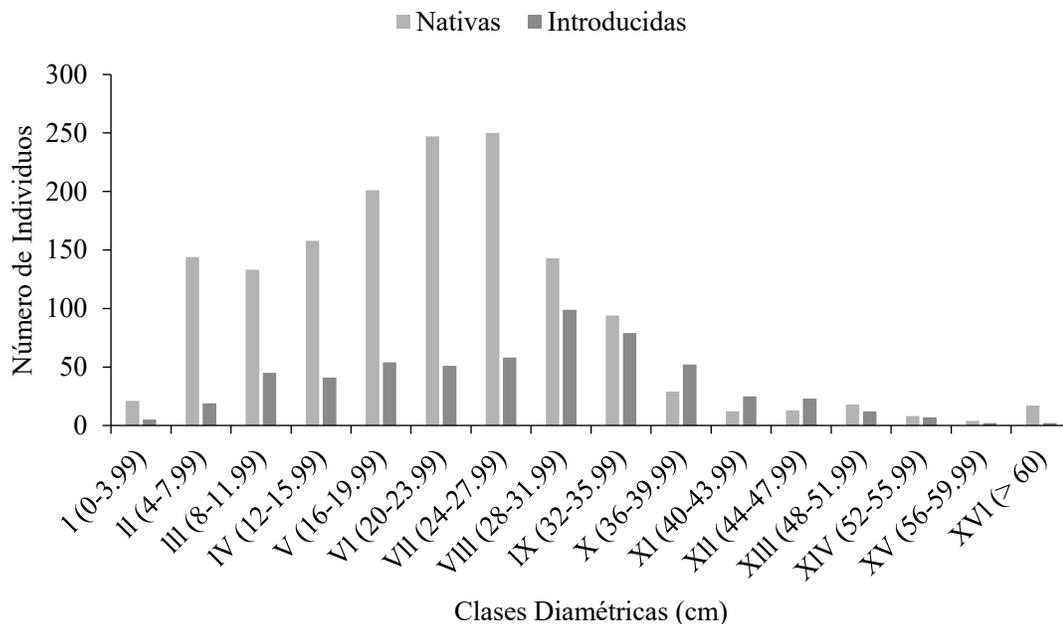
En la Figura 2 se presentan las clases de altura correspondientes a los individuos registrados en el área de estudio, diferenciados entre especies nativas e introducidas, con 1,492 y 574 ejemplares, respectivamente. La mayor concentración de individuos nativos se ubicó en la clase de altura IV (6 – 7.99 m), con un total de 635 ejemplares, destacando *Fraxinus berlandieriana* con 375 individuos. En el caso de las especies introducidas, la mayor abundancia también se registró en la clase IV, con 185 individuos, siendo *Washingtonia robusta* la especie más representativa con 98 ejemplares.

En las clases de altura I (0 – 1.99 m), VI (10 – 11.99 m) y VII (> 12 m) predominaron las especies introducidas, tratándose de las únicas categorías donde superaron en número a las nativas. Asimismo, se observó que las especies introducidas tienden a presentar una distribución hacia rangos de altura superiores en comparación con las especies nativas.



**Figura 2.** Clases de Alturas de todos los individuos, nativas e introducidas.

En la Figura 3 se ilustran las clases diamétricas correspondientes al total de individuos registrados en el área de estudio, diferenciando entre especies nativas (1,492 ejemplares) e introducidas (574 ejemplares). Las especies nativas estuvieron presentes en la mayoría de las categorías diamétricas, a diferencia de las introducidas, las cuales alcanzaron mayores diámetros únicamente en las clases X (36 – 39.99 cm), XI (40 – 43.99 cm) y XII (44 – 47.99 cm). La mayor concentración de individuos nativos se registró en la clase VII (24 – 27.99 cm), con 250 ejemplares, destacando *Fraxinus berlandieriana* con 172 individuos. En contraste, la mayor abundancia de especies introducidas se presentó en la clase VIII (28 – 31.99 cm), con 99 ejemplares, siendo *Washingtonia robusta* la más representativa, con 78 individuos.



**Figura 3.** Clases diamétricas de los individuos (especies nativas e introducidas).

En el presente estudio, las áreas verdes urbanas se clasificaron en plazas, parques y camellones, encontrándose variaciones en superficie censada, número de especies registradas y extensión muestreada para cada categoría. Estas diferencias se reflejaron en los valores de biomasa y captura de carbono expresados en Mega gramos (Mg), siendo las plazas las que presentaron los valores más elevados. Esto se asocia a que esta categoría concentró la mayor superficie evaluada y el mayor número de especies registradas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Áreas de estudios (plazas, parques y camellones) superficie en ha, especies, número de individuos, biomasa y captura de carbono y captura de carbono por hectárea.

	Áreas	Superficie (ha)	Especies	Número de Individuos	Biomasa (Mg)	C. Carbono (Mg)	Captura de C (Mg ha <sup>-1</sup> )
Plazas	21	13.22	37	1071	278.85	130.65	9.883
Parques	14	11.82	21	835	184.59	87.33	7.388
Camellones	6	2.34	9	160	52.94	24.41	10.432
Total	41	27.39	41	2066	516.38	242.39	27.703

Las especies nativas contabilizaron 1,492 individuos, acumulando 458.93 Mg de biomasa y 213.71 Mg de carbono capturado. En contraste, las especies introducidas —con 574 ejemplares— registraron 57.45 Mg de biomasa y 28.68 Mg de carbono. En conjunto, los 2,066 individuos evaluados sumaron 516.38 Mg de biomasa y 242.39 Mg de carbono capturado (Cuadro 4).

La especie más abundante fue *Fraxinus berlandieriana*, con 703 individuos, alcanzando 269.76 Mg de biomasa y 126.79 Mg de carbono, lo que la posiciona como la más representativa del estudio. *Quercus virginiana* presentó 591 ejemplares, con valores de 61.67 Mg de biomasa y 28.99 Mg de carbono. Por su parte, *Carya illinoensis*, aunque con un menor número de registros (59 individuos), presentó valores superiores de biomasa (106.21 Mg) y carbono capturado (47.79 Mg) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Nombre científico, nativas (N) o introducidas (I), biomasa (Kg), captura de carbono (Kg) y captura de carbono por hectárea.

Especie	N	I	Individuos	Biomasa (Kg)	Captura de C (Kg)	Captura de C (Kg ha <sup>-1</sup> )
<i>Fraxinus berlandieriana</i>	•		703	269.76	126.79	4.629
<i>Quercus virginiana</i>	•		591	61.67	28.99	1.058
<i>Washingtonia robusta</i>		•	313	9.78	4.89	0.179
<i>Ligustrum japonicum</i>		•	96	16.10	8.05	0.294
<i>Carya illionensis</i>		•	59	106.21	47.79	1.745

<i>Quercus polymorpha</i>	•	54	4.86	2.28	0.083
<i>Thuja occidentalis</i>	•	28	1.98	0.99	0.036
<i>Phoenix dactylifera</i>	•	25	0.85	0.43	0.016
<i>Pinus pseudostrobus</i>	•	22	5.68	2.84	0.104
<i>Sapium sebiferum</i>	•	19	2.21	1.10	0.040
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	•	19	0.26	0.13	0.005
<i>Cordia boissieri</i>	•	14	3.02	1.33	0.049
<i>Koelreuteria paniculata</i>	•	13	2.47	1.23	0.045
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	•	12	3.63	1.81	0.066
<i>Bauhinia variegata</i>	•	11	0.82	0.41	0.015
<i>Quercus shumardii</i>	•	9	0.91	0.43	0.016
<i>Schinus terebinthifolius</i>	•	8	1.11	0.56	0.020
<i>Melia azederach</i>	•	7	1.78	0.89	0.032
<i>Fallopia japonica</i>	•	7	0.30	0.15	0.005
<i>Pithecellobium ebano</i>	•	6	1.12	0.50	0.018
<i>Diospyros texana</i>	•	6	0.10	0.05	0.002
<i>Leucaena leucocephala</i>	•	5	14.00	7.00	0.256
<i>Taxodium mucronatum</i>	•	5	2.45	1.22	0.045
<i>Salix humboldtiana</i>	•	4	0.36	0.18	0.007
<i>Yucca filifera</i>	•	4	0.10	0.04	0.001
<i>Prosopis laevigata</i>	•	3	1.18	0.53	0.019
<i>Platanus occidentalis</i>	•	3	0.34	0.17	0.006
<i>Lysiloma candidum</i>	•	3	0.24	0.11	0.004
<i>Delonix regia</i>	•	3	0.19	0.09	0.003
<i>Helietta parvifolia</i>	•	3	0.01	0.01	0.0004
<i>Eucalyptus globulus</i>	•	1	1.34	0.63	0.023
<i>Pinus halepensis</i>	•	1	0.87	0.43	0.016
<i>Vitex agnus-castus</i>	•	1	0.40	0.20	0.007
<i>Morus nigra</i>	•	1	0.14	0.07	0.003
<i>Sapindus saponaria</i>	•	1	0.06	0.03	0.001
<i>Chilopsis linearis</i>	•	1	0.04	0.02	0.001
<i>Ficus microcarpa</i>	•	1	0.02	0.01	0.0004
<i>Caesalpinia mexicana</i>	•	1	0.01	0.01	0.0004
<i>Punica granatum</i>	•	1	0.01	0.01	0.0004
<i>Citrus sinensis</i>	•	1	0.01	0.01	0.0004
<i>Prunus persica</i>	•	1	0.01	0.004	0.0001
		<b>2066</b>	<b>516.38</b>	<b>242.39</b>	<b>8.85</b>

### 6.5.2 Discusión

Las investigaciones enfocadas en la estructura y la capacidad de captura de carbono en áreas verdes urbanas muestran variaciones que dependen de la escala espacial y temporal de los estudios, la precisión de los datos recopilados, la metodología empleada y el tipo de análisis realizado incluyendo las ecuaciones alométricas utilizadas (Domínguez, 2016).

En la presente investigación se evaluaron 41 áreas verdes urbanas, registrándose 41 especies pertenecientes a 39 géneros y 27 familias, con un total de 2,066 individuos. Estos valores superan los reportados por Alanís *et al.* (2014), Canizales-Velázquez *et al.* (2020) y Saavedra-Romero *et al.* (2019), quienes documentaron, respectivamente: 166 individuos de 39 especies y 19 familias en un campus universitario; 918 individuos de 13 especies, 11 géneros y 9 familias en 27 áreas verdes; y 760 individuos de 12 especies, 11 géneros y 10 familias en un bosque urbano. Asimismo, Ponce (2019) reportó únicamente 134 ejemplares distribuidos en 13 especies y 10 familias.

No obstante, los resultados del presente estudio son inferiores a los obtenidos por Alanís (2005), quien identificó 115 especies pertenecientes a 73 géneros y 37 familias en el área metropolitana de Monterrey, y por Paredes (2017), quien registró 95 especies correspondientes a 43 familias. Esta diferencia se asocia a que dichos trabajos se desarrollaron en ciudades con mayor población y superficie de áreas verdes.

En cuanto al origen, las especies identificadas en este estudio se dividieron en 19 nativas y 22 introducidas, lo que concuerda parcialmente con los valores de Canizales-Velázquez *et al.* (2020) (6 N y 7 I), Alanís (2005) (54 N y 61 I) y Ponce (2019) (5 N y 8 I), aunque contrasta con los hallazgos de Alanís *et al.* (2014) (27 N y 12 I) y Hernández (2018) (67 N y 51 I), en los que las especies nativas predominan.

La familia Fabaceae fue la más representada (5 taxones), seguida por Arecaceae, Fagaceae y Moraceae (3 cada una), patrón coincidente con lo reportado por Alanís (2005), Alanís *et al.* (2014), Canizales-Velázquez *et al.* (2020) y Paredes (2017). Sin embargo, estos resultados difieren de los de Saavedra-Romero *et al.* (2019), quienes identificaron como más relevantes a las familias Casuarinaceae, Cupressaceae, Myrtaceae y Proteaceae.

La superficie total muestreada fue de 27.39 ha, superior a la reportada por Canizales-Velázquez *et al.* (2020) (4.71 ha en 27 áreas verdes), Alanís *et al.* (2014) (0.8 ha en un campus universitario) y Ponce (2019) (1.64 ha en 10 áreas verdes). Sin embargo, es inferior a la de Saavedra-Romero *et al.* (2019), quienes evaluaron 114 ha en un bosque urbano, y a la de Alanís-Flores (2005), cuyo estudio abarcó 57,282 ha en el área metropolitana de Monterrey. Esta relación se explica porque el tamaño de las áreas verdes suele estar condicionado por la extensión de la ciudad: urbes más pequeñas tienden a disponer de menor superficie arbolada urbana.

En términos estructurales, el presente trabajo registró un mayor número de ejemplares en la clase diamétrica VII (24 – 27.9 cm) y en la clase de altura IV (6 – 7.99 m), lo que sugiere la presencia de arbolado joven con diámetros más amplios, probablemente debido al espaciamiento irregular entre individuos. Estos valores superan los reportados por Saavedra-Romero *et al.* (2019) en la Ciudad de México, donde predominó un arbolado joven con diámetros de 7.6 – 15.1 cm y alturas de 5.1 – 10 m. De forma similar, Cordoncillo (2013) y Martínez-Trinidad *et al.* (2021) documentaron arbolado joven, con alturas promedio de 8 a 12 m y diámetros de 15.2 a 30 cm, aunque con valores de altura distintos a los de este estudio, pero con coincidencias en los diámetros. Por su parte, Muñoz y Vásquez (2020) evidenciaron rangos diamétricos amplios, determinados por la estructura y composición de especies, con predominio de árboles jóvenes cuyo crecimiento y capacidad de captura de carbono aún se encuentran en desarrollo.

El potencial de acumulación de carbono depende del número de individuos, la biomasa y el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Domínguez, 2016). En el

presente estudio, la biomasa total fue de 516.38 Mg, con una captura de carbono de 243.39 Mg, valores superiores a los de Farinango (2020), quien reportó 319.94 Mg de biomasa y 159.97 Mg de carbono para 1,222 individuos. En contraste, Chaparro y Terradas (2009) registraron 26,873 Mg de carbono en 194,340 árboles en Barcelona, mientras que Santoyo-Gómez et al. (2014) documentaron 79,180.9 Mg de carbono con solo 1,945 ejemplares, lo que refleja diferencias asociadas principalmente al DAP promedio de los árboles. Nowak (1994) señala que ejemplares con DAP superior a 77 cm almacenan hasta mil veces más carbono que aquellos con diámetros inferiores a 7 cm. En este sentido, López-López *et al.* (2018) registraron 24,217 Mg de biomasa y 11,226 Mg de carbono para 14,223 árboles, considerando individuos con diámetros de 12.6 a 69 cm. En conjunto, los estudios previos destacan que los árboles con mayor capacidad de captura se concentran en rangos de DAP de 18 a 48 cm, correspondientes a la transición de etapa juvenil a adulta.

En términos de densidad, la captura promedio registrada fue de 8.85 Mg C ha<sup>-1</sup>, inferior a los 28.85 Mg C ha<sup>-1</sup> documentados por Martínez-Trinidad *et al.* (2021) para 391 individuos, diferencia atribuible al menor número de árboles y la menor superficie muestreada en el presente trabajo. Asimismo, Santoyo-Gómez et al. (2014) reportaron valores más altos (64 Mg C ha<sup>-1</sup>) en la Delegación Miguel Hidalgo, mientras que López-López *et al.* (2018) documentaron 61.68 Mg C ha<sup>-1</sup> en la primera sección del Bosque de Chapultepec. Estos valores más elevados se explican por la presencia de árboles de mayor tamaño, mejores prácticas de manejo y condiciones climáticas más favorables en dichas localidades.

## Recomendaciones

Es fundamental priorizar el crecimiento de espacios verdes urbanos que incorporen especies arbóreas de crecimiento intermedio, con el propósito de prolongar su ciclo de vida y maximizar el potencial de almacenamiento de carbono a lo largo del tiempo. Asimismo, la selección de especies nativas resulta estratégica, dado que estas requieren un mantenimiento reducido, minimizando así las intervenciones de poda y, en consecuencia, la emisión de carbono a los estratos atmosféricos. **Paralelamente, se recomienda la conservación de ejemplares maduros y de gran porte (DAP superior a 30 cm), debido a que concentran un volumen considerable de carbono en su biomasa y aportan múltiples servicios ecosistémicos esenciales.**

## 7. CAPÍTULO II

### PERCEPCIÓN SOCIAL DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE LINARES, NUEVO LEÓN MÉXICO SOCIAL PERCEPTION OF THE URBAN GREEN AREAS OF LINARES, NUEVO LEÓN MEXICO

#### 7.1 Resumen

Los objetivos de investigación fue determinar los factores de selección de las especies arbóreas encontradas en áreas verdes urbanos y la preferencia de las especies que se encuentran nativas e introducidas. La información se recabó de 383 personas encuestadas mayores de edad, los encuestados que si tienen el conocimiento del concepto de especies nativas fueron 208 personas y referente al concepto de especies introducidas fue de 177 personas. Las especies nativas obtuvieron mayor aceptación con 231 personas encuestadas, teniendo las especies con mayor representatividad el Mezquite (*Prosopis laevigata*), Huizache (*Vachellia farnesiana*) y Anacahuita (*Cordia boissieri*). Las personas encuestadas seleccionaron la altura, poco riego y tamaño de copa como los principales factores de selección para las especies localizadas en áreas verdes. Los resultados evidencian que los habitantes encuestados de Linares, Nuevo León, encuentran a las especies nativas con mayor interés para futuras reforestaciones.

**Palabras clave:** Encuestados, nativas, introducidas, factores de selección

### 7.1.2 Abstract

The research objectives were to determine the selection factors for tree species found in urban green areas and the preference for native and introduced species. Information was collected from 383 adult respondents. 208 respondents were familiar with the concept of native species, and 177 were familiar with the concept of introduced species. Native species were most widely accepted by 231 respondents, with the most representative species being Mezquite (*Prosopis laevigata*), Huizache (*Vachellia farnesiana*), and Anacahuita (*Cordia boissieri*). Respondents selected height, low irrigation, and canopy size as the main selection factors for species found in green areas. The results show that the surveyed residents of Linares, Nuevo León, find native species of greatest interest for future reforestation.

**Keywords:** Respondents, native, introduced, selection factors

## 7.2 Introducción

En la actualidad, tanto en México como en otros países, la concentración poblacional reside en la ciudad, lo que ha impulsado una expansión continua de los entornos ciudadanos. Esta situación demanda una planificación urbana que sea capaz de armonizar el desarrollo con los distintos aspectos ambientales (Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, 2003; Carreiro *et al.*, 2008; Santacruz, 2008).

Las áreas verdes urbanas proveen beneficios ambientales (mitigación de ruido, purificación del aire, infiltración del agua, disminución en la erosión del suelo, creación de microclimas), sociales (recreación familiar) y estéticos para la población, ofreciendo los espacios verdes urbanos beneficios terapéuticos a la sociedad. (Kendal *et al.*, 2016; Lopez, 2013).

Tradicionalmente, la selección de especies arbóreas para entornos urbanos se focalizaba en criterios estéticos, sin considerar de manera prioritaria su capacidad de adaptación y supervivencia. En la actualidad, las plantas son valoradas por una gama más amplia de beneficios, lo que ha dado lugar a un nuevo enfoque en el urbanismo (Alcántara *et al.*, 2002; Castillo y Ferro, 2015). En este contexto, se ha incrementado la atención hacia la investigación y preservación de especies vegetales autóctonas con valor ornamental, fomentando su integración en los espacios verdes urbanos y periurbanos (Cáceres *et al.*, 2000; Brzuszek *et al.*, 2007).

### **7.3 Antecedentes**

Trabajos de investigación como el realizado por Turner *et al.*, (2005) han demostrado que la infraestructura verde residencial, caracterizadas por un manejo intensivo, presentan una mayor proporción de especies vegetales exóticas, en su mayoría de tipo ornamental. En contraste, en entornos suburbanos, rurales y seminaturales se registra una menor presencia de estas especies introducidas y, de manera paralela, un incremento en la riqueza de especies nativas.

El estudio de Mejía y Gómez (2015) concluye que la población mantiene un estrecho vínculo con las áreas verdes urbanas, ya que estos espacios permiten un contacto directo con la naturaleza, lo cual resulta en mejoras para la salud y una disminución del estrés. Los autores destacan la importancia de incrementar la creación de parques, plazas y otros espacios verdes en beneficio de la sociedad.

### **7.4 Objetivo**

Derivado de los antecedentes mencionados, se definieron los siguientes objetivos para el presente estudio: 1) analizar las actitudes de la población con el propósito de identificar su preferencia hacia especies arbóreas nativas o introducidas, y 2) determinar, dentro de cada categoría, aquellas especies con mayor aceptación en el arbolado urbano del municipio de Linares, Nuevo León.

### **7.5 Materiales y método**

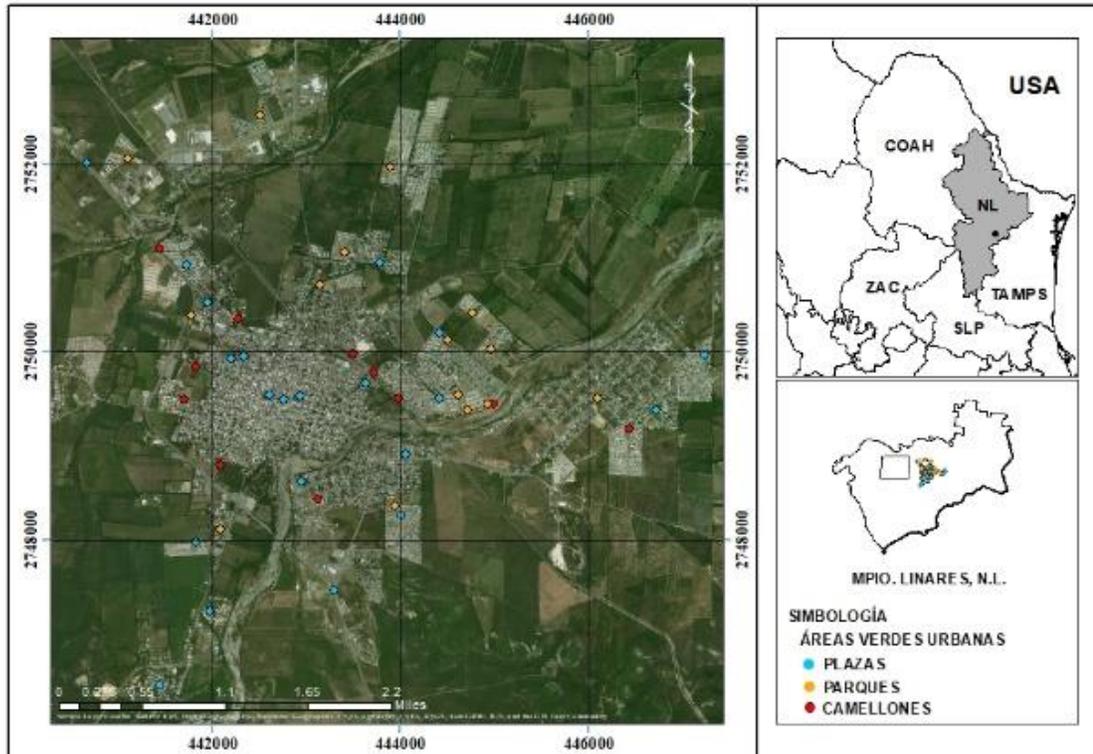
La presente investigación evaluó la percepción social respecto a las especies nativas e introducidas presentes en los espacios verdes del municipio de Linares, Nuevo León. Para ello, se aplicó una encuesta de opción múltiple complementada con una escala de Likert, herramienta que facilita la recolección

de datos en campo al permitir medir el grado de importancia asignado por los encuestados a distintos aspectos relacionados con el arbolado urbano.

### **7.5.1 Participantes**

La investigación se desarrolló en el municipio de Linares, Nuevo León, localizado en el noreste de México, entre los paralelos 24° 33' y 25° 10' de latitud norte, y los meridianos 99° 09' y 99° 56' de longitud oeste, con una altitud que varía entre 100 y 2500 m s.n.m. Geográficamente, limita al norte con los municipios de Montemorelos y General Terán; al este con el municipio de General Terán y el estado de Tamaulipas; al sur con este mismo estado; y al oeste con los municipios de Iturbide y Rayones. Ocupa aproximadamente el 4% de la superficie estatal, y está conformado por 666 localidades que, en conjunto, albergan una población de 84,666 habitantes (Figura 1) (INEGI, 2020; SEDESOL, 2017).

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.



Fuente: *Elaboración propia.*

### 7.5.2 Técnica e instrumentos

Antes de la colecta de información se realizó un muestreo para calcular el número de encuestas necesarias para que la información sea representativa, en base a la siguiente ecuación (De la Torre *et al.*, 2003 y Rojas, 1998):

$$n = (p * q * Z^2) / E^2$$

En esta expresión,  $n$  representa el tamaño de muestra requerido;  $p$  la proporción esperada de respuestas afirmativas;  $q$  la proporción complementaria de respuestas negativas;  $Z$  el valor crítico asociado al 95% de confianza; y  $E$  el margen de error o precisión fijado en 0.05.

Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico Microsoft Excel, en el cual se realizó un análisis descriptivo para interpretar la información sociodemográfica de los participantes y un análisis de actitudes con base en siete factores (Ítems) clave en la selección de árboles para futuras reforestaciones.

### **7.5.3 Procedimiento**

La encuesta fue estructurada en cuatro secciones, sociodemográficas, especies nativas e introducidas del arbolado urbano, factores de selección de las diferentes especies y factores a tomar para una futura reforestación en las áreas verdes. En las primeras tres secciones se implementaron preguntas cerradas, abiertas y de opción múltiples a diferencia de la última sección la cual se implementó una escala Likert de 5 puntos (1 “Muy importante”, 2 “Importante”, 3 “Moderadamente importante”, 4 “De poca importancia” y 5 “Sin importancia”).

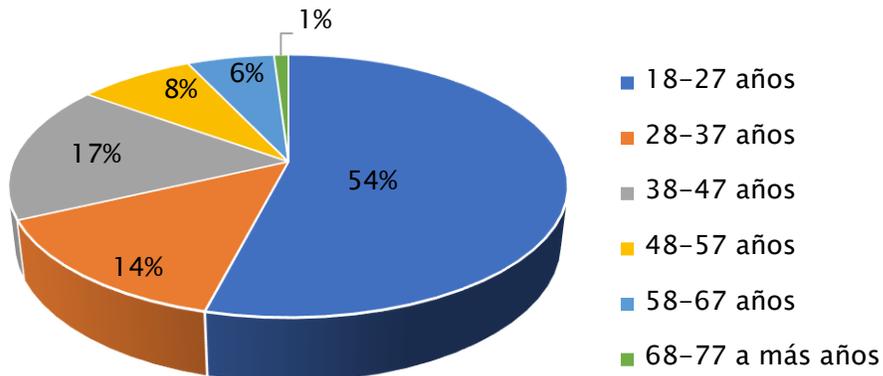
La encuesta se realizó en los principales parques, plazas y camellones de la ciudad, limitándose a personas mayores de edad (18 años) en un itinerario de 8:00 am – 10:00 am y de 5:00 pm – 8:00 pm de lunes a viernes durante dos semanas, la encuesta no demoró más de 10 minutos en ser contestada y verificada por el encuestador en que se haya contestado satisfactoriamente la encuesta.

## **7.6 Resultados y discusiones**

### **7.6.1 Resultados**

Se aplicaron un total de 383 encuestas a una población de 84,666 personas, del total de los encuestados, 210 corresponden al sexo femenino (55%) y 173 al sexo masculino (45%). En la Figura 2 se muestra la edad de los encuestados ronda de los 18 a los 77 años, teniendo entre 18-27 años el 54%, entre 28-37 años el 14%, entre 38-47 años el 17%, entre 48-57 años el 8%, entre 58-67 años el 6% y solo el 15 con edades superiores a los 68 años.

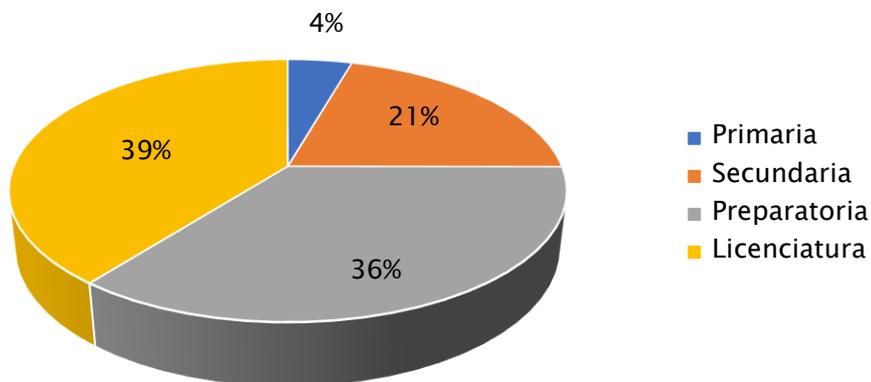
**Figura 2.** Edad de las personas encuestadas



**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 3 se muestra el máximo grado académico de las personas encuestadas, el 4% (17 personas) con Primaria, Secundaria con el 21% (79 personas), Preparatoria 36% (136 personas), Licenciatura 39% (151 personas), en el nivel de Maestría, Doctorado y Otros se registró un 0%.

**Figura 3.** Grado académico de los encuestados.



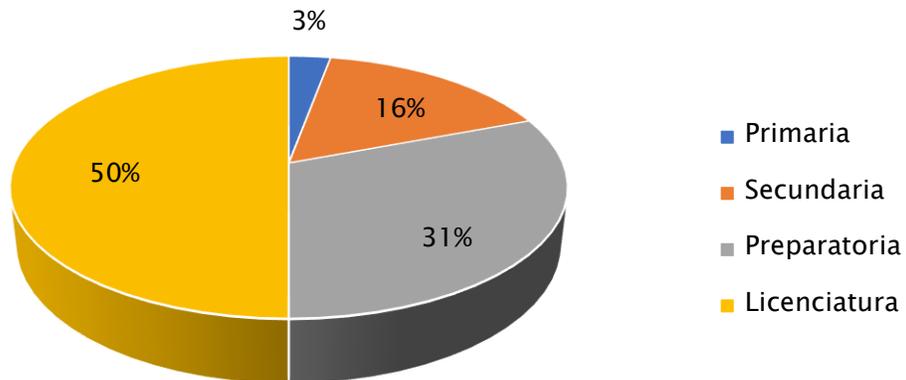
**Fuente:** *Elaboración propia.*

## Cuestionario sobre las especies nativas e introducidas del arbolado urbano

### Pregunta 1. ¿Usted sabe qué es una especie nativa?

Los habitantes encuestados que sí tienen el conocimiento referente a especies nativas fueron 208 personas (Figura 4). Los encuestados con el grado académico de Licenciatura obtuvieron los valores más altos con el 50% (104 personas), Preparatoria con 31% (64 personas), Secundaria con 16% (34 personas) y Primaria obtuvo el valor más bajo con el 3% (6 personas).

**Figura 4.** Personas encuestadas que conocieron el concepto de especies nativas.



Fuente: *Elaboración propia.*

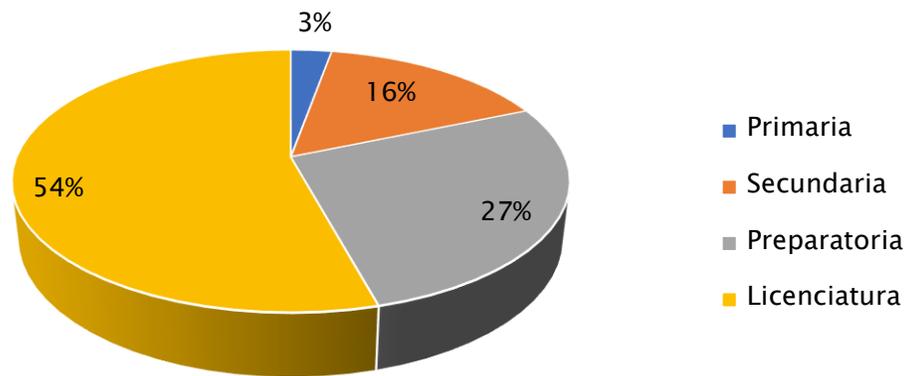
Los encuestados que no conocieron el término de especies nativas fueron 176 personas, el grado académico que obtuvo mayor representatividad fue Preparatoria con el 40.9% (72 personas), seguida de Licenciatura con 26.7% (47 personas), Secundaria con 25.6% (45 personas), siendo el más bajo Primaria con 6.3% (11 personas).

### Pregunta 2. ¿Usted sabe qué es una especie introducida?

Los encuestados que sí tienen conocimiento sobre el concepto de especies introducidas fue de 177 personas (Figura 5). El grado académico más representativo fue Licenciatura con el 54% (96 personas), Preparatoria con 27%

(48 personas), Secundaria con 16% (28 personas), presentando el valor más bajo Primaria con el 3% (5 personas).

**Figura 5.** Personas encuestadas que conocieron el concepto de especies introducidas.



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Un total de 206 personas encuestadas no conocieron el concepto de especies introducidas. La Preparatoria fue el grado académico que obtuvo mayor representatividad con el 42.7% (88 personas), seguida de Licenciatura con 27.2% (56 personas), Secundaria con 24.8% (51 personas), presentando el valor más bajo Primaria con 5.3% (11 personas).

### **Cuestionario sobre los factores de selección de las diferentes especies**

*Pregunta 3. ¿Cuál es la preferencia de los encuestados referente a las especies nativas e introducidas?*

Del total de encuestados 231 personas tuvieron preferencia por las especies nativas, de las cuales 142 personas dieron ejemplos de especies nativas del arbolado urbano, siendo las especies más conocidas por los encuestados el mezquite (*Prosopis laevigata*) con 19.6%, huizache (*Vachellia farnesiana*) con 13.9% y anacahuíta (*Cordia boissieri*) con 12.2%.

De las personas encuestadas 143 tuvieron preferencia por las especies introducidas de las cuales 83 personas dieron ejemplos, teniendo a las palmas como las más mencionadas con un 12.7%, Trueno (*Ligustrum japonicum*) con 9.7% y el Flamboyán (*Delonix regia*) con 7.5%, siendo las más seleccionadas por los encuestados.

*Pregunta 4. ¿Qué factores considera para la selección de una especie plantada en la ciudad?*

La preferencia de los encuestados (383 personas) sobre los factores de selección para las especies fueron: altura, tamaño de copa, coloración del árbol (hojas, tallo, floración, frutos), raíces no expuestas, raíces expuestas, espinas, sin espinas, hojas todo el año, hojas la mayoría del año, poco riego (Tabla 1). Los factores más representativos fueron altura con 281 encuestados, seguido de poco riego con 261, tamaño de compa con 219 y los de menor representación fueron raíces expuestas y espinas con 46 y 45 encuestados respectivamente.

**Tabla 1.** Factores de selección para las especies arbóreas.

<b>Factores de selección</b>	<b>Encuestados</b>
Altura	281
Poco riego	261
Tamaño de copa	219
Raíces no expuestas	196
Sin espinas	165
Coloración del árbol	121
Hojas en la mayoría del año	110
Hojas todo el año	94
Raíces expuestas	46
Espinas	45

Fuente: *Elaboración propia.*

## **Factores de selección para futuras reforestaciones**

Mediante la técnica de elaboración de escalas de Likert se situaron las dimensiones de actitud de las personas encuestadas (1=muy importante; 2=importante; 3=moderadamente importante; 4=Poca importancia y 5=sin importancia) con base en siete factores (Ítems) clave en la selección de árboles para futuras reforestaciones.

### *Ítem 1: La altura del árbol es un factor importante para su selección*

Al analizar si el Ítem 1 está relacionado positivamente con la actitud, los resultados muestran que la altura del árbol es muy importante para la selección de individuos de una reforestación en áreas verdes urbanas, representada con un valor de 79% del total de encuestados (54%= “muy importante” y 25% “importante”). Ningún encuestado le asignó un valor de 0% de importancia.

### *Ítem 2: El tamaño de la copa del árbol es un factor importante para su selección*

La cobertura de copa representa un factor clave en el establecimiento de áreas verdes urbanas por los beneficios que estas proveen viéndose reflejada su importancia al obtener un 76% de elección del total de encuestados (54%= “muy importante” y 25% “importante”). No obstante, el 13% lo determinó como un factor moderadamente importante y el 7% y 4% con poca importancia y sin importancia respectivamente.

### *Ítem 3: El color de las hojas, fruto, flor y tallo de un árbol es un factor importante para su selección*

Las características cualitativas de las especies del Ítem 3 representan un grado de importancia del 50% (26%= “moderadamente importante” y 24% “importante”), el cual indica una preferencia media en su elección. El 13% del total de encuestados lo considera un factor sin importancia.

*Ítem 4: La exposición de raíces es un factor importante para su selección*

El daño estructural que puede ser causado por las raíces en un área verde urbana es considerado por el 57% (25% “muy importante”; 32%= “importante”) del total de las personas encuestadas de Linares como un factor de importancia para su establecimiento. No obstante, el 32% del total lo categoriza con baja importancia (14% “Poca importancia”; 18%= “Sin importancia”).

*Ítem 5: El tiempo de crecimiento del árbol es un factor importante para su selección*

El tiempo en que tardará un árbol para desarrollar sus variables estructurales (altura, diámetro y cobertura) es fundamental para el establecimiento de un área verde urbana y se ve reflejado en la elección del 63% (33% “muy importante” y 30%= “importante”) del total de encuestados al determinar que el Ítem 5 es un factor de gran importancia para su selección; el 14% con importancia moderada y el 23% con baja importancia (14% “Poca importancia”; 18%= “Sin importancia”).

*Ítem 6: La presencia o ausencia de espinas en el árbol es un factor importante para su selección*

La belleza escénica del paisaje se ve influenciada generalmente por las flores de los árboles y la coloración de sus hojas en las áreas verdes urbanas; no obstante, las espinas son un parámetro determinante en la elección de especies a considerar. En el presente estudio el 55% (32% “muy importante” y 25%= “importante”) del total de encuestados señalan de gran importancia su elección, 18% la determinan moderadamente importante y el 25% se categoriza como de baja importancia (15% “Poca importancia”; 10%= “Sin importancia”).

*Ítem 7: La presencia o ausencia de hojas en el árbol es un factor importante para su selección*

La presencia o ausencia de las hojas representa un factor de importancia media en la elección de las especies arbóreas a utilizar, el 56% (31% “muy importante” y 25%= “importante”) del total de encuestados afirma lo señalado con anterioridad. El 21% categoriza el Ítem 7 como moderadamente importante y el

restante 31% de baja importancia (17% “Poca importancia”; 6%= “Sin importancia”).

### 7.6.2 Discusión

El total de los encuestados (383 personas) el 45% es del género Masculino y el 55% del género Femenino, teniendo similitud a las investigaciones realizadas por García y Dunnett (2009); Muratet *et al.*, (2015); Potgieter *et al.*, (2019) donde se encuestaron a 300, 100 y 158 personas respectivamente, teniendo el mismo porcentaje por género, de igual forma el estudio realizado por Alcalá (2007) el cual obtuvo resultados del 59.9% (759 personas) para el género Femenino y el 40.1% el género Masculino, a diferencia de la investigación realizada por Paul y Nagendra (2017) el cual registró 123 encuestados de los cuales el 57% corresponde al género Masculino y el 43% al género Femenino. El 54% de los encuestados presentan edades entre 18 y 27 años, teniendo diferencias en los estudios realizados por Muratet *et al.*, (2015) con el 27% de personas entre 25 y 34 años; Mejía y Gómez (2015) obtuvieron el 32% de los encuestados entre los 16 y 25 años; Paul y Nagendra (2017) la edad entre 25 y 55 años represento el 58%; Potgieter *et al.*, (2019) registro el 25% entre 25 y 34 años.

El grado académico con mayor representatividad en la investigación fue Licenciatura con el 37%, teniendo similitud al estudio realizado por Paul y Nagendra (2017) donde registro el 77% de la población con estudios universitarios (Licenciatura), teniendo diferencia con Potgieter *et al.*, (2019) el cual obtuvo el 51% en el grado académico de Secundaria. En el presente estudio no se encontraron investigaciones referentes a las variables de grado académico relacionadas a especies nativas e invasoras dándole gran importancia a la investigación.

La especie nativa mejor representada en el estudio fue el Mezquite (*Prosopis laevigata*) registrando el 19.6% (48 personas), la especie introducida con mayor selección por los encuestados fueron las palmas (Destacando las principales

palmas que se encuentran en el arbolado urbano de Linares como: *Washingtonia robusta*, *Washingtonia filifera*, *Yucca filifera* y *Phoenix dactylifera* Leal *et al.*, (2018) con el 12.7% (17 personas), a diferencia de Alcalá (2007) el cual registró a la especie huizache (*Vachellia farnesiana*) con 18.7% (237 personas) y a la especie manzano (*Malus domestica*) con 18,5% (235) y Kim *et al.*, (2021) registraron la especie *Yoshino Cherry* con el 60% de aceptación de los encuestados.

La preferencia del total de encuestados referentes al Ítem 1 y 2 correspondiente a la altura y tamaño de la copa del árbol radica en las funciones que estos proveen; como lo son la reducción de las ráfagas de vientos y captación de la radiación solar en un 90% o más (Heisler, 1986). La sombra proporcionada por los árboles puede ayudar a mejorar el microclima local teniendo una disminución de temperatura en el aire llegando hasta unos 5°C (McPherson *et al.*, 1995).

El tiempo de crecimiento del árbol (Ítem 5) juega un papel de gran importancia tal como lo señalan las personas encuestadas en el abatimiento de la contaminación atmosférica, ya que la retención de la radiación será directamente proporcional a las características morfológicas de la especie a elegir (Lopera, 2005). Al considerar los Ítem 1, 2 y 5 en la selección de árboles para futuras reforestaciones en áreas urbanas permiten que los espacios de acceso públicos permanezcan con rangos confortables de temperatura, ayudando a prevenir con medios naturales el calentamiento excesivo de los mismos tal como lo señala Lopera (2005) en el análisis sobre la relación entre zonas verdes y bienestar en la ciudad.

La selección de especies arbóreas solía centrarse en criterios estéticos, dejando en segundo plano su capacidad de adaptación y supervivencia en condiciones de estrés ambiental (Alcántara *et al.*, 2002), no obstante, a raíz de la presente investigación se puede contrastar este punto de vista al resaltar con mayor importancia las características estructurales del árbol y su desarrollo en cuanto a su adaptación en el medio.

## 8. CAPÍTULO III

### **CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DEL ARBOLADO EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES EN UN LAPSO DE 9 AÑOS (2014-2023), LINARES NUEVO LEÓN, MÉXICO** **CHANGES IN THE COMPOSITION AND DIVERSITY ON THE UNIVERSITY CAMPUS OF THE FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES OVER A 9-YEAR SPACE (2014-2023), LINARES NUEVO LEÓN, MEXICO**

#### **8.1 Resumen**

Las áreas verdes urbanas dentro de los campus universitarios representan un elemento esencial para favorecer la salud integral y el nivel de vida de los estudiantes. El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios en la estructura, composición y diversidad arbórea del campus de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, comparando los datos obtenidos en 2014 con los de 2023. En el inventario de 2023 se registraron 261 individuos, distribuidos en 43 especies, 36 géneros y 21 familias. De ellas, 28 especies fueron nativas (65.1%, con 199 individuos) y 15 introducidas (34.9%, con 62 individuos). La familia Fabaceae resultó la más representativa con diez taxones. La especie con mayor peso ecológico fue *Quercus virginiana* (14.57%, 45 individuos), seguida de *Pithecellobium ebano* (11.20%, 33 individuos) y *Fraxinus americana* (10.81%, 25 individuos). En comparación con el inventario de 2014, se observó un incremento del 10.3% en el número de especies y del 52.2% en el total de individuos, lo que refleja un progreso notable en la consolidación y enriquecimiento del arbolado del campus.

**Palabras clave:** áreas verdes urbanas, peso ecológico, especies nativas, especies introducidas.

### 8.1.2 Abstract

Urban green areas within university campuses represent an essential element in promoting the overall health and living standards of students. This study aimed to analyze changes in tree structure, composition, and diversity on the campus of the Faculty of Forestry Sciences at the Autonomous University of Nuevo León, comparing data obtained in 2014 with those from 2023. The 2023 inventory recorded 261 individuals, distributed across 43 species, 36 genera, and 21 families. Of these, 28 species were native (65.1%, with 199 individuals) and 15 were introduced (34.9%, with 62 individuals). The Fabaceae family was the most representative, with ten taxa. The species with the greatest ecological weight was *Quercus virginiana* (14.57%, 45 individuals), followed by *Pithecellobium ebano* (11.20%, 33 individuals) and *Fraxinus americana* (10.81%, 25 individuals). Compared to the 2014 inventory, a 10.3% increase in the number of species and a 52.2% increase in the total number of individuals was observed, reflecting significant progress in consolidating and enriching the campus's trees.

**Keywords:** urban green areas, ecological weight, native species, introduced species.

## 8.2 Introducción

En la actualidad la arborización ha tomado relevancia en el desarrollo de las zonas verdes (Rosas y Bartorila, 2017), tras la expansión demográfica de la población se han alterado patrones climatológicos, teniendo alteraciones muy significativas en las temperaturas extremas siendo el principal problema en la actualidad (WWF, 2019).

Los espacios verdes urbanos resultan esenciales en los entornos ciudadanos, puesto que proporcionan múltiples ventajas, las cuales son aprovechados por la sociedad (SMA MEXICO D.F., 2010), denominados servicios ecosistémicos los cuales se definen como “beneficios que obtienen los seres humanos directamente o indirectamente de los ecosistemas urbanos, los cuales no tienen un valor en el mercado” (Camacho y Ruiz, 2012; Gómez-Baggethunal., 2013; Organización de las Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017), algunos servicios ecosistémicos que desempeñan las zonas verdes urbanas son: la disminución de contaminantes, disminución de la amplitud de las ondas sonoras, control en la erosión del suelo, captación hidrológica y provee de excelentes paisajes a la sociedad teniendo un efecto positivo en lo emocional y laboral.

El establecimiento de nuevas áreas verdes (plazas, paraques y camellones) es primordial para combatir el efecto del cambio climático, teniendo un efecto positivo al aumentar la diversidad de la flora y fauna, permitiendo un acercamiento al medio natural el cual brinda sensibilización natural propiciando actividades educativas (Rosas y Bartorila, 2017; Cué-García *et al.*, 2020).

En las últimas décadas las investigaciones de áreas verdes en campus universitarios han ido incrementando por la importancia en las interacciones ecológicas y sociales que conllevan en dichas instituciones (Ugulu, Doğan y Kesercioglu, 2012; Celik y Yildiz, 1988; Kilinc y Ozen, 1988; Uddin y Pasha, 1999; Correa *et al.*, 2005; Lundholm y Marlin, 2006; Altay *et al.*, 2010; Modi y Dudani, 2013; Rodriguez, 2014; Sánchez *et al.*, 2015; Neelamegam *et al.*, 2016; Ogwu,

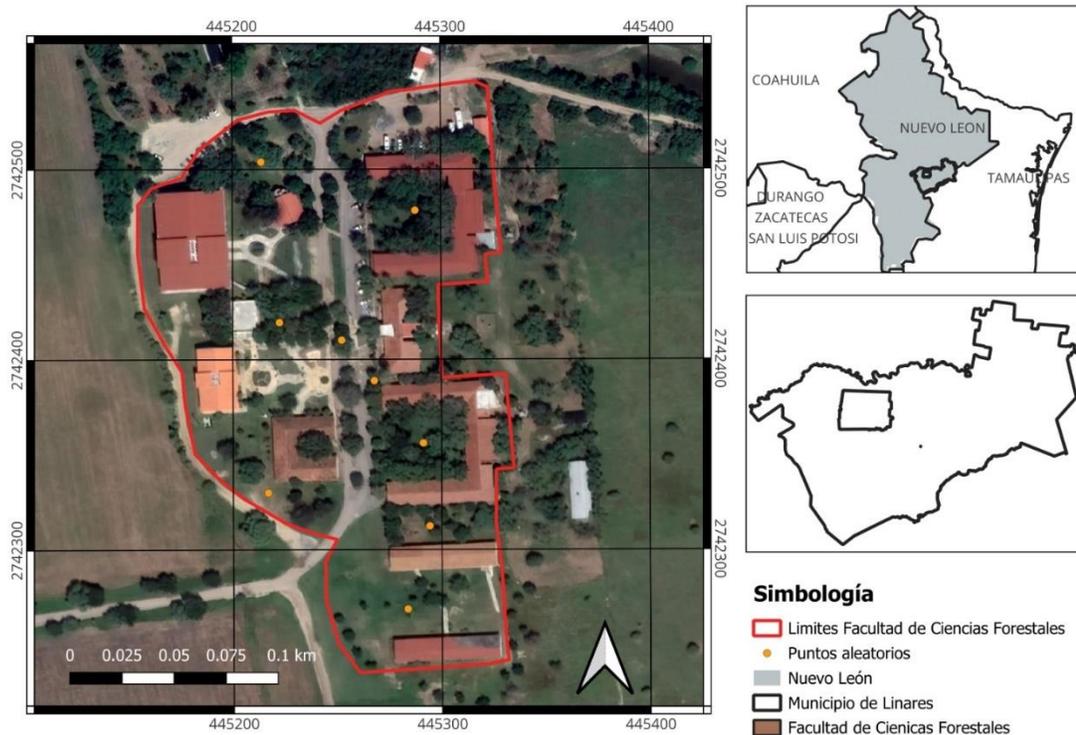
Osawaru y Obatuwana, 2016; Parthipan, Rajeeswari y Jeeva, 2016; Kumar *et al.*, 2016; Uddin y Hassan, 2016; Ferrufino *et al.*, 2016; Alwhibi *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2017; Sukumaran y Jeeva, 2017; Rosas y Bartorila, 2017; Parani *et al.*, 2019; Ray y Pal, 2020; Cué-García *et al.*, 2020; Bobadilla y Acosta, 2020).

El objetivo de la presente investigación es determinar la estructura, composición y diversidad del arbolado presente en el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, así como comparar los resultados con el inventario realizado en 2014, con el fin de identificar las variaciones en la cantidad de especies e individuos arbóreos registrados en dicha institución.

### **8.3 Materiales y métodos**

La presente investigación se realizó en el instalaciones universitarias de la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de Linares en el Kilómetro 145, en la carretera 85, dirección Ciudad Victoria (Figura 1).

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 8.3.1 Análisis de la vegetación

El censo se realizó entre el mes de abril y mayo del 2023, los espacios verdes de la Facultad de Ciencias Forestales. Se establecieron 9 sitios de 1,600 m<sup>2</sup>, evaluando una superficie de 14,400 m<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas de la institución. El censo de la comunidad vegetal se enfocó en el estrato arbóreo, tomando en cuenta las variables dendrométricas diámetro normal ( $d_{1.30m}$ ) y basal ( $d_{0.10}$ ), con una forcípula Haglöf Mantax Blue1270 mm; altura total ( $h$ ), con un hipsómetro Suunto PM-5; y el diámetro de copa ( $d_{copa}$ ), con una cinta métrica 100 Mfibra de vidrio cruceta Truper®, de acuerdo a los cuatro puntos cardinales norte-sur y este-oeste.

### 8.3.2 Análisis de la Información

Se calcularon la abundancia relativa ( $Ar_i$ ), la dominancia relativa ( $Dri$ ), la frecuencia relativa ( $Fri$ ) y el índice de valor de importancia relativa ( $IVI$ ), cuyas fórmulas se presentan a continuación. Asimismo, se aplicaron el Índice de Shannon & Weiner ( $H'$ ) (Shannon y Weiner, 1948) y el Índice de Margalef ( $DMg$ ) (Clifford y Stephenson, 1975) para evaluar la diversidad y riqueza de especies presentes.

Las ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos se presentan a continuación:

La abundancia relativa ( $Ar_i$ ) se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$A_{i=N_i/S} \quad AR_{i=(A_i/\sum_{i=1...n} A_i)*100}$$

Donde  $A_i$  corresponde a la abundancia absoluta,  $AR_i$  representa la abundancia relativa de la especie  $i$  con respecto a la abundancia total,  $N_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ , y  $S$  la superficie de muestreo (ha).

La dominancia relativa ( $DR_i$ ) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$D_{i=Ab_i/S(ha)} \quad DR_{i=(D_i/\sum_{i=1...n} D_i)*100}$$

Donde  $D_i$  corresponde a la *dominancia absoluta* de la especie  $i$ ,  $DR_i$  es la *dominancia relativa* de dicha especie en relación con el total,  $Ab_i$  representa el área de copa de la especie  $i$ , y  $S$  es la superficie total de muestreo (ha).

La frecuencia relativa ( $FR_i$ ) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$F_i = P_i / NS \qquad FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right) * 100$$

Donde  $F_i$  es la frecuencia absoluta,  $FR_i$  es la frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto al total,  $P_i$  es el número de sitios en los que está presente la especie  $i$ , y  $NS$  es el número total de sitios de muestreo (ha).

El Índice de Valor de Importancia ( $IVI$ ) se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

Índice de Shannon & Weiner ( $H'$ ) (Shannon y Weiner, 1948). Este índice se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i) \qquad p_i = n_i / N$$

Donde:

S= número de especies presentes

Pi= proporción de las especies  $p_i = n_i / N$

$n_i$ = número de individuos de las especies  $i$

N= número total de individuos.

Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ) (Clifford y Stephenson, 1975) con la ecuación:

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

Donde  $S$  es el número de especies presentes,  $\ln$  es el logaritmo natural y  $p_i$  es la proporción de las especies,  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos. Ambos índices cuentan con el mismo significado de variables.

## 8.4 Resultados y discusión

### 8.4.1 Resultados

Se analizaron dos periodos de evaluación uno propuesto por Alanís *et al.*, 2014 el cual obtuvo 39 especies (166 individuos) las cuales se distribuyen en 12 introducidas y 27 nativas, a diferencia de la presente investigación la cual obtuvo 43 especies (261 individuos) pertenecientes a 36 géneros y 21 familias, de las cuales 28 especies son nativas (65.1% con 199 individuos) y 15 introducida (34.9% con 62 individuos). Teniendo similitud en la Familia más representativa con Fabaceae con 11 y 10 taxones respectivamente, teniendo un incremento en las especies de un 10.3% y un 57.2% en el total de individuos.

**Tabla 1.** Familia, Nombre Científico, Nombre común, Forma de vida, Origen e Individuos (2014 – 2023) de las áreas verdes urbanas de la Facultad de Ciencias Foréstale.

Familia y Nombre Científico	Nombre común	Forma de vida	Origen	Individuos	
				2014	2023
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	Pistacho	Arbórea	Introducida	3	0
<b>Arecaceae</b>					
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	Palma enana	Palma	Introducida	0	8
<i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H. Wendl.	Palma de california	Palma	Introducida	3	3
<b>Asparagaceae</b>					
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Yucca	Arbórea	Nativa	0	3
<b>Asteraceae</b>					
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	Ocotillo	Arbórea	Nativa	1	1
<b>Boraginaceae</b>					
<i>Cordia boissieri</i> A.DC.	Anacahuita	Arbórea	Nativa	9	9

<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) IM Johnst.	Anacua	Árborea	Nativa	0	2
<b>Burseraceae</b>					
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	Palo mulato	Árborea	Introducida	3	1
<b>Cupressaceae</b>					
<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Cedro	Árborea	Nativa	1	0
<b>Cycadaceae</b>					
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Palma zica	Arbustiva	Introducida	0	2
<b>Ebenaceae</b>					
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	Chapote	Árborea	Nativa	1	4
<i>Diospyros texana</i> Scheele	Chapote blanco	Árborea	Nativa	5	10
<b>Euphorbiaceae</b>					
<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb	Chaines	Árborea	Introducida	1	0
<b>Fabaceae</b>					
<i>Acacia triacanthus</i> Gron	Sin nombre	Árborea	Introducida	1	0
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Pata de vaca	Árborea	Introducida	1	0
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray	Árbol del potro	Árborea	Nativa	7	5
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg	Vara dulce	Árborea	Nativa	1	1
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza	Árborea	Nativa	2	2
<i>Leucaena pulverulenta</i> (Schltdl.) Benth.	Guaje	Árborea	Nativa	1	0
<i>Myrospermum sousanum</i> A. Delgado & MC Johnst.	Vainilla	Árborea	Nativa	0	3
<i>Pithecellobium ebano</i> (Berland.) C.H. Mull.	Ebano	Árborea	Nativa	24	33
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamuchi	Árborea	Introducida	0	1
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Mezquite	Árborea	Nativa	1	0
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) MC Johnst.	Mezquite	Árborea	Nativa	14	19
<i>Senegalia wrightii</i> (Benth.) Britton & Rose	Uña de gato	Árborea	Nativa	1	2
<i>Sophora secundiflora</i> (Ortega) Lag. ex DC.	Colorin	Árborea	Introducida	0	2
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache	Árborea	Nativa	4	5
<b>Fagaceae</b>					
<i>Quercus polymorpha</i> Schltdl. & Cham.	Encino roble	Árborea	Nativa	2	4
<i>Quercus pungens</i> Liebm.	Encino blanco	Árborea	Nativa	2	2
<i>Quercus virginiana</i> Mill	Encino verde	Árborea	Nativa	9	45
<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Encino rojo	Árborea	Introducida	0	2
<i>Quercus sp.</i>	Encino	Árborea	-	3	0
<b>Juglandaceae</b>					
<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch	Nogal	Árborea	Introducida	1	2
<b>Lythraceae</b>					
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Crespon	Árborea	Introducida	0	10
<b>Malvaceae</b>					
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Palma	Introducida	0	1
<b>Oleaceae</b>					
<i>Fraxinus americana</i> L	Fresno	Árborea	Introducida	25	25
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh	Fresno	Árborea	Introducida	1	0
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Trueno	Árborea	Introducida	1	2
<b>Pinaceae</b>					
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Pino halepo	Árborea	Introducida	1	1

<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pino blanco	Arbórea	Nativa	1	3
<b>Platanaceae</b>					
<i>Platanus rzedowskii</i> Nixon & Poole	Sicomoro	Arbórea	Nativa	6	2
<b>Rhamnaceae</b>					
<i>Condalia hookeri</i> MC Johnst.	Brasil	Arbórea	Nativa	1	1
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Randia obcordata</i> S. Watson	Cruceto	Arbustiva	Nativa	0	2
<b>Rutaceae</b>					
<i>Casimiroa greggii</i> (S. Watson) F. Chiang	Chapote amarillo	Arbórea	Nativa	13	15
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Arbórea	Introducida	1	1
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Barreta	Arbórea	Nativa	8	9
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Arbórea	Nativa	1	1
<b>Sapindaceae</b>					
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Jaboncillo	Arbórea	Nativa	0	3
<b>Sapotaceae</b>					
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) TD Penn.	Coma	Arbórea	Nativa	2	2
<b>Taxodiaceae</b>					
<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Sabino	Arbórea	Nativa	1	0
<b>Ulmaceae</b>					
<i>Celtis laevigata</i> Willd	Palo blanco	Arbórea	Nativa	1	9
<i>Celtis pallida</i> Torr	Granjeno	Arbustiva	Nativa	2	2
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Olmo	Arbórea	Introducida	0	1
				<b>166</b>	<b>261</b>

En el Tabla 2 se muestran las variables ecológicas de las 43 especies registrando 261 individuos, obteniendo una abundancia total de 181.25 N.ha<sup>-1</sup>, la especie más destacada fue *Quercus virginiana* con 31.25 N.ha<sup>-1</sup> representando el 17.24%, seguida de *Pithecellobium ebano* con 22.92 N.ha<sup>-1</sup> (12.64%) y 17.36 N.ha<sup>-1</sup> (9.58%) *Fraxinus americana*.

La cobertura de copa del área verde urbana de la institución fue de 9367.07 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, la especie *Fraxinus americana* fue la más destacada con 1947.15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> seguida de *Quercus virginiana* con 1609.08 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> y 1485.55 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> *Prosopis laevigata*.

La especie que se encontró con mayor frecuencia en los sitios de muestreo fue *Quercus virginiana* la cual estuvo en los 9 sitios obteniendo un 9.28% de representatividad, *Pithecellobium ebano* en 8 sitios (8.25%) y *Prosopis laevigata* en 6 sitios (6.19%).

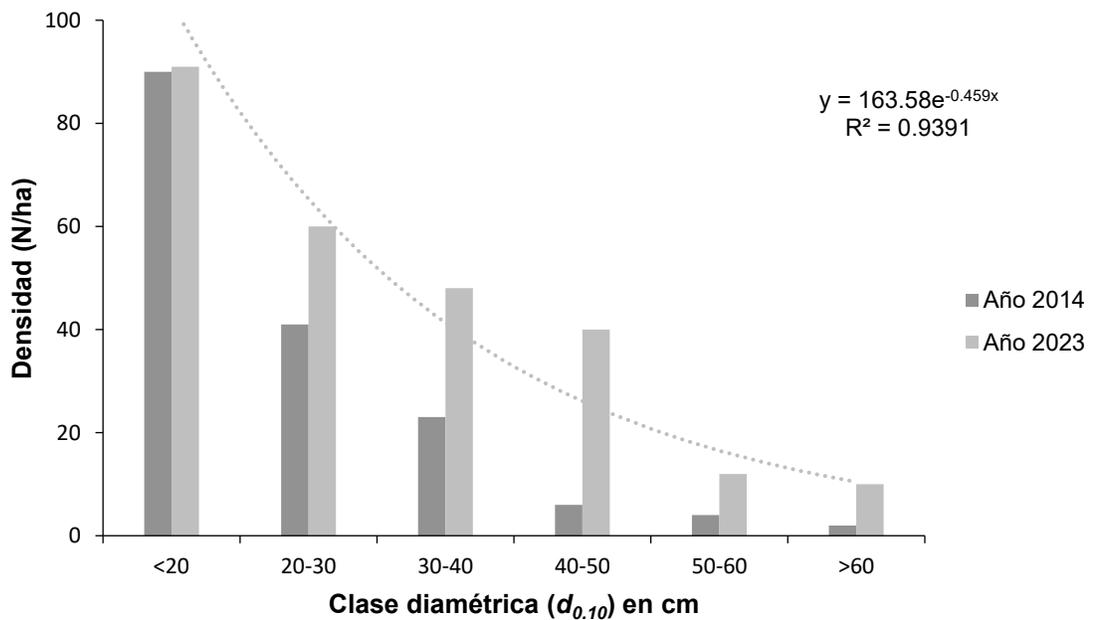
La especie con el índice de valor de importancia (IVI) más alto fue para *Quercus virginiana* con 14.57%, *Pithecellobium ebano* con 11.20% y 10.81% *Fraxinus americana*, las especies *Zanthoxylum fagara* y *Ulmus minor* obtuvieron el valor más bajo que fue 0.47%.

**Tabla 2.** Abundancia (N.ha<sup>-1</sup>), dominancia (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>), frecuencia, índice de valor de importancia de las especies registradas en las áreas verdes urbanas de la Facultad de Ciencias Forestales.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Valores de importancia	
	N/ha	%	m <sup>2</sup> /ha	%	N/Sitio	%	IVI	IVI rel
<i>Quercus virginiana</i>	31.25	17.24	1609.08	17.178	9	9.28	43.70	14.57
<i>Pithecellobium ebano</i>	22.92	12.64	1190.38	12.708	8	8.25	33.60	11.20
<i>Fraxinus americana</i>	17.36	9.58	1947.15	20.787	2	2.06	32.43	10.81
<i>Prosopis laevigata</i>	13.19	7.28	1485.55	15.859	6	6.19	29.32	9.77
<i>Casimiroa greggii</i>	10.42	5.75	453.03	4.836	4	4.12	14.71	4.90
<i>Celtis laevigata</i>	6.25	3.45	630.37	6.730	3	3.09	13.27	4.42
<i>Diospyros texana</i>	6.94	3.83	254.16	2.713	5	5.15	11.70	3.90
<i>Helietta parvifolia</i>	6.25	3.45	349.13	3.727	3	3.09	10.27	3.42
<i>Caesalpinia mexicana</i>	3.47	1.92	66.81	0.713	5	5.15	7.78	2.59
<i>Vachellia farnesiana</i>	3.47	1.92	250.62	2.676	3	3.09	7.68	2.56
<i>Cordia boissieri</i>	6.25	3.45	84.71	0.904	3	3.09	7.45	2.48
<i>Quercus polymorpha</i>	2.78	1.53	84.99	0.907	4	4.12	6.56	2.19
<i>Diospyros palmeri</i>	2.78	1.53	89.55	0.956	3	3.09	5.58	1.86
<i>Phoenix roebelenii</i>	5.56	3.07	37.30	0.398	2	2.06	5.53	1.84
<i>Lagerstroemia indica</i>	6.94	3.83	56.93	0.608	1	1.03	5.47	1.82
<i>Sapindus saponaria</i>	2.08	1.15	69.96	0.747	3	3.09	4.99	1.66
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2.08	1.15	50.14	0.535	2	2.06	3.75	1.25
<i>Platanus rzedowskii</i>	1.39	0.77	71.30	0.761	2	2.06	3.59	1.20
<i>Havardia pallens</i>	1.39	0.77	44.42	0.474	2	2.06	3.30	1.10
<i>Yucca filifera</i>	2.08	1.15	4.31	0.046	2	2.06	3.26	1.09
<i>Myrospermum sousanum</i>	2.08	1.15	1.75	0.019	2	2.06	3.23	1.08
<i>Celtis pallida</i>	1.39	0.77	18.74	0.200	2	2.06	3.03	1.01
<i>Carya illinoensis</i>	1.39	0.77	92.25	0.985	1	1.03	2.78	0.93
<i>Senegalia wrightii</i>	1.39	0.77	90.18	0.963	1	1.03	2.76	0.92
<i>Washingtonia filifera</i>	2.08	1.15	23.46	0.250	1	1.03	2.43	0.81
<i>Ligustrum japonicum</i>	1.39	0.77	58.01	0.619	1	1.03	2.42	0.81
<i>Quercus pungens</i>	1.39	0.77	50.57	0.540	1	1.03	2.34	0.78
<i>Sideroxylon celastrinum</i>	1.39	0.77	25.21	0.269	1	1.03	2.07	0.69
<i>Quercus shumardii</i>	1.39	0.77	16.55	0.177	1	1.03	1.97	0.66
<i>Pinus halepensis</i>	0.69	0.38	45.14	0.482	1	1.03	1.90	0.63
<i>Cycas revoluta</i>	1.39	0.77	6.18	0.066	1	1.03	1.86	0.62
<i>Ehretia anacua</i>	1.39	0.77	1.52	0.016	1	1.03	1.81	0.60
<i>Sophora secundiflora</i>	1.39	0.77	1.17	0.012	1	1.03	1.81	0.60

<i>Randia obcordata</i>	1.39	0.77	0.17	0.002	1	1.03	1.80	0.60
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.69	0.38	33.59	0.359	1	1.03	1.77	0.59
<i>Condalia hookeri</i>	0.69	0.38	16.97	0.181	1	1.03	1.60	0.53
<i>Citrus sinensis</i>	0.69	0.38	16.79	0.179	1	1.03	1.59	0.53
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	0.69	0.38	15.23	0.163	1	1.03	1.58	0.53
<i>Bursera simaruba</i>	0.69	0.38	9.85	0.105	1	1.03	1.52	0.51
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.69	0.38	9.62	0.103	1	1.03	1.52	0.51
<i>Ceiba pentandra</i>	0.69	0.38	2.52	0.027	1	1.03	1.44	0.48
<i>Ulmus minor</i>	0.69	0.38	1.02	0.011	1	1.03	1.42	0.47
<i>Zanthoxylum fagara</i>	0.69	0.38	0.71	0.008	1	1.03	1.42	0.47
	181.25	100	9367.07	100	9	100	300	100

La figura 1 muestra la densidad de individuos por hectárea de acuerdo a las clases diamétricas, Alanís *et al.*, 2014 registro el mayor número de individuos en la clase <20 cm presentando 90 N/ha, el presente estudio tuvo similitud presentando la clase <20 cm con 91 N/ha, observando un aumento en las demás clases diamétricas en comparación al estudio realizado en el 2014, pero mostrando una línea exponencial negativa semejante.



**Figura 1.** Densidad de individuos de acuerdo a clases diamétricas en las áreas de estudio.

Alanís *et al.*, 2014 registro en la institución una riqueza específica de  $D_{Mg} = 7.62$  y diversidad de  $H' = 3.05$ , para las especies nativas de  $D_{Mg} = 5.80$  y  $H' = 2.82$ . En la presente investigación se registraron valores de riqueza específica ( $D_{Mg} = 7.54$ ) y diversidad ( $H' = 3.08$ ), tomando en cuenta solo las especies nativas se registró una riqueza específica de  $D_{Mg} = 5.10$  y diversidad con  $H' = 2.26$ .

#### **8.4.2 Discusión**

En el inventario realizado en el campus universitario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León se registró 261 individuos, pertenecientes a 43 especies, 36 géneros y 21 familias, a diferencia de la investigación realizada por Alanís *et al.*, (2014) con 166 individuos pertenecientes a 19 familias el cual obteniendo un incremento en la presente investigación.

Cué *et al.*, (2020) el cual realizó un inventario en dos campus universitarios los cuales son Olivo y Granja Yuyucocha, de la Universidad Técnica del Norte, registraron para el campus Olivo 799 individuos los cuales pertenecen a 59 especies, 52 géneros y 30 familias y para el campus Granja Yuyucocha con 2959 individuos pertenecientes a 51 especies, 44 géneros y 31 familias, Castro *et al.*, (2014) registro en el Centro Regional Universitario de Colón 420 individuos los cuales se distribuyeron en 61 especies y 33 familias, Ferrufino *et al.*, (2016) realizo un inventario en la Ciudad Universitaria UNAH registrando 172 especies las cuales pertenecen a 150 géneros y 55 familias, Bobadilla y Acosta (2020) realizaron un inventario en el complejo universitario de la Universidad ISA, Santiago Republica Dominicana donde registraron 312 especies (106 arbóreas), 254 géneros y 81 familias, Correa *et al.*, (2005) realizo un inventario en el campus Universitario de la Amazonía (Caquetá – Colombia) obteniendo 214 especies, 179 géneros y 73 familias.

En consideración con las investigaciones antes mencionadas cabe recalcar que la superficie de los campus influye en la cantidad de las especies encontradas y en el número de individuos, tomando en cuenta que la presente investigación obtuvo una superficie de 1.4 hectáreas siendo menor a la superficie obtenida por Ferrufino *et al.*, (2016) con 100 hectáreas y 14 hectáreas Castro *et al.*, (2014).

La familia Fabaceae fue la mejor representada con 10 taxones, seguida de Fagaceae y Rutaceae con 4 taxones y Ulmaceae con 3, teniendo similitud a las investigaciones de Alanís *et al.*, (2014), Ferrufino *et al.*, (2016), Bobadilla y Acosta (2020) y Cué *et al.*, (2020) (campus Olivo) las cuales tuvieron la misma familia como la más representativa en sus investigaciones, a diferencia de Castro *et al.*, (2014) y Cué *et al.*, (2020) (campus Yuyucocha) el cual registro a la familia Arecaceae y Cupressaceae como la más representativa respectivamente.

Se registraron 28 especies nativas (65.1% con 199 individuos) y 15 introducida (34.9% con 62 individuos) teniendo similitud con Alanís *et al.*, el cual presento 27 especies nativas y 12 introducidas, presentando en su mayoría más especies nativas a diferencia de Cué *et al.*, (2020) el cual registro para el campus Olivo 19 nativas y 40 introducidas y el campus Yuyucocha 18 nativas y 33 introducidas.

La especie más representada fue *Quercus virginiana* con 45 individuos, *Pithecellobium ebano* con 33 y 25 la especies *Fraxinus americana*, a diferencia de Alanís *et al.*, (2014) registro a *Fraxinus americana* con 25 individuos, 24 la especie *Pithecellobium ebano*, Cué *et al.*, (2020) registro en el campus Yuyucocha la especie *Cupressus sempervirens* con 366 individuos y *Eucalyptus globulus* con 239, siendo la especie *Cocos nucifera* con 64 individuos, *Cordyline spp.* con 24 y 31 la especie *Mangifera indica*, Ferrufino *et al.*, (2016) y Correa *et al.*, (2005) registro a la especie *Zygia longifolia* con 133, seguida de la especie *Andira inermis* la cual obtuvo 53 individuos.

La abundancia del presente estudio tuvo similitud a la de Alanís *et al.*, (2014) el cual obtuvo 90 N/ha y el presente 91 N/ha, a diferencia de la investigación de Cué *et al.*, (2020) donde el campus Olivo registro 239 N/ha y para el campus Yuyucocha 423 N/ha.

La comunidad vegetal evaluada reúne una riqueza de especies de  $D_{Mg}= 7.54$  y una diversidad de  $H'= 3.08$  encontrando valores similares a los de Alanís *et al.*, (2014) de una riqueza específica de  $D_{Mg}= 7.62$  y diversidad de  $H'= 3.05$ , para los dos campus universitarios que investigo Cué *et al.*, (2020) obtuvo campus Olivo  $D_{Mg}= 8.83$  y  $H' = 3.50$  y para el campus Yuyucocha  $D_{Mg}= 6.25$  y  $H' = 3.12$ , el estudio realizado por Castro *et al.*, (2014) registro  $D_{Mg}= 9.93$ , destacando que todas las investigaciones tienen una alta riqueza de especies y una alta diversidad.

## 9.1 CONCLUSIONES

### 9.1 Capítulo 1

La investigación reveló que los espacios verdes urbanos de Linares, Nuevo León, cuentan con 2,066 individuos distribuidos en una superficie de 27.39 ha. Estos ejemplares fueron clasificados según categorías de altura y diámetro, lo que permitió describir la estructura del arbolado. Predominan los individuos jóvenes, con diámetros a la altura del pecho (DAP) inferiores a 30 cm, lo cual resulta positivo, ya que evidencia un alto potencial de captura y almacenamiento de carbono en el futuro. Se identificaron 19 especies nativas que suman 1,492 individuos, registrando los valores más elevados de biomasa (458.38 Mg) y captura de carbono (213.71 Mg). Entre las nativas más destacadas se encuentran *Fraxinus berlandieriana*, *Carya illinoensis* y *Quercus virginiana*, mientras que, entre las introducidas, resaltaron *Ligustrum japonicum*, *Leucaena leucocephala* y *Washingtonia robusta*.

Con respecto a la hipótesis planteada en el capítulo se rechaza, ya que las especies con mayor biomasa y captura de carbono, fueron las especies nativas.

## 9.2 Capítulo 2

Las personas encuestadas seleccionaron la altura (281 personas), poco riego (261 personas) y tamaño de copa (219 personas.) como los principales factores de selección para las especies arbóreas que se encuentran en los espacios verdes urbanos, los factores menos representados fueron raises expuestas y espinas.

Las especies nativas obtuvieron mayor aceptación con 231 personas encuestadas, teniendo las especies con mayor representatividad el Mezquite (*Prosopis laevigata*), Huizache (*Vachellia farnesiana*) y Anacahuita (*Cordia boissieri*). Las especies introducidas de mayor importancia para las personas encuestadas (148) son Palma (*Washingtonia robusta*, *Washingtonia filifera*, *Yucca Filifera* y *Phoenix dactylifera*), Trueno (*Ligustrum japonicum*), Flamboyán (*Delonix regia*).

La escala de Likert situó las dimensiones de actitud de un total de 383 personas encuestadas de la ciudad de Linares, Nuevo León con base en siete factores (Ítems) clave en la selección de árboles para futuras reforestaciones dando como resultado que la altura del árbol (Ítem 1=79%), el tamaño de la copa (Ítem 2=76%) y el tiempo de crecimiento (Ítem 5= 63%) desempeñan una función esencial en la gestión de los espacios verdes urbanos debido a los beneficios que estos conllevan como lo es el abatimiento de la contaminación, generación de microclimas, recreación, salud, entre otras.

En el presente estudio la hipótesis planteada se rechaza ya que las especies que tuvieron mayor preferencia en la sociedad de Linares Nuevo León fueron las especies nativas.

### 9.3 Capítulo 3

En el campus de la Facultad de Ciencias Forestales la diversidad es alta a pesar de tener una superficie de 1.4 hectáreas de zonas verdes urbanas, encontrando 261 individuos los cuales pertenecen a 43 especies, 36 géneros y 21 familias.

La mayoría está conformada de especies nativas (65.1% con 199 individuos), siendo la especie *Quercus virginiana* la especie con mayor peso ecológico con 14.57%, seguida de la especie *Pithecellobium ebano* con 11.20%, teniendo a la primera especie como la más representativa con 45 individuos.

Las áreas verdes urbanas del campus a tenido un incremento en las especies de un 10.3% y un 57.2% en el total de individuos. El estudio revelo la superficie utilizada como áreas verdes urbanas en el campus, así como la estructura, composición y diversidad del arbolado y las diferencia después de 9 años del primer inventario en el 2014.

La hipótesis planteada en el estudio se rechazó ya que las especies nativas tuvieron valores más altos que las exóticas en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

## 10. REFERENCIAS

- Alanís, E.; J. Javier, O.A. Mora, C. Pamela, R. Luis, (2014). Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1 (7) .93-101.
- Alanís, G. (2005). El arbolado metropolitano de Monterrey. *Ciencia Uanl*, VIII(1), 20–32
- Alcalá, J., Soto, R., Lebgue, T., & Sosa, M. (2007). Percepción comunitaria de la flora y fauna urbana en la ciudad de Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1), 58–64. Retrieved from <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-7-percepcion-comunitaria-de-la-flora-y-fauna-urbana.pdf>
- Alcántara, O. y colaboradores, *Diseño, planificación y conservación de paisajes y jardines*, Limusa Noriega Editores, México, (2002).
- Altay, V., Özyigit. I.I. y Yarci, C. (2010). Urban flora and ecological characteristics of the Kartal District (Istanbul): A contribution to urban ecology in Turkey. *Scientific Research and Essay* 5(2), 183-200. <http://www.academicjournals.org/SRE>
- Alwhibi, M.S., Al Otaibi, B., Al Harbi, S., Aljulefi, A. y Aldosari, A. (2017). Plant Diversity in the King Saud University Female Campus. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 7(10), 1066-1072. <https://www.ijsr.net/archive/v7i10/ART20192112.pdf>
- Bobadilla-Peñaló, E. M., & Acosta Martínez, L. A. (2020). Diversidad, Estructura y Composición de la Flora Vasculare del Campus de la Universidad ISA, Santiago, República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(2), 19–36. <https://doi.org/10.22206/cac.2020.v3i2.pp19-36>
- Brzuszek, R. F., Harkess, R. L., & Mulley, S. J. (2007). Landscape architects' use of native plants in the southeastern United States. *HortTechnology*, 17(1), 78–81. <https://doi.org/10.21273/horttech.17.1.78>
- Cáceres, L., Contreras, R., Rojas, J., Monardez, V., & Rodríguez, V. (2000). Green areas and gardens for arid regions. In *Water, Sanitation and Hygiene - Challenges of the Millennium: Proceedings of the 26th WEDC Conference* (pp. 13–15). WEDC.
- Cam, E., J. Nichols, J. Sauer, J. Hines y C. Flather, (2000). Relative species richness and community completeness birds and urbanization in the mid - atlantic states. *Ecological Applications* 10 (4): 1196-1210.
- Camacho, V., y Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio ciencias*, 1(4), 3-15. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19/17>

- Canizales Velázquez, P. A., Alanís Rodríguez, E., Holguín Estrada, V. A., García García, S., & Chávez Costa, A. C. (2020). Caracterización del arbolado urbano de la ciudad de Montemorelos, Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(62), 111-135.
- Carreiro M., M., Song, Y. C., y Wu, J. (2008). *Ecology, planning and management of urban forests. International perspectives*. Springer Science & Business Media Publishers. New York, NY. USA. 468 p.
- Castillo, L. y Ferro, S.A. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: “verde con respuntes negros”. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(1), 5-24. <https://n9.cl/tn41>
- Castro, F. F., Ayala, J. D., Sánchez, G., & Godoy, V. M. (2014). Estudio de la diversidad de árboles y arbustos en los predios del Centro Regional Universitario de Colón. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 1(1), 43-56.
- Celik, N. y Yildiz, B. (1988). Cumhuriyet Universitesi Kampus Alaninin Florasi (Sivas). In: IX Ulusal Biyoloji Kongresi, 3, 241-246. Recuperado de <https://doi.org/10.5053/ejobios.2012.6.0.2>
- CEPSA, D. (2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa.
- Chaparro L. y J. Terradas, (2009). *Ecological services of urban forest in Barcelona*. CREA. España. 96 pp.
- Clifford, H. y W. Stephenson. (1975). *An Introduction to Numerical Classification*. Academic Press. New York. 229 pp.
- Cordoncillo Urbina, M. D. C, (2013). *Caracterización florística y condición actual del arbolado urbano del parque Luis Alfonso Velásquez Flores de la ciudad de Managua* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Correa, M., Trujillo, E., & Frausin Bustamante, G. (2005). Inventario de la flora del campus de la Universidad de la Amazonia, municipio de Florencia (Caquetá-Colombia). *Momentos de Ciencia*, 107-115.
- Cué-García, J. L., Chagna, E. J., Palacios, W. A., & Carrión, A. M. (2020). Biodiversidad del componente forestal en dos campus de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. *La Técnica. Revista de Las Agrociencias*, 24, 9–28. Retrieved from <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2360>
- De la Torre, L. (2003). *Estadística I*. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Chihuahua.
- DEHGAN, B.; ALMIRA, F.; GOOCH, M.; SHEENAN, T. (1989). Vegetative propagation of Florida native plants: *Quercus* spp. (Oaks). *Proc. Florida State Horticultura Society*. 102: 260- 264.

- Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. (2003). Criterios de sostenibilidad aplicables al planeamiento urbano. Serie Programa Marco Ambiental, Mayo (22), 46.
- Domínguez, A. Y. M., (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana, BC (Doctoral dissertation, Tesis para obtener el grado de maestra en Administración Integral Del Ambiente).
- Farinango Carlosama, J. N. (2020). Estimación de la captura de carbono del arbolado urbano en la cabecera cantonal de Otavalo, provincia de Imbabura (Bachelor's thesis).
- Ferrufino, L., Oyuela, O., Sandoval, G., & Francia Beltrán, F. (2016). Flora de la ciudad universitaria, UNAH: un proyecto de ciencia ciudadana realizado por estudiantes universitarios. *Revista Ciencia y Tecnología*, 112–131. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i17.2684>
- García-Albarado, J. C., & Dunnett, N. (2009). Public perception towards herbaceous planting schemes abstract. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 15(2 SPL), 49–55. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.049>
- Gómez-Baggethun, E., y Groot, R. de. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Revista Ecosistemas*, 16(3), 4–14. <https://doi.org/10.7818/re.2014.16-3.00>.
- Heisler, G. (1986). Energy Savings with Trees. *Arboriculture & Urban Forestry*, 12(5), 113–125. <https://doi.org/10.48044/jauf.1986.026>
- Hernández Anaya, M. (2018). Diversidad, estructura y captura de CO2 de la flora urbana del municipio de Galeras, Departamento de Sucre, Colombia. Sincelejo: Universidad de Sucre 2017.
- INEGI. (2020). Panorama sociodemográfico de Linares, Nuevo León. 2020. Retrieved from <http://www.linares.gob.mx/deinteres/panorama.html>
- INEGI., (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Página Web del Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Información: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/19/19033.pdf>.
- Jiménez J, P., Cuéllar R, G., y Treviño G, E., (2013). Áreas Verdes del Municipio de Monterrey. *Estudio de Áreas Verdes del Municipio de Monterrey*, 21-21.
- Kendal, D., Lee, K., Ramalho, C., Bowen, K., & Bush, J. (2016). Benefits of Urban Green Space in the Australian Context. A Synthesis Review for the Clean Clean Air and Urban Landscapes Hub, (August), 86. Retrieved from [www.nesurban.edu.au](http://www.nesurban.edu.au)
- Kilinc, M. y Ozen, F. (1988). Samsun Ondokuz Mayıs Universitesi Kampus Alani ve Cevresinin Florasi. *Ondokuz Mayıs Universitesi Fen Dergisi* 1: 17-40.

Recuperado

de:

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/AnadoluDergisi/1996/SAMSUN%20ONDOKUZ%20MAYIS%20%C3%9CN%C4%90VERS%C4%90TES%C4%90%20KURUPE-L%C4%90T%20KAMPUS.pdf>

- Kim, S. S., Lee, J. S., Lee, D. H., & Choi, Y. (2021). Citizens' preference and perception of street trees of main boulevards in busan, south korea. Sustainability (Switzerland), 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063141>
- Kumar, S., Duggal, S., Laura, J.S., Singh, N., y Kudesia, R. (2016). Phyto-Diversity on Campus of K.M. Government College Narwana, India. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 5(7): 565-570. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.507.062>
- Leal Elizondo, Carlos Eduardo, Nelly Leal Elizondo, Eduardo Alanís Rodríguez, Miguel Angel Pequeño Ledezma, Arturo Mora Olivo, y Enrique Buendia Rodríguez. (2018). «Estructura, composición Y Diversidad Del Arbolado Urbano De Linares, Nuevo León». Revista Mexicana De Ciencias Forestales 9 (48). México, ME. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>
- Liu, J., Yu, M., Tomlinson, K. y Ferry-Slik, J.W. (2017). Patterns and drivers of plant biodiversity in Chinese university campuses. Landscape and Urban Planning, 164, 64–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurb-plan.2017.04.008>
- Lopera, F. G. (2005). Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 37(144), 417.
- López-López, S. F., T. Martínez-Trinidad, H. M. Benavides-Meza, M. García- Nieto, y G. Ángeles-Pérez., (2018). Reservorios de biomasa y carbono en el arbolado de la primera sección del Bosque de Chapultepec, Ciudad de México. Madera y Bosque 24 (3): 1-14. <doi.org/10.21829/myb.2018.2431620>
- Lundholm, J.T. y Marlin, A. (2006). Habitat origins and microhabitat preferences of urban plant species. Urban Ecosystems, 9, 139–159. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-8587-4>
- Maas, J., Sonja ME, V. D., Robert A, V. y Groenewegen, P. P., (2009). Social contacts as a mechanism behind the relation between green space and health. Health and Place 15, 586-595.
- Martínez-Trinidad, T., López, P. H., López-López, S. F., & Caballero, L. M. (2021). Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12(67).
- McPherson, E.G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R. and Rowntree, R. (1995). "Results of the Chicago Urban Forest Climate Project," in

- Kollin, C. and Barratt, M. (eds.), Proceedings of the 7th National Urban Forest Conference, New York, Sept. 12-16.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). Ecosystems and human well-being: Current state and trends. MEA. Island Press. Washington, D.C.
- Mejía Salazar, G., & Gómez Álvarez, R. (2015). La percepción social en los parques urbanos de la ciudad de Tepic, Nayarit, México: The social perception in urban parks in the city of Tepic, Nayarit, Mexico. EDUCATECONCIENCIA, 7(8), 53–61. <https://doi.org/10.58299/edu.v7i8.313>
- MÉXICO. SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE (2010). El portal de áreas verdes urbanas de la secretaria del medio ambiente. Internet: <http://www.sma.df.gob.mx/avul/>
- Modi, N. y Dudani, S. (2013). Biodiversity Conservation Through Urban Green Spaces: A Case Study of Gujarat University Campus in Ahmedabad. International Journal of Conservation Science 4(2) 189-196.
- Muñoz Tello, M. E., y Vásquez Córdova, E. G., (2020). Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO2 vehicular en Cuenca, Ecuador (Bachelor's thesis).
- Muratet, A., Pellegrini, P., Dufour, A. B., Arrif, T., & Chiron, F. (2015). Perception and knowledge of plant diversity among urban park users. Landscape and Urban Planning, 137, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.01.003>
- Návar, J., (2009). Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management, [doi: 10.1016/j.foreco.2008.09.028](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.028). 257:427-434.
- Návar, J., (2009a). Biomass component equations for Latin American species and groups of species. Annals of Forest Science 66:208-216.
- Návar, J., E. Mendez, J. Graciano, V. Dale y B. Parresol., (2004). Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. Journal of Arid Environments 59(4):657-674.
- Návar-Chaidez, J. D. J., (2010). Los bosques templados del estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales. Madera y bosques, 16(1), 51-69.
- Neelamegam, R., Preetha, M.M., Priya, K., Sathiya, B. and Vanaja, L., Woody Species Composition and Diversity Analysis in the S.T. Hindu College Campus Located at Nagercoil, Kanni-yakumari District, Tamil Nadu, India. Int. J. Pure App. Biosci. 4(6), 193-203 (2016). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2411>

- Nowak, D. J. (1994). Atmospheric dioxide carbon reduction by Chicago's urban forest. En E. G. McPherson, D. J. Nowak, & R. A. Rowntree, (Eds.), Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project. (General Technical Report NE-186). EE. UU.: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.
- Ogwu, M., Osawaru, M. y Obayuwana, O. (2016). Diversity and Abundance of Tree Species in the University of Benin, Benin City, Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 21, 46-54.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Retrieved from <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Parani, K., Alagushanthi, A., Gayathri, S. y Anusiya, K. (2019). Floral Diversity on Campus of Sri Parasakthi College, Courtallam, Tamil Nadu, India. *Int. J. of. Life Sciences*, 7(1), 92-98. Recuperado de <http://www.ijlsci.in>
- Paredes, E. C. (2017). Composición y características del arbolado del Reparto Hermanos Cruz. *Ciencias Forestales y Ambientales*, 2(2). pp174-180.
- Parthipan, B., Rajeeswari, M. and Jeeva, S. (2016). Floristic Diversity of South Travancore Hindu College (S.T. Hindu College) Campus, Kanyakumari District (Tamil Nadu) India. *Biosci. Discovery*, 7(1), 41–56.
- Paul, S., & Nagendra, H. (2017). Factors influencing perceptions and use of urban nature: Surveys of park visitors in Delhi. *Land*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/land6020027>
- Ponce Macias Carlos Julio (2019). Evaluación de áreas verdes y arbolado existente en la zona urbana del cantón Jipijapa. Jipijapa. UNESUM. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. 52pg
- Potgieter, L. J., Gaertner, M., O'Farrell, P. J., & Richardson, D. M. (2019). Perceptions of impact: Invasive alien plants in the urban environment. *Journal of Environmental Management*, 229, 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.080>
- Ray, M. y Pal, S. (2020). An Overview of Floral and Faunal Diversity in and Around Barrackpore Rastra gurú Surendranath College Campuses, West Bengal, India. *European Journal of Biological Research*, 10, 11-25. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3695917>
- Rodriguez, C. C. (2014). ACCESO ABIERTO disponible en línea *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 1, 30–46.
- Rojas S., R. (1998). Guía para realizar investigaciones sociales. 30ª. Edición. Editorial P y V. 437 p.

- Rosas Lusett, M. A., & Bartorila, M. Á. (2017). Forestation contributions to urban sustainability in tropical cities. Nuevo Amanecer wetland, Ciudad Madero, Mexico. *Nova scientia*, 9(19), 528-550.
- Saavedra-Romero, L. D. L., Hernández-de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., & Villa-Castillo, J., (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, (47), 25-37.
- Sánchez, F., Martínez-Habibe, M.C., Díaz, S., Medina, N., Riaño, J. y Paqui, M.F., (2015). Biodiversidad en un campus universitario en la Sabana de Bogotá: inventario de plantas y tetrápodos. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 19(2): 186-203. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.11>
- Santacruz García, N. (2008). Situación del arbolado del Parque Nacional Xicohtencatl, Tlaxcala, Mexico. *Revista Forestal Latinoamericana*, (43), 69+. <https://link.gale.com/apps/doc/A211176270/IFME?u=anon~f3e3baf7&sid=googleScholar&xid=5dc67976>
- Santoyo-Gómez, G. H., F. Rojas-García, y H. M. Benavidez-Meza. 2014. Contenido de Carbono en el bosque urbano de la Ciudad de México: Delegación Miguel Hidalgo. In: Paz P. F. y J. Wong G., 2014. Estado actual del conocimiento del ciclo del Carbono y sus interacciones en México: síntesis a 2014. Programa Mexicano del Carbono. México. pp. 208-214.
- Sarukhán, J. (1981). Algunos principios ecológicos fundamentales en la problemática ecológica urbana. Memoria de la Primera Reunión sobre ecología y reforestación urbana.: Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, DF México, 19-30.
- Schroeder, H. W. (1989). Environment, Behavior, and Design Research on Urban Forests. In *Advance in Environment, Behavior, and Design* (pp. 87–117). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0717-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0717-4_4)
- SEDESOL. (2017). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. [http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Nuevo\\_Leon\\_033.pdf](http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Nuevo_Leon_033.pdf).
- SHANNON, C. (1948). The mathematical theory of communication. En C. E. Shannon; W. Weaver (Ed). Univ. of Illinois. Press. pp 134-154
- Sorensen, M. (1996). Introducción a la creación de áreas verdes urbanas. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC. USA. 72p.
- Sukumaran, S. y Jeeva, S. (2017). Vascular Plant Diversity of Nesamony Memorial Christian College Campus, Marthandam, Tamilnadu, India. *Bioscience Discovery* 8(3), 438-454. Recuperado de <http://jbsd.in>

- Turner, M. G. (2005). Landscape ecology: What is the state of the science? Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614>
- Uddin, G. y Pasha, M.K. (1999). Taxonomic account of fern-allies and ferns of Chittagong University Campus. Chittagong Univ. J. Sci., 23(1), 41-58.
- Uddin, M.Z. y Hassan, A. (2016). Plant Diversity of Dhaka University Campus, Bangladesh. J.Asiat. Soc. Bangladesh, Sci., 42(1), 49-68.
- Ugulu, I., Doğan, Y. y Kesercioglu, T. (2012). The vascular plants of Buca Faculty of Education Campus (Izmir): Contribution to educational practices. Eurasia J Biosci, 6, 11-23. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5053/ejobios.2012.6.0.2>
- WWF México. (2019). Política Climática Nacional. Cambio Climático y Energía. [https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/cambio\\_climatico\\_y\\_energia/politica\\_climatica\\_nacional2/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/politica_climatica_nacional2/)
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., & Treviño Garza, E. J., (2012). Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México. Bosque (Valdivia), 33(2), 145-152.
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., y Treviño-Garza, E. J., (2011). Concentración de carbono en la biomasa aérea del matorral espinoso tamaulipeco. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 17(2), 283-291.
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., y Treviño-Garza, E. J., (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(1): 113–121.
- Zamudio, E., (2001). Análisis del comportamiento del arbolado urbano público durante el periodo de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México. 109pp.